

ژئوشیمی ماسه‌سنگ‌های سازند رازک، جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس: کاربرد در تعیین جایگاه زمین‌ساختی، سنگ مادر و هوازدگی دیرینه

سید علی معلمی^۱، محمدعلی صالحی^{۲*} و افشین زهدی^۲

^۱استادیار، پژوهشکده ازدیاد برداشت از مخازن نفت و گاز، تهران، ایران
^۲استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
^۲استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
 تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۷/۰۷

چکیده

در این پژوهش ماسه‌سنگ‌های سازند رازک در رخنمون‌های فینو و هندون و میدان سرخون در شمال منطقه بندرعباس، از دید سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی به منظور مطالعه خاستگاه در تعیین جایگاه زمین‌ساختی، بررسی سنگ مادر و هوازدگی دیرینه مطالعه و همچنین با ماسه‌سنگ‌های اهواز از سازند آسماری مقایسه شده‌اند. نهشته‌های سازند رازک بیشتر شامل مارن، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و سنگ آهک ماسه‌ای است. نتایج حاصل از بررسی ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی نشان از رسوب‌گذاری این سازند در حاشیه فعال قاره‌ای دارد. تحلیل خاستگاه سنگ‌های سیلیسی آواری سازند رازک نشان‌دهنده سنگ‌های مادر از جنس آذرین مافیک و حدواسط، سنگ‌های دگرگونی درجه پایین تا بالا و سنگ‌های رسوبی برای این سازند است. بررسی اندیس هوازدگی شیمیایی نیز نشان داد که رسوبات در ناحیه منشأ دچار هوازدگی متوسط شده‌اند که بیانگر آب‌وهوای خشک در ناحیه منشأ است. به نظر می‌رسد رسوبات سازند رازک حاصل فرسایش مخلوطی از سنگ‌های آذرین-افیولیتی پوسته اقیانوسی نوتیس، سنگ‌های دگرگونی و دیگر توالی‌های رسوبی نهشته شده در حوضه رسوبی زاگرس در طی تکامل حوضه پیش‌بومی بوده است. تغییر ستبرای گوه‌ای سازند رازک از مناطق بالادست حوضه رسوبی زاگرس به سوی نواحی پایین دست و در پایان محو شدن آن در بخش فارس ساحلی و حضور کنگلومرای پلی‌میکتیک، ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت و غنی از خرده‌سنگ از دیگر شواهد منشأ گرفتن سازند رازک از پهنه روراندۀ زاگرس هستند.

کلیدواژه‌ها: ژئوشیمی، خاستگاه، جایگاه زمین‌ساختی، سازند رازک، جنوب خاور زاگرس.

E-mail: ma.salehi@sci.ui.ac.ir

نویسنده مسئول: محمدعلی صالحی

۱- پیش‌گفتار

از جمله مناطقی که در حوضه رسوبی زاگرس، رخنمون‌های سازند رازک گسترش دارند، جنوب خاور این حوضه رسوبی است که در این منطقه می‌توان ستبرای قابل توجهی از این نهشته‌ها را اندازه‌گیری کرد (آزادبخت و همکاران، ۱۳۸۹؛ معلمی، ۱۳۹۳). با بررسی‌های انجام شده، مشخص شد، تاکنون مطالعات رسوب‌شناسی (سنگ‌نگاری، ژئوشیمی و خاستگاه) روی نهشته‌های سیلیسی-آواری سازند رازک در این منطقه انجام نشده است و نبود اطلاعات مانع از مقایسه با نواحی همجوار شده است. هدف اصلی از مطالعات خاستگاه بازسازی زمین‌شناسی ناحیه منشأ، بررسی فرایندهای حمل‌ونقل از منشأ تا حوضه رسوبی، زمین‌ساخت و آب و هوا معرفی شده است (Ibbeken and Schleyer, 1991). مطالعات خاستگاه رسوبات آواری در اکتشاف مواد هیدروکربنی می‌تواند در پیش‌بینی توزیع مکانی رخساره‌های آواری کمک کند که به عنوان سنگ مخزن نقش دارند و به‌طور مستقیم اطلاعات زیادی در رابطه با زمین‌شناسی آن واحد رسوبی وجود ندارد (Adabi et al., 2009; Smyth et al., 2014). با این بررسی به پرسش‌هایی مانند منشأ رسوبات آواری مورد مطالعه، وضعیت زمین‌ساختی محیط ته‌نشست، فرایندهای حمل و نقل از محل منشأ تا مکان ته‌نشست و آب‌وهوای گذشته پاسخ داده خواهد شد (Ibbeken and Schleyer, 1991; Arribas et al., 2007; Garzanti et al., 2013).

روش‌های استاندارد برای بررسی منشأ رسوبات آواری وجود دارد که از آن جمله می‌توان مطالعات سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی را نام برد (Pettijohn et al., 1987; Tortosa et al., 1991; Von Eynatten et al., 2003a; Tyrrell et al., 2009). پژوهشگران بسیاری با کمک مطالعات ژئوشیمی توانسته‌اند جایگاه زمین‌ساختی سنگ‌های ناحیه منشأ (Bhatia, 1983; Bhatia and Crook, 1986; Roser and Korsch, 1986) رسوبات رسوبی (Roser and Korsch, 1988; McLennan et al., 1990; Cox et al., 1995; Cullers, 2000) و هوازدگی دیرینه (McLennan et al., 1993; Nesbitt and Young, 1982; Fedo et al., 1995) را در مناطق منشأ برای رسوبات و سنگ‌های رسوبی سیلیسی-آواری تفسیر کنند.

در این پژوهش برای نخستین بار، ترکیب ماسه‌سنگ‌های سازند رازک، جایگاه زمین‌ساختی، ترکیب سنگ‌های ناحیه منشأ و هوازدگی دیرینه این سنگ‌ها در بخش‌های جنوب خاور حوضه رسوبی زاگرس با هدف بازسازی جغرافیای دیرینه این منطقه مورد توجه قرار گرفته است. همچنین سعی شده است خاستگاه سازند رازک با بخش ماسه‌سنگ اهواز از سازند آسماری که هر دو در یک حوضه رسوبی رسوب‌گذاری کرده‌اند (Alavi, 2004) و به عنوان نهشته‌های تقریباً معادل از دید سنی در نظر گرفته می‌شوند، مقایسه شود.

۲- زمین‌شناسی و چینه‌شناسی منطقه مورد مطالعه

ته‌نشست سازندهای سنوزویک در پس کرانه (hinterland) بندرعباس در حاشیه حوضه پیش‌بومی زاگرس صورت گرفته که حاصل برخورد حاشیه شمال خاوری صفحه عربی و بلوک‌های ایران بوده است (Alavi, 2004; Khadivi et al., 2010; Pirouz et al., 2015). در این بخش از حوضه رسوبی زاگرس چین‌خوردگی در طی سنوزویک سبب بالآمدگی نمک‌های سری هرمز شده است و در نتیجه آن رسوب‌گذاری نهشته‌ها از جمله سازند رازک در این دوران تحت تأثیر این فرایند قرار گرفته‌اند (Jahani et al., 2009; Zohdi et al., 2013 and 2014). این ته‌نشست‌ها افزون بر کاهش ستبرای از سوی بخش‌های داخلی حوضه زاگرس به سوی پس کرانه بندرعباس و فارس ساحلی، دارای یک روند کم‌ژرفاشوندگی و درشت‌شوندگی کلی (از محیط‌های پر انرژی دریای باز به محیط‌های محافظت شده و ساحلی و در پایان قاره‌ای) در طی رسوب‌گذاری از زمان اوسن تا میوسن دارند (Alavi, 2004). این در حالیست که نهشته‌های آواری معادل مانند بخش ماسه‌سنگ اهواز محدود به بخش جنوب باختر حوضه زاگرس بوده و با افزایش ستبرای از سوی جنوب قابل تطابق با نهشته‌های سیلیسی-آواری سازند غار در کشور کویت است (مطیعی، ۱۳۸۲). بنابراین می‌توان خاستگاه متفاوتی برای این نهشته‌ها تصور کرد.

تا ترکیب دانه‌های آواری یک ماسه‌سنگ را با وضعیت زمین‌ساختی منطقه منشأ آن ارتباط دهند (Blatt, 1967; Dickinson, 1970; Garzanti and Vezzoli, 2003; Garzanti et al., 2007). کوارتزهای تک‌بلوری فراوان‌ترین دانه آواری در همه سنگ‌رخساره‌های آواری شناسایی شده در سازند رازک است (شکل‌های ۵-A و B) (جدول ۱). ذرات کوارتز بیشتر به صورت زاویه‌دار دیده می‌شوند (شکل‌های ۵-A و B). در نمونه‌های مورد مطالعه خرده‌سنگ‌های رسوبی (مانند کربناته، چرت و ماسه‌سنگ) (شکل ۵-B) و خرده‌سنگ دگرگونی و همچنین ذرات ناپایدار (مانند فلدسپار) (شکل‌های ۵-C و E) شناسایی شده است. رادیولاریت یکی دیگر از خرده‌سنگ‌های رسوبی شاخص در این سازند است که در برش هندون شناسایی شده است (شکل ۵-D). اکسیدهای آهن از فراوان‌ترین کانی‌های سنگین در سازند رازک است. سیمان پرکننده فضای میان دانه‌ها بیشتر کربناته است و در برخی موارد سیمان اکسید آهن حضور دارد. ماتریکس نیز از دیگر اجزای ماسه‌سنگ‌هاست که بیشتر از کانی‌های رسی تشکیل شده است. کانی رسی نوع پالیگورسیت به کمک مطالعات میکروسکوپ الکترونی در ماتریکس ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه شناسایی شده است (شکل ۵-D). بررسی سنگ‌نگاری ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده سنگ‌رخساره ساب‌آرکوز، ساب‌لیتارنایت، لیتیک‌آرنایت (کلکلیتایت) دارای ماتریکس و به میزان کمتر لیتیک‌آرنایت فلدسپاردار است (معلمی، ۱۳۹۳) (شکل ۶) (جدول ۱). این در حالیست که بخش ماسه‌سنگ اهواز بیشتر از سنگ‌رخساره‌های کوارتزآرنایت و گاه ساب‌آرکوز و ساب‌لیتارنایت تشکیل یافته است (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008; Avarjani et al., 2014).

۴-۲. ژئوشیمی

نتایج تجزیه عناصر اصلی، فرعی و کمیاب ۲۸ نمونه ماسه‌سنگی سازند رازک، از برش‌های مورد مطالعه در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود، نمونه‌های ماسه‌سنگی دارای مقادیر SiO_2 به‌طور میانگین ۵۱/۴ درصد (۸/۲ تا ۸۸/۵ درصد)، مقدار Al_2O_3 از ۱/۳ تا ۱۷/۳ درصد، مقدار Fe_2O_3 از ۱/۱ تا ۱۱/۲ و K_2O از ۰/۱ تا ۳/۸ درصد هستند. در برخی از نمونه‌ها مقادیر SiO_2 با درصد بسیار کم (کمتر از ۲۵ درصد) مربوط به نمونه‌های ماسه‌سنگی با قطعات خرده‌سنگی کربناته (کلکلیتایت) است. مقدار دیگر اکسیدهای عناصر اصلی دیگر بجز CaO در نمونه‌های یاد شده کم (MgO, TiO_2 , MnO, Na_2O) و در مجموع کمتر از ۸ درصد است.

نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک دارای مقادیر به نسبت بالای Ba (۱۳-۱۳۰ ppm) و Sr (۵۶-۱۱۹۰ ppm) هستند. در نمونه‌های تجزیه شده مقادیر به نسبت بالای Cr وجود دارد که مقدار میانگین ۳۹۰ پی‌پی‌ام (۶۲-۱۴۴۰ ppm) دارند. بیشتر این نمونه‌ها به جز یک نمونه دارای مقادیر بالای Zr (۹۴۴ ppm)، مقادیر پایین (۵-۹۳ ppm) دارند. این نمونه‌ها همچنین دارای مقادیر پایین V (۱۰-۱۰۲ ppm)، As (۰/۵-۳۲/۷ ppm)، Ce (۳-۱۴۷ ppm)، Nb (۰/۵-۱۰۶ ppm)، Th (۳-۱۴/۹ ppm)، Co (۸/۱-۸۴/۶ ppm) و Rb (۴/۲-۱۱۰ ppm) هستند (جدول ۲ و ۳). مقادیر عناصری مانند U, Er, Cs, Sm, Ni, Sc, HF در بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه پایین است (جدول ۲ و ۳).

