

مطالعه ویژگی‌های ژئوشیمیایی سازند سروک در پهنه ایذه، منطقه زاگرس

الهام اسدی مهماندوستی^{۱*} و محمدحسین آدابی^۲

^۱استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
^۲استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۵/۳۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۰/۲۵

چکیده

سازند سروک از گروه بنگستان با سن آلبین پسین تا سنومانین به عنوان یکی از مهم‌ترین مخازن نفتی ایران به‌شمار می‌آید که در ۵ مقطع سطح‌الارضی در پهنه ایذه شامل کوه بنگستان به عنوان مقطع نمونه با ستبرای ۸۳۱/۵ متر، کوه منگشت با ستبرای ۴۲۶ متر، کوه پیون با ستبرای ۴۸۰ متر، یال شمالی کوه میش با ستبرای ۲۵۲ متر و یال جنوبی کوه میش با ستبرای ۳۴۸ متر از نظر ژئوشیمی رسوبی مطالعه شده است. مطالعه مقادیر عناصر اصلی (شامل Ca و Mg)، عناصر فرعی (شامل Sr، Na، Mn و Fe) و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن نشان‌دهنده تغییر ویژگی‌های ژئوشیمیایی سازند سروک در طول پهنه ایذه است. بالاتر بودن نسبت Sr/Mn و نسبت استرانسیم به‌نحایت شده توسط کلسیت و همچنین سنگین‌تر بودن ایزوتوپ اکسیژن در نمونه‌های کربناتی سازند سروک در یال شمالی کوه میش و برخی نمونه‌های کوه بنگستان می‌تواند نشانگر کم بودن میزان انحلال و بسته‌تر بودن سیستم دیاژنزی این برش‌ها نسبت به نمونه‌های کربناتی سازند سروک در یال جنوبی کوه میش و کوه پیون باشد. تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ کربن در نهشته‌های آهکی سازند سروک در یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان بیانگر دیاژنزی در یک سیستم فریاتیک دریایی و در یال جنوبی کوه میش، کوه منگشت و کوه پیون نشان‌دهنده تأثیر دیاژنزی جوی در نمونه‌های مورد مطالعه است. اختلافات ژئوشیمیایی مشاهده شده در مقاطع مورد مطالعه در پهنه ایذه را می‌توان به فعالیت دوباره ساختارهای پی‌سنگی مانند گسل هندیجان و بهرگانسر (ایذه) که باعث تغییراتی در ستبرای نوع رخساره‌ها و شرایط دیاژنزی حاکم در منطقه شده است، نسبت داد.

کلیدواژه‌ها: ژئوشیمی رسوبی، عناصر اصلی و فرعی، ایزوتوپ اکسیژن و کربن، سازند سروک.

***نویسنده مسئول:** الهام اسدی مهماندوستی

E-mail: e.asadi@khu.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

سازند سروک از گروه بنگستان با سن آلبین پسین تا سنومانین یک سکانس کربناتی ستبرایه است که به عنوان یکی از مهم‌ترین مخازن نفتی و گازی ایران به‌شمار می‌آید. این سازند افزون بر اینکه با داشتن بیشتر از ۲۰ درصد نفت، دومین مخزن مهم نفتی ایران (پس از سازند آسماری) است، به دلیل ایجاد سفره‌های آب زیرزمینی باعث ایجاد چشمه‌های کارستی در نواحی مختلف زاگرس شده است (Raeisi & Karami, 1997; Ahmadipour, 2002).

از دید چینه‌شناسی، سازند سروک معادل سازندهای مدود، احمدی و میشریف در خلیج فارس (Ghazban, 2007) و سازندهای وارا، احمدی و میشریف در عراق و عربستان و سازند نایت در عمان است (Van Buchem et al., 2002).

مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که رسوب‌گذاری سازند سروک در شمال و جنوب خوزستان (ایذه و فرواتادگی دزفول) در شرایط شلف (Shelf) صورت پذیرفته است. در بخش‌های مرکزی این حوضه، یک عارضه فروزمین مانند که بعدها به عنوان حوضه اینتراشلف (Intraself) نام‌گذاری شده است باعث رسوب‌گذاری لایه‌های نازکی از آهک‌های الیگوسترنیندار شده است (Hart, 1970; Van Buchem et al., 2006; Ghabeishavi et al., 2010).

اگر چه پژوهشگران مختلفی روی ویژگی‌های مختلف رسوب‌گذاری سازند سروک مطالعه کرده‌اند (Taghavi et al., 2006; Beiranvand et al., 2007; Zarasvandi et al., 2008; Ghabeishavi et al., 2009; Farzipour-Saein et al., 2009; Adabi & Asadi Mehmandosti, 2008; Hajikazemi et al., 2010; Asadi Mehmandosti et al., 2013).

ولی مطالعه و مقایسه ویژگی‌های ژئوشیمیایی این سازند در حوضه زاگرس قابل بحث و بررسی است. امروزه به واسطه مطالعات سنگ‌نگاری کربنات‌ها همراه با تجزیه و تحلیل عناصر اصلی، فرعی و ایزوتوپ‌های پایدار می‌توان به تعیین محیط رسوبی، میزان دگرسانی، تعیین دمای دیرینه، ترکیب کانی‌شناسی اولیه، تعیین محیط‌ها و روندهای دیاژنزی و تفکیک مرز میان سازندها دست یافت (Adabi & Asadi Mehmandosti, 2008).

۲- موقعیت زمین‌شناسی و چینه‌شناسی مناطق مورد مطالعه

به منظور مطالعه ویژگی‌های ژئوشیمیایی سازند سروک ۵ برش سطح‌الارضی در بخش‌های مختلف پهنه ایذه شامل مقطع نمونه سازند سروک در تاقدیس کوه بنگستان، کوه پیون، کوه منگشت و یال‌های شمالی و جنوبی کوه میش انتخاب شدند که موقعیت مناطق مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است. از دید

رسوب‌گذاری، دمای آب، شرایط اکسایش و احیا، میزان فشار گاز کربنیک و درجه شوری است (آدابی، ۱۳۹۰).

بدین منظور در این مقاله به مطالعه، بررسی و مقایسه ویژگی‌های ژئوشیمیایی (عناصر اصلی، فرعی و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن) سازند سروک از گروه بنگستان در پهنه ایذه (زاگرس) در پنج برش مختلف سطح‌الارضی پرداخته می‌شود تا ویژگی‌های رسوب‌گذاری و دیاژنزی این سازند بهتر مشخص شود. گفتنی است که داده‌های ژئوشیمیایی استفاده شده مربوط به پایان‌نامه کارشناسی ارشد و رساله دکترای دانشگاه شهید بهشتی اصغری (۱۳۸۴)، ناصری (۱۳۸۴)، قلاوند (۱۳۸۸) و اسدی مهماندوستی (۱۳۸۹) است. این مطالعات به‌طور پراکنده در بخش‌های مختلف پهنه ایذه انجام شده است که در این مقاله سعی بر این است، ضمن مقایسه داده‌ها با یکدیگر به بررسی و مقایسه تغییرات عناصر اصلی (شامل Ca و Mg)، عناصر فرعی (شامل Sr، Na، Mn و Fe)، ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن نهشته‌های کربناتی سازند سروک در طول پهنه ایذه، حوضه زاگرس پرداخته شود.

کوه پیون) و به مرکز آزمایشگاهی علوم (CSL) دانشگاه تاسمانیا در استرالیا فرستاده شد. در این تجزیه ۱۵ میلی گرم از پودر نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت تحت تأثیر اسید فسفریک در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفته تا گاز CO₂ متصاعد شده از هر نمونه به کمک دستگاه اسپکترومتر جرمی (VG SIRA series II) اندازه گیری شود. خطای اندازه گیری ایزوتوپی % ۰/۱ ± بوده است. ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربن نمونه‌ها بر حسب در هزار (Permil) و نسبت به استاندارد مرجع (Pee Dee Blemnite) اندازه گیری شده است.

۴- تجزیه ژئوشیمیایی

نتایج حاصل از تجزیه عناصر اصلی و فرعی در مقاطع مورد مطالعه (جدول ۱) نشان می‌دهد که میزان استرانسیم در نمونه‌های کربناتی سازند سروک در مقطع نمونه واقع در کوه بنگستان بین ۲۱۴ تا ۲۷۷۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۶۸۳ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های کربناتی کوه پیون بین ۱۰۷ تا ۵۱۱ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۷۴ پی‌پی‌ام)، در کوه منگشت بین ۲۸۳ تا ۱۹۷۴ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۱۳۵ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های یال شمالی کوه میش بین ۶۵۳ تا ۲۷۴۷ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۶۴۱ پی‌پی‌ام) و در یال جنوبی کوه میش بین ۱۷۵ تا ۸۶۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۴۴۸ پی‌پی‌ام) در نوسان است. مقادیر سدیم در نمونه‌های آهکی سازند سروک در مقطع نمونه کوه بنگستان بین ۶۲ تا ۱۶۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۹۲ پی‌پی‌ام)، کوه پیون بین ۶۵ تا ۱۶۲ پی‌پی‌ام (میانگین ۹۸ پی‌پی‌ام)، کوه منگشت بین ۱۴۱ تا ۵۳۱ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۲۱ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های یال شمالی کوه میش بین ۱۷۹ تا ۶۳۸ پی‌پی‌ام (میانگین ۳۷۹ پی‌پی‌ام) و در نمونه‌های آهکی یال جنوبی کوه میش بین ۱۴۵ تا ۷۳۸ پی‌پی‌ام (میانگین ۳۶۰ پی‌پی‌ام) در تغییر است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود مقدار میانگین استرانسیم در نمونه‌های کربناتی سازند سروک در یال شمالی کوه میش و برش منگشت بیشتر از دیگر مقاطع است. میزان سدیم در نمونه‌های آهکی سازند سروک در یال شمالی و جنوبی کوه میش و کوه منگشت بیشتر از کوه پیون و بنگستان است.

مقدار میانگین منگنز در نمونه‌های کوه منگشت و یال شمالی و جنوبی کوه میش بیشتر از دیگر نمونه‌هاست. این میزان در نمونه‌های آهکی سازند سروک در مقطع تیپ کوه بنگستان بین ۶ تا ۴۲ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۴ پی‌پی‌ام)، کوه پیون بین ۱۸ تا ۲۹ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۲ پی‌پی‌ام)، کوه منگشت بین ۱۶ تا ۲۱۱ پی‌پی‌ام (میانگین ۸۹ پی‌پی‌ام)، در نمونه‌های آهکی یال شمالی کوه میش بین ۱۲ تا ۴۷ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۵ پی‌پی‌ام) و در نمونه‌های آهکی یال جنوبی کوه میش بین ۸ تا ۷۴ پی‌پی‌ام (میانگین ۳۱ پی‌پی‌ام) در نوسان است.

