

شواهد ژئوشیمیایی برای تشخیص کانی شناسی اولیه کربنات‌های سازندهای سروک، سورگاه و ایلام در مقطع شیوند - تاق‌دیس منگشت

هرمز قلاوند^{۱*}، عباس صادقی^۲، احمد شمیرانی^۲، محمدحسین آدابی^۲

^۱ اداره زمین‌شناسی بنیانی، شرکت ملی مناطق نفت‌خیز جنوب، اهواز، ایران

^۲ دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

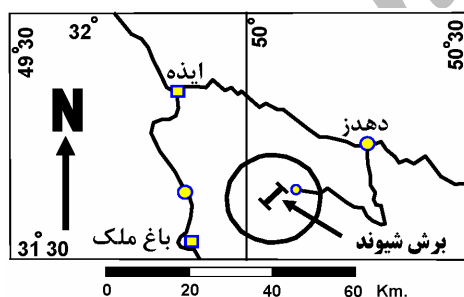
*مسئول مکاتبات - آدرس الکترونیکی: ghalavand.h@nisoc.com

(دریافت: ۸۷/۶/۷؛ پذیرش: ۸۸/۳/۲۴)

چکیده

سازندهای سروک، سورگاه و ایلام از گروه بنگستان شامل مجموعه کربنات‌های از سیستم کرتاسه حوضه زاگرس اند که در فاصله ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر ایذه، در یال شمالی تاق‌دیس منگشت و در مجاورت منطقه شیوند با سن سنومانین تا سانتونین با ضخامت ۶۷۹ متر رخنمون دارند. شناسایی ترکیب کانی‌شناسی اولیه این کربنات‌ها به دلیل تاثیر فرآیندهای دیاژنتیکی بر اساس بررسی‌های سنگ‌شناسی امری دشوار است، زیرا به مرور زمان آراگونیت و کلسیت دارای منیزیم زیاد به کلسیت کم منیزیم تبدیل شده و باعث تغییر بافت و ترکیب اولیه سنگ می‌شوند. مطالعه عناصر اصلی (Ca و Mg)، فرعی (Mn, Fe, Na, Sr)، ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن و مقایسه آنها با نتایجی که توسط محققین مختلف برای ترکیب کانی‌شناسی آراگونیتی و کلسیتی ارائه شده است، بیانگر ترکیب اولیه آراگونیتی سازندهای مورد مطالعه است. ترسیم مقادیر ایزوتوپ اکسیژن و کربن در امتداد ستون چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه باعث تفکیک سازندهای مختلف گروه بنگستان از یکدیگر گردیده است. همچنین دمای آب دریا در زمان ته‌نشست سازندهای سروک، سورگاه و ایلام با استفاده از سنگین‌ترین نمونه ایزوتوپ اکسیژن برای هر سازند به ترتیب در حدود ۲۷ درجه سانتیگراد (PDB %49/3-)، 31 درجه سانتیگراد (PDB %40/4-) و ۲۶ درجه سانتیگراد (PDB %21/3-) محاسبه شده است.

واژه‌های کلیدی: کانی‌شناسی اولیه، ژئوشیمی عنصری، ژئوشیمی ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن، گروه بنگستان، تاق‌دیس منگشت، زون ایذه.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (اطلس راه‌های ایران ۱۳۶۹).

زون ایذه از نظر زمین ساخت، بخشی از زاگرس چین خورده است که از شمال به مرز جنوبی زون راندگی‌ها، از جنوب با مرز شمالی فروافتادگی دزفول، از خاور با گسل کازرون و از باختر به امتداد فرضی گسل عامل خمش بالا رود، محدود می‌شود. پهنای زون ایذه متغیر است به گونه‌ای که کمترین آن در نزدیکی شهر ایذه حدود ۴۰ کیلومتر و در مرز باختری حدود ۶۰ کیلومتر است. پهنای آن در شمال بهبهان به ۱۱۵ کیلومتر و در مرز خاوری به ۷۰ کیلومتر می‌رسد (مطبعی

مقدمه

منطقه مورد مطالعه در تاق‌دیس منگشت در زون ساختاری ایذه و در استان خوزستان واقع در کمربند چین خورده زاگرس، با طول جغرافیایی $50^{\circ} 11' 22''$ و عرض جغرافیایی $31^{\circ} 36' 42''$ قرار گرفته است (شکل ۱). هدف از این پژوهش تعیین ترکیب کانی‌شناسی اولیه سازندهای سروک، سورگاه و ایلام به کمک مطالعات عنصری و ایزوتوپی و تعیین دمای ته‌نشست رسوبات مذکور است. ترکیب کانی‌شناسی اولیه می‌تواند اطلاعاتی پیرامون شرایط محیط رسوب‌گذاری از قبیل دما، شوری، عمق و نیز فرآیندهای دیاژنتیکی در اختیار محققین قرار دهد (Rao 1991; Rao 1996). بدین منظور کربنات‌های سازندهای سروک، سورگاه و ایلام در یک مقطع چینه‌شناسی به ضخامت ۶۷۹ متر در تاق‌دیس منگشت واقع در مجاورت روستای شیوند (۴۳ کیلومتری جنوب شرقی شهر ایذه) مورد مطالعه قرار گرفتند.

(۱۳۷۴).

چینه شناسی سازندهای سروک، سورگه و ایلام

سازندهای سروک و ایلام افق‌های تولیدی هیدروکربوری را در ناحیه جنوب غرب ایران تشکیل می‌دهند و بدین منظور هر دو سازند را به لحاظ اقتصادی مخزن بنگستان می‌نامند. گروه بنگستان از پایین به بالا شامل سازندهای شیلی / آهکی کژدمی، سنگ آهک‌های ضخیم لایه تا متوسط لایه رودیستی و چرت‌دار سروک، شیل‌های پیریت‌دار سورگه و سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه ایلام می‌باشد. این گروه اولین بار توسط جیمز و وایند (James & Wynd 1965) تعریف گردید و از نظر زمان زمین‌شناسی متعلق به آلبین تا سانتونین از سیستم کرتاسه می‌باشد.

سازند آهکی سروک (با سن سنومانین- تورونین) شامل دو رخساره پلاژیک در ناحیه لرستان و نریتیک در نواحی فارس و فروافتادگی دزفول است و در مقطع نمونه واقع در یال جنوبی تاکدیس بنگستان (۴۵ کیلومتری شمال بهبهان) ۸۲۱ متر ضخامت دارد. ناصری (۱۳۸۴) مقطع نمونه این سازند را از نظر ژئوشیمی عنصری و ایزوتوپی و محیط رسوبی مورد مطالعه قرار داد و با شناسایی ۹ میکروفاسیس در قالب ۳ پهنه سد، لاگون و دریای باز، محیط رسوبی این واحد را به پلاتفرم کربناته از نوع حاشیه‌دار منتسب نموده است. او همچنین مینرالوژی اولیه این سازند را آراگونیتی تشخیص داد و دمای آب دریا در زمان ته‌نشست رسوبات را ۲۶ درجه سانتی‌گراد تعیین کرده است. سازند سورگه در محل برش نمونه واقع در تنگ گراب در تاکدیس کبیرکوه (۴۵ کیلومتری جنوب شرقی شهر ایلام) با ضخامت ۱۷۵/۵ متر متشکل از شیل‌های نازک لایه پیریت‌دار به رنگ خاکستری است. رخساره‌های اصلی سازندهای این مجموعه عمدتاً پلاژیک بوده و حاوی فرامینیفرهای پلانکتونیک به سن تورونین تا سانتونین پیشین می‌باشند (Wynd 1965). منجزی (۱۳۸۵) سازند سورگه را در مقطع نمونه با تاکید بر مورفوتایپ‌های آن مورد بازنگری قرار داد و محیط تشکیل آن را به حوضه عمیق دریایی و سن آن را به تورونین بالای- سانتونین پسین نسبت داده است. سازند شیلی لافان در ناحیه فارس، هم ارز سازند سورگه است و متعلق به محیط‌های لب شور می‌باشد.

مقطع نمونه سازند ایلام در همان محل مقطع نمونه سازند سورگه قرار دارد و ضخامت آن ۱۹۰ متر گزارش شده است (James & Wynd 1965). سازند آهکی ایلام در منطقه خوزستان بصورت تحت‌الارضی نقش سنگ مخزن نفت را ایفا می‌نماید و در رأس مخزن بنگستان قرار دارد. این سازند با سن سانتونین در نواحی فروافتادگی دزفول و فارس، عمدتاً از رخساره نریتیک تشکیل شده است و ضخامتی در حدود ۲۰۰ متر دارد.