۵-۵. بحث

ترکیب عناصر اصلی نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک نسبت به ترکیب پوسته قاره‌ای بالایی (Upper Continental Crust; UCC) (Taylor and McLennan, 1985) به‌نحویت شده و در نمودارهای عنبکوتی رسم شده است (شکل ۷-A). زمانی که داده‌ها با یکدیگر مقایسه می‌شود، ملاحظه می‌شود که مقادیر بیشتر اکسیدهای عناصر اصلی در ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه نزدیک به مقادیر میانگین ترکیب پوسته قاره‌ای بالایی است. موارد استثنا شامل MgO است که نسبت به UCC غنی شده‌اند و در برابر آن، K_2O نسبت به میانگین تخلیه‌شدگی نشان می‌دهد. به‌طور کلی در نمونه‌های ماسه‌سنگی

در این پژوهش سازند رازک به سن اولیگوسن پسین تا میوسن پیشین در شمال بندرعباس در خمون‌های فینو با عرض جغرافیایی $27^\circ 51'$ و طول جغرافیایی $56^\circ 00'$ و رخنمون هندون با عرض جغرافیایی $27^\circ 40'$ و طول جغرافیایی $56^\circ 07'$ و همچنین برش تحت‌الارضی میدان گازی سرخون، مطالعه شده است (شکل ۱). در این منطقه، سازند رازک به صورت ناپیوسته روی سازند جهرم جای گرفته و مرز بالایی آن عضو آهکی گوری است که به صورت هم‌شیب و ناپیوسته دیده می‌شود (شکل ۲).

۳- روش مطالعه

در مطالعات صحرایی سازند رازک در برش‌های انتخاب شده اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شده است. در مجموع ۳۰۰ نمونه دستی از دو رخنمون برداشت شد. نمونه‌های برداشت شده از مغزه‌های حفاری برش تحت‌الارضی ۸۹ عدد است. در این مطالعه به مرز سازندها، ستبرای لایه‌ها و وجود ساختمان‌های رسوبی توجه شده است (شکل ۳). در سازند رازک به منظور بررسی خاستگاه ماسه‌سنگ‌ها ۵۷ مقطع نازک از ماسه‌سنگ‌ها انتخاب و مطالعات سنگ‌نگاری روی آنها انجام شد. در مطالعات سنگ‌نگاری ماسه‌سنگ‌های سازند رازک از رده‌بندی Folk (1980) و Pettijohn et al. (1987) برای نام‌گذاری ماسه‌سنگ‌ها استفاده شد. در مطالعات سنگ‌نگاری تجزیه مودال شامل شمارش تعداد مشخصی از نقاط (۳۰۰ نقطه) روی ۵۷ مقطع نازک ماسه‌سنگ‌های مورد مطالعه به روش گزی-دیکینسون توسط معلمی (۱۳۹۳) انجام و نتایج آن در این پژوهش استفاده شده است. در این مطالعه ۴ نمونه نیز توسط میکروسکوپ الکترونی (Scanning Electron Microscopy: SEM) به منظور مطالعه دقیق‌تر بافت سنگ در مرکز پژوهش متالورژی رازی کرج مطالعه شد. در این مطالعه از روش XRF و طیف‌سنجی جرمی پلازما ICP-MS به منظور تعیین عناصر اصلی و فرعی برای تعیین سنگ‌شناسی، شناخت جایگاه زمین‌ساختی منطقه منشأ و حوضه رسوب‌گذاری ماسه‌سنگ‌های سازند رازک در برش‌های مورد مطالعه استفاده شده است. آماده‌سازی نمونه‌ها شامل گذر حدود ۲۰ گرم از پودر هر نمونه از غربال با مش ۲۰۰ در کارگاه تهیه پودر شرکت کانساران بینالود است. در این مطالعه ۲۸ نمونه (شامل ۱۵ نمونه ماسه‌سنگ ریزدانه برش تحت‌الارضی سرخون و ۱۳ نمونه ماسه‌سنگ ریزدانه از برش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو) پودر تهیه شده برای انجام تجزیه ژئوشیمیایی توسط دستگاه ICP-MS به وسیله شرکت کانساران بینالود به کشور استرالیا فرستاده شده است (شکل ۳). تجزیه XRF نیز روی همین تعداد نمونه در سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور انجام شده است.

۴-۱. مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری

در رخنمون فینو، سازند رازک ۱۷۰ متر ستبرای دارد که بیشتر از سنگ‌های سیلیسی-آواری و مخلوط آواری-کربناته تشکیل شده و روی سازند جهرم و در زیر عضو گوری قرار گرفته است (شکل‌های ۳ و ۴-A). در تقادیس هندون نیز، سازند رازک با ستبرای ۱۰۵ متر از سنگ‌های سیلیسی-آواری و کربناته و ستبرای ناچیزی از نهشته‌های تبخیری تشکیل یافته و در زیر عضو گوری و بالای سازند جهرم قرار گرفته است (شکل‌های ۳ و ۴-B). در برش تحت‌الارضی نیز سازند رازک با ستبرای ۴۴ متر بیشتر از سنگ‌های سیلیسی-آواری و با ستبرای کمتر سنگ‌های کربناته تشکیل شده و در زیر عضو گوری و بالای سازند جهرم قرار گرفته است (شکل ۳). در مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی در مجموع ۶ سنگ‌رخساره در سازند رازک شناسایی شد (معلمی، ۱۳۹۳). این سنگ‌رخساره‌ها شامل: (۱) کنگلومرا (پلی میکتیک (polymictic) و بیشتر ماتریکس پستیان)، (۲) ماسه‌سنگ، (۳) مارن، (۴) دولومیت، (۵) سنگ‌آهک و (۶) تبخیری‌هاست (شکل ۳). گفتنی است که این مطالعه بیشتر بر بخش ماسه‌سنگی (گری و کی و آرنایتی) سازند رازک تأکید دارد.

سنگ‌نگاری ماسه‌سنگ‌ها از چند دهه پیش به عنوان ابزاری ارزشمند در شناسایی منشأ رسوبات آواری استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر نیز تلاش زیادی شده است

(McLennan et al., 1983). برخی از پژوهشگران مانند Bhatia (1983) و Kroonenberg (1994) بر سودمندی استفاده از ژئوشیمی عناصر اصلی در به دست آوردن جایگاه زمین‌ساختی بر پایه نمودارهای تفکیکی تأکید کرده‌اند. هر چند (Armstrong-Altrin and Verma, 2005) نیز به دلیل ابهام در نمودارهای تفکیکی استفاده از ژئوشیمی در تفسیر جایگاه‌های زمین‌ساختی را با احتیاط پیشنهاد کرده‌اند. با این حال کاربرد عناصر اصلی برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی، در سال‌های اخیر همچنان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yan et al., 2012; Alessandretti et al., 2013; Tao et al., 2013; Salehi et al., 2014; Armstrong-Altrin et al., 2015).

ترکیب اکسیدهای عناصر اصلی سنگ‌های سیلیسی-آواری سازند رازک روی نمودار (Roser and Korsch, 1986) و نمودار مثلثی Kroonenberg (1994) به منظور مشخص کردن موقعیت زمین‌ساختی آنها، رسم شده است (شکل‌های ۹-A تا D). در این نمودارها، بیشتر داده‌ها در محدوده دور از حاشیه غیر فعال و بیشتر در محدوده جزایر کماتی قاره‌ای و حاشیه فعال قاره‌ای قرار می‌گیرند. از این نتایج در بخش بازسازی جغرافیای دیرینه منطقه مورد مطالعه استفاده خواهد شد. عناصر فرعی نیز برای تحلیل منشأ رسوبات بسیار مناسب هستند؛ زیرا این عناصر نامحلول و معمولاً تحت شرایط سطحی بی‌تحرك هستند (McLennan et al., 1983; Von Eynatten et al., 2003b). بنابراین، عناصر فرعی نشانه‌های آشکاری را از منشأ و موقعیت زمین‌ساختی سنگ‌های سیلیسی آواری مورد مطالعه در اختیار قرار می‌دهند (McLennan et al., 1990). عناصر فرعی مانند Nb، Ti، Sc، Th و Zr به عنوان ابزاری مفید در تفکیک محیط‌های زمین‌ساختی به شمار می‌روند (Taylor and McLennan, 1985; Bhatia and Crook, 1986). در نمودارهای ارائه شده توسط Bhatia and Crook (1986) ماسه‌سنگ‌های سازند رازک بیشتر در محدوده حاشیه فعال قاره‌ای (C)، جزایر کماتی قاره‌ای (B)، جزایر کماتی اقیانوسی (A) و دور از حاشیه غیر فعال قاره‌ای قرار گرفته‌اند (شکل‌های ۹-E و F و ۱۰). در حالی که نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز بیشتر در حاشیه غیر فعال قاره‌ای و یا در مجاورت آن قرار دارند (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008; Avarjani et al., 2014). حضور کنگلومرای پلی‌میکتیک (polymictic)، ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت و غنی از خرده‌سنگ، سیلستون و مادستون فراوان و همچنین مقدار ناچیز کوارتزآرنایت در یک سازند نشان از محیط زمین‌ساختی فعال دارد (Corcoran, 2005). در این مطالعه با توجه به بررسی سنگ‌شناسی و سنگ‌نگاری صورت گرفته روی سازند رازک مرتبط بودن تشکیل این سازند با محیط فعال زمین‌ساختی تأیید می‌شود.

۵-۳. ترکیب سنگ‌های ناحیه منشأ

بسیاری از پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که ترکیب شیمیایی سنگ‌های رسوبی سیلیسی-آواری در ارتباط با نواحی منشأ آنها هستند (Asiedu et al., 2000; Nagarajan et al., 2007; Jafarzadeh et al., 2014).

ماسه‌سنگ‌هایی که در موقعیت‌های کوهزایی با چرخه دوباره نهشته شده‌اند، مانند ماسه‌سنگ‌های این مطالعه، از سپرهای رخنمون یافته، سکوها و سنگ‌های پی سنگ مشتق می‌شوند (Dickinson, 1985). همچنین آنها ممکن است از پی‌سنگ‌های بلورین زیرین هوزده یا از رسوبات با حمل دوباره حاصل شوند (Dickinson, 1985). به باور Basu et al. (1975) دانه‌های کوارتز تک‌بلور با خاموشی غیر موجی (مانند کوارتزهای تک‌بلور در ماسه‌سنگ‌های سازند رازک) می‌تواند نشان‌دهنده یک منشأ آذرین درونی باشد و سنگ مادر گرانیتیوییدی را نشان دهند (Suttner et al., 1981). Roser and Korsch (1986) برای تمایز میان رسوباتی که منشأ اولیه آنها سنگ‌های آذرین مافیک، حدواسط یا فلسیک و یا رسوبات دارای کوارتز است، نمودار متمایز کننده تابعی را پیشنهاد کرده‌اند. در این تابع اکسیدها به صورت خام در محاسبه استفاده می‌شوند. بیشتر نمونه‌های سازند رازک در این نمودار در محدوده سنگ منشأ کوارتز-رسوبی قرار گرفته‌اند و شماری از آنها در محدوده آذرین حد واسط قرار می‌گیرند (شکل ۱۱). محدوده ماسه‌سنگ اهواز برای مقایسه روی شکل نشان

سازند رازک نسبت به UCC مقادیر Fe_2O_3 ، SiO_2 ، Al_2O_3 ، TiO_2 نزدیک به ۱ است. این امر نشان می‌دهد که برخی از نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک تحت تأثیر هوازگی شدید و حمل دوباره قرار نگرفته‌اند (Das et al., 2006). تمرکز ناچیز K_2O در ماسه‌سنگ‌ها می‌تواند در ارتباط با مقدار به نسبت کم کانی پلاژیوکلاز غنی از سدیم و فلدسپار پتاسیم‌دار باشد که با نتایج سنگ‌نگاری در این مطالعه همخوانی دارد.

ترکیب عناصر فرعی و کمیات نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک نیز نسبت به UCC بهنجار شده است (شکل‌های V-B و C). مقادیر عناصر مختلف در این نمونه‌ها به جز Ni و Co مشابه با مقادیر UCC است (شکل V-B). به‌طور کلی، تمرکز عناصر Nb، Y، Zr و HF در سنگ‌های آذرین فلسیک نسبت به مافیک بیشتر است (Bauluz et al., 2000). بنابراین با توجه به کمتر بودن این عناصر از مقدار میانگین، احتمالاً سنگ‌های آذرین مافیک در سنگ‌های ناحیه منشأ چیره بوده‌اند.

۵-۱. تعیین سنگ‌شناسی

بیشتر رده‌بندی‌های سنگ‌های رسوبی، ویژگی‌هایی را که می‌توان در نمونه‌های دستی یا مقاطع نازک دید مانند اندازه دانه‌ها و کانی‌شناسی اجزا و ماتریکس را به کار می‌برند. اما افزون بر این، استفاده از ژئوشیمی و تجزیه‌های عناصر اصلی و فرعی نیز می‌تواند در رده‌بندی شیمیایی سنگ‌های رسوبی و همچنین در تفکیک میان رسوبات بالغ و نابالغ، موثر باشد (Pettijohn et al., 1987; Herron, 1988). (Pettijohn et al., 1987) استفاده از شاخص‌های بلوغ شیمیایی رده‌بندی پیشنهادی خود را برای ماسه‌سنگ‌ها معرفی کردند که با رسم $\log (Na_2O/K_2O)$ در برابر $\log (SiO_2/Al_2O_3)$ نمایش داده می‌شود. نمودار (Pettijohn et al., 1987) توسط Herron (1988) تصحیح شد. داده‌های عناصر اصلی نمونه‌های مورد مطالعه، روی نمودار (Herron (1988) و Pettijohn et al. (1987) رسم شدند که نتایج در شکل‌های V-D و E آمده است. در نمودار Herron (1988) نمونه‌های مورد مطالعه بیشتر در محدوده سنگ‌های وکی تا لیت‌آرنایت قرار گرفته‌اند. در نمودار (Pettijohn et al., 1987) نمونه‌های تحت‌الارضی سرخون و سطح‌الارضی هندون و فینو رسم شده‌اند. نمونه‌های تحت‌الارضی سرخون و سطح‌الارضی فینو بیشتر در محدوده سنگ‌های لیت‌آرنایتی و آرکوز قرار گرفته‌اند و نمونه‌های برش سطح‌الارضی هندون بیشتر در محدوده سنگ‌های ساب‌آرکوز و ساب‌لیت‌آرنایتی قرار گرفته‌اند (شکل V-E). در صورتی که نمونه‌های بخش ماسه‌سنگ اهواز دارای ترکیب کوارتزآرنایت تا ساب‌لیت‌آرنایت هستند (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008).