مقدار آهن در سنگ‌آهک‌های سازند سروک در نمونه‌های مقطع نمونه کوه بنگستان بین ۳۹ تا ۳۷۰ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۱۷ پی‌پی‌ام)، کوه پیون بین ۱۲۷ تا ۲۸۵ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۹۳ پی‌پی‌ام)، کوه منگشت بین ۱۰۶ تا ۳۶۳ پی‌پی‌ام (میانگین ۲۴۴ پی‌پی‌ام)، یال شمالی کوه میش بین ۷۱ تا ۲۵۴ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۴۱ پی‌پی‌ام) و در نمونه‌های آهکی یال جنوبی کوه میش بین ۴۵ تا ۲۳۳ پی‌پی‌ام (میانگین ۱۰۷ پی‌پی‌ام) در تغییر است. میانگین میزان آهن در نمونه‌های آهکی سازند سروک در یال جنوبی کوه میش کمترین و در نمونه‌های کوه منگشت بیشترین میزان نسبت به دیگر نمونه‌های کربناتی است.

دامنه تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در سازند سروک در مقطع نمونه کوه بنگستان بین ۴/۳- تا ۳/۲ ‰PDB (میانگین ۳/۹ ‰PDB)، کوه پیون بین ۶/۴- تا ۶/۳ ‰PDB (میانگین ۵/۱ ‰PDB)، کوه منگشت بین ۶/۱- تا ۳/۵ ‰PDB (میانگین ۴/۹ ‰PDB)، یال شمالی کوه میش بین ۴/۴- تا ۳/۲ ‰PDB (میانگین ۳/۶ ‰PDB) و در یال جنوبی کوه میش بین ۵/۸- تا ۳/۵ ‰PDB (میانگین ۴/۵ ‰PDB) در تغییر است. ایزوتوپ کربن مقطع نمونه کوه بنگستان بین ۰/۶ تا ۲ ‰PDB (میانگین ۱/۵ ‰PDB)، کوه پیون بین ۱/۷ تا ۲/۹ ‰PDB (میانگین ۱/۹ ‰PDB)،

زمین‌ساختی پهنه ایذه بخشی از کمربند چین‌خورده است که از شمال به حد جنوبی پهنه رورانده (راندگی زاگرس)، از جنوب به حد شمالی فروفاندگی دزفول، از خاور به گسل کازرون و از باختر به گسل بالا رود محدود است. پهنای پهنه ایذه متغیر است به‌گونه‌ای که کمترین آن در نزدیکی شهر ایذه حدود ۴۰ کیلومتر و بیشترین آن در شمال بهمان ۱۱۵ کیلومتر است (Bleek & Jones, 1928; Harrison et al., 1932; Alavi, 2007).

سازند سروک با سن آلین بالایی- سنوماین دارای ستبرای ۸۳۱/۵ متر در مقطع نمونه کوه بنگستان واقع در ۴۵ کیلومتری شمال باختری شهرستان بهمان است که روی سازند کژدمی و در زیر سازند گورپی قرار گرفته است (James & Wynd, 1965). ستون چینه‌شناسی سازند سروک در مقطع نمونه واقع در کوه بنگستان در شکل ۲ رسم شده است. مطابق این شکل، از دید سنگ‌شناسی این سازند در کوه بنگستان از چهار بخش آهک شیلی (به ستبرای ۱۳۸ متر)، آهک چرت‌دار (به ستبرای ۱۴۹/۵ متر)، آهک توده‌ای (به ستبرای ۵۰۱ متر) و آهک غیر توده‌ای (به ستبرای ۷۴ متر) تشکیل شده است (ناصری، ۱۳۸۴).

سازند سروک در تقادیس منگشت (۴۳ کیلومتری جنوب خاوری شهر ایذه) دارای ستبرای ۴۲۶ متر است که متشکل از سنگ‌آهک‌های ستبر تا متوسط لایه چرتی و رودیست‌دار است (قلانود، ۱۳۸۸). در این مقطع مرز سازندهای سروک و کژدمی به‌صورت همشیب و مشخص و مرز سازندهای سروک و سورگه نیز قاطع و همشیب است.

در مقطع کوه پیون و در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال شهر ایذه، سازند سروک دارای ستبرای ۴۸۰ متر است که با ناپوستگی همشیب روی سازند کژدمی جای گرفته و همبری آن با سازند ایلام به‌صورت ناپوستگی فرسایشی است. این سازند در کوه پیون بیشتر از آهک‌های متوسط تا ستبر لایه چرت‌دار تشکیل شده است (اصغری، ۱۳۸۴). ستبرای سازند سروک در یال شمالی کوه میش (۳۰ کیلومتری شهر گچساران) ۲۵۲ متر است که بیشتر از وکستون‌های دارای روزن‌بران پلاژیک تشکیل شده است. این سازند در یال جنوبی کوه میش (۱۵ کیلومتری شهر گچساران)، شامل رخساره‌های پکستون- گریستونی به همراه روزن‌بران پلاژیک و بنتیک به ستبرای ۳۴۸ متر است. یال شمالی بیشتر از لایه‌های نازک تا متوسط آهکی و بخش بالای ستون چینه‌ای از سنگ‌آهک و میان‌لایه‌های شیلی و یال جنوبی از سنگ‌آهک متوسط تا ستبر لایه تشکیل شده است. در هر دو مقطع نهشته‌های آهکی و شیلی آهکی سازند سروک به‌طور همشیب روی سازند کژدمی و در زیر سازند گورپی واقع شده‌اند. در این دو برش سازندهای شیلی سورگه و آهکی ایلام وجود ندارد (اسدی مهماندوستی، ۱۳۸۹).

۳- روش مطالعه

برای مطالعه رخساره‌ای و ژئوشیمیایی سازند سروک در مقاطع مورد مطالعه ۴۰ نمونه سنگ‌آهک از یال شمالی کوه میش، ۴۰ نمونه از یال جنوبی کوه میش، ۴۴ نمونه از مقطع بنگستان، ۱۸ نمونه از مقطع منگشت و ۱۶ نمونه از کوه پیون (در کل ۱۵۸ نمونه) برای مطالعه تجزیه عنصری انتخاب شدند. پودر این نمونه‌ها توسط مت‌های دندانه‌شکی و حداالامکان از زمینه گل آهکی موجود و به دور از رگه‌ها و آلوکوم‌های موجود در سنگ تهیه شده و سپس برای تعیین عناصر اصلی و فرعی با دستگاه جذب اتمی (AAS) در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی مورد آزمایش و مقادیر عناصر اصلی (شامل Ca و Mg) بر حسب درصد و عناصر فرعی (شامل Na, Sr, Mn, Fe) بر حسب پی‌پی‌ام اندازه گیری شده است. برای تکمیل اطلاعات ۶۳ نمونه از پودر سنگ‌هایی که مورد آزمایش جذب اتمی قرار گرفته بودند انتخاب (۱۴ نمونه یال شمالی کوه میش، ۱۶ نمونه از یال جنوبی کوه میش، ۹ نمونه از مقطع بنگستان، ۱۸ نمونه از مقطع منگشت و ۶ نمونه از

عبارتی دگرسانی، به مراتب کمتر از یال جنوبی کوه میش، کوه منگشت و کوه پیون است که می‌تواند نشانی از بسته‌تر بودن سامانه دیاژنزی (Closed System) در یال شمالی کوه میش و مقطع نمونه واقع در کوه بنگستان نسبت به دیگر برش‌ها باشد.

کربنات‌های حاره‌ای دیرینه و عهد حاضر را می‌توان از معادله‌های غیرحاره‌ای آنها توسط نسبت Sr/Na و میزان Mn تفکیک کرد (Rao, 1991; Adabi & Rao, 1991; Adabi, 2004; Adabi & Asadi Mehmandosti, 2008; Adabi et al., 2010).

در سنگ آهک‌های آراگونیتی حاره‌ای عهد حاضر مقدار Mn پایین و نسبت Sr/Na بالا بوده (حدود ۳ تا ۵)، در حالی که در سنگ آهک‌های کلسیتی مناطق معتدله عهد حاضر مقدار Mn بالا و نسبت Sr/Na پایین (حدود ۱) است (Adabi & Rao, 1991). میزان Sr/Na مطابق شکل ۶ در نمونه‌های کربناتی یال شمالی کوه میش، بنگستان، پیون و منگشت بیشتر از یک است که در محدوده آراگونیتی عهد حاضر، محدوده آراگونیتی گوردون تاسمانیا و به دور از محدوده‌های کلسیتی قرار گرفته‌اند و می‌تواند دلیلی بر آراگونیتی بودن کانی‌شناسی اولیه آهک‌های سازند سروک در نواحی مورد مطالعه باشد. در نمونه‌های کربناتی یال جنوبی کوه میش نسبت Sr/Na کمتر از نمونه‌های کربناتی سازند سروک در یال شمالی کوه میش است و برخی از این نمونه‌ها درون محدوده فسیلی نیمه قطبی پرمین و معتدله عهد حاضر با ترکیب کلسیتی واقع شده‌اند. اختلاف در میزان Sr/Na نمونه‌های کربناتی کوه میش می‌تواند بیانگر اختلاف در تفریق زیستی، اختلاف در ژرفای ته‌نشست، بیشتر بودن مقادیر اجزای آراگونیتی در یال شمالی کوه میش و یا بسته‌تر بودن سیستم دیاژنزی در یال شمالی کوه میش نسبت به یال جنوبی آن که باعث حفظ Sr بیشتر در طی دیاژنز شده است، باشد. مطالعات سنگ‌نگاری صورت گرفته در کوه میش بیانگر فراوانی درصد روزن‌بران پلاژیک در یال شمالی کوه میش نسبت به یال جنوبی کوه میش و ته‌نشست نهشته‌های کربناتی سازند سروک در بخش‌های ژرف رمپ در یال شمالی کوه میش و بخش‌های کم‌ژرفای رمپ در یال جنوبی کوه میش است (Asadi Mehmandosti et al., 2013).

بر پایه نسبت استرانسیم به‌نکار شده توسط کلسیت ($1000 \times \text{Sr}/\text{Ca}$ (wt)) در برابر Fe و Mn می‌توان به باز و بسته بودن سیستم دیاژنزی، نسبت کنش و واکنش آب به سنگ و شرایط اکسیدان و احیایی محیط پی برد (Brand & Veizer, 1980). در سامانه دیاژنزی باز با افزایش تبدلات آب به سنگ (Water-rock interaction) میزان Sr/Ca کاهش می‌یابد.