چهارده چریک (۱۳۸۵) با بازنگری فرامینیفرهای پلانکتونی سازند

ایلام در برش نمونه با تشخیص سه بیوزون و شناسایی ۱۵ جنس و ۲۹ گونه از فرامینیفرهای پلاژیک و الیگوسترژینیده، سن این واحد را سانتونین پسین - کامپانین میانی تشخیص داده است.

مشخصات چینه شناسی مقطع شیوند

مقطع چینه‌شناسی مورد مطالعه در یال شمالی تاکدیس منگشت و در مجاورت سد کارون-۳ و در جنوب روستای شیوند قرار دارد. این توالی دارای ضخامت ۶۷۹ متر است که از پائین به بالا به ترتیب شامل سازندهای سروک، سورگه و ایلام است. سازند سروک به ضخامت ۴۲۶ متر متشکل از سنگ آهک‌های ضخیم تا متوسط لایه چرتی و رودیست دار است. سازند سورگه با ضخامت ۲۵ متر متشکل از شیل‌های آهکی و مارن‌های خاکستری و سنگ آهک‌های نازک لایه به رنگ کرم واجد صدف‌های براکیوپود می‌باشد. سازند ایلام با ضخامت ۲۲۸ متر شامل سنگ آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و گاهی توده‌ای به رنگ خاکستری تا قهوه‌ای روشن واجد دوکفه‌ای‌های رودیست و پکتن همراه با خارپوستان است.

در مقطع مورد مطالعه، مرز سازندهای سروک و کژدمی بصورت هم‌شیب و مشخص و مرز سازندهای سروک و سورگه نیز قاطع و هم‌شیب است. همچنین مرز سازندهای سورگه - ایلام بصورت واضح و قاطع و هم‌شیب است. سازند آهکی ایلام نیز بصورت کاملاً قاطع در زیر لایه‌های شیلی - آهکی با هوازگی شدید سازندگوری واقع شده است.

به استناد داده‌های بیواستراتیگرافی، سازند سروک (با بیوزون ۲۵، Wynd, 1965) با سن سنومانین به محیط نریتیک و سازند سورگه (با بیوزون ۲۸، Wynd 1965) با سن تورونین میانی - کنیاسین به محیط پلاژیک نسبت داده شده است. همچنین سازند ایلام (با بیوزون ۳۰، Wynd 1965) به محیط نریتیک تعلق دارد و سن آن با توجه به موقعیت چینه‌شناسی آن با سازندهای بالا و پایین، کنیاسین - سانتونین تعیین شده است.

روش‌های مطالعه

برای مقطع چینه‌شناسی شیوند در تاکدیس منگشت تعداد ۴۸۰ نمونه سنگ به صورت متراکم (به فواصل ۱/۵ متری) و سیستماتیک از پایین به بالا با تاکید بر مرز واحدها جمع‌آوری گردید. در این تحقیق تعداد ۴۸۰ مقطع نازک از سازندهای سروک، سورگه و ایلام مورد مطالعه قرار گرفته است که پس از بررسی دقیق و کامل آنها تعداد ۵۷ نمونه میکرایت از سازندهای مورد مطالعه (۱۸ نمونه از سازند سروک، ۵ نمونه از سازند سورگه، ۳۳ نمونه از سازند ایلام و ۱ نمونه از سازند گوریی منحصراً جهت تعیین مرز) برای انجام آنالیزهای ژئوشیمیایی انتخاب گردید. پودر این نمونه‌ها جهت تعیین عناصر اصلی و فرعی با

دمای آب دریا می‌باشد (به طور مثال Morse & Mackenzie 1990). مقدار Sr در نمونه‌های میکرایتی سازند سروک بین ۳۸۳ تا ۱۹۷۴ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۱۳۵ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های میکرایتی سازند سورگه بین ۷۶۰ تا ۱۴۴۴ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۰۱۲ پی‌پی‌ام) و در نمونه‌های میکرایتی سازند ایلام بین ۲۶۲ تا ۲۴۴۶ پی‌پی‌ام (میانگین ۶۸۰ پی‌پی‌ام) اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). مقادیر Sr در این نمونه‌ها پایین‌تر از مقادیر معادل‌های عهد حاضر آنها است، که ممکن است مربوط به کاهش Sr در طی دیاژنز متاوریک باشد (Adabi & Rao 1991). همچنین مقادیر Sr در سازند سروک و سورگه کمتر از سازند ایلام به دست آمده است که می‌تواند به دلیل بسته بودن سیستم دیاژنتیکی و یا تغییرات عمق آب دریا باشد.

با قرار دادن مقادیر Sr در مقابل Na (شکل ۲) مشاهده می‌شود اکثر نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده آراگونیتی سازند ایلام در منطقه ایزه (Adabi & Asadi Mehmandosti 2008) واقع شده‌اند که دلیلی بر تشابه مینرالژیکی این سازندها با یکدیگر است.

سدیم (Na):

مقدار Na در نمونه‌های آهکی سازند سروک بین ۱۴۱ تا ۵۳۱ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۲۱ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های آهکی سازند سورگه بین ۱۳۹ تا ۳۱۸ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۱۱ پی‌پی‌ام)، و در نمونه‌های آهکی سازند ایلام بین ۱۲۷ تا ۹۶۳ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۷۴ پی‌پی‌ام) اندازه‌گیری شده است (جدول ۱).

تمرکز Na در نهشته‌های کربناته عهد حاضر در ارتباط با درجه شوری، تفریق بیوشیمیایی، اثرات جنبشی (kinetic effects)، ترکیب کانی شناسی و عمق آب با تمرکز سدیم در رسوبات کربناته عهد حاضر ذکر شده است (Land & Hoops 1973; Morrison & Brand 1986; Rao 1996).

مقادیر Na در نمونه‌های مورد مطالعه پایین‌تر از معادل‌های کربناته عهد حاضر آنها می‌باشد، که این امر نیز می‌تواند بیانگر تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی در طول دیاژنز باشد. (Adabi & Rao 1991; Adabi & Asadi Mehmandosti 2008).

منگنز (Mn):

مقدار Mn در نمونه‌های کربناته سازند سروک بین ۱۶ تا ۲۱۱ پی‌پی‌ام (میانگین ۸۹ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های کربناته سازند سورگه بین ۵۸ تا ۱۱۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۸۱ پی‌پی‌ام) و در نمونه‌های کربناته سازند ایلام بین ۲۳ تا ۱۳۷ پی‌پی‌ام (میانگین ۴۸ پی‌پی‌ام) اندازه‌گیری شده است (جدول ۱). میانگین مقدار Mn در سازند سروک بیشتر از سازندهای سورگه و ایلام است، این برتری می‌تواند بیانگر افزایش تأثیر دیاژنز متاوریک در سازند سروک، نسبت به دو سازند دیگر باشد. ترسیم مقادیر Mn در برابر Sr و Na (شکل‌های ۳ و ۴) نشان می‌دهد

دستگاه جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی مورد آزمایش قرار گرفت. مقادیر عناصر اصلی (Ca و Mg) برحسب درصد و عناصر فرعی (Mn, Fe, Na, Sr) برحسب پی‌پی‌ام اندازه‌گیری شده‌اند. سپس پودر همان نمونه‌ها که مورد تجزیه عنصری قرار گرفته بودند، برای آنالیز ایزوتوپ اکسیژن و کربن انتخاب و به مرکز علوم دانشگاه تاسمانیا در استرالیا ارسال شدند. در این آنالیز ۱۵ میلی‌گرم از پودر نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت تأثیر اسید فسفریک و در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا گاز CO₂ متصاعد شده از هر نمونه به کمک دستگاه اسپکترومتر جرمی جهت تعیین ایزوتوپ اکسیژن و کربن اندازه‌گیری شود. خطای اندازه‌گیری ایزوتوپی ۰/۱±% بوده است. ایزوتوپ اکسیژن و کربن نمونه‌ها به صورت دلتا δ و بر حسب در هزار (Permil) بیان گردیده و نسبت به استاندارد مرجع (Pee Dee Blemnite) سنجدیده می‌شود.

بررسی ترکیب کانی‌شناسی اولیه سنگ آهک‌های مورد مطالعه

تشخیص آراگونیت از کلسیت برای فهم دمای محیط رسوب‌گذاری، دیاژنز و ژئوشیمی کربنات‌ها امری لازم و ضروری می‌باشد. در سنگ آهک‌های دیرینه تفکیک و تشخیص ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی و کلسیتی کاری دشوار است. از آن جایی که اغلب سنگ آهک‌های دیرینه تحت تأثیر دیاژنز متاوریک و یا تدفینی قرار گرفته و به کلسیت کم منیزیم (Low-Mg) تبدیل شده‌اند، لذا استفاده از منحنی پراش پرتو X و میزان Mg سنگ آهک‌های دیرینه در تشخیص آراگونیت اولیه از کلسیت کاربرد چندانی ندارد (آدابی ۱۳۸۳). بنابراین استفاده از روش‌های ژئوشیمیایی نظیر آنالیزهای عنصری (Ca, Mg, Sr, Na, Mn, Fe) و نیز استفاده از ایزوتوپ‌های اکسیژن ۱۸ و کربن ۱۳ در تشخیص ترکیب کانی شناسی اولیه کربنات‌ها توصیه می‌گردد. کلسیت کم منیزیم عمدتاً پایدار باقی مانده و منحصراً در سیستم‌های دیاژنز باز (open diagenetic systems) دستخوش تغییرات شیمیایی جزئی می‌گردد.