۵-۲. جایگاه زمین‌ساختی

شرایط و جایگاه زمین‌ساختی تأثیر مستقیم بر ترکیب ماسه‌سنگ‌ها دارد؛ بنابراین با توجه به ترکیب کانی‌شناسی ماسه‌سنگ‌ها می‌توان جایگاه زمین‌ساختی را مشخص کرد (Dickinson and Suczek, 1979; Dickinson, 1985).

در نمودار مثلثی QfTfL، نمونه‌های ماسه‌سنگی مورد مطالعه بیشتر در محدوده‌های کوازهائی با چرخه دوباره و شمار کمی از نمونه‌ها در محدوده بلوک-کراتون قرار می‌گیرند (شکل ۸). بیشتر نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در محدوده کوهزایی با چرخه دوباره قرار می‌گیرند که احتمالاً دارای مقادیر کافی از خرده‌های سنگی در چارچوب خود هستند. در نمونه‌های مورد مطالعه حضور خرده‌سنگ‌های رسوبی در برش‌های سطح‌الارضی و تحت‌الارضی نشان می‌دهد که دانه‌های آواری از مناطق کوهزایی با چرخه دوباره منشأ یافته‌اند. شماری از نمونه‌های مورد مطالعه نیز در محدوده بلوک یا کراتون پایدار قرار می‌گیرند (شکل ۸ و جدول ۱). این ماسه‌سنگ‌ها معمولاً از سپرهای بیرون زده و سکوها و نواحی بالا آمده (پی‌سنگ‌ها) مشتق شده‌اند (Bhatia, 1983; Taylor and McLennan, 1985). این ماسه‌سنگ‌ها از فرسایش پی‌سنگ گرانیتی-گنایسی و لایه‌های قدیمی تری حاصل می‌شوند که دوباره وارد چرخه فرسایش شده‌اند.

بررسی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های سیلیسی آواری (برای نمونه ماسه‌سنگ‌های غنی از ماتریکس) به عنوان ابزاری ارزشمند در مطالعات منشأ به شمار می‌رود

شرایط آب‌وهوایی و نرخ بالا آمدگی زمین‌ساختی ناحیه منشأ کنترل می‌شود (Wronkiewicz and Condie, 1987). درجه هوازدگی در سنگ‌های ناحیه منشأ توسط مطالعات سنگ‌نگاری و اندیس‌های ژئوشیمیایی قابل بررسی است. تجزیه مدال ماسه‌سنگ‌های سازند رازک و رسم داده‌های آن در نمودار ارائه شده توسط Suttner and Dutta (1986) نشان از شرایط آب‌وهوایی گرم و خشک دارد (معلمی، ۱۳۹۳). وجود کانی رسی پالیکورسکیت (Galan and Singer, 2011) در ماسه‌سنگ‌های سازند رازک و همچنین حضور سازند گچساران در مجاورت منطقه مورد مطالعه، نشان‌دهنده آب و هوای خشک است. هوازدگی شیمیایی، تا حد زیادی بر ترکیب رسوبات سیلیسی آواری مؤثر است (Suttner and Dutta, 1986). در حدود ۷۵ درصد مواد ناپایدار پوسته بالایی از فلدسپارها و شیشه آتشفشانی تشکیل شده است و هوازدگی شیمیایی این مواد، سبب تشکیل کانی‌های رسی می‌شود (Nesbitt and Young, 1984 and 1989; Taylor and McLennan, 1985; Fedo et al., 1995). در مطالعات مختلف، درجه هوازدگی منشأ به‌صورت‌های مختلف و با استفاده از مقدار عناصر اصلی سنگ‌ها به‌صورت عددی ارائه شده است. شماری از شاخص‌های (اندیس‌های) هوازدگی بر پایه فراوانی اکسیدهای عناصر متحرک و غیر متحرک (Al₂O₃, K₂O, Na₂O, CaO) ارائه شده است. در میان اندیس‌های شناخته شده هوازدگی یا دگرسانی، اندیس شیمیایی دگرسانی (Chemical Index of Alteration: CIA; Nesbitt and Young, 1982)، به عنوان روشی مناسب برای کمی کردن درجه هوازدگی ناحیه منشأ به کار برده شده است. معادلات اندیس یاد شده عبارت است از:

$$CIA = 100 \times \frac{Al_2O_3}{Al_2O_3 + CaO * + Na_2O + K_2O}$$

در معادله بالا CaO* مقدار CaO وارد شده به کسر سیلیکات است و همه اکسیدها بر حسب نسبت‌های مولی هستند. مقادیر CIA به دست آمده برای نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک میان مقادیر ۵۴/۱ تا ۸۷/۳ (با میانگین ۷۱/۶) در تغییر است (جدول ۲). مقادیر CIA در بیشتر نمونه‌های مورد مطالعه، در حدود ۷۰ است که درجه هوازدگی کم تا متوسط را هم در ناحیه منشأ و هم در طی حمل و نقل و پیش از رسوب‌گذاری نشان می‌دهد. مقادیر کم تا متوسط CIA در سازند رازک نشان‌دهنده هوازدگی شیمیایی ناچیز و سنگ مادر نابالغ است. این نتایج نیز آب‌وهوای گرم و خشک را در ناحیه منشأ تأیید می‌کند. بررسی اندیس هوازدگی در ماسه‌سنگ‌های اهواز (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008; Avarjani et al., 2014).

شرایط هوازدگی دیرینه را همچنین می‌توان با استفاده از نمودار مثلثی Nesbitt and Young (1984) ارزیابی کرد. در نمودار مثلثی Al₂O₃ - [CaO+Na₂O] - K₂O (A-CN-K) سنگ‌های غیر هوازده در زیر خط اتصال پلاژیوکلاز - فلدسپار قرار می‌گیرند (Nesbitt and Young, 1984; Akarish and El-Gohary, 2008). بیشتر نمونه‌های تجزیه شده (نمونه‌های ماسه‌سنگی) در این مطالعه، از خط مرکز به سوی رأس A قرار می‌گیرند. این امر نیز اشتقاق این نمونه‌ها را از یک مجموعه اسیدی تا مافیک تأیید می‌کند. بر پایه مطالعه Nesbitt and Young (1989) تخلیه Na و Ca در ارتباط با هوازدگی شیمیایی پیش‌رونده سنگ‌های اسیدی مانند گرانیت است که به سرعت پلاژیوکلاز را تخریب می‌کند و سبب بقای فازهای Na و Ca در محصولات هوازدگی می‌شود. نمونه‌های سازند رازک در نمودار مثلثی A-CN-K، نزدیک به کانی‌های با هوازدگی متوسط قرار می‌گیرند (شکل ۱۳).

۶- جغرافیای دیرینه حوضه رسوبی پس‌کرانه بندرعباس در طی میوسن

پیشین

بازسازی دقیق‌تر جغرافیای دیرینه در طی میوسن پیشین در منطقه مورد مطالعه نیازمند اطلاعات از الگوی رسوب‌گذاری، شناسایی رخساره‌ها، سکانس‌های رسوبی و خاستگاه در سازند رازک نیز است. نتایج این مطالعه نشان از این دارد که رسوبات

داده شده است که بر خلاف ماسه‌سنگ‌های سازند رازک منشأ کاملاً رسوبی را برای این بخش مشخص می‌سازد (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008).

عناصر فرعی نیز توسط پژوهشگران در شناسایی سنگ مادر سنگ‌های رسوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Cullers, 1988, 2000; Von Eynatten et al., 2003b). سنگ مادر آذرین فلسیک و مافیک توسط برخی عناصر فرعی و نسبت‌های آنها قابل تمایز هستند. نسبت Zr/Sc به عنوان شاخصی برای بالا رفتن میزان زیرکن در رسوبات آواری مورد توجه است. غنی‌شدگی Zr به وسیله نسبت بالای Zr/Sc مشخص می‌شود و در اثر غنی‌شدگی فازهای مقاوم مانند زیرکن، موناژیت و آپاتیت در برابر هوازدگی ایجاد می‌شود. این غنی‌شدگی در اثر حمل دوباره یا جورشدگی انتخابی هیدرولیکی به وجود می‌آید. عناصر اسکاندیم و توریم از جمله عناصری هستند که از سنگ مادر به درون رسوبات منتقل می‌شوند. از این رو نسبت آنها می‌تواند برای بررسی ترکیب میانگین سنگ منشأ رسوبات استفاده شود (McLennan et al., 1993). با رسم کردن نسبت Th/Sc در نمودار Zr/Sc در برابر Th/Sc، نسبت ناچیز Zr/Sc در ماسه‌سنگ‌های سازند رازک نشان‌دهنده سنگ مادر از نوع آذرین و با چرخه دوباره محدود است (شکل ۱۲- A). بر خلاف ماسه‌سنگ‌های سازند رازک، ماسه‌سنگ اهواز غنی‌شدگی از زیرکن را در اثر حمل دوباره رسوبات و هوازدگی قابل توجه نشان می‌دهد (Avarjani et al., 2014).

نمودار La/Sc در برابر Co/Th ارائه شده توسط Gu et al. (2002) در تعیین نوع سنگ مادر استفاده می‌گردد (شکل ۱۲- B). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی سازند رازک در محدوده سنگ مادر بازالتی و آندزیتی قرار گرفته‌اند. این در حالی است که نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز در محدوده سنگ‌های فلسیک و دور از سنگ مادر قلیایی قرار می‌گیرد. همچنین نمودار La/Sc در برابر Th/Co (Cullers, 2002) در تعیین نوع سنگ مادر با استفاده از عناصر فرعی به کار می‌رود (شکل ۱۲- C). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی سازند رازک حاصل تأثیر سنگ‌های مادر قلیایی و اسیدی هستند. نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز در محدوده سنگ‌های کاملاً سیلیسی قرار می‌گیرد. رسم نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی سازند رازک در نمودار Y/Ni در برابر Cr/V (McLennan et al., 1993) نیز نشان می‌دهد که سنگ‌های سیلیسی - آواری این سازند از منشأهای بازی و فوق بازی منشأ گرفته‌اند (شکل ۱۲- D). بالا بودن عناصر Ni، Cr و V در نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک نشان‌دهنده حضور سنگ‌های مافیک در ناحیه منشأ است (Armstrong-Altrin et al., 2004). یکی دیگر از نمودارهایی که از عناصر فرعی در تعیین سنگ مادر استفاده می‌شود، نمودار Hf در برابر La/Th است که در آن سنگ‌های مادر با ترکیب سنگ‌های آندزیتی، مخلوط اسیدی و بازی، اسیدی و از منشأ حاشیه‌های غیر فعال قاره‌ای مشخص شده است (Floyd and Leveridge, 1987) (شکل ۱۲- E). نمونه‌های مورد مطالعه نزدیک به مناطق با منشأ سنگ‌های اسیدی و مخلوط اسیدی و بازی قرار گرفته‌اند. در نمودار مثلثی V-Ni-Th*10 که در آن مناطق با ترکیب سنگ‌های اسیدی، بازی و فوق بازی مشخص شده است (Bracciali et al., 2007)، نمونه‌های مورد مطالعه نزدیک به مناطق با منشأ سنگ‌های با ترکیب بازی و فوق بازی قرار گرفته‌اند (شکل ۱۲- F). بنابراین، سنگ‌های مادر سنگ‌های سیلیسی آواری مورد مطالعه احتمالاً از نوع سنگ‌های آذرین مافیک و حدواسط، سنگ‌های دگرگونی درجه پایین تا بالا و سنگ‌های رسوبی کهن تر بوده است که در اثر فرسایش توپوگرافی بالادست حوضه (پهنه زاگرس فلسی (Zagros Imbreccate Zone) از سوی شمال به جنوب به درون حوضه رسوبی وارد شده‌اند (به بخش جغرافیای دیرینه رجوع شود). بر پایه مطالعات خاستگاه سنگ مادر بخش ماسه‌سنگ اهواز بیشتر از سنگ‌های سیلیسی - آواری غنی از کوارتز و کمتر سنگ‌های دگرگونی و آذرین درونی اسیدی در نظر گرفته شده است (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008).