در شکل ۷ تغییرات ($1000 \times \text{Sr}/\text{Ca}$ (wt)) به ترتیب در برابر Fe (شکل ۷-الف) و Mn (شکل ۷-ب) رسم شده است. در این نمودار محدوده‌هایی برای روندهای دیاژنزی آراگونیت (A)، کلسیت پر منیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC) مشخص شده است. محور عمودی بیانگر میزان تبادل سنگ به آب (Rock-Water interaction) و میزان باز بودن سامانه است. مقادیر آهن و منگنز در محور افقی نشانگر شرایط احیایی و اکسیدان محیط است (Brand & Veizer, 1980; Knorich & Mutti, 2006; Lohmann, 1988; Adabi & Asadi Mehmandosti, 2008).

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود نمونه‌های سازند سروک در یال جنوبی کوه میش و بیشتر نمونه‌های مقطع نمونه در کوه بنگستان و پیون دارای ($1000 \times \text{Sr}/\text{Ca}$ (wt)) کمتری نسبت به نمونه‌های یال شمالی کوه میش و کوه منگشت هستند. این اختلاف می‌تواند بیانگر تبادل آب به سنگ بیشتر نمونه‌های یال شمالی کوه میش و بسته‌تر بودن سیستم دیاژنزی آن نسبت به نمونه‌های آهکی سازند سروک در دیگر مقاطع باشد.

در سامانه‌های بسته، سیال‌های دیاژنزی جابه‌جا نمی‌شوند ولی تغییرات ثابتی به دلیل فرایندهای ته‌نشست و انحلال از خود نشان می‌دهند. بسته به ضریب توزیع (Distribution Coefficient) عناصر اصلی و فرعی سیال

کوه منگشت بین ۰/۸ تا ۲/۹ %PDB (میانگین %PDB ۲/۱)، در یال شمالی کوه میش بین ۱/۲ تا ۳/۳ %PDB (میانگین %PDB ۱/۸) و در یال جنوبی کوه میش بین ۴/۳ تا ۲/۹ %PDB (میانگین %PDB ۰/۲-) در نوسان است.

۵- بحث و بررسی

به‌منظور مطالعه نهشته‌های رسوبی سازند سروک در برش‌های مختلف پهنه ایذه در زاگرس، عناصر اصلی و فرعی و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در برابر یکدیگر رسم شده‌اند. در شکل‌های ۳ و ۴ به ترتیب تغییرات استرانسیم در برابر سدیم و منگنز نشان داده شده است. مطابق شکل ۳ دامنه تغییرات سدیم در نمونه‌های آهکی سازند سروک در کوه پیون و کوه بنگستان نسبت به دیگر نمونه‌ها کمتر (کمتر از ۲۰۰ پی‌پی‌ام) است. در حالی که نمونه‌های کربناتی سازند سروک در کوه میش محدوده گسترده‌تری از سدیم (۲۰۰ تا ۷۰۰ پی‌پی‌ام) را دارند. میانگین تغییرات سدیم در کوه منگشت کمتر از ۳۰۰ پی‌پی‌ام است.

میزان استرانسیم در نمونه‌های یال شمالی کوه میش و چند نمونه از مقطع نمونه واقع در کوه بنگستان و کوه منگشت به مراتب بالاتر از نمونه‌های سازند سروک در یال جنوبی کوه میش، کوه پیون و بیشتر نمونه‌های کوه بنگستان است (شکل‌های ۳ و ۴، اصغری، ۱۳۸۴؛ ناصری، ۱۳۸۴؛ قلاوند، ۱۳۸۸؛ اسدی مهماندوستی، ۱۳۸۹). استرانسیم در مطالعه شرایط دیاژنزی و محیط دیرینه رسوبات کربناتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Veizer & Demovic, 1973). بین میزان استرانسیم و نوع سنگ (میکروفاسیس یا ترکیب سنگی) و یا محیط‌های ته‌نشست (محیط‌های دریایی کم‌ژرفا در برابر ژرف) ارتباط وجود دارد (Flügel, 2010). میزان Sr از رسوبات عهد حاضر به سوی رسوبات دیرینه و دولومیت‌ها کاهش می‌یابد. آراگونیت‌ها در محیط‌های عهد حاضر، با مقادیر بالای Sr (تا ۱۰۰۰۰ ppm) و کلسیت با مقادیر پایین استرانسیم مشخص می‌شود. افزون بر این میزان Sr در کربنات‌ها به دمای آب، شوری، اثرات زیستی و میزان نسبت Ca/Sr در آب دریا بستگی دارد. بیشتر سنگ‌آهک‌های دیرینه در طی دیاژنز مانند تبدیل آراگونیت به کلسیت، انحلال و قرار گرفتن در سامانه باز دیاژنزی استرانسیم خود را از دست می‌دهند (Veizer & Demovic, 1973; Flügel, 2010). اختلاف استرانسیم و سدیم در نمونه‌های مورد مطالعه می‌تواند به دلیل اختلاف در محیط ته‌نشست سازند سروک در مقاطع مورد مطالعه، اختلاف در ترکیب کانی‌شناسی، اختلاف در نوع رخساره‌ها، متفاوت بودن درجه شوری، تفریق زیستی، و یا ژرفای حوضه در برش‌های مورد مطالعه نسبت به یکدیگر باشد (Rao & Adabi, 1992; Zhao et al., 2009).

میزان Mn در کربنات‌های دریایی بسته به کانی‌شناسی اولیه، کنترل‌های بلورنگاری، میزان تمرکز Mn در آب دریا، شرایط Eh، مواد آلی، میزان دگرسانی و فرایندهای میکروبی دارد (Flügel, 2010). مطابق شکل ۴ تغییرات Mn در نمونه‌های کربناتی سازند سروک در کوه منگشت بیشتر از دیگر نمونه‌هاست که این قضیه می‌تواند بیانگر احیایی بودن محیط ته‌نشست سازند سروک یا دگرسانی بیشتر در این مقطع نسبت به دیگر مقاطع مورد مطالعه باشد.

(Bathurst (1975) پیشنهاد کرده است که دیاژنز در سنگ‌های آهکی یک فرایند انحلال مرطوب (Wet Dissolution) است. در اثر انحلال، آراگونیت و کلسیت دارای منیزیم زیاد ناپایدار و تبدیل آنها به کلسیت کم منیزیم پایدار، مقدار Sr کاهش یافته و در برابر آن تمرکز Mn افزایش خواهد یافت. این فرایند در سطح زمین و توسط نفوذ آب‌های جوی به مقدار زیاد آسان و باعث پایین آوردن نسبت Sr/Mn می‌شود. بنابراین رسم نسبت Sr/Mn در برابر Mn می‌تواند به عنوان معیاری مفید برای برآورد میزان انحلال سنگ‌آهک‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Rao, 1991).

در شکل ۵ میزان Sr/Mn در برابر Mn رسم شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در مقطع یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان (مقطع نمونه) انحلال یا به

$$T_{(C)} = 16 - 4.14 (\delta_C - \delta_W) + 0.13 (\delta_C - \delta_W)^2$$

در این رابطه T دما بر حسب سانتی گراد، δ_C مقدار ایزوتوپ اکسیژن محاسبه شده در کلسیت بر پایه مقیاس PDB توسط دستگاه طیف‌سنج جرمی و δ_W مقدار ایزوتوپ اکسیژن آب دریا در زمان تشکیل کلسیت بر پایه مقیاس استاندارد SMOW است که برای دوره کرتاسه ۱- در نظر گرفته می‌شود (Shackleton & Kennett, 1975; Barron, 1983; Gröcke et al., 2003).

بنابراین با توجه به رابطه بالا، دمای سیال در مرحله دفن اولیه برای سازند سروک در یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان ۲۶ درجه سانتی گراد، در یال جنوبی کوه میش و کوه منگشت ۲۷ درجه سانتی گراد و در کوه پیون ۲۹ درجه سانتی گراد محاسبه می‌شود. دماهای محاسبه شده تا حدودی نزدیک به محدوده دمای سطحی آب دریا کرتاسه میانی (Middle Cretaceous Sea Surface temperatures) است که بین ۲۸ تا ۳۹ درجه سانتی گراد برآورد شده است (Hajikazemi et al., 2010).

۷- نتیجه‌گیری

مطالعه و بررسی عناصر اصلی و فرعی (Sr, Na, Fe, Mn, Ca, Mg) شامل ۱۵۴ نمونه روی نهشته‌های کربناتی سازند سروک در ۵ برش سطح‌الارضی شامل کوه بنگستان به عنوان مقطع نمونه با ستبرای ۸۳۱/۵ متر، کوه منگشت با ستبرای ۴۲۶ متر، کوه پیون با ستبرای ۴۸۰ متر، یال شمالی و یال جنوبی کوه میش به ترتیب با ستبرای ۲۵۲ متر و ۳۴۸ متر نشان می‌دهند که میزان Sr در نمونه‌های کربناتی سازند سروک در یال شمالی کوه میش و چند نمونه از مقطع نمونه در کوه بنگستان بسیار بیشتر از دیگر مقاطع است. کمترین میزان Sr مربوط به نمونه‌های کربناتی یال جنوبی کوه میش است. میزان Mn در نمونه‌های کربناتی سازند سروک در کوه منگشت بیشتر از دیگر نمونه‌هاست که می‌تواند بیانگر احیایی بودن محیط ته‌نشست سازند سروک در این مقطع و یا دگرسانی نسبت به دیگر مقاطع مورد مطالعه باشد.

نمودار تغییرات میزان Sr/Mn در برابر Mn نشان می‌دهد که در نمونه‌های کربناته مربوط به مقطع یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان (مقطع نمونه) انحلال یا به عبارتی دگرسانی، به مراتب کمتر از یال جنوبی کوه میش، کوه منگشت و کوه پیون است که می‌تواند نشانی بر بسته‌تر بودن سامانه دیاژنز در یال شمالی کوه میش و مقطع نمونه واقع در کوه بنگستان نسبت به دیگر مقاطع باشد. مطالعه ایزوتوپی صورت گرفته روی این کربنات‌ها نشان می‌دهد که این نمونه‌ها دارای سنگین‌ترین ایزوتوپ اکسیژن نیز نسبت به دیگر مقاطع هستند که نشانگر کم بودن اثر دیاژنز روی نمونه‌های مورد نظر است.