الف - عناصر اصلی و فرعی

استرانسیوم (Sr): مقدار Sr در نمونه‌های آراگونیتی غیر بیوتیک مناطق حاره‌ای عهد حاضر بین ۸۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام در تغییر است (Milliman 1974)، در حالی که در نمونه‌های کل کربناته (Bulk) مناطق معتدله عهد حاضر محدوده کمتری داشته و بین ۱۶۴۲ تا ۵۰۰۷ پی‌پی‌ام (میانگین ۳۲۷۰ پی‌پی‌ام) در نوسان است (Rao & Adabi 1992; Rao & Jayawardane 1994; Rao & Amini 1995).

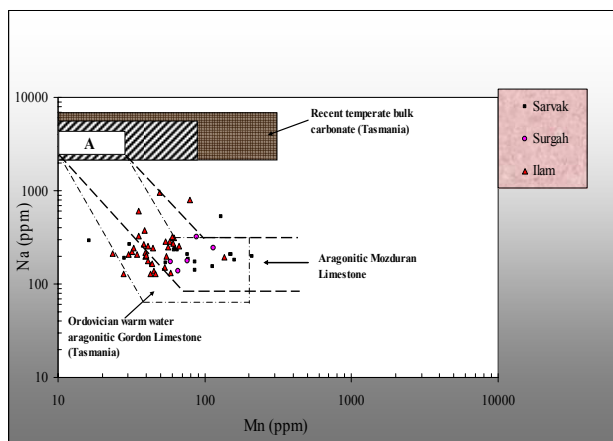
بررسی‌های متعدد نشان داده است که مقدار Sr با افزایش میزان آراگونیت، افزایش و با افزایش میزان کلسیت، کاهش می‌یابد (به طور مثال Rao & Adabi 1992) و فراوانی Sr در ارتباط مستقیم با افزایش

جدول ۱- مقادیر عناصر اصلی و فرعی در نمونه‌های آهکی سازندهای سروک، سورگاه، و ایلام در ناحیه مورد مطالعه.

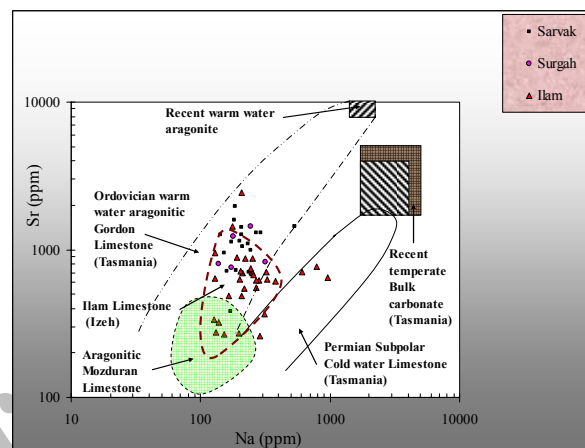
Shivand	Formation	Description	Sample No	Na (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Sr (ppm)	% Mg	% Ca	Sr/Na	Sr/Mn
1	Gurpi	Micrite	30	221	411	85	2078	0.01	39.47	9.41	24.36
2	Ilam	Micrite	29	152	189	53	267	0.01	39.52	1.75	5.02
3	Ilam	Micrite	28	138	148	45	323	0.03	39.31	2.34	7.19
4	Ilam	Micrite	27	198	149	39	273	0.02	39.19	1.38	6.94
5	Ilam	Micrite	26	127	160	43	336	0.01	39.39	2.64	7.89
6	Ilam	Micrite	25	287	139	58	262	0.02	39.47	0.91	4.55
7	Ilam	Micrite	24	131	135	58	276	0.01	39.39	2.11	4.74
8	Ilam	Micrite	23	309	183	61	368	0.03	39.25	1.19	5.99
9	Ilam	Micrite	22	219	119	39	543	0.01	39.58	2.48	13.8
10	Ilam	Micrite	21	326	131	35	626	0.07	39.35	1.92	17.77
11	Ilam	Micrite	20	206	84	30	490	0.06	39.32	2.39	16.27
12	Ilam	Micrite	19	165	102	44	484	0.03	39.33	2.94	11
13	Ilam	Micrite	18	378	94	39	612	0.04	39.42	1.62	15.77
14	Ilam	Micrite	17	269	78	39	553	0.05	39.48	2.05	14.33
15	Ilam	Micrite	16	220	75	32	876	0.17	39.1	3.99	27.58
16	Ilam	Micrite	15	603	90	35	702	0.12	39.2	1.17	19.83
17	Ilam	Micrite	14	963	76	49	649	0.07	39.31	0.67	13.21
18	Ilam	Micrite	13	199	81	55	627	0.01	39.43	3.15	11.49
19	Ilam	Micrite	12	246	94	33	704	0.12	39.27	2.86	21.44
20	Ilam	Micrite	11	212	112	23	695	0.15	39.33	3.28	29.66
21	Ilam	Micrite	10	250	108	56	692	0.1	39.32	2.76	12.35
22	Ilam	Micrite	9	246	103	45	749	0.09	39.27	3.05	16.77
23	Ilam	Micrite	8	320	87	60	710	0.09	39.17	2.21	11.78
24	Ilam	Micrite	7	254	110	41	873	0.17	39.37	3.44	21.25
25	Ilam	Micrite	6	204	118	40	719	0.78	38.38	3.52	18.1
26	Ilam	Micrite	5	284	104	54	624	0.07	39.25	2.2	11.57
27	Ilam	Micrite	4	270	119	61	623	0.23	38.74	2.31	10.17
28	Ilam	Micrite	3	257	73	67	674	0.03	39.08	2.62	10.06
29	Ilam	Micrite	2	790	99	80	770	0.08	39.23	0.98	9.67
30	Ilam	Micrite	1	192	145	137	886	0.17	39	4.62	6.49
31	Ilam	Micrite	57	206	106	34	2446	0.9	38.15	11.89	71.13
32	Ilam	Micrite	56	175	109	41	1429	1.53	37.37	8.17	34.65
33	Ilam	Micrite	55	130	101	28	947	0.1	39.18	7.29	33.95
34	Ilam	Micrite	54	130	102	46	640	0.04	39.41	4.93	13.93
35	Surgah	Micrite	53	174	121	58	760	0.09	39.44	4.37	13.06
36	Surgah	Micrite	52	139	142	66	801	0.13	39.03	5.78	12.23
37	Surgah	Micrite	51	318	192	88	827	0.17	39.28	2.6	9.39
38	Surgah	Micrite	50	243	134	115	1444	0.09	39.24	5.94	12.55
39	Surgah	Micrite	49	179	124	76	1228	0.48	38.75	6.87	16.07
40	Sarvak	Micrite	48	174	206	85	1127	0.25	39.11	6.47	13.19
41	Sarvak	Micrite	47	141	363	86	1259	0.7	38.37	8.91	14.62
42	Sarvak	Micrite	46	153	323	113	958	0.17	39.11	6.28	8.47
43	Sarvak	Micrite	45	186	279	77	1974	0.17	39.1	10.61	25.7
44	Sarvak	Micrite	44	293	188	16	1300	0.17	39.12	4.44	80.27
45	Sarvak	Micrite	43	246	146	63	997	0.12	38.49	4.06	15.87
46	Sarvak	Micrite	42	269	106	31	1301	0.25	38.85	4.84	42.32
47	Sarvak	Micrite	41	161	142	43	714	0.18	38.91	4.45	16.5
48	Sarvak	Micrite	40	187	118	28	728	0.04	39.13	3.89	25.61
49	Sarvak	Micrite	39	181	278	159	1580	0.1	38.99	8.71	9.95
50	Sarvak	Micrite	38	208	272	149	1417	0.13	38.98	6.81	9.54
51	Sarvak	Micrite	37	207	304	151	1265	0.22	39.02	6.11	8.39
52	Sarvak	Micrite	36	531	307	130	1432	0.18	39.21	2.7	11.05
53	Sarvak	Micrite	35	199	289	211	1149	0.19	39.13	5.77	5.46
54	Sarvak	Micrite	34	209	314	76	1045	0.2	39.15	4.99	13.72
55	Sarvak	Micrite	33	233	323	65	1091	0.016	39.11	4.68	16.88
56	Sarvak	Micrite	32	171	228	54	383	0.04	39.26	2.25	7.14
57	Sarvak	Micrite	31	235	202	62	708	0.31	39.38	3.02	11.43