۵-۴. هوازدگی ناحیه منشأ

شدت هوازدگی سنگ‌های منشأ بیشتر توسط ترکیب سنگ مادر، مدت هوازدگی،

حاصل فرسایش مخلوطی از سنگ‌های آذرین- افیولیتی پوسته اقیانوسی نوتیس، سنگ‌های دگرگونی و دیگر سازندهای جوان تر نهشته شده روی حاشیه این اقیانوس بوده‌اند که به‌صورت لایه‌های رورانده (تراست) شده رخنمون یافته و پهنه زاگرس فلسی را در میوسن پیشین به وجود آورده‌اند (شکل ۱۴). در حالی که سنگ مادر ماسه‌سنگ‌های اهواز بیشتر از سنگ‌های سیلیسی آواری غنی از کوارتز و کمتر سنگ‌های دگرگونی و پلوتونیک اسیدی منشأ گرفته از کراتون پایدار عربستان در نظر گرفته شده است (Jafarzadeh and Hosseni-Barzi, 2008).

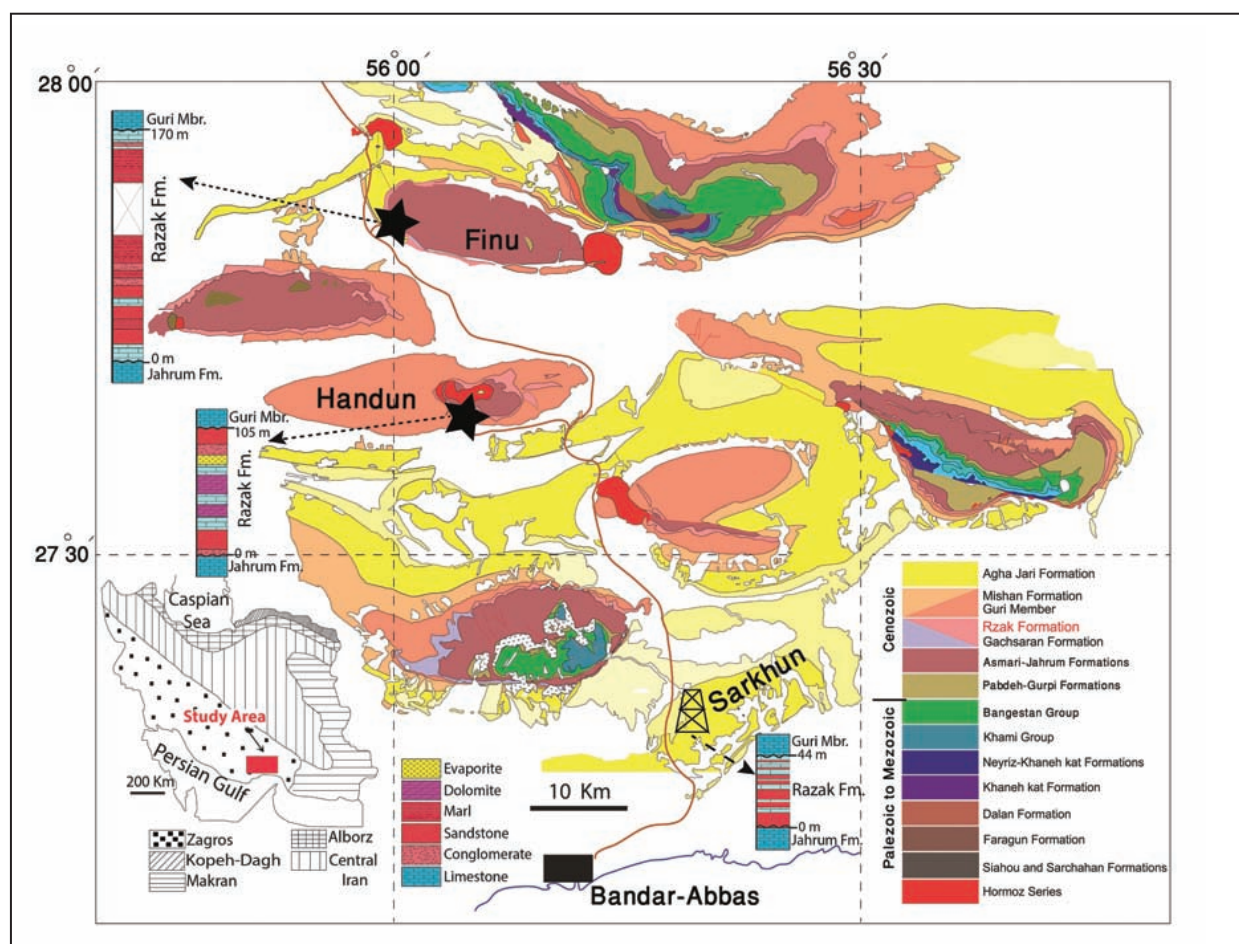
۷- نتیجه‌گیری

سازند رازک در منطقه بندرعباس در برش‌های سطح‌الارضی فینو و هندون و تحت‌الارضی سرخون به‌صورت ناپیوسته روی سازند جهرم قرار گرفته و توسط سنگ آهک گوری به‌صورت همشیب و ناپیوسته پوشیده می‌شود. کوارتزهای تک‌بلوری فراوان‌ترین دانه آواری در همه سنگ‌رخساره‌های آواری شناسایی شده در سازند رازک است. در نمونه‌های مورد مطالعه خرده‌سنگ‌های رسوبی در برش‌های سطح‌الارضی و تحت‌الارضی حضور دارند. داده‌های ژئوشیمیایی اکسیدهای اصلی در نمودارهای تعیین ترکیب سنگ‌شناسی نیز بیانگر سنگ‌های وکی تا لیت‌آرنایتی هستند. این ماسه‌سنگ‌ها از دید بلوغ بافتی و کانی‌شناسی نابالغ هستند که بیانگر رسوب‌گذاری این سازند در یک محیط زمین‌ساختی فعال و نزدیک منشأ است. داده‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی سازند رازک در نمودارهای تعیین جایگاه زمین‌ساختی بر خلاف نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز بیشتر در محدوده‌های حاشیه قاره‌ای فعال قرار گرفته‌اند. تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی در بررسی سنگ‌های مادر سنگ‌های سیلیسی آواری سازند رازک نشان‌دهنده سنگ‌های از جنس آذرین مافیک و حدواسط، سنگ‌های دگرگونی درجه پایین تا بالا و سنگ‌های رسوبی است. اندیس هوازگی شیمیایی نیز نشان داد که رسوبات در ناحیه منشأ هوازگی دچار متوسطی شده‌اند که گویای محیط زمین‌ساختی فعال و آب‌وهوای گرم و خشک با چرخه دوباره رسوبی ناچیز است. در مجموع نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی، سنگ‌نگاری و ژئوشیمیایی نشان‌دهنده این است که رسوبات سازند رازک حاصل فرسایش مخلوطی از سنگ‌های آذرین- افیولیتی پوسته اقیانوسی نوتیس، سنگ‌های دگرگونی و توالی‌های رسوبی حوضه زاگرس در طی تکامل حوضه پیش‌بومی بوده است که در طی الیگوسن پسین و میوسن پیشین در پهنه زاگرس فلسی به‌صورت لایه‌های رورانده (تراست) شده رخنمون یافته بوده‌اند. مقایسه داده‌های به دست آمده در این مطالعه با نمونه‌های ماسه‌سنگ اهواز نشان داد با وجود تشکیل دو توالی سیلیسی- آواری در یک حوضه رسوبی با محدوده سنی نزدیک به هم، این دو توالی سنگ‌های مادر و جایگاه زمین‌ساختی بسیار متفاوتی دارند.

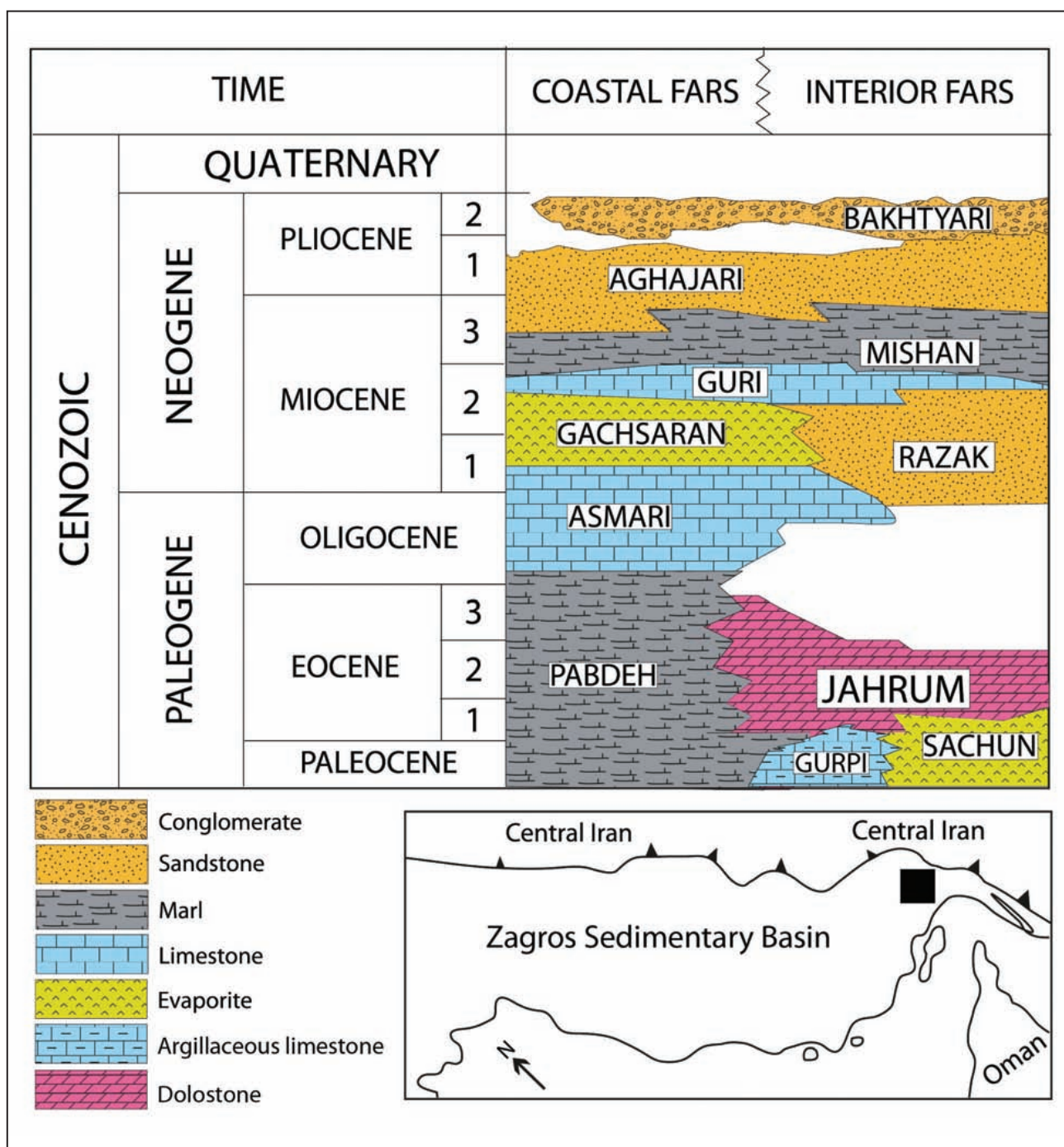
سپاسگزاری

از شرکت نفت مناطق مرکزی ایران به سبب در اختیار گذاشتن داده‌های برش تحت‌الارضی و نمونه‌های مغزه، از همکاران محترم در پژوهشگاه صنعت نفت چناب آقایان مهندس شاکری و مرادپور و همچنین سرکار خانم مهندس زمانی به سبب همراهی در مطالعات صحرایی و همکاری در مطالعات آزمایشگاهی و از داوران محترم فصلنامه که با ارائه نظرات ارزشمند سبب بهبود کیفیت این مقاله شدند سپاسگزاری می‌شود.