تغییرات Mn در برابر نسبت Sr/Na نمونه‌های کربناتی سازند سروک و مقایسه آنها با محدوده‌های کلسیتی و آراگونیتی بیانگر ترکیب کانی‌شناسی اولیه آراگونیتی برای نهشته‌های کربناتی سازند سروک در یال شمالی کوه میش، بنگستان، پیون و منگشت است.

بر پایه نسبت استرانسیم به‌نجار شده توسط کلسیت ($1000 * Sr/Ca$ (wt)) در برابر Fe و Mn مشخص شد که نمونه‌های سازند سروک در یال جنوبی کوه میش و بیشتر نمونه‌های مقطع نمونه در کوه بنگستان و پیون دارای ($1000 * Sr/Ca$ (wt)) کمتری نسبت به نمونه‌های یال شمالی کوه میش و کوه منگشت هستند. این اختلاف می‌تواند بیانگر تبادل سنگ به آب بیشتر نمونه‌های یال شمالی کوه میش و بسته‌تر بودن سامانه دیاژنز آن نسبت به نمونه‌های آهکی سازند سروک در دیگر مقاطع باشد.

تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ کربن (۶۳ نمونه) در نهشته‌های آهکی سروک در یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان بیانگر دیاژنز در یک سامانه فریاتیکی دریایی برای این نمونه‌هاست. در حالی که روند تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ کربن در نمونه‌های آهکی سروک در یال جنوبی کوه میش، کوه منگشت

دیاژنزی می‌تواند غنی یا فقیر باشد (Dickson, 1990; Smith & Nelson, 2003; Knorich & Mutti, 2006; Caron & Nelson, 2009).

تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ کربن در نهشته‌های آهکی سروک در یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان و در شکل ۸ بیانگر دیاژنز در یک سامانه فریاتیکی دریایی برای این نمونه‌هاست. در حالی که روند تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ کربن در نمونه‌های آهکی سروک در یال جنوبی کوه میش و کوه پیون نشان از تأثیر دیاژنز جوی در نمونه‌های مورد مطالعه دارد (شکل ۸). در فرایندهای دیاژنز جوی نسبت تغییرات ایزوتوپ کربن به مراتب بیشتر از ایزوتوپ اکسیژن است و یک روند J برگشته در نمونه‌ها دیده می‌شود (Lohmann, 1988; James & Choquette, 1990; Suarez et al., 2009; Colombi et al., 2011). نمونه‌های کوه منگشت نیز روند ملایم J برگشته قابل تشخیص است که تأثیر کم دیاژنز جوی را نشان می‌دهد. در این شکل محدوده سنگ‌آهک‌های دریایی کرتاسه (Kelth & Weber, 1964)، محدوده ایزوتوپی نهشته‌های آهکی آراگونیتی سازند ایلام (Adabi & Asadi Mehmandosti, 2008)، محدوده آهکی کم‌ژرفای عهد حاضر (Miliman, 1974)، محدوده نمونه‌های کل کربناتی مناطق معتدله (Rao & Adabi, 1992) و محدوده کل کربناتی مناطق قطبی عهد حاضر (Adabi, 1996) مشخص شده است. همان‌گونه که مشخص است نمونه‌های یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان در محدوده ایزوتوپی نهشته‌های آهکی آراگونیتی سازند ایلام و محدوده سنگ‌آهک‌های دریایی کرتاسه قرار گرفته‌اند که می‌تواند بیانگر کم بودن اثر دیاژنز روی این نمونه‌ها در طول زمان باشد. بسته تا نیمه بسته بودن سامانه دیاژنزی در یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان و نیمه بسته بودن سیستم دیاژنزی در یال جنوبی کوه میش، کوه پیون و کوه منگشت می‌تواند تأییدکننده دیاژنز فریاتیکی دریایی و دیاژنز جوی برای نمونه‌های کربناتی مورد مطالعه باشد.

در زمینه تغییرات عناصر اصلی و فرعی و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن نمونه‌های سازند سروک در پهنه ایذه باید به این نکته اشاره کرد که افزون بر تغییر در ترکیب کانی‌شناسی، شوری و دما در طول پهنه ایذه، شرایط زمین‌ساختی نیز ممکن است روی اختلافات ژئوشیمیایی مشاهده شده تأثیرگذار باشد. مطالعه گسل‌های کازرون، ایذه و بالارود به عنوان گسل‌های مرزی زون ایذه نشان می‌دهد که این گسل‌ها شرایط رسوب‌گذاری حوضه، ستبرا و رخساره سازندهای مختلف را تحت تأثیر قرار داده‌اند (Sepehr & Cosgrove, 2004). (Sepehr (2001) منطقه بین گسل‌های کازرون و ایذه را به عنوان پهنه انتقالی کازرون- ایذه معرفی کرده و بر این باور است که این پهنه در زمان کرتاسه میانی دارای بیشترین فعالیت خود بوده است. افزون بر این تهیه نقشه‌های هم‌ستبرا در پهنه ایذه و فروافتادگی دزفول (شکل ۹)، چندین سطح گسستگی میانی در پوشش رسوبی زاگرس را نشان می‌دهد (Sherkati & Letouzey, 2004). پژوهشگران بر این باورند که فعالیت دوباره ساختارهای پی‌سنگی مانند گسل هندیمان و بهرگاسر (ایذه) باعث تغییراتی در ستبرا، رخساره‌ها و شرایط دیاژنزی حاکم در منطقه شده است (مطبیعی، ۱۳۷۴؛ Sherkati & Letouzey, 2004). بنابراین اختلافات ژئوشیمیایی مشاهده شده در مقاطع مورد مطالعه در پهنه ایذه را می‌توان به شرایط زمین‌ساختی حاکم بر منطقه در طول زمان ته‌نشست سازند سروک و یا پس از آن نسبت داد.

۶- برآورد دمای سیال در مرحله تدفین اولیه سازند سروک

با استفاده از نمونه‌های با کمترین میزان دگرسانی که دارای سنگین‌ترین ایزوتوپ اکسیژن هستند می‌توان به محاسبه دما در طی تدفین اولیه با استفاده از معادله Anderson & Arthur (1983) پرداخت (Adabi & Asadi Mehmandosti, 2008; Hajikazemi et al., 2010; Žák et al., 2011). معادله ارائه شده به قرار زیر است:

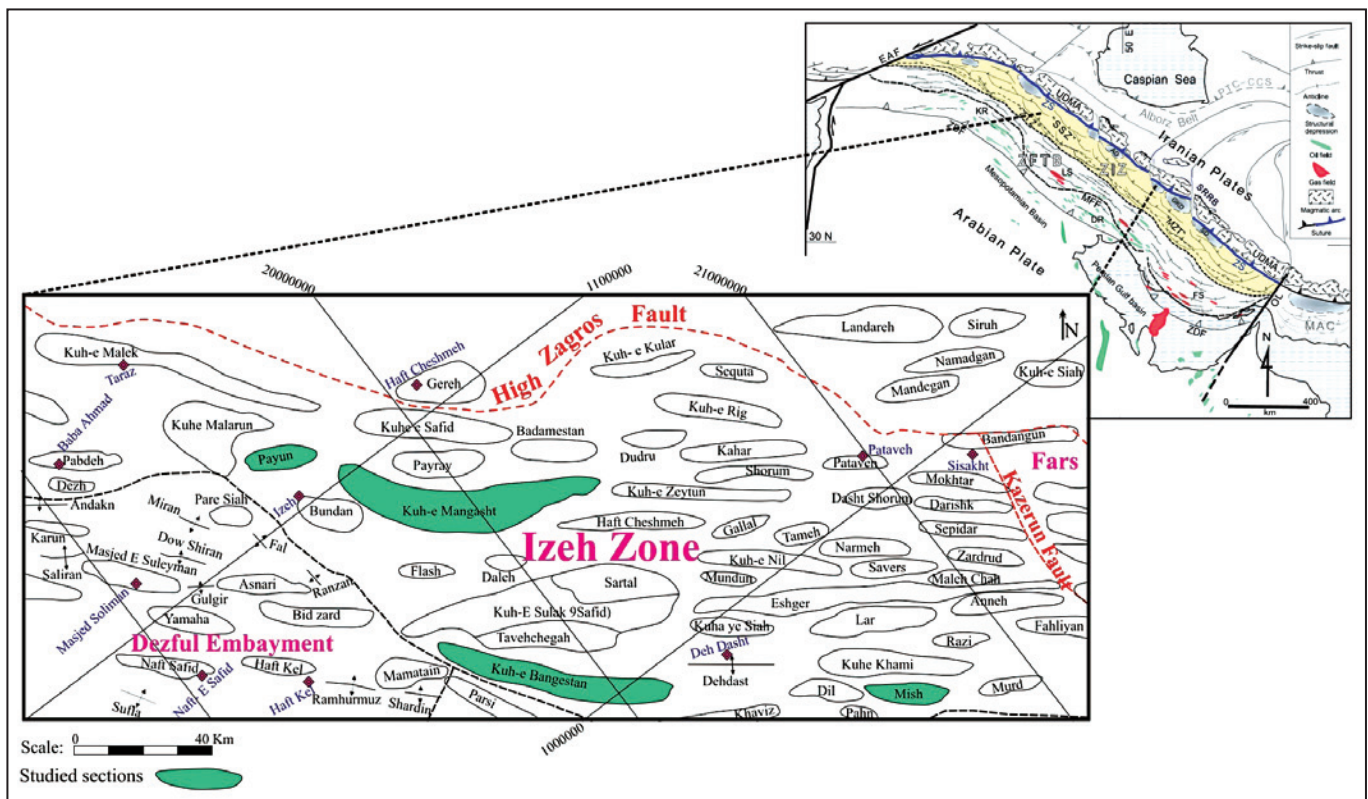
حوضه، ژرفا و تنوع رخساره‌های سازند کربناتی سروک در محدوده پهنه ایذه و تغییر شرایط زمین‌ساختی حاکم بر منطقه در طول زمان ته‌نشست سازند سروک باشد.