در سنگ آهک‌های آراگونیتی حاره‌ای عهد حاضر مقدار Mn پایین و نسبت Sr/Mn بالا بوده (حدود ۳ تا ۵)، در حالی که در سنگ‌های آهکی کلسیتی مناطق معتدله عهد حاضر مقدار Mn بالا و نسبت Sr/Na پایین (حدود ۱) می‌باشد (Adabi & Rao 1991). نمودار تغییرات Mn در مقابل Sr/Na (شکل ۵) نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌های آهکی مورد مطالعه درون محدوده سنگ آهک‌های حاره‌ای گوردون تاسمانیا و سنگ آهک‌های سازند مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی واقع می‌شوند. تشابه بین عناصر فرعی کربنات‌های آراگونیتی دیرینه و عهد حاضر تأییدی بر این است که

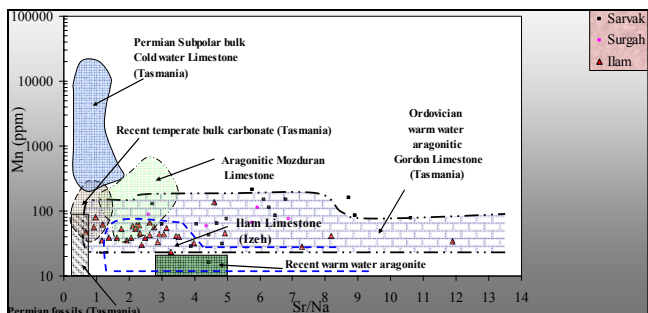
که اغلب نمونه‌های مورد مطالعه در نزدیکی یا در داخل محدوده‌های سنگ‌های آهکی گوردون (Gordon) تاسمانیا، مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی (Rao 1991) و محدوده آهکی سازند ایلام در تاق‌دیس پیون (Adabi & Asadi Mehmandosti 2008) واقع می‌شوند. نسبت استرانسیم به سدیم (Sr/Na) در مقابل منگنز (Mn): کربنات‌های حاره‌ای دیرینه و عهد حاضر را می‌توان از معادله‌های غیر حاره‌ای آنها توسط ترسیم Sr/Na در مقابل Mn تفکیک نمود (Rao 1981; Rao 1991; Adabi & Rao 1991; Adabi & Asadi Mehmandosti 2008).



شکل ۴- تغییرات سدیم در برابر منگنز در کربنات‌های سازنده‌های سروک، سورگه و ایلام. مقادیر Na این نمونه‌ها پایین‌تر و مقادیر Mn آنها بالاتر از مقادیر معادل‌های آراگونیتی عهد حاضر آنها است، که نشان دهنده تأثیر دیاژنز متاوریک بر روی نمونه‌های کربنات‌های سازنده‌های سروک، سورگه و ایلام می‌باشد.



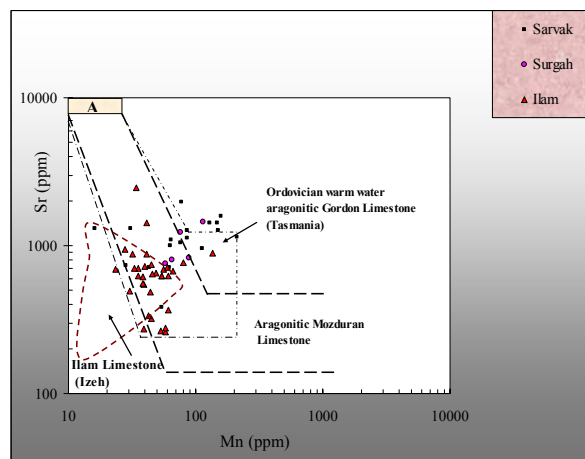
شکل ۲- تغییرات مقادیر سدیم در برابر استرانسیم در کربنات‌های سازنده‌های سروک، سورگه و ایلام. همانگونه که مشاهده می‌شود نمونه‌های مورد مطالعه به دلیل تشابه کانی‌شناسی در محدوده‌های آراگونیتی سازند ایلام در منطقه ایزه، مزدوران و گوردون تاسمانیا واقع شده‌اند (Adabi & Rao 1991; Rao 1991).



شکل ۵- تغییرات Sr/Na در برابر Mn در سنگ‌های کربنات‌های سازنده‌های سروک، سورگه و ایلام. توجه کنید که اکثر این نمونه‌ها در داخل محدوده آهک‌های گوردون تاسمانیا، سازند مزدوران و سازند ایلام در منطقه ایزه با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی قرار گرفته‌اند (Adabi & Rao 1991; Rao 1991; Adabi & Asadi Mehmandosti 2008). اغلب داده‌ها دارای مقادیر Sr/Na بیشتر از ۱ می‌باشند که حاکی از ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی است.

نسبت استرانسیم به کلسیم (Sr/Ca) در مقابل منگنز (Mn): بر اساس ترسیم Sr/Ca در مقابل Mn می‌توان روند دیاژنز در سیستم‌های باز و بسته را تعیین نمود. در شکل ۶ محدوده‌هایی برای روندهای دیاژنتیکی آراگونیت (A)، کلسیت پرمینیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC) توسط برند و وایزر (Brand & Veizer 1980) مشخص گردیده است. در سیستم دیاژنتیکی باز با افزایش تبادلات آب و سنگ (water-rock interaction) میزان Sr/Ca کاهش می‌یابد. در سیستم‌های نیمه بسته که فعل و انفعالات آب به سنگ کم باشد نسبت Sr/Ca فازهای دیاژنتیکی تغییرات محسوسی نسبت به ترکیبات اولیه ندارد. در نمونه‌های کربنات‌های سازنده‌های سروک، سورگه و ایلام بالا

سنگ آهک‌جهای این سازنده‌ها نیز دارای ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی بوده‌اند. آراگونیتی بودن سازند ایلام در نمونه‌های میکرایتی این سازند در تقادیس پیون منطقه ایزه (Adabi & Asadi 2008) و آراگونیتی بودن سازند سروک در تقادیس پیون (اصغری و آدابی ۱۳۸۴) و تقادیس بنگستان (ناصری و آدابی ۱۳۸۴) نیز گزارش شده است.



شکل ۳- ترسیم مقادیر استرانسیم در برابر منگنز نمونه‌های سازنده‌های سروک، سورگه و ایلام. ترسیم مقادیر Mn در برابر Sr نشان می‌دهد که اغلب نمونه‌های مورد مطالعه در نزدیکی یا در داخل محدوده‌های کربنات‌های سازند ایلام در منطقه ایزه (Adabi & Asadi Mehmandosti 2008)، سنگ‌های آهکی گوردون (Gordon) تاسمانیا و مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی (Rao 1991) واقع می‌شوند. نمونه‌های سازند سروک تقریباً جدایش معنی داری نسبت به نمونه‌های سازند ایلام نشان می‌دهد که احتمالاً به دلیل تأثیر کمتر دیاژنز روی نمونه‌های سروک نسبت به ایلام است.

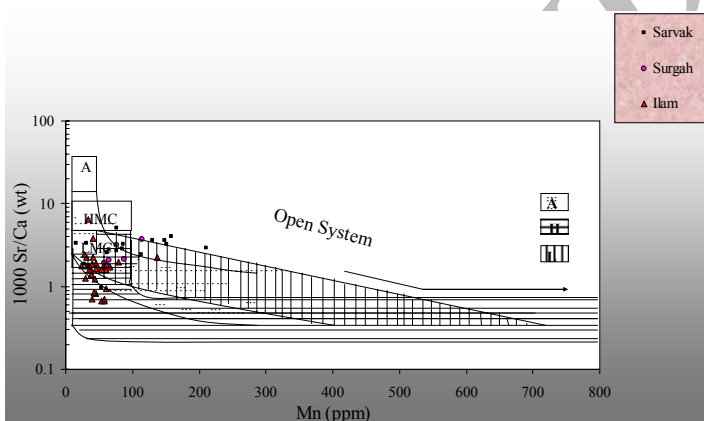
روند تغییرات ایزوتوپ اکسیژن و کربن در نمونه‌های سازندهای سروک و سورگاه حاکی از تأثیر ناچیز فرایندهای دیاژنزی می‌باشد. تغییرات ناچیز در مقادیر ایزوتوپ اکسیژن و کربن نمونه‌ها می‌تواند به دلیل تأثیر کم تبادل آب با سنگ (water-rock interaction) در محیط‌های بسته دیاژنتیکی باشد (Lohmann 1988).