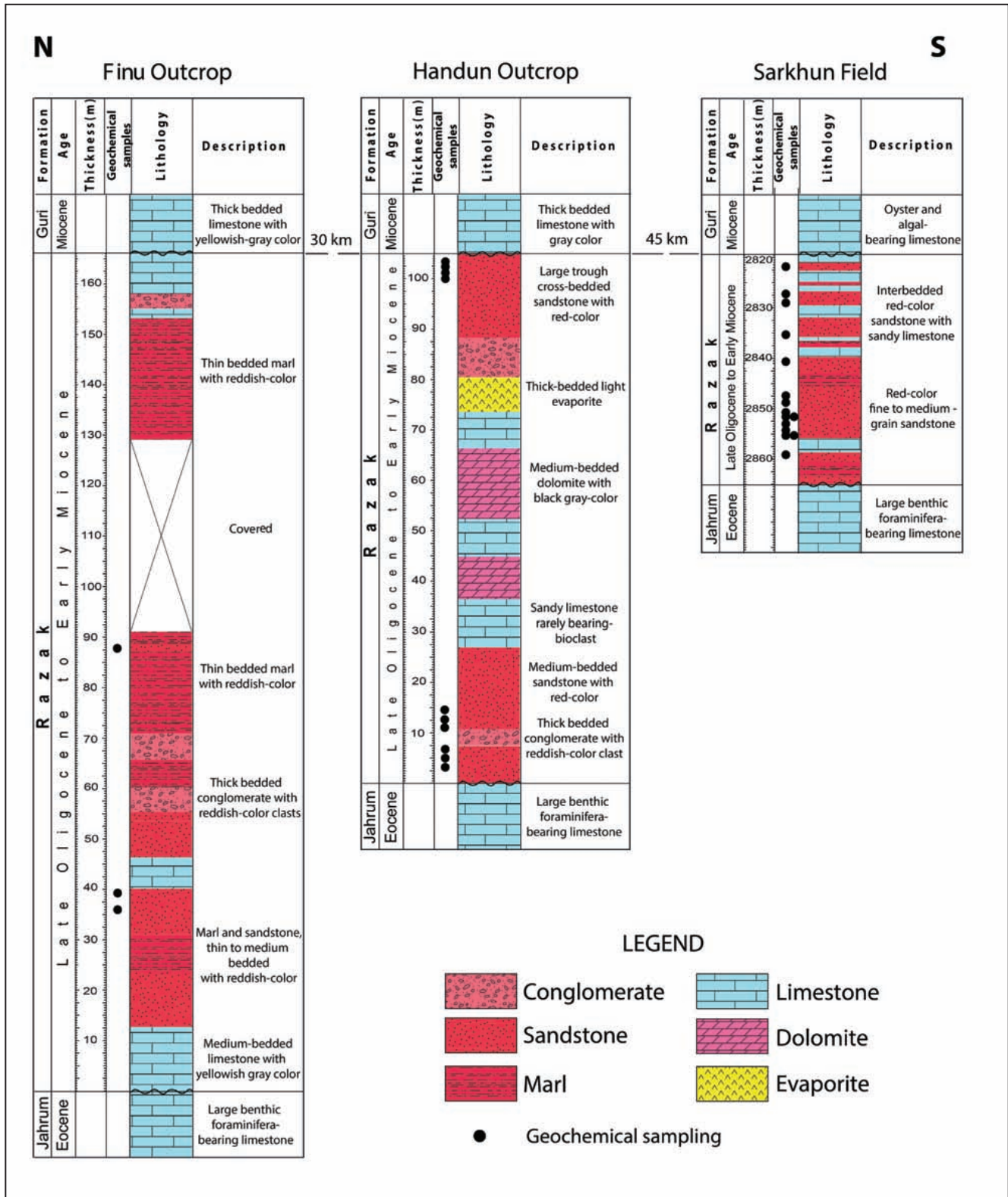
سازند رازک از پهنه زاگرس فلسی (Zagros Imbricate Zone) منشأ گرفته‌اند. به‌طوری که در پهنه زاگرس فلسی سازند رازک شامل رسوبات آواری دانه‌درشت و در برخی نقاط فرسایش یافته است و به سوی جنوب حوضه در پس کرانه بندرعباس این سازند بیشتر شامل رسوبات آواری دانه‌ریزتر است و به‌طور زبانه‌ای با سازند گچساران جایگزین می‌شود (Alavi, 2004). حضور کنگلومرای پلی‌میکتیک (polymictic) و ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت و غنی از خرده‌سنگ نیز از دیگر شواهد منشأ گرفتن سازند رازک از چنین ناحیه‌ای است. شواهدی مانند تغییر ستبرای گوه‌ای سازند رازک از مناطق بالادست زاگرس به سوی نواحی پایین‌دست و در پایان محو شدن آن در بخش فارس ساحلی این ناحیه منشأ را تأیید می‌کند. اگر چه باید به تغییرات محلی ستبرای سازند رازک در نتیجه بالاآمدگی سری نمک هرمز در هنگام رسوب‌گذاری این سازند اشاره کرد که ممکن است روند کلی این تغییر ستبرای تغییر داده باشد (Jahani et al., 2009). بررسی و مطالعه رخساره‌های سازند رازک در رخنمون سطح‌الارضی هندون نشان از ته‌نشست رسوبات آواری این سازند در محیط‌های رودخانه‌ای تا ساحلی دارد (فراهانی، ۱۳۹۳). به‌طوری که به نظر می‌رسد که این سازند محل ورود رسوبات آواری در حوضه تبخیری گچساران بوده است. با توجه به تغییرات ستبرای و گسترش رخساره‌ها در این سازند، الگوی زمین‌ساختی یک محیط زمین‌ساختی پیش‌بومی است که به بهترین شکل آن را بازگو می‌کند (Alavi, 2004; Pirouz et al., 2015). این سازند در بخش گوه‌ای جلو پیش‌بوم (distal wedge-top of the proforeland basin) نهشته شده است (Alavi, 2004). تفسیر خاستگاه رسوبات سیلیسی- آواری سازند رازک در این مطالعه بر پایه تجزیه نقطه‌شماری و ژئوشیمی ماسه‌سنگ‌ها صورت گرفته است. نتایج حاصل از بررسی‌های ژئوشیمیایی در تعیین جایگاه زمین‌ساختی نشان از رسوب‌گذاری این سازند در حاشیه فعال قاره‌ای دارد که احتمالاً نشان‌دهنده تکامل حوضه پیش‌بومی در زاگرس است. بررسی اندیس هوازگی شیمیایی نیز نشان داد که رسوبات در ناحیه منشأ دچار هوازگی کم تا متوسط شده‌اند که گویای محیط زمین‌ساختی فعال در ناحیه منشأ است. به‌طور کلی می‌توان مقادیر متوسط اندیس هوازگی را ناشی از چرخه دوباره رسوبی ناچیز و همچنین آب‌وهوای گرم و خشک در ناحیه منشأ دانست. افزون بر این، سنگ‌نگاری سازند رازک بیشتر نشان‌دهنده رسوبات نابالغ است که پیشنهاد می‌دهد که رسوب‌گذاری این سازند حاصل یک محیط زمین‌ساختی فعال و با ناحیه منشأ در حال بالاآمدگی سریع مانند محیط پیش‌بومی بوده است. بر خلاف آن، مطالعه خاستگاه ماسه‌سنگ‌های اهواز نشان از حمل‌ونقل بسیار طولانی رسوبات آواری منشأ گرفته از کراتون عربی دارد که در حاشیه غیر فعال حوضه پیش‌بوم در جنوب باختر زاگرس ته‌نشست یافته‌اند (Jafarzadeh and Hosseni-Barzi, 2008). شواهد ژئوشیمیایی مانند مقادیر بالای عناصر Cr، Ni و V در نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک نشان‌دهنده حضور سنگ‌های مافیک در ناحیه منشأ است (Armstrong-Altrin et al., 2004). اگر چه بررسی دیگر عناصر شاخص در تعیین ترکیب سنگ مادر برای این سازند ترکیبی از سنگ‌های آذرین حدواسط، دگرگونی و رسوبی نیز مشخص شده است. از این رو با توجه به زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه در حوضه داخلی زاگرس سنگ‌های آذرین مافیک و حدواسط، سنگ‌های دگرگونی و رسوبی مرتبط با مجموعه آذرین- افیولیتی پوسته اقیانوسی رورانده شده نوتیس است (Stoneley, 1975). قرار گرفتن داده‌های نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده جزایر کمانی قاره‌ای و اقیانوسی نیز می‌تواند به دلیل این نوع سنگ مادر باشد. به نظر می‌رسد رسوبات سازند رازک



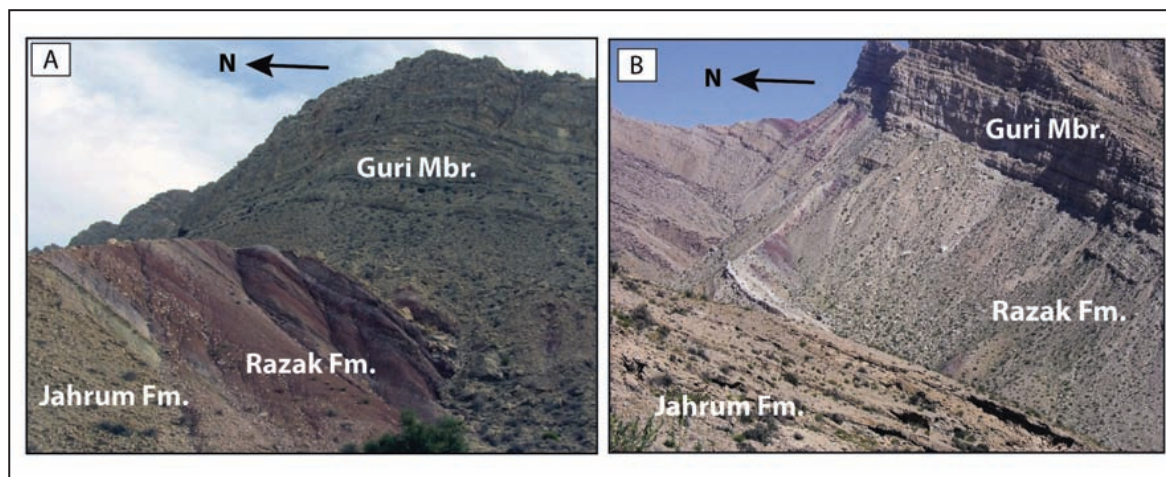
شکل ۱- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ منطقه بندرعباس که موقعیت میدان سرخون و رخنمون‌های فینو و هندون (علامت ستاره) در آن مشخص شده است (برگرفته با تغییرات از فخاری، ۱۳۷۴).



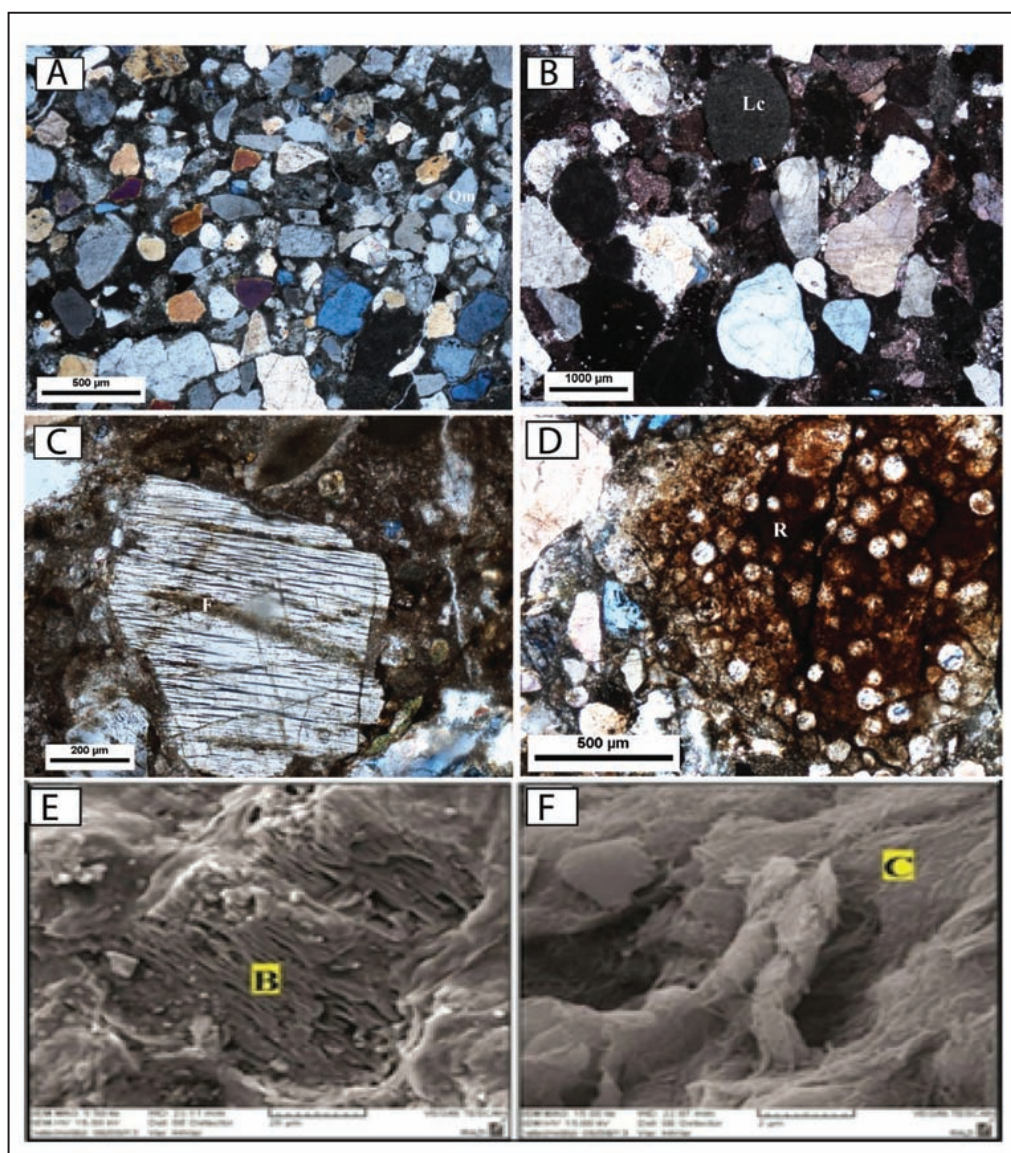
شکل ۲- توالی چینه‌شناسی رسوبات سنوزویک در منطقه مورد مطالعه. همان‌گونه که دیده می‌شود در این منطقه (مرز فارس ساحلی و داخلی) سازند رازک به صورت ناپیوسته روی سازند چهارم قرار گرفته و توسط بخش سنگ آهک گوری نیز پوشیده شده است (برگرفته با تغییرات از مطیعی، ۱۳۸۲).