سپاسگزاری

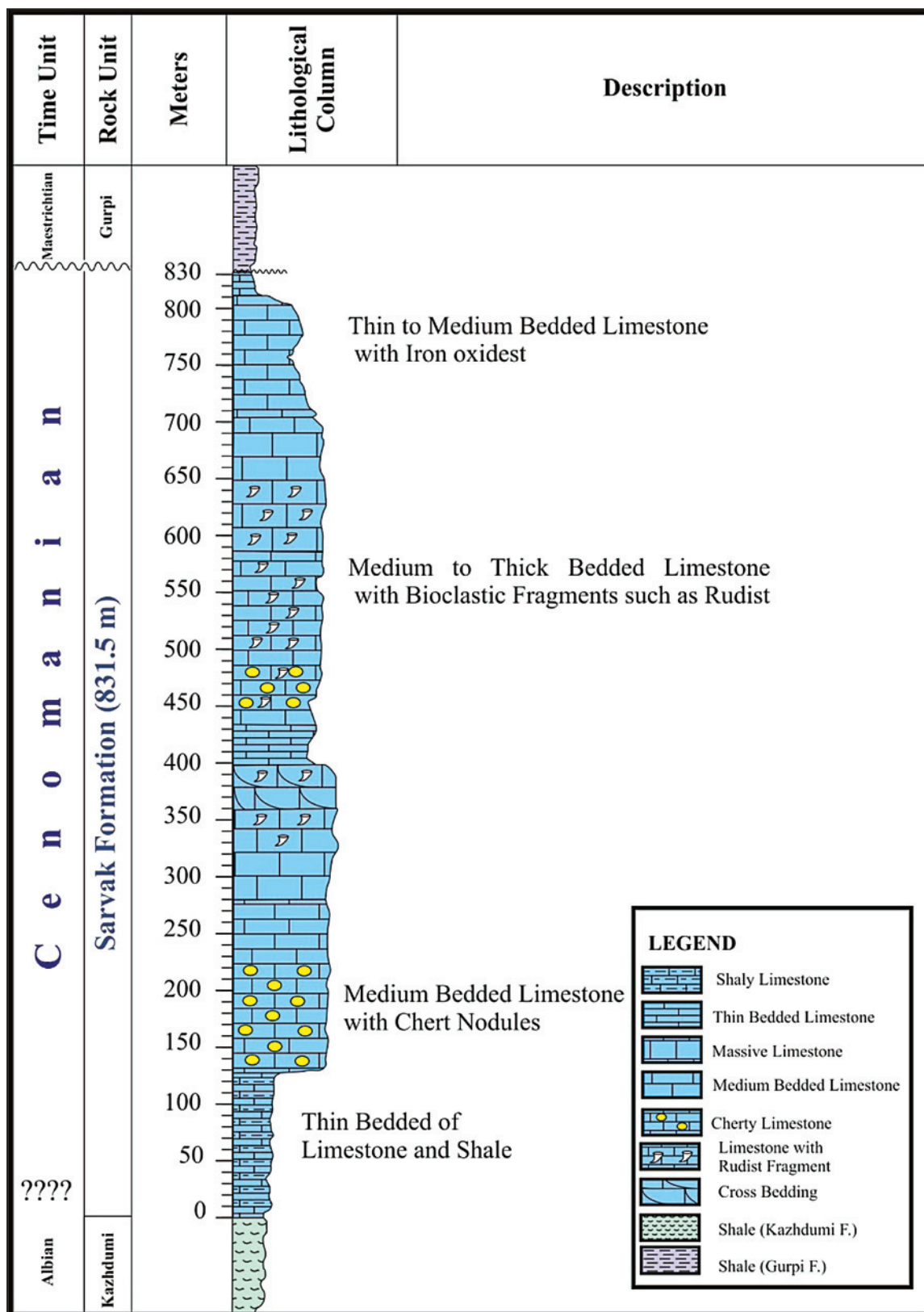
در اینجا لازم است از حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه خوارزمی در گردآوری داده‌ها و نگارش مقاله سپاسگزاری شود.

و کوه پیون نشان از تأثیر دیاژنز جوی در نمونه‌های مورد مطالعه دارد که یک روند برگشته در نمونه‌ها دیده می‌شود. با استفاده از نمونه‌های با کمترین میزان دگرسانی که دارای سنگین‌ترین ایزوتوپ اکسیژن هستند دمای سیال در مرحله تدفین اولیه سازند سروک بین ۲۶ تا ۲۹ درجه سانتی‌گراد برآورد شده است.

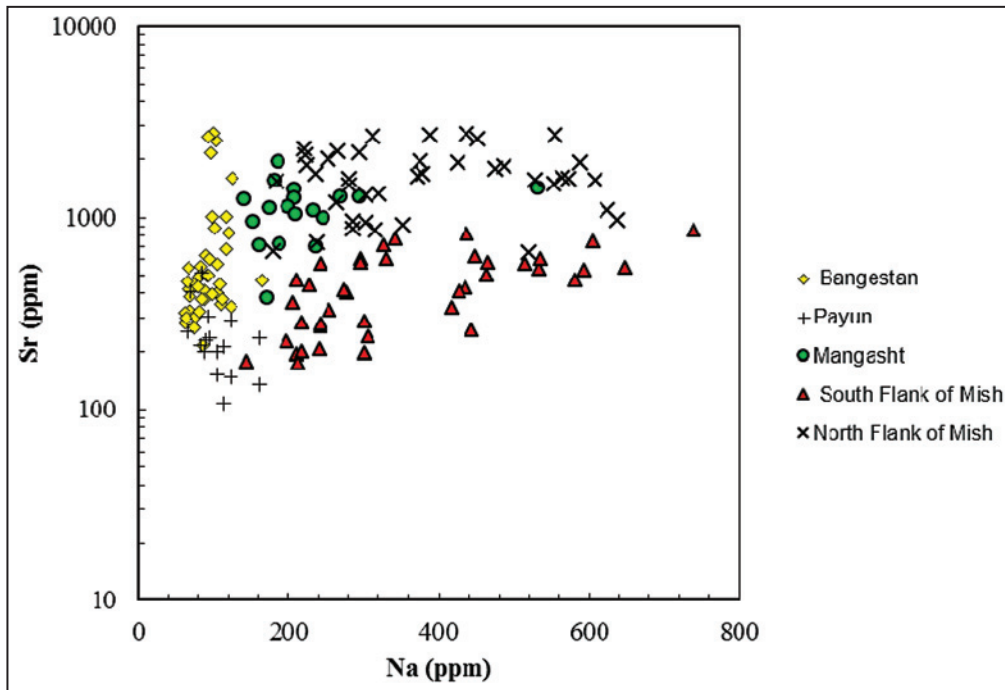
اختلاف در میزان عناصر اصلی و فرعی و ایزوتوپ‌های اکسیژن و کربن در برش‌های مختلف مورد مطالعه می‌تواند بیانگر اختلاف در شرایط رسوب‌گذاری



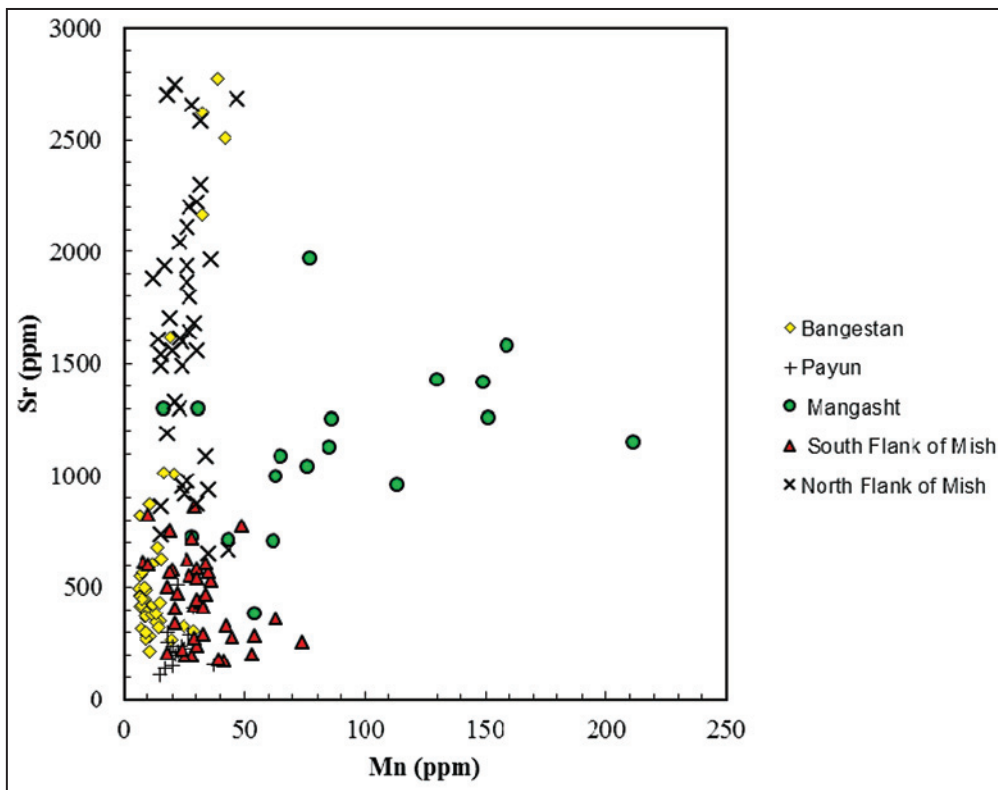
شکل ۱- موقعیت زمین‌ساختی و محل مقاطع مطالعه شده در پهنه ایذه (برگرفته از Alavi, 2007 با تغییرات).



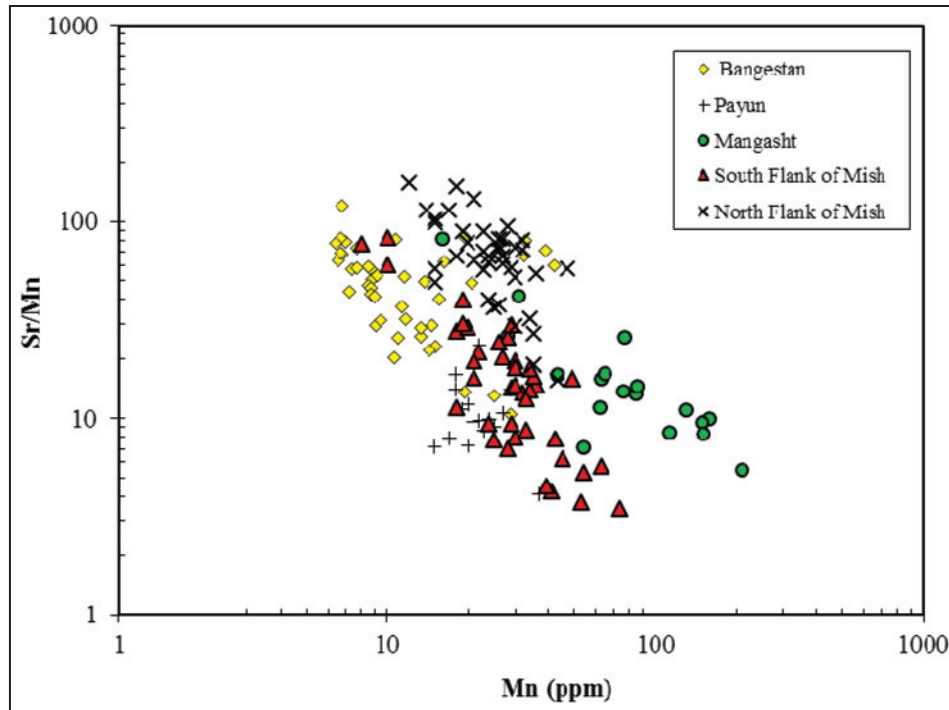
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازند سروک در مقطع نمونه (برگرفته با تغییراتی از James & Wynd, 1965 و ناصری، ۱۳۸۴).