میزان تغییر ایزوتوپ کربن در سازند ایلام بین $3/72$ - تا $PDB41/4\%$ (میانگین $PDB21/1\%$) و ایزوتوپ اکسیژن بین $3/21$ - تا $26/5 PDB\%$ (میانگین $PDB13/4\%$) اندازه‌گیری شده است (جدول ۲). این تغییرات بیانگر تأثیر دیاژنز متائوریک در سازند ایلام است، به طوری که روند J معکوس به طور واضح در شکل ۷ مشاهده می‌شود.

بودن مقادیر Sr/Ca و نیز پایین بودن مقادیر منگنز بیانگر شرایط بسته تا نیمه بسته محیط دیاژنتیکی است.

ب- ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن

دامنه تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن برای نمونه‌های مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار به‌ویژه ایزوتوپ‌های کربن ۱۳ و اکسیژن ۱۸ اطلاعات با ارزشی در زمینه دمای محیط رسوب‌گذاری، دمای دیاژنتیکی، روند دیاژنز در محیط‌های دیاژنتیکی، تفکیک کربنات‌ها در نواحی مختلف (Marshall 1992; Rao 1996) و شوری ارائه می‌دهد. بررسی تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در مقابل عناصر فرعی می‌تواند ترکیب کانی شناسی اولیه را مشخص نماید.



شکل ۶- ترسیم مقادیر Mn در مقابل Sr/Ca برای نمونه‌های آهکی سازندهای سروک، سورگاه و ایلام. در این نمودار محدوده‌هایی برای روندهای دیاژنتیکی آراگونیت (A)، کلسیت پرمینیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC) توسط برند و وایزر در سال ۱۹۸۰ مشخص گردیده است. بالا بودن مقادیر Sr/Ca و نیز پایین بودن مقادیر منگنز در نمونه‌های کربناته مطالعه شده بیانگر بسته تا نیمه بسته بودن محیط دیاژنتیکی است.

جدول ۲- مقادیر ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در نمونه‌های آهکی سازندهای سروک، سورگاه، و ایلام در ناحیه مورد مطالعه.

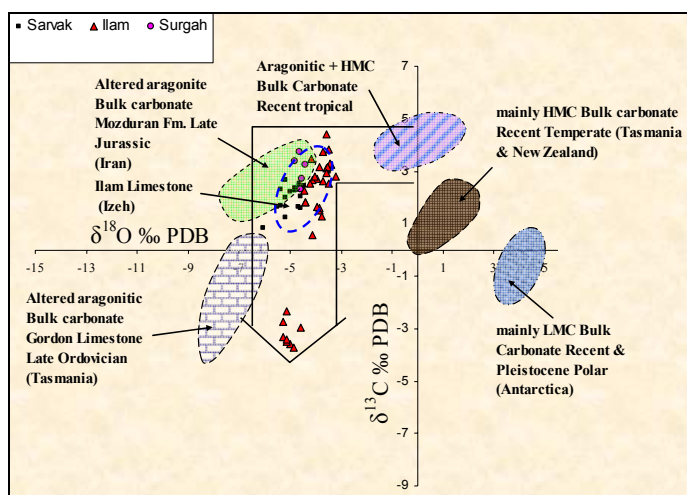
Fm.	sample No.	carbon	oxygen
Ilam	SH - 510	2.795	-4.03
	SH - 500	2.521	-4.204
	SH - 490	1.651	-3.965
	SH - 478	-3.398	-5.151
	SH - 470.1	1.832	-4.414
	SH - 466	1.817	-4.418
Surgah	SH - 463	3.39	-4.819
	SH - 450	3.738	-4.623
	SH - 447	3.234	-4.4
	SH - 441	2.71	-4.562
	SH - 439	2.3	-4.583
	SH - 426	0.811	-6.076
Sarvak Formation	SH - 402	1.594	-4.584
	SH - 392	2.966	-3.493
	SH - 388	2.672	-5.181
	SH - 372	2.463	-4.459
	SH - 352	1.64	-5.511
	SH - 334	1.229	-5.163
	SH - 290	1.696	-5.392
	SH - 248	2.362	-4.502
	SH - 230	2.525	-4.638
	SH - 198	2.424	-4.637
	SH - 174	2.255	-4.804
	SH - 154	2.286	-5.348
	SH - 120	1.977	-5.193
	SH - 68	1.62	-4.69
	SH - 52	2.02	-4.6
SH - 25	2.233	-4.992	
SH - 1	2.36	-4.82	

Fm.	sample No.	carbon	oxygen
Gurpi	SH - 698	1.247	-3.874
	SH - 696	-2.973	-4.599
	SH - 691	-3.324	-5.258
	SH - 687	-3.576	-5.001
	SH - 683	-2.344	-5.157
	SH - 677	-3.719	-4.86
	SH - 674	-2.745	-5.26
	SH - 668	-3.481	-5.136
	SH - 664	0.549	-4.131
	SH - 658	1.495	-3.866
	SH - 648	2.533	-3.505
	SH - 644	1.292	-3.75
	SH - 638	1.61	-3.836
	SH - 634	2.804	-3.21
	SH - 626	3.829	-3.483
Ilam Formation	SH - 616	3.239	-3.416
	SH - 614	3.297	-3.424
	SH - 608	3.737	-3.724
	SH - 602	4.412	-3.579
	SH - 592	3.469	-4.156
	SH - 586	3.103	-3.562
	SH - 572	3.159	-3.862
	SH - 566	3.136	-3.543
	SH - 552	2.953	-3.568
	SH - 544	2.637	-3.698
	SH - 530	2.715	-3.938
	SH - 520	2.684	-4.144
	SH - 514	2.262	-4.469

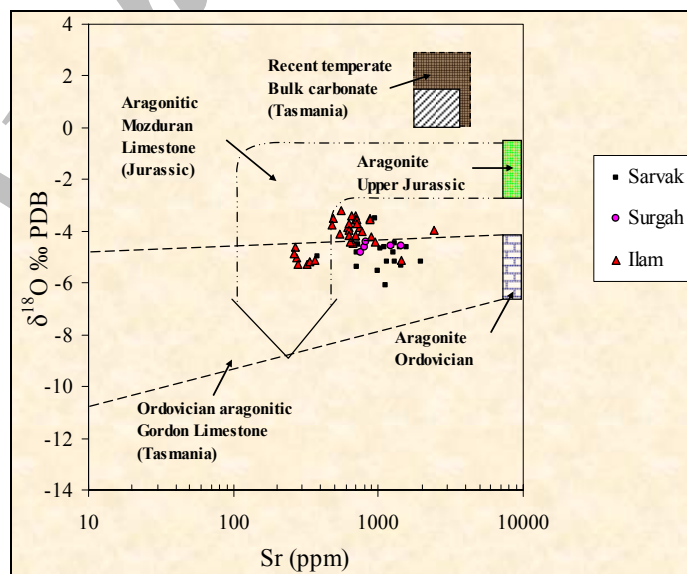
سروک، سورگاه، و ایلام می‌تواند به دلیل نسبت پایین واکنش آب با سنگ (water-rock interaction) و در نتیجه بسته بودن سیستم دیاژنتیکی (Brand & Veizer 1980)، شرایط اکسیدان محیط رسوب‌گذاری ناشی از عمق کم (Amini & Rao 1998; Pingitore *et al.* 1988; *al.* 1988)، بالا بودن نرخ رسوب‌گذاری (Pingitore *et al.* 1988; Mucci 1988) و یا ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی این کربنات‌ها باشد.