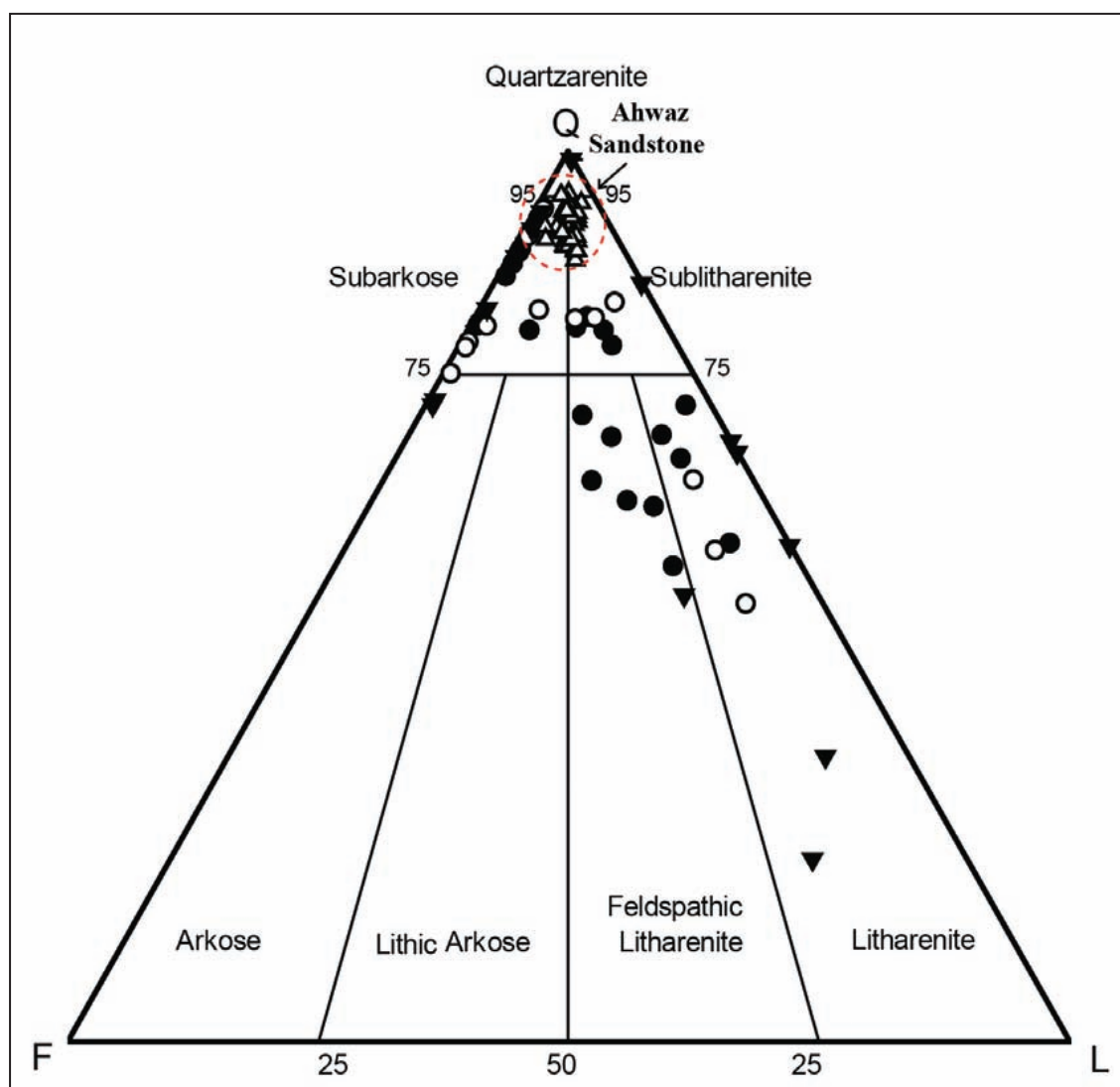
شکل ۳- ستون چینه‌شناسی برش‌های سطح‌الارضی فینو و هندون و برش تحت‌الارضی سرخون در منطقه مورد مطالعه.



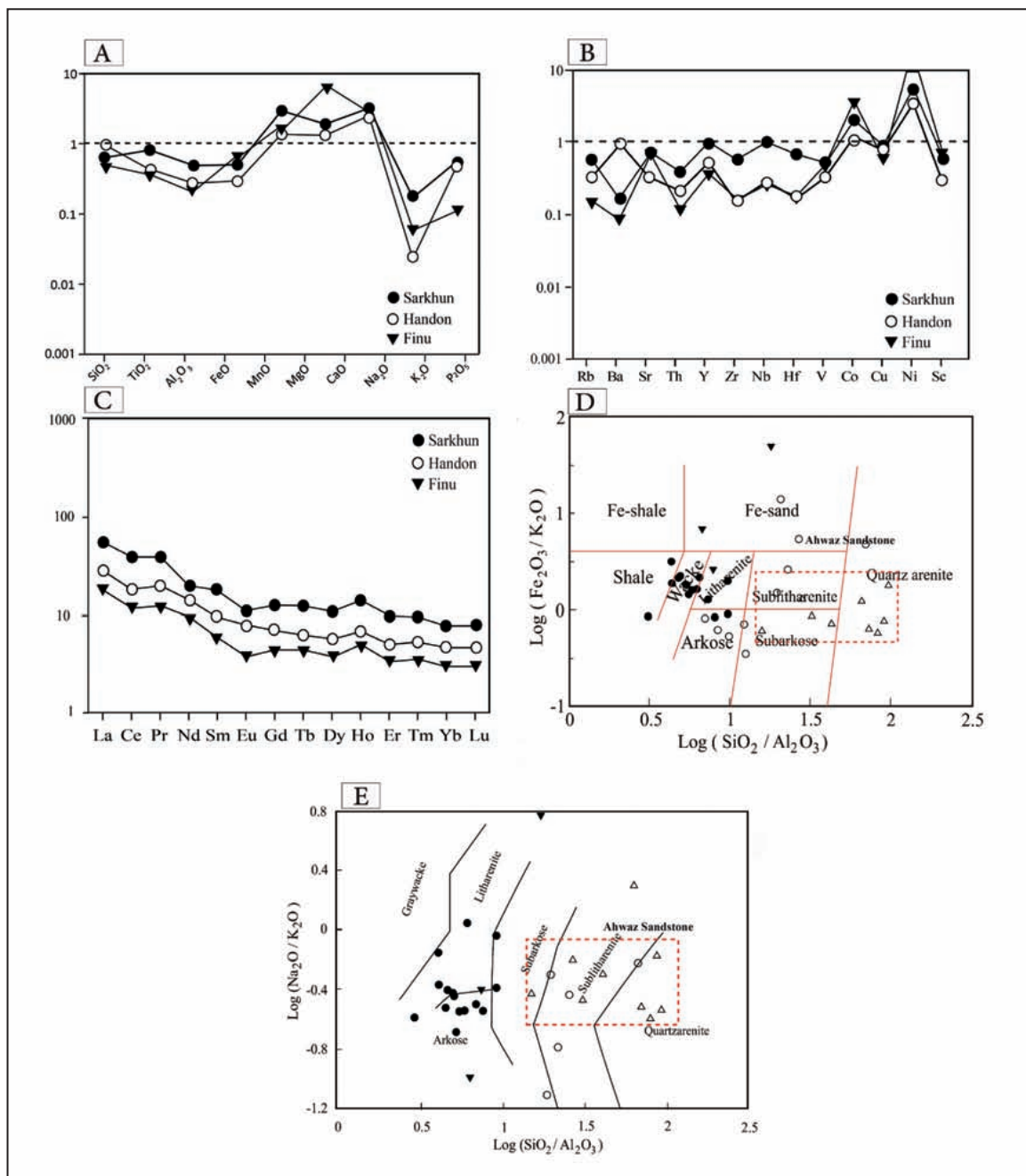
شکل ۴- تصاویر صحرایی سازند رازک در منطقه مورد مطالعه. (A) سازند رازک همراه با سازندهای زیرین و بالایی آن در رخنمون فینو؛ (B) نمایی کلی از سازند رازک در رخنمون هندون.



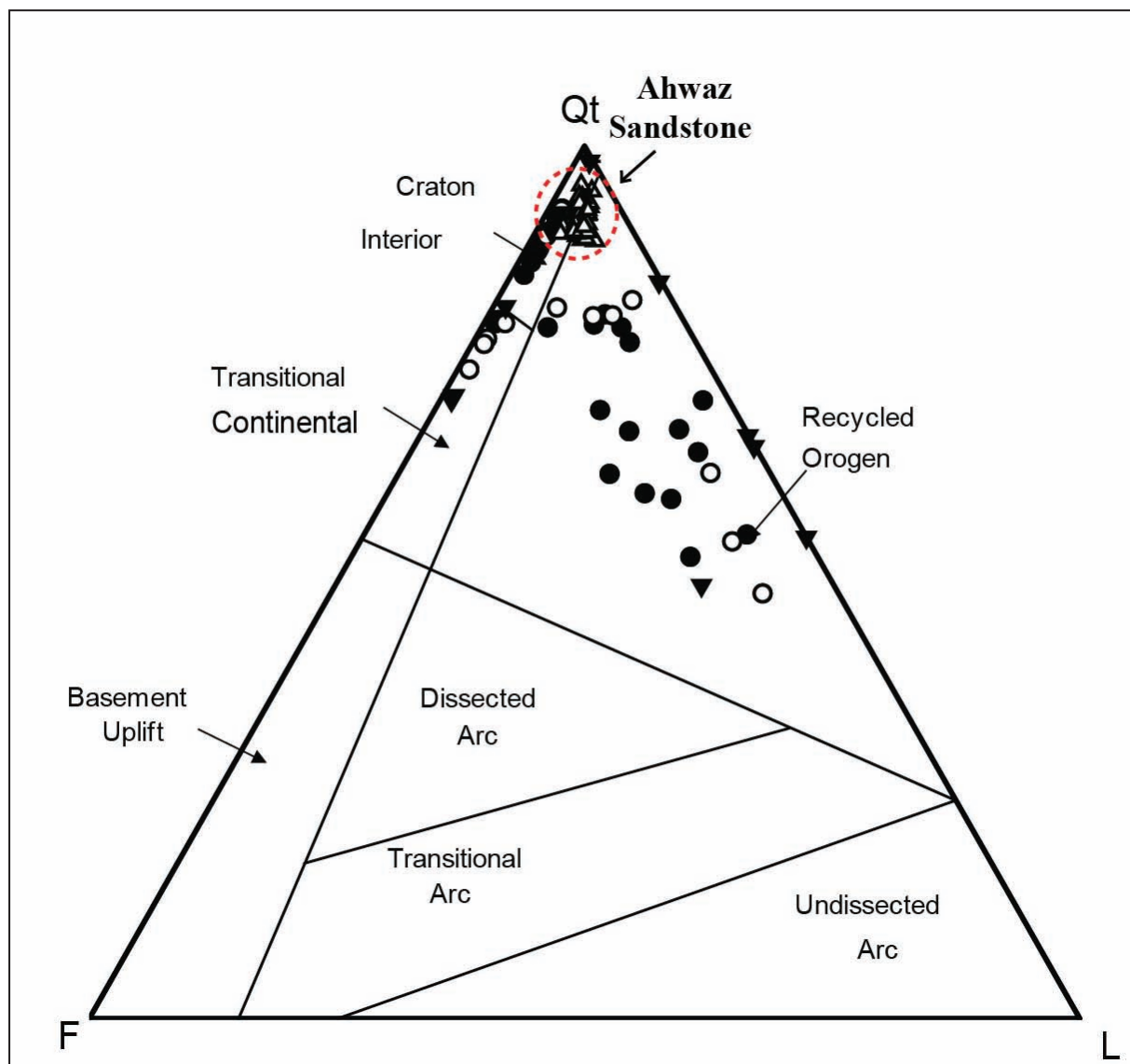
شکل ۵- تصاویر سنگ‌نگاری نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک. (A) کوآرتز تک بلور Qm در ماسه‌سنگ نوع ساب آرکوز؛ (B) خرده‌سنگ‌های کربناته در ماسه‌سنگ لیتیک آرنایت؛ (C) دانه پلاژیوکلاز در ماسه‌سنگ لیتیک آرنایت؛ (D) خرده‌سنگ رسوبی از نوع رادیولاریت در ماسه‌سنگ لیتیک آرنایت. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک؛ (E) دگرسانی کانی‌های ناپایدار (احتمالاً فلدسپار B) در ماسه‌سنگ نوع ساب آرکوز سازند رازک؛ (F) کانی رسی (C) پالیگورسکیت (paligorskite).