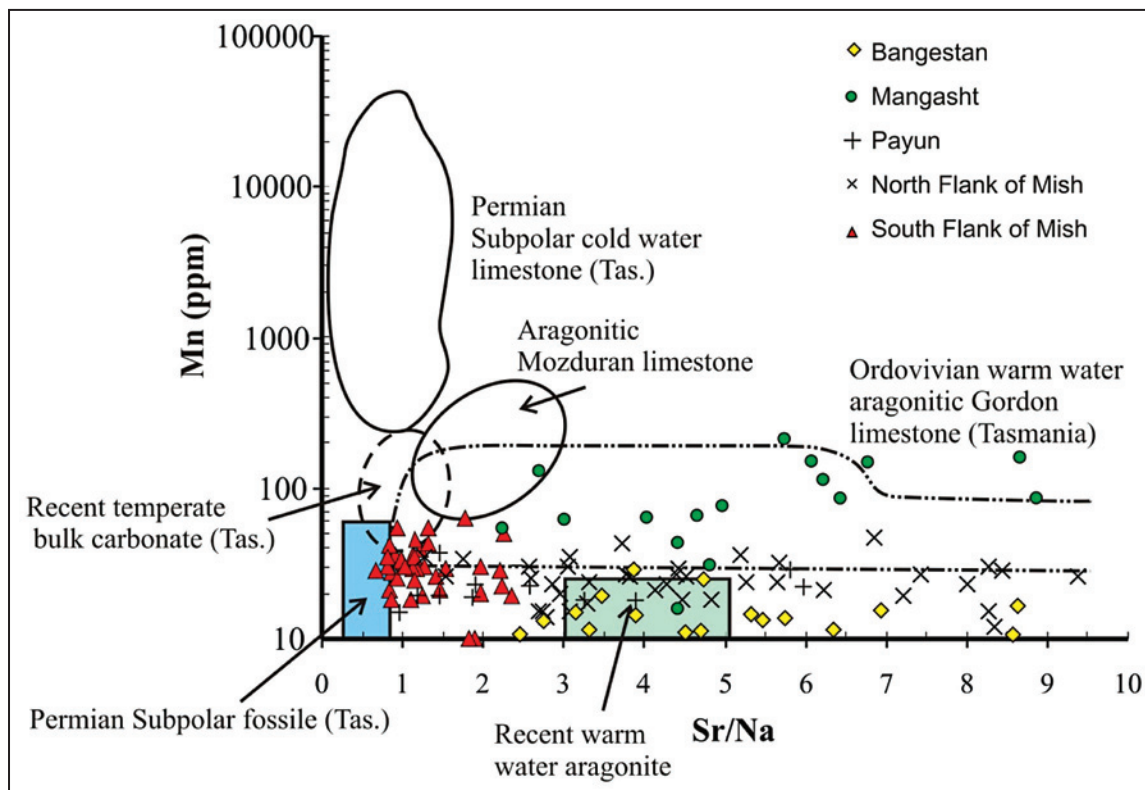
شکل ۳- تغییرات میزان سدیم در برابر استرانسیم در نمونه‌های مورد مطالعه. مطابق شکل تغییرات سدیم در نمونه‌های یال شمالی و جنوبی کوه میش نسبت به دیگر مقاطع بیشتر است.



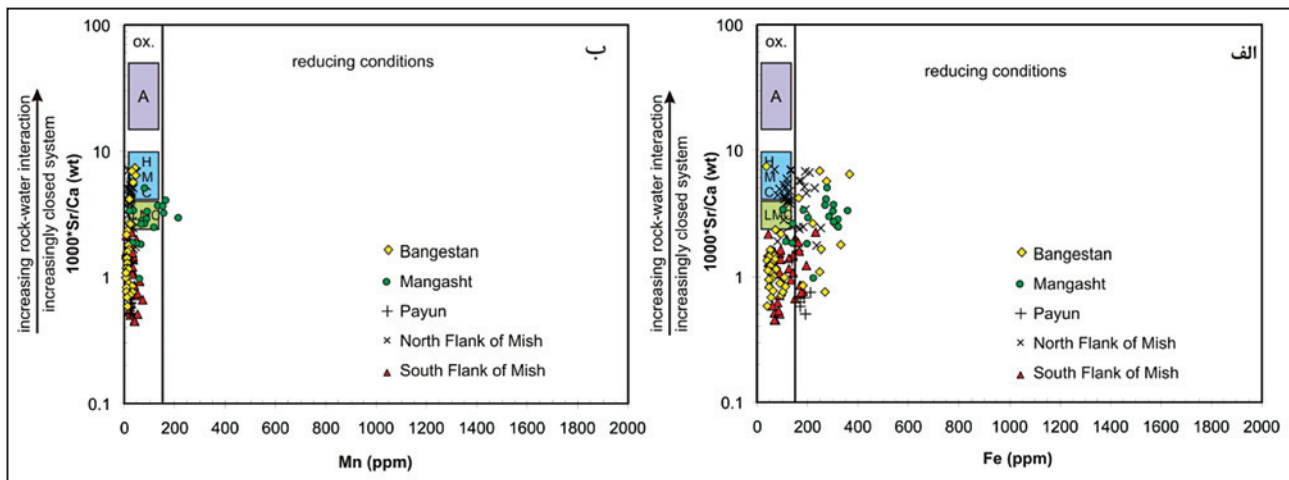
شکل ۴- تغییرات میزان Sr در برابر Mn در نمونه‌های مورد مطالعه. همان‌گونه که دیده می‌شود تغییرات Sr در نمونه‌های یال شمالی کوه میش و تغییرات Mn در کوه منگشت بیشتر از دیگر مقاطع است.



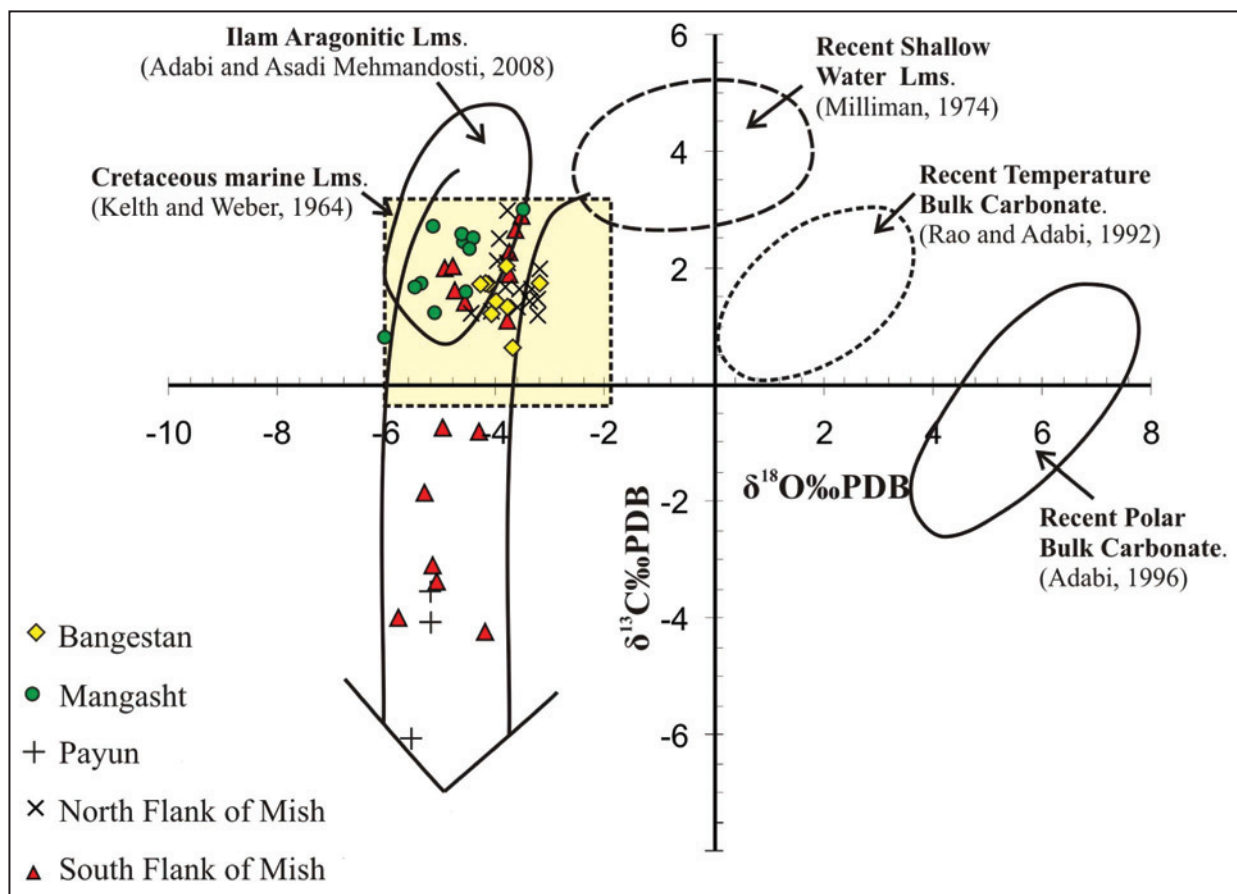
شکل ۵- تغییرات میزان Mn در برابر Sr/Mn در نمونه‌های مورد مطالعه. در مقطع یال شمالی و کوه بنگستان انحلال یا به عبارتی دگرسانی به مراتب کمتر از دیگر برش‌هاست.