تغییر ایزوتوپ اکسیژن در برابر عناصر Sr, Na, Mn

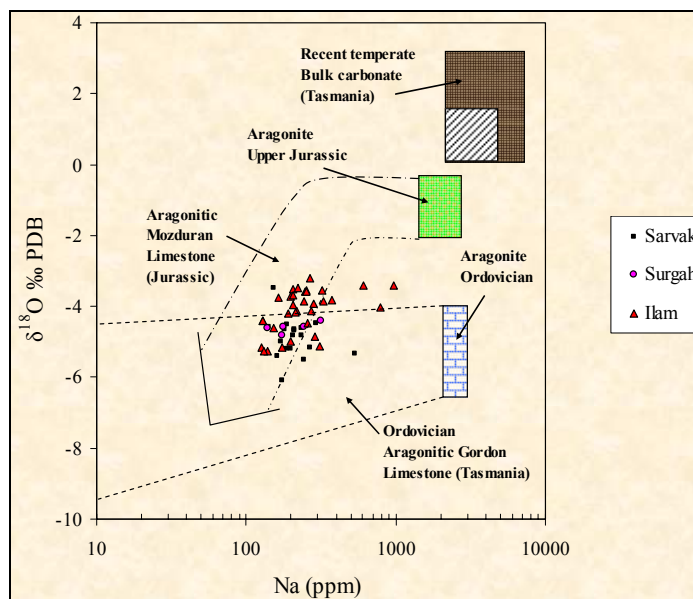
تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر Sr (شکل ۸)، Na (شکل ۹) و Mn (شکل ۱۰) و مقایسه آنها با محدوده‌های کربنات‌های آراگونیتی سازند مزدوران و گوردون تاسمانیا حاکی از شباهت کانی شناسی سازنده‌های مورد مطالعه با سازند مزدوران و گروه گوردون با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی برای کربنات‌های این سازنده‌ها می‌باشد. لازم به ذکر است که پایین بودن مقادیر منگنز در نمونه‌های کربنات‌های سازنده‌ها



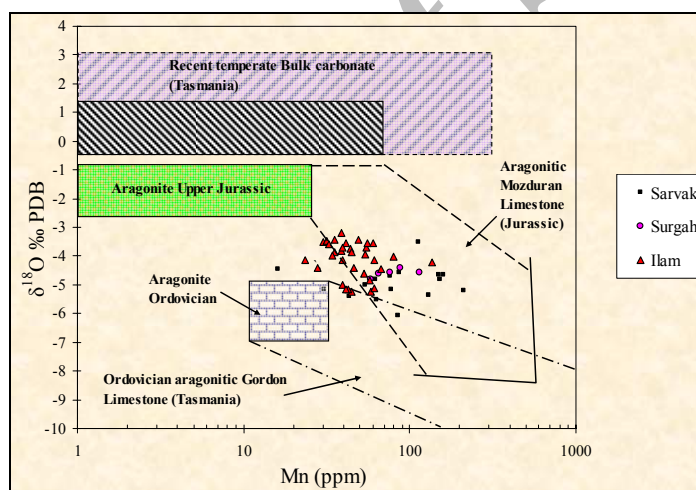
شکل ۷- تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در مقابل ایزوتوپ کربن در نمونه‌های آهکی سازنده‌های سروک، سورگاه و ایلام. در این شکل محدوده‌های ایزوتوپی نمونه‌های کل کربنات‌های (Bulk) عهد حاضر مناطق حاره‌ای (Milliman & Muller 1977)، نواحی معتدله تاسمانیا و زلاندنو (Rao & Nelson 1992)، کربنات‌های سازند مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی مربوط به بخش کم‌عمق حوضه (ژوراسیک فوقانی) (Adabi & Rao 1991)، کربنات‌های گوردون تاسمانیا با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی (اردویسین بالایی) (Rao & Wang 1990) و محدوده کربنات‌های سازند ایلام در منطقه ایزده (Adabi & Asadi Mehmandosti 2008) به منظور مقایسه ترسیم شده‌اند. تغییرات کمتر ایزوتوپ اکسیژن نسبت به ایزوتوپ کربن نمونه‌های سازند ایلام، می‌تواند بیانگر دیاژنز متاوریکی برای این سازند باشند. شایان ذکر است که ایزوتوپ کربن سازند ایلام بدلیل تأثیر بیشتر دیاژنز متاوریکی، بسیار بیشتر از سازند سروک است.



شکل ۸- تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر Sr مربوط به سازنده‌های سروک، سورگاه، ایلام و مقایسه آنها با محدوده‌های کربنات‌های آراگونیتی سازنده‌های مزدوران و گوردون تاسمانیا. قابل توجه است که اکثر این نمونه‌ها به دلیل ترکیب کانی شناسی مشابه در داخل محدوده کربنات‌های مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی قرار می‌گیرند.



شکل ۹- تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر Na مربوط به سازندهای سروک، سورگاه، ایلام و مقایسه آنها با محدوده‌های کربناته آراگونیتی سازندهای مزدوران و گوردون تاسمانیا. در این شکل نیز اکثر این نمونه‌ها به دلیل ترکیب کانی شناسی مشابه در داخل محدوده کربنات‌های مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی قرار می‌گیرند.



شکل ۱۰- تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر Mn مربوط به سازندهای سروک، سورگاه، ایلام و مقایسه آنها با محدوده‌های کربناته آراگونیتی سازندهای مزدوران و گوردون تاسمانیا. شایان ذکر است که اکثر این نمونه‌ها به دلیل ترکیب کانی شناسی مشابه در داخل محدوده کربنات‌های مزدوران با ترکیب کانی شناسی اولیه آراگونیتی قرار می‌گیرند.

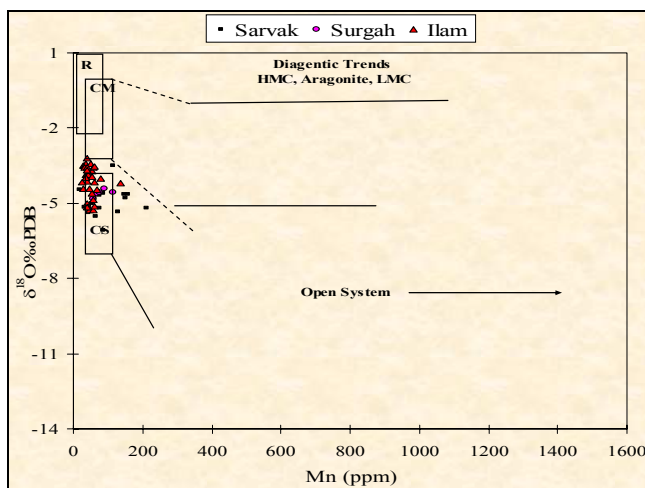
نشان دهنده بسته تا نیمه بسته بودن سیستم رسوب‌گذاری در زمان تشکیل آهک‌های سازندهای سروک، سورگاه و ایلام است.

تفکیک سازندهای سروک، سورگاه و ایلام

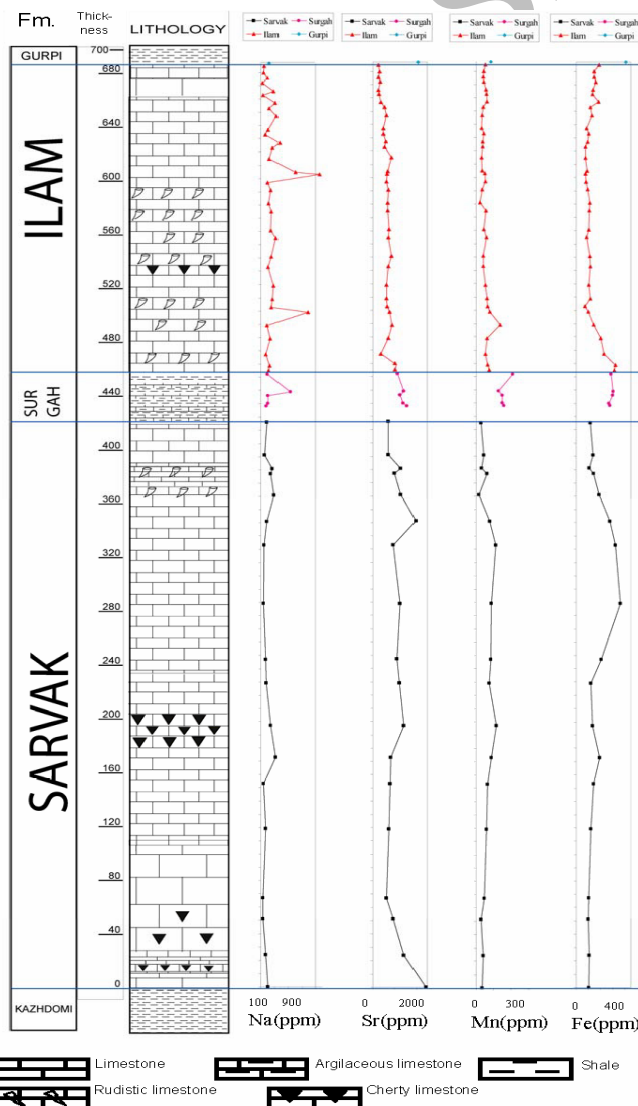
در شکل ۱۲ تغییرات عناصر فرعی (Sr, Na, Fe, Mn) و در شکل ۱۳ روند ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن و کربن نمونه‌های آهکی از سازندهای سروک، سورگاه، ایلام و یک نمونه از سازندهای گورپی جهت تعیین مرز در امتداد ستون چینه‌شناسی ارائه شده است. تغییرات نسبی عناصر فرعی در امتداد ستون چینه‌شناسی احتمالاً ناشی از اختلاف رخساره‌ای و همچنین تأثیر فرآیندهای دیاژنتیکی می‌باشد.