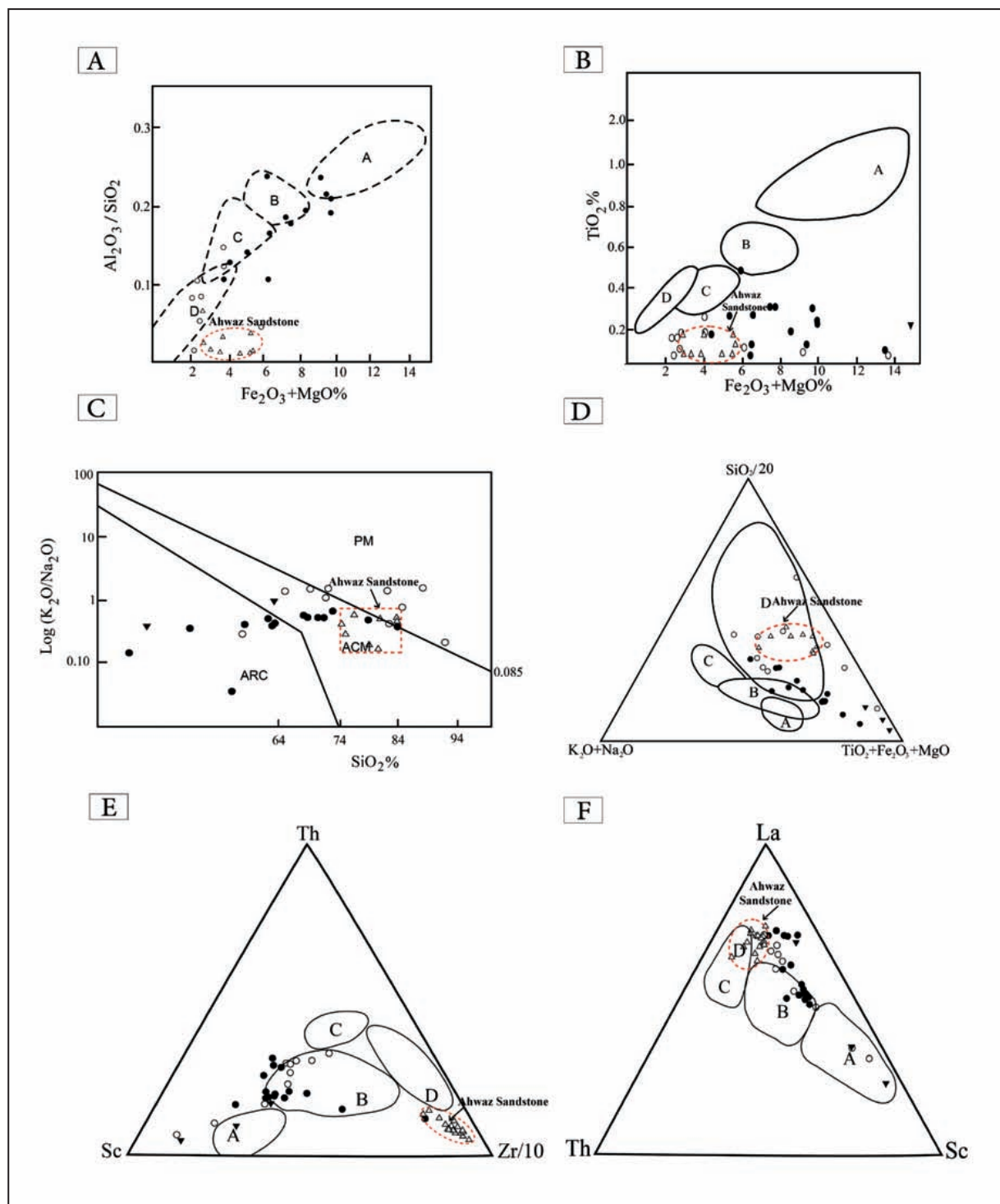
شکل ۶- موقعیت ماسه‌سنگ‌های سازند رازک در نمودار (Folk (1980) (معلمی، ۱۳۹۳). نمونه‌های برش تحت‌الارضی با دایره‌های توپر و برش‌های سطح الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث توپر نشان داده شده‌اند. محدوده ماسه سنگ اهواز (مثلث توخالی) برای مقایسه آورده شده است (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008). رئوس مثلث: کوارتز (Q)، فلدسپار (F) و خرده‌سنگ (RF).



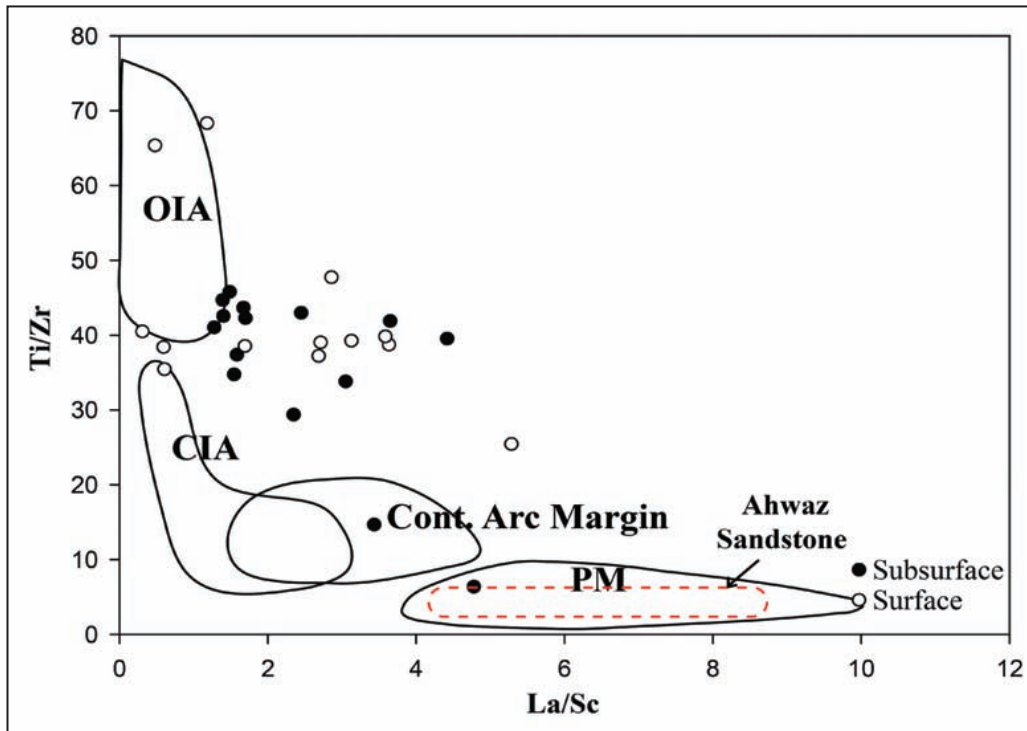
شکل ۷- مقادیر: (A) اکسیدهای عناصر اصلی، (B) عناصر فرعی و (C) عناصر کمیاب نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در مقایسه با ترکیب پوسته قاره‌ای بالایی (Taylor and McLennan, 1985) روی نمودارهای عنکبوتی رسم شده است؛ (D) تقسیم‌بندی شیمیایی سنگ‌های رسوبی بر پایه عناصر اصلی (Herron, 1988). نمونه‌های مورد مطالعه بیشتر در محدوده سنگ‌های وکی‌تالیت‌آرنایت و آرکوز قرار گرفته‌اند. نمونه‌های برش تحت‌الارضی با دایره‌های توپر و برش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث توپر نشان داده شده‌اند. محدوده ماسه‌سنگ اهواز (مثلث توخالی) برای مقایسه آورده شده است (Jafarzadeh and Hosseni-Barzi, 2008)؛ (E) تقسیم‌بندی شیمیایی سنگ‌های رسوبی بر پایه عناصر اصلی (Pettijohn et al., 1987). نمونه‌های تحت‌الارضی سرخون و سطح‌الارضی فینو بیشتر در محدوده سنگ‌های لیت‌آرنایتی و آرکوز قرار گرفته‌اند و نمونه‌های برش سطح‌الارضی هندون بیشتر در محدوده سنگ‌های ساب‌آرکوز و ساب‌لیت‌آرنایتی قرار گرفته‌اند. محدوده ماسه‌سنگ اهواز برای مقایسه آورده شده است (Jafarzadeh and Hosseni-Barzi, 2008).



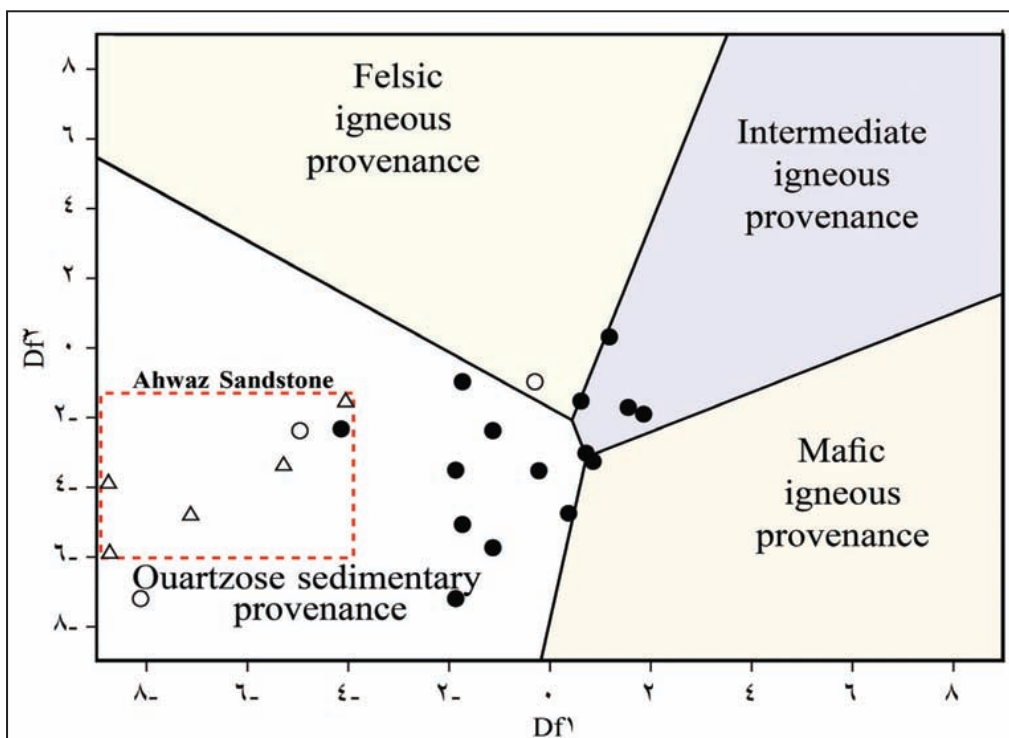
شکل ۸- داده‌های ماسه‌سنگ رازک در نمودار QtFL (Dikinson et al., 1983). این نمودار خاستگاه چرخه دوباره رسوبی و گاه کراتونی را برای نمونه‌های برش‌های سطح‌الارضی فینو و هندون و تحت‌الارضی سرخون نشان می‌دهند (معلمی، ۱۳۹۳). نمونه‌های برش تحت‌الارضی با دایره‌های توپر و برش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث توپر نشان داده شده‌اند. محدوده ماسه‌سنگ اهواز (مثلث توخالی) برای مقایسه آورده شده است (Jafarzadeh and Hosseini-Barzi, 2008). رئوس مثلث: کوآرتز (Qt: Qm+Op)، فلدسپار (F: P+K) و خرده‌سنگ (L: Lv+Ls+Lm).