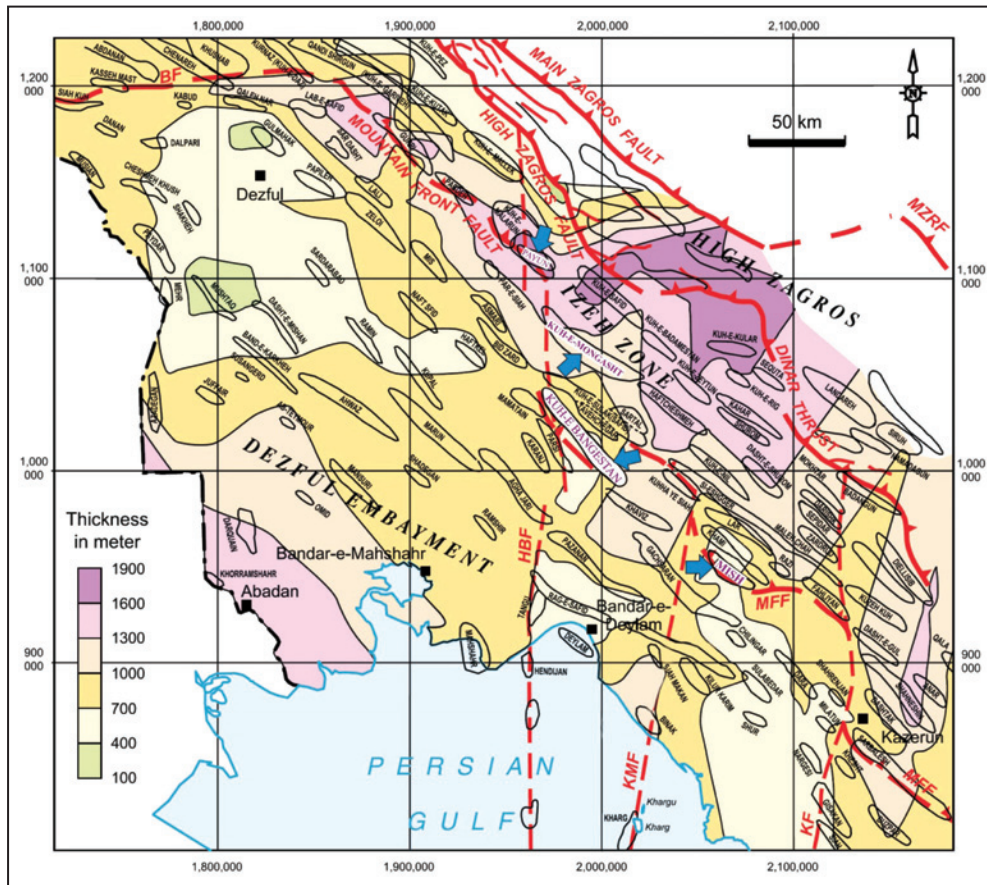
شکل ۶- تغییرات Mn در برابر Sr/Na. در این شکل نمونه‌های سازند سروک با محدوده‌های آهک‌های آراگونیتی آب‌های گرم عهد حاضر (Milliman, 1974)، محدوده فسیل‌های پرمن ساب‌پولار تاسمانیا (Rao, 1991)، محدوده آهک‌های پرمن ساب‌پولار تاسمانیا (Rao, 1991)، محدوده آهک‌های مناطق معتدله عهد حاضر تاسمانیا (Rao & Adabi, 1992; Rao & Amini, 1995) و محدوده آهک‌های آراگونیتی گوردون (Rao, 1990) مقایسه شده است.



شکل ۷- نسبت مقادیر $(1000 \cdot \text{Sr}/\text{Ca})$ (wt) در برابر آهن و ب) منگنز. در این نمودار محدوده‌هایی برای روندهای دیاژنی آراگونیت (A)، کلسیت پر منیزیم (HMC) و کلسیت کم منیزیم (LMC) مشخص شده است (Brand & Veizer, 1980; Knorich & Mutti, 2006).



شکل ۸- تغییرات ایزوتوپ اکسیژن در برابر ایزوتوپ کربن نمونه‌های آهکی سازند سروک در مقاطع مورد مطالعه. این نمودار نشانگر دیاژنز دریایی برای نهشته‌های کربناتی سازند سروک در یال شمالی کوه میش و کوه بنگستان و دیاژنز جوی برای نمونه‌های کربناتی یال جنوبی کوه میش، کوه پیون و کوه منگشت است.



شکل ۹- نقشه هم‌ستبرای سونامین بالایی- میوسن پایینی در پهنه ایذه و فروافتادگی دزفول (Sherkati & Letouzey, 2004). روی این نقشه موقعیت مقاطع مورد مطالعه (با فلش) و گسل‌های موجود در منطقه مشخص شده است (Kz: گسل کازرون، BF: گسل بالارود، KMF: گسل میش-کارگ، HBF: گسل هندیمان-پهرگانسر).

جدول ۱- کمترین، بیشترین و میانگین داده‌های ژئوشیمیایی سازند سروک در برش‌های مورد مطالعه.

$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰ PDB}$	$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰ PDB}$	Sr/Ca	Sr/Mn	Ca %	Mg %	Mn ppm	Fe ppm	Na ppm	Sr ppm	مقدار	برش
۰/۶	-۴/۳	۶	۱۰	۳۸	۰/۳۲	۶	۳۹	۶۲	۲۱۴	کمترین	کوه بنگستان
۲	-۳/۲	۷۴	۱۲۱	۴۰	۲/۱	۴۲	۳۷۰	۱۶۵	۲۷۷۵	بیشترین	
۱/۵	-۳/۹	۱۸	۵۱	۳۷	۰/۱	۱۴	۱۱۷	۹۲	۶۸۳	میانگین	
۱/۷	-۶/۴	۳	۴	۳۸	۰/۱۷	۱۵	۱۰۰	۶۵	۱۰۷	کمترین	کوه پیون
۲/۹	-۴/۱	۱۳	۲۳	۳۹	۰/۲۴	۳۷	۲۸۵	۱۶۲	۵۱۱	بیشترین	
۱/۹	-۵/۱	۶	۱۱	۳۷	۰/۱۱	۲۲	۱۸۱	۱۰۵	۲۳۹	میانگین	
۰/۸	-۶/۱	۱۰	۵	۳۹	۰/۱۹	۱۶	۱۰۶	۱۴۱	۳۸۳	کمترین	کوه منگشت
۲/۹	-۳/۵	۵۰	۸۱	۳۹	۰/۷	۲۱۱	۳۶۳	۵۳۱	۱۹۷۴	بیشترین	
۲/۱	-۴/۹	۲۹	۱۹	۳۸	۰/۰۲	۸۹	۲۴۴	۲۲۱	۱۱۳۵	میانگین	
۱/۲	-۴/۴	۱۷	۱۶	۳۹	۰/۲۳	۱۲	۷۱	۱۷۹	۶۵۳	کمترین	یال شمالی کوه میش
۳/۳	-۳/۲	۷۰	۱۵۷	۳۹	۲/۵۸	۴۷	۲۵۴	۶۳۸	۲۷۴۷	بیشترین	
۱/۸	-۳/۶	۴۲	۷۱	۳۵	۰/۰۵	۲۵	۱۴۱	۳۷۹	۱۶۴۱	میانگین	
-۴/۳	-۵/۸	۵	۳	۳۹	۰/۳۷	۸	۴۵	۱۴۵	۱۷۵	کمترین	یال جنوبی کوه میش
۲/۹	-۳/۵	۲۲	۸۳	۳۹	۰/۶۱	۷۴	۲۳۳	۷۳۸	۸۶۵	بیشترین	
-۰/۰۲	-۴/۵	۱۲	۱۹	۳۸	۰/۲۴	۳۱	۱۰۷	۳۶۰	۴۴۸	میانگین	

کتابنگاری

- آدابی، م. ح.، ۱۳۹۰ - ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آراین زمین، چاپ دوم، ۵۰۳ ص.
- اسدی مهماندوستی، ا.، ۱۳۸۹ - خصوصیات نهشته‌های رسوبی و ژئوشیمی نفت سازند سروک در تاقدیس‌های آنه و میش در فروافتادگی دزفول و میدان نفتی مارون، رساله دکتره، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۳۲۳ ص.
- اصغری، م.، ۱۳۸۴ - ژئوشیمی، محیط رسوبی و دیاژنز سازند سروک در رخنمون تنگ رشید، منطقه ایذه و مقایسه آن با مقطع تحت‌الارضی چاه ۶۳ اهواز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۰ ص.

قلاوند، ه.، ۱۳۸۸- لیتواستراتیگرافی و بیواستراتیگرافی سازندهای سروک و ایلام در بخش شمال شرقی فروافتادگی دزفول و مقایسه آنها با مقاطع تحت‌الارض مجاور، رساله دکتر، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۴۸۴ص.

مطیعی، ه.، ۱۳۷۴- زمین‌شناسی ایران- زمین‌شناسی نفت زاگرس ۱ و ۲، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، طرح تدوین کتاب، ۱۰۱۰ص.

ناصری، ن.، ۱۳۸۴- ژئوشیمی، محیط رسوبی و دیاژنز سازند سروک در مقطع نمونه در تاق‌دیس کوه بنگستان و مقایسه آن با مقطع تحت‌الارضی در چاه پارسی ۳۵، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۴۵ص.