تغییر ایزوتوپ اکسیژن در برابر منگنز (Mn)

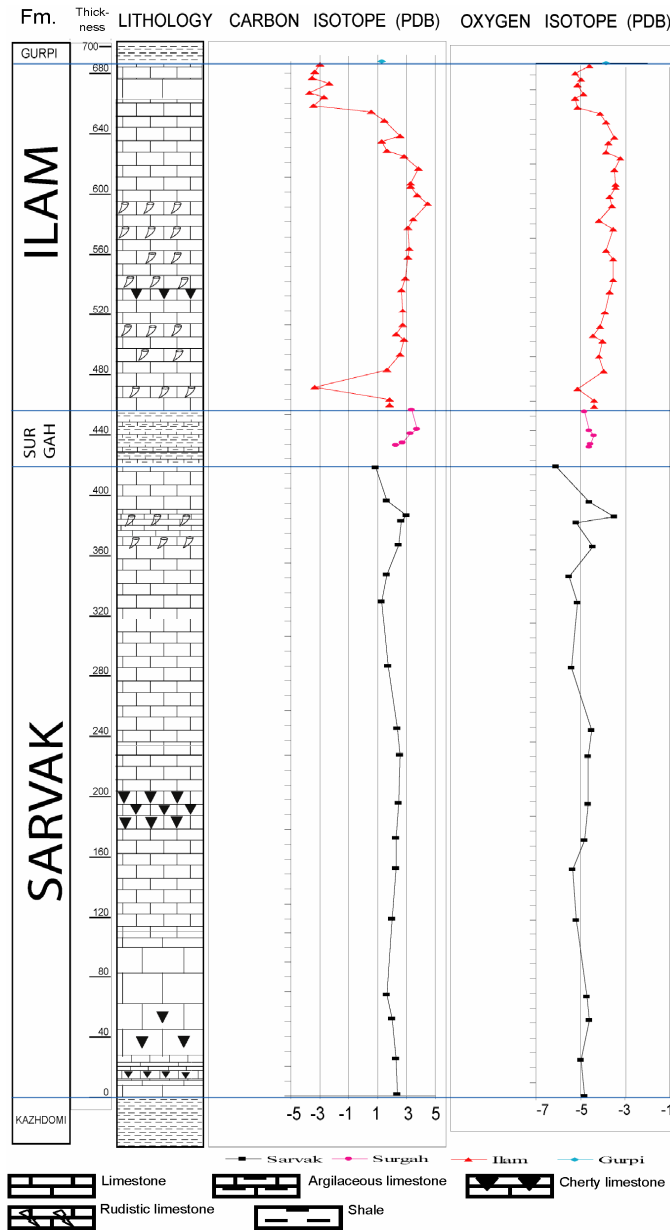
در شکل ۱۱ روندهای پایدار دیاژنتیکی برای ترکیبات کلسیت کم منیزیم (LMC)، کلسیت با منیزیم بالا (HMC) و آراگونیت (A)، متشکله‌های عهد حاضر (R) و محدوده‌های آهکی بارلینگتون (Burlington) می‌سی‌سی‌پی در ایالات آمریکا (CM) و آهک‌های خلیج رید (Read bay) سیلورین در کانادا (CS) نشان داده شده است (Brand & Veizer 1981). در شکل مذکور به خوبی ملاحظه می‌شود که تمامی نمونه‌ها در محدوده سیستم‌های بسته قرار گرفته‌اند. این نمونه‌ها دارای Mn پایین و ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ بالایی می‌باشند، که



شکل ۱۱- تغییرات Mn در مقابل ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ سازنده‌های سروک، سورگاه و ایلام. در این نمودار روندهای دیاژنتیکی برای ترکیبات کلسیت کم منیزیم (LMC)، کلسیت با منیزیم بالا (HMC) و آراگونیت (A)، متشکله‌های عهد حاضر (R) و محدوده‌های آهکی بارلینگتون (Burlington) می‌سی‌سی‌پی در ایالات آمریکا (CM) و آهک‌های خلیج رید (Read bay) سیلورین در کانادا (CS) نشان داده شده است (Brand & Veizer 1981). همانگونه که ملاحظه می‌شود نمونه‌های سازنده‌های سروک، سورگاه و ایلام همانند شکل ۶ در یک سیستم دیاژنتیکی بسته واقع شده‌اند.



شکل ۱۲- تغییرات عناصر Na, Sr, Fe, Mn در امتداد ستون چینه‌شناسی سازنده‌های سروک، سورگاه، ایلام و یک نمونه از سازند گورپی در برش شیوند.



شکل ۱۳- تغییرات ایزوتوپ پایدار اکسیژن و کربن در امتداد ستون چینه شناسی سازندهای سروک، سورگاه، ایلام و یک نمونه از سازند گورپی در برش شیوند.

ایزوتوپ کربن نمونه ها میتواند تأییدی بر تغییر ترکیب شیمیایی آب دریا باشد (آدابی و اسدی مهماندوستی ۱۳۸۴). نکته قابل توجه در این است که حتی تغییر ایزوتوپی یک نمونه آهکی از سازند گورپی باعث تفکیک این سازند از سازند ایلام گردیده است.

تخمین دمای آب دریا در زمان ته‌نشست سازندهای سروک، سورگاه و ایلام:

از مهمترین کاربردهای اندازه‌گیری ایزوتوپ اکسیژن در کربنات‌ها، تعیین دمای تشکیل آنهاست (Morse & Mackenzie 1990). به این منظور می‌بایستی از نمونه‌های آهکی دریایی با کمترین میزان دگرسانی (نمونه‌هایی با Na و Sr بالا، Fe و Mn پایین و سنگین‌ترین

ترسیم تغییرات ایزوتوپ اکسیژن و کربن در مقابل ضخامت سازندهای سروک، سورگاه و ایلام بیانگر تغییرات ایزوتوپی در مرز بین سازندها می باشد. همانگونه که ذکر شد میانگین ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ در سازند سروک $89/4\text{‰ PDB}$ ، در سازند سورگاه $60/4\text{‰ PDB}$ و در سازند ایلام $13/4\text{‰ PDB}$ است. میانگین ایزوتوپ کربن ۱۳ در سازند سروک $06/2\text{‰ PDB}$ ، در سازند سورگاه $07/3\text{‰ PDB}$ و در سازند ایلام $21/1\text{‰ PDB}$ می باشد (جدول ۲). این تغییرات بویژه تغییرات ایزوتوپ کربن به آسانی باعث تفکیک این سازندها شده است. معمولاً تحت شرایط یکسان، ایزوتوپ کربن کمتر از ایزوتوپ اکسیژن تحت تأثیر نوسانات حرارتی قرار می گیرد و لذا این اختلاف فاحش در مقدار

نتیجه گیری

نتایج حاصل از بررسی عناصر اصلی، فرعی و ایزوتوپی در سازندهای سروک، سورگه و ایلام بیانگر ترکیب کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی این سازندها است. روند تغییرات ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در نمونه‌های سازندهای سروک و سورگه حاکی از تأثیر خیلی کم فرآیندهای دیاژنزی می‌باشد اما این تغییرات، بیانگر تأثیر قابل ملاحظه دیاژنزی متائوریکی در سازند ایلام است، به طوری که روند J معکوس به طور واضح در این سازند مشاهده می‌شود. بررسی تغییرات ایزوتوپی و عنصری در سازندهای سروک، سورگه و ایلام امکان تفکیک این سازندها در امتداد ستون چینه‌شناسی را میسر می‌سازد.

تغییرات Str/Ca در مقابل Mn و تغییرات ایزوتوپ اکسیژن و کربن در مقابل Mn بیانگر بسته تا نیمه بسته بودن سیستم دیاژنتیکی در هر سه سازند است. دمای آب دریا در زمان ته‌نشست سازندهای سروک، سورگه و ایلام با استفاده از سنگین‌ترین نمونه ایزوتوپ اکسیژن برای سازندهای مورد مطالعه به ترتیب در حدود ۲۷ درجه سانتیگراد (PDB-) (49/3%، 31 درجه سانتیگراد (40/4% PDB-) و ۲۶ درجه سانتیگراد (21/3% PDB-) محاسبه شده است.

تشکر و قدردانی

از آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم دانشگاه تاسمانیا جهت انجام آنالیزهای ایزوتوپی و سرکار خانم مهندس شجاعی مسئول آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهیدبهبشتی به خاطر انجام آزمایشات عنصری تشکر و قدردانی می‌گردد.