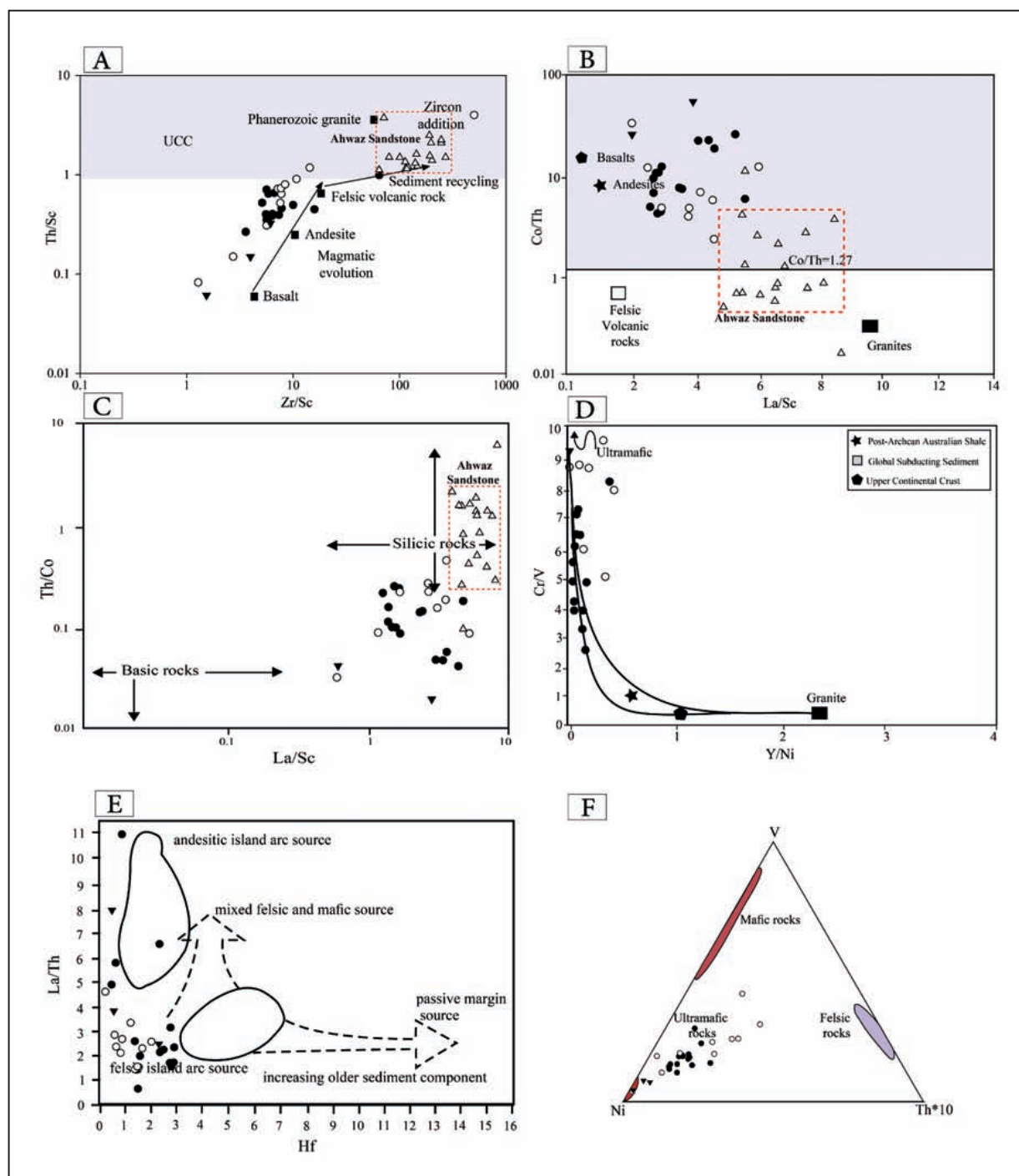
شکل ۹- A) نمودار (Bhatia 1983) داده‌های اکسیدهای اصلی نمونه‌های ماسه‌سنگی رازک در برش تحت‌الارضی نزدیک به محدوده‌های حاشیه قاره‌ای فعال و جزایر کمانی قاره‌ای قرار گرفته‌اند. داده‌های برش سطح‌الارضی هندون و فینو نیز در محدوده نزدیک به حاشیه قاره‌ای فعال رسم شده‌اند. نمونه‌های برش تحت‌الارضی با دایره‌های توپر و برش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث‌های توپر نشان داده شده‌اند. در نمودارهای A-D محدوده ماسه‌سنگ اهواز (مثلث‌های توخالی) از مطالعه Jafarzadeh and Hosseini-Barzi (2008) و در نمودار E-F از مطالعه Avarjani et al. (2014) برای مقایسه آورده شده است. A: جزایر کمانی اقیانوسی؛ B: جزایر کمانی قاره‌ای؛ C: حاشیه قاره‌ای فعال؛ D: حاشیه قاره‌ای غیر فعال؛ B) نمودار (Bhatia 1983) داده‌های اکسیدهای اصلی نمونه‌های ماسه‌سنگی رازک در برش‌های تحت‌الارضی و سطح‌الارضی نزدیک به محدوده‌های حاشیه قاره‌ای فعال و جزایر کمانی قاره‌ای قرار گرفته‌اند؛ C) نمودار (Roser and Korsch 1986) داده‌های اکسیدهای اصلی نمونه‌های ماسه‌سنگی رازک در برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی هندون و فینو در محدوده‌های حاشیه قاره‌ای فعال و جزایر کمانی قاره‌ای قرار گرفته‌اند. ARC: جزایر کمانی اقیانوسی؛ ACM: حاشیه قاره‌ای فعال؛ PM: حاشیه قاره‌ای غیر فعال؛ D) نمودار مثلثی (Kroonenberg 1994) داده‌های اکسیدهای اصلی نمونه‌های ماسه‌سنگی رازک در برش‌های تحت‌الارضی و سطح‌الارضی بیشتر نزدیک به محدوده حاشیه فعال قاره‌ها و جزایر کمانی قاره‌ای قرار گرفته‌اند؛ E) عناصر فرعی نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در نمودار مثلثی Th-Sc-Zr/10 (Bhatia and Crook, 1986). نمونه‌ها بیشتر در محدوده جزایر کمانی قاره‌ای قرار گرفته‌اند؛ F) عناصر فرعی نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در نمودار مثلثی La-Th-Sc (Bhatia and Crook, 1986). نمونه‌ها بیشتر در محدوده جزایر کمانی قاره‌ای قرار گرفته‌اند.



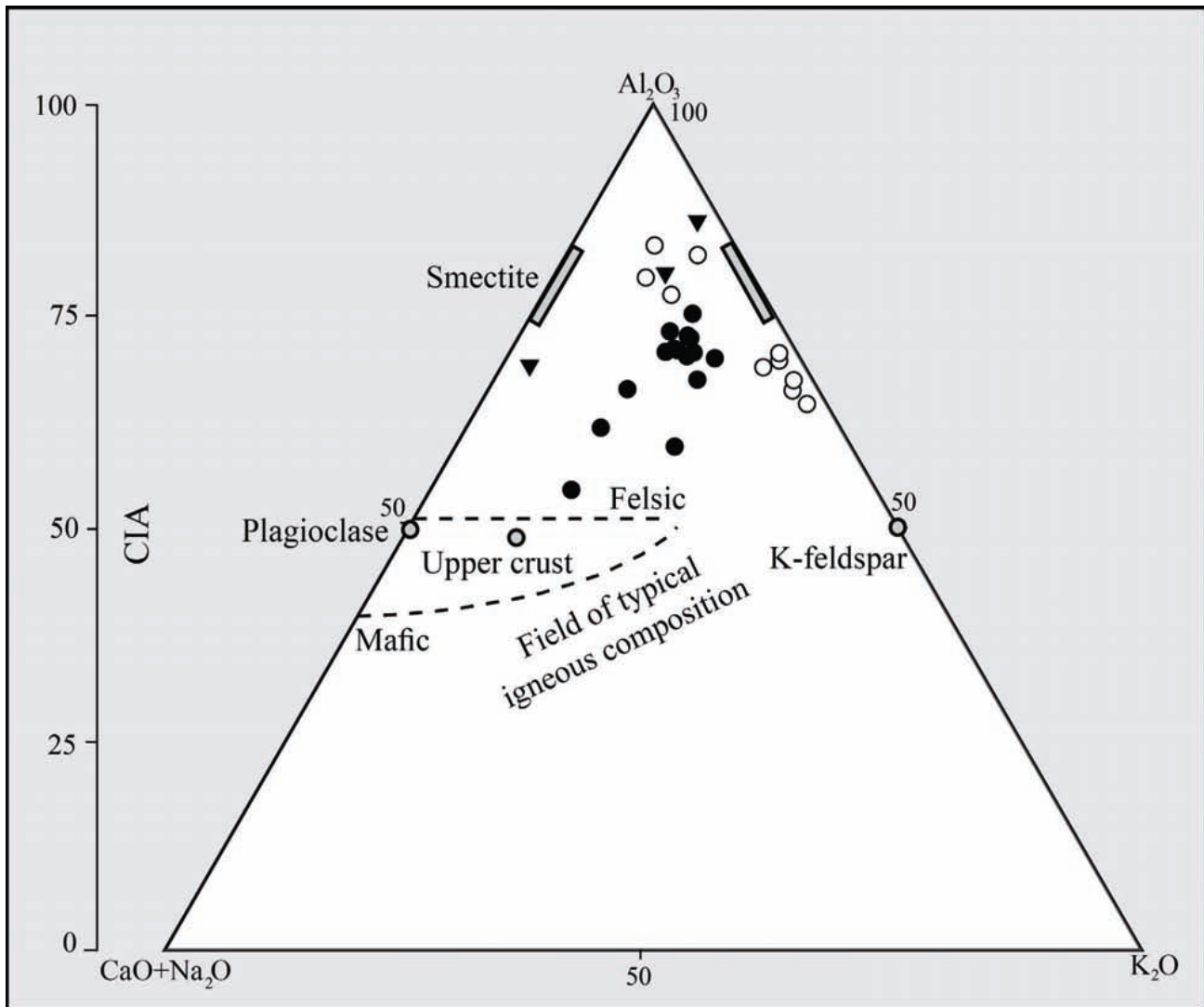
شکل ۱۰- عناصر فرعی نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در نمودار مثلثی La/Sc-Ti-Zr برای تعیین جایگاه زمین‌ساختی رسوبات آواری (Bhatia and Crook, 1986). نمونه‌ها بیشتر نزدیک به محدوده جزایر کمانی اقیانوسی، جزایر کمانی قاره‌ای، حاشیه قاره‌ای فعال و دور از حاشیه غیر فعال قرار گرفته‌اند. OIA: جزایر کمانی اقیانوسی؛ CIA: جزایر کمانی قاره‌ای؛ CAM: حاشیه قاره‌ای فعال؛ PM: حاشیه قاره‌ای غیر فعال. نمونه‌های برش تحت‌الارضی با دایره‌های توپر و برش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث‌های توپر نشان داده شده‌اند. محدوده ماسه‌سنگ اهواز (مثلث‌های توخالی) برای مقایسه آورده شده است (Avarjani et al., 2014).



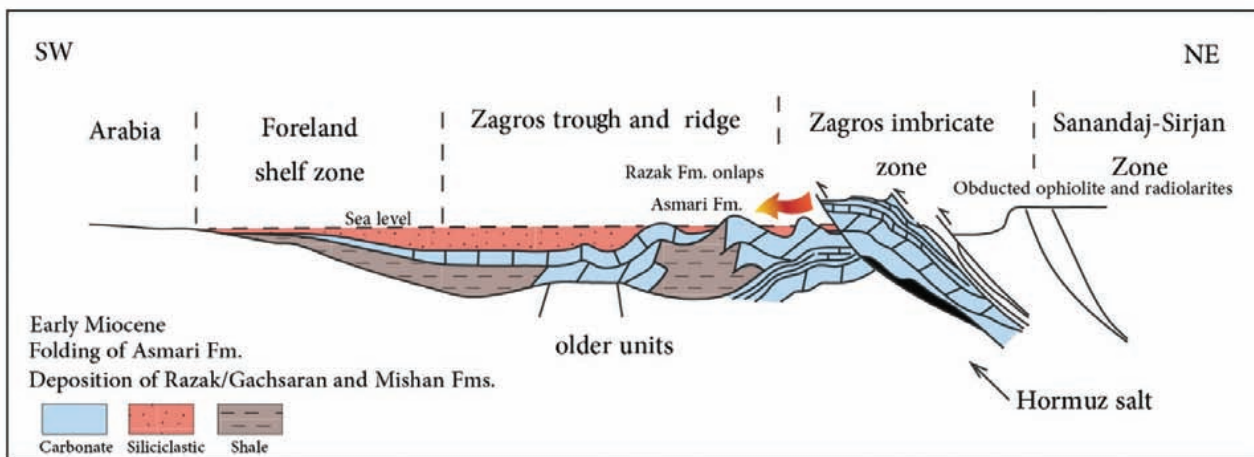
شکل ۱۱- نمودار متمایزکننده ویژگی‌های خاستگاه مجموعه‌های ماسه‌سنگی با استفاده از اکسید عناصر اصلی (Roser and Korsch, 1986). داده‌های نمونه‌های ماسه‌سنگی برش‌های تحت‌الارضی سرخون و سطح‌الارضی هندون بیشتر در محدوده خاستگاه با منشأ رسوبی قرار گرفته‌اند. نمونه‌های برش تحت‌الارضی با دایره‌های توپر و برش سطح‌الارضی هندون با دایره‌های توخالی نشان داده شده‌اند. محدوده ماسه‌سنگ اهواز برای مقایسه روی شکل نشان داده شده است (مثلث‌های توخالی) (Jafarzadeh and Hosseni-Barzi, 2008).



شکل ۱۲- A) رسم Th/Sc در برابر Zr/Sc برای نمونه‌های سازند رازک (برگرفته از McLennan et al., 1993). نمونه‌ها غنی‌شدگی در زیرکن نشان نمی‌دهند که نشان‌دهنده حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری دوباره ناچیز نهشته‌های آواری این سازند است. نمونه‌های برش تحت‌الارضی سرخون با دایره‌های توپر و برش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث‌های توپر نشان داده شده‌اند. در نمودارهای A-C محدوده ماسه‌سنگ اهواز (مثلث‌های توخالی) از مطالعه Avarjani et al. (2014) برای مقایسه استفاده شده است؛ B) نمودار La/Sc در برابر Co/