References

- Adabi, M. H. & Asadi Mehmandousti, E., 2008- Microfacies and geochemistry of the Ilam Formation in the Tang-E Rashid area, Izeh, S.W. Iran, *Journal of Asian Earth Sciences* 33: 267-277.
- Adabi, M. H. & Rao, C. P., 1991- Petrographic and geochemical evidence for original aragonitic mineralogy of Upper Jurassic carbonates (Mozduran Formation), Sarakhs area, Iran. *Sedimentary Geology* 72: 253-267.
- Adabi, M. H., 1996- Sedimentology and geochemistry of Upper Jurassic (Iran) and Precambrian (Tasmania) carbonates. Unpubl. Ph.D. Thesis, Univ. Tasmania, Australia, 400 pp.
- Adabi, M. H., 2004- A re-evaluation of aragonite versus calcite seas. *Carbonates and Evaporites* 19: 133-141.
- Adabi, M. H., Salehi, M. A. & Ghabeshavi, A., 2010- Depositional environment, sequence stratigraphy and geochemistry of Lower Cretaceous carbonates (Fahliyan Formation), south-west Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 39: 148-160.
- Ahmadipour, M. R., 2002- The role of Sarvak Formation in supplying Pol-e Dokhtar town (Iran) with drinking water. *Acta Carsologica* 31: 93-103.
- Alavi, M., 2007- Structures of the Zagros fold-thrust belt in Iran. *American Journal of Science*, 307: 1064-1095.
- 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*, Society of Economic Paleontology and Mineralogy, Short Course 10, Section 1.1:1-151.
- Asadi Mehmandosti, E., Adabi, M. H. & Woods, A., 2013- Microfacies and Geochemistry of the Middle Cretaceous Sarvak Formation in Zagros Basin, Izeh Zone, SW Iran. *Sedimentary Geology* 293: 9-20.
- Barron, E. J., 1983- A warm equable Cretaceous: The nature of the problem, *Earth Science Review*. 19: 305-338.
- Bathurst, R. G. C., 1975- Carbonate sediments and their diagenesis, Elsevier, North Holland, 658 pp.
- Beiranvand, B., Ahmadi, A. & Sharafodin, M., 2007- Mapping and classifying flow units in the upper part of the Middle Cretaceous Sarvak formation (western Dezful embayment, SW Iran) based on a determination of the reservoir types. *Journal of Petroleum Geology*, 30: 357-373.
- Bleek, R. L. C. & Jones, D. G., 1928- Final report on Geology of Part Kuhgelu country. APOC, Report No. 331, p. 332, Unpublished paper.
- Brand, U. & Veizer, J., 1980- Chemical diagenesis of multicomponent carbonate system, II: stable isotopes: *Journal of Sedimentary Petrology*, 51: 987-997.
- Caron, V. & Nelson, C., 2009- Diversity of neomorphic fabrics in New Zealand Plio-Pleistocene cool-water limestones: Insights into aragonite alteration pathways and controls. *Journal of Sedimentary Research* 79: 226-246.
- Colombié, C., Lécuyer, C. & Strasser, A., 2011- Carbon and oxygen isotope records of palaeoenvironmental and carbonate production changes in shallow-marine carbonates (Kimmeridgian, Swiss Jura). *Geological Magazine* 148: 133-153.
- Dickson, J. A. D., 1990- Graphical modeling as a tool for predicting the microfabric of cement aggregates. - Carbonate Microfabrics Symposium and Workshop, Texas AandM Univ., September 30-October 3, p. 28, College Station (Texas AandM Univ.)
- Farzipour-Saein, A., Yassaghi, A., Sherkat, S. & Koyi, H., 2009- Basin evolution of the Lurestan region in the Zagros fold-and-thrust belt, Iran. *Journal of Petroleum Geology* 32: 5-19.
- Flügel, E., 2010- *Microfacies of Carbonates Rocks, Analysis, Interpretation and Application*. Springer, 976 pp.
- Ghabeshavi, A., Vaziri-Moghaddam, H. & Taheri, A., 2009- Facies distribution and sequence stratigraphy of the Coniacian-Santonian succession of the Bangestan Palaeo-high in the Bangestan Anticline, SW Iran. *Facies* 55: 243-257.
- Ghabeshavi, A., Vaziri-Moghaddam, H., Taheri, A. & Taati, F., 2010- Microfacies and depositional environment of the Cenomanian of the Bangestan anticline, SW Iran. *Journal of Asian Earth Sciences* 37: 275-285.
- Ghazban, F., 2007- *Petroleum geology of the Persian Gulf*. Joint publication, Tehran University Press and National Iranian Oil Company, Tehran.
- Gröcke, D. R., Price, G. D., Ruffell, A. H., Mutterlose, J. & Baraboshkin, E., 2003- Isotopic evidence for Late Jurassic-Early Cretaceous climate change. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 202: 97-118.
- Hajikazemi, E., Al-Aasm, I. S. & Coniglio, M., 2010- Subaerial exposure and meteoric diagenesis of the Cenomanian-Turonian Upper Sarvak Formation, southwestern Iran. *Geological Society of London* 330: 253-272.

- Harrison, J. V., Taitt, A. H. & Falcon, N. L., 1932- The geology of Bakhtiyari mountain country, I.O.O.C, Report No. 455, Unpublished paper.
- Hart, B. B., 1970- Upper Cretaceous palaeogeography, structural history and prospect of the Khuzestan province. Iranian oil operating companies report 1172, Tehran (unpublished).
- James, G. A. & Wynd, J. G., 1965- Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium Agreement Area. American Association of Petroleum Geologists Bulletin- 49 (12): 2182-2245.
- James, N. P. & Choquette, P. W., 1990- Limestones - the meteoric diagenetic environment. In: Macillreath, I.A. and Morrow, D.W. (Eds.): Diagenesis. Geoscience Canada Reprint Series 4: 35-73.
- Kelth, L. M. & Weber, J. N., 1964- Carbon and oxygen isotopic composition of limestones and fossils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28: 1787- 1816.
- Knorich, A. C. & Mutti, M., 2006- Missing aragonitic biota and the diagenetic evolution of Heterozoan carbonates: a case study from the Oligo-Miocene of the central Mediterranean. *Journal of Sedimentary Research* 76: 871–888.
- 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.
- Milliman, J. D., 1974- *Marine Carbonates*: New York, Springer-Verlag, 375 pp.
- Raeisi, E. & Karami, G., 1997- Hydrochemographs of Berghan karst spring as indicators of aquifer characteristics. *Journal of Cave and Karst Studies* 59: 112–118.
- 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. *Marine 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., 1990- Petrography, trace elements and oxygen and carbon isotopes of Gordon Group carbonate (Ordovician), Florentine Valley, Tasmania, Australia: *Sedimentary Geology* 66: 83-97.
- 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.
- Sepehr, M. & Cosgrove, J. W., 2004- Structural framework of the Zagros Fold-Thrust Belt, Iran. *Marine and Petroleum Geology* 21: 829-843.
- Sepehr, M., 2001- The tectonic significance of the Kazerun Fault Zone, Zagros fold–thrust belt, Iran. Ph.D. Thesis, Imperial College, University of London.
- Shackleton, N. J. & Kennett, J. P., 1975- Paleotemperature history of the Cenozoic and the initiation of Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analyses in DSDP site 277, 279 and 281. In: Kennett, J.P., and Houtz, R.E., (Eds.), *Initial Reports of the Deep-Sea Drilling Project, XXIX*: U.S. Govt. Printing Office, Washington D.C: 743-755.
- Sherkati, S. & Letouzey, J., 2004- Variation of structural style and basin evolution in the central Zagros (Izeh zone and Dezful Embayment): *Marine and Petroleum Geology* 21: 535–554.
- Smith, A. M. & Nelson, C. S., 2003- Effects of early sea-floor processes on the taphonomy of temperate shelf skeletal carbonate deposits, *Earth-Science Reviews* 63: 1–31.
- Suarez, M. B., González, L. A., Ludvigson, G. A., Vega, F. J. & Alvarado-Ortega, J., 2009- Isotopic composition of low-latitude paleoprecipitation during the Early Cretaceous. *Geological Society of America Bulletin* 121 (11-12): 1584-1595.
- Taghavi, A. A., Mørk, A. & Emadi, M. A., 2006- Sequence stratigraphically controlled diagenesis governs reservoir quality in the carbonate Dehloran Field, southwest Iran. *Petroleum Geosciences* 12: 115-126.
- Van Buchem, F. S. P., Razin, P., Homewood, P. W., Oterdoom, H. & Philip, J., 2002- Stratigraphic organization of carbonate ramps and organic-rich intrashelf basins: Natih Formation (middle Cretaceous) of northern Oman. *AAPG Bulletin* 86: 21–54.
- Van Buchem, F., Gaumet, F., Védrenne, V. & Vincent, B., 2006- Middle East Cretaceous sequence stratigraphy study, part 1 – SW, Iran. Institut Français du Pétrole, Paris. Unpublished.
- Veizer, J. & Demovic, R., 1973- Environmental and climatic controlled fractionation of elements in the Mesozoic carbonate sequence of the western Carpathians. *Journal of Sedimentary Petrology* 43/1: 258-271.
- Žák, K., Košťák, M., Man, O., Zakharov, V. A., Rogov, M. A., Prune, P., Rohovec, J., Dzyuba, O. S. & Mazuch, M., 2011- Comparison of carbonate C and O stable isotope records across the Jurassic/ Cretaceous boundary in the Tethyan and Boreal Realms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 299: 83-96.
- Zarasvandi, A., Charchia, A., Carranza, E. J. M. & Alizadeh, B., 2008- Karst bauxite deposits in the Zagros Mountain Belt, Iran. *Ore Geology Reviews* 34: 521–532.
- Zhao, Y., Zheng, Y. & Chen, F., 2009- Trace element and strontium isotope constraints on sedimentary environment of Ediacaran carbonates in southern Anhui, South China. *Chemical Geology* 256: 345-362.

Geochemical Characteristics of the Sarvak Formation in Izeh Zone, Zagros Region

E. Asadi Mehmandosti ^{1*} & M. H. Adabi ²

¹ Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran

² Professor, Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2012 August 21

Accepted: 2014 January 15

Abstract

The Sarvak Formation from the Bangestan Group, Late Albian to Cenomanian in age is an important petroleum reservoir in Iran. 5 outcrop sections in the Izeh zone, including the Bangestan Mountain as a type section with 831.5 m thickness, the Mangasht Mountain with 426 m thickness, the Payun Mountain with 480 m thickness, the north flank of Mish Mountain with 252 m thickness and the south flank of Mish Mountain with 348 m thickness were studied geochemically. The major elements (Ca, Mg), trace elements (Sr, Na, Fe, Mn) and carbon and oxygen isotopes studies indicate that the geochemical characteristics of the Sarvak Formation have been changed in the Izeh zone. High amount of Sr/Mn ratio and Sr content normalized to Ca and heaviest oxygen isotope of the Sarvak Formation carbonates in the north flank of Mish Mountain and some of the Bangestan Mountain carbonate samples indicate low amount of solution and closed diagenetic system in these outcrops compare to the Sarvak Formation carbonates in the south flank of Mish and Payun Mountains. The oxygen and carbon isotopes variation illustrate marine pferiatic digenesis in the north flank of Mish and Bangestan Mountains and meteoric diagenesis in the south flank of Mish, Mangasht and Payun Mountains. The geochemical difference, which observed in the studied sections at Izeh zone, could be related to the reactivation of deep seated structures such as the Hendijan and Bahregansar (Izeh) faults, which caused thickness, facies and diagenetic variations in these areas.

Keywords: Sedimentary Geochemistry, Trace and Major Elements, Carbon and Oxygen Isotopes, Sarvak Formation.

For Persian Version see pages 299 to 310

*Corresponding author: E. Asadi Mehmandosti; E-mail: e.asadi@khu.ac.ir