ایزوتوپ اکسیژن ۱۸) استفاده نمود (آدابی ۱۳۸۳). معمولاً سنگین‌ترین ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ نشانگر دمای محیط رسوبی و سبکترین آن بیانگر دمای دیاژنتیکی می‌باشد (Adabi 1996). در این تحقیق برای محاسبه دمای آبی که کلسیت در آن نهشته شده است از معادله اندرسون و آرتور (Anderson & Arthur 1983) استفاده شده است:

$$T^{\circ}C = 16 - 4.14(\delta_c - \delta_w) + 0.13(\delta_c - \delta_w)^2$$

T: بر حسب درجه سانتی‌گراد

δ_c : مقدار ایزوتوپ اکسیژن ۱۸ محاسبه شده در کلسیت بر حسب PDB
 δ_w : مقدار ایزوتوپ اکسیژن آب دریا در زمان تشکیل کلسیت بر حسب SMOW
 غالباً مقدار δ_w برای دوره‌های مختلف زمین‌شناسی متفاوت می‌باشد و برای کرتاسه ۱ %SMOW- در نظر گرفته می‌شود (Grocke et al., 2003).

با استفاده از رابطه فوق، دمای آب دریا در زمان ته‌نشست سازندهای سروک، سورگه و ایلام با استفاده از سنگین‌ترین نمونه ایزوتوپ اکسیژن برای هر سازند به ترتیب در حدود ۲۷ درجه سانتیگراد (PDB-) (49/3%، 31 درجه سانتیگراد (40/4% PDB-) و ۲۶ درجه سانتیگراد (21/3% PDB-) محاسبه شده است.

در حال حاضر دمای آب دریا برای ته‌نشست آراگونیت به ویژه در کربنات‌های خلیج فارس بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتیگراد است (Rao, 1996) در نتیجه مقادیر بدست آمده برای سازندهای مورد مطالعه می‌تواند تأییدی بر آراگونیتی بودن ترکیب کانی شناسی اولیه سازندهای سروک، سورگه و ایلام باشد.

منابع:

- آدابی م. ۱۳۸۳: ژئوشیمی رسوبی. انتشارات آراین زمین. ۴۴۸ صفحه.
 اصغری م. و آدابی م. ۱۳۸۴: بررسی رخساره‌های سازند سروک و کاربرد آنالیزهای ژئوشیمیایی در تفکیک آن از سازند ایلام در میدان نفتی اهواز. بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین. سازمان زمین‌شناسی کشور. تهران. ۲۸۰ صفحه.
 اطلس راه‌های ایران ۱۳۶۹: دوره دوم، چاپ دهم. سازمان جغرافیایی و کارتوگرافی گیتاشناسی.
 چهارده چریک غ. ۱۳۸۵: زیست چینه‌نگاری سازند ایلام (مقطع تیپ) بر اساس فرامینیفرهای پلانکتونیک، جنوب شرقی ایلام. رساله کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان. ۱۲۲ صفحه.
 مطیعی ه. ۱۳۷۴: زمین‌شناسی نفت زاگرس. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور. ۹۵۹ صفحه.
 منجزی ن. ۱۳۸۵: زیست چینه‌نگاری سازند سورگه (مقطع تیپ) در جنوب شرقی ایلام بر اساس فرامینیفرهای پلانکتونیک. رساله کارشناسی ارشد. دانشگاه اصفهان. ۹۶ صفحه.
 نصری ن. و آدابی م. ۱۳۸۴: مطالعه ژئوشیمیایی سازند سروک در برش نمونه واقع در کوه بنگستان. بیست و چهارمین گردهمایی علوم زمین. سازمان زمین‌شناسی کشور. ۹۶ صفحه.

Adabi M.H. 1996: Sedimentology and geochemistry of Upper Jurassic (Iran) and Precambrian (Tasmania) carbonates. Unpubl. Ph.D. Thesis, Uni. Tasmania, Australia. 400 p.

- Adabi M.H., Rao C.P. 1991: Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonates (Mozduran Formation), Sarakhs area, Iran: *Sed. Geology*. **72**: 253-267.
- Adabi M.H., Asadi Mehmadoshti E. 2008. Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-E Rashid area, Izeh, S.W. Iran", *Journal of Asian Earth Sciences*. In press.
- Amini Z.Z., Rao, C.P. 1998: Depth and latitudinal characteristic of sedimentological and geochemical variables in temperate shelf carbonates, eastern Tasmania, Australia. *Carbonates and Evaporites*. **13**: 145-156.
- Anderson T.F., Arthur M.A. 1983: Stable isotopes of oxygen and carbon and their application to sedimentologic and paleoenvironmental problems: in *Stable Isotopes in Sedimentary Geology: Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Short Course*. **10**: 111-1.151.
- Brand U., Veizer J. 1980: Chemical diagenesis of a multicomponent carbonate system –I: trace elements: *Jour. Sed. Petrology*, **50**: 1219-1236.
- Brand U., Veizer J. 1981: Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system, II: stable isotopes: *Jour. Sed. Petrology*. **51**: 987-997.
- Grocke D.R., Price G.D., Rufell A.H., Mutterlose J., Baraboshkin E. 2003: Isotopic evidence for Late Jurassic-Early Cretaceous climate change: *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.* **202**: 97-118.
- James G. A. Wynd J. G., 1965: Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area: *AAPG Bulletin*. **40**: 2182-2245.
- Land L.S., Hoops G.K., 1973: Sodium in carbonate sediments and rocks: a possible index to the salinity of diagenetic solutions: *Jour. Sed. Petrology*. **43**: 614-617.
- Lohmann K.C., 1988: Geochemical patterns of meteoric diagenetic systems and their application to studies of paleokarst: In James, N.P., and Choquette, P.W., (eds.), *Paleokarst*: New York, Springer-Verlag. 58-80.
- Marshall J.D., 1992: Climatic and oceanographic isotopic signals from the carbonate rock record and their preservation: *Geol. Magazine*. **129**: 143-160.
- Milliman J.D. 1974: *Marine Carbonates*: New York, Springer-Verlag, 375 p.
- Milliman J.D., Muller J. 1977: Characteristics and genesis of shallow-water and deep-sea limestones: in Anderson, N.R., and Malahoff, A., (eds.), *the fate of fossil fuel CO₂ in the oceans*: New York, Plenum Press. 655-672.
- Morrison J.O., Brand U. 1986: Geochemistry of Recent marine invertebrates: *Geosci. Canada*. **13**: 237-254.
- Morse J.W., Mackenzie F.T. 1990: *Geochemistry of Sedimentary Carbonates*: New York, Elsevier. 707 p.
- Mucci A., 1988: Manganese uptake during calcite precipitation from seawater: conditions leading to the formation of a pseudokutnahorite: *Geochim. Cosmochim. Acta*. **52**: 1859-1868.
- Pingitore N.E., Eastman M.P., Sandidge M., Oden K., Freiha B. 1988: The coprecipitation of manganese (II) with calcite, an experimental study: *Mar. Chemistry*. **25**: 107-120.
- Rao C.P. 1981: Geochemical differences between tropical (Ordovician) and subpolar (Permian) carbonates, Tasmania, Australia: *Geology*. **9**: 205-209.
- Rao C.P. 1991: Geochemical differences between subtropical (Ordovician), temperate (Recent and Pleistocene) and subpolar (Permian) carbonates, Tasmania, Australia: *Carbonates and Evaporites*. **6**: 83-106.
- Rao C.P., 1996: Elemental composition of marine calcite from modern temperate shelf brachiopods, bryozoans and bulk carbonates, eastern Tasmania, Australia: *Carbonates and Evaporites*. **11**: 1-18.
- Rao C.P., Adabi M.H., 1992: 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**: 249-272.
- Rao C.P., Amini Z.Z. 1995: Faunal relationship to grain-size, mineralogy and geochemistry in Recent temperate shelf carbonates, western Tasmania, Australia: *Carbonates and Evaporites*. **10**: 114-123.
- Rao C.P., Jayawardane M.P.J. 1994: Major minerals, elemental and isotopic composition in modern temperate shelf carbonates, eastern Tasmania, Australia: implications for the occurrence of extensive ancient non-tropical carbonates: *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* **107**: 49-63.
- Rao C.P., Nelson C.S. 1992. Oxygen and carbon isotope fields for temperate shelf carbonates from Tasmania and New Zealand: *Mar. Geology*. **103**: 273-286.
- Rao C.P., Wang, B. 1990: Oxygen and carbon isotope composition of Gordon Group carbonates (Ordovician), Florentine Valley, Tasmania, Australia: *Aust. Jour. Earth Sci.* **37**: 305-316.
- Wynd J.G. 1965: Biofacies of the Iranian of Consortium Agreement Area, (I.O.O.C) Report No. 1082 (unpublished paper). 88 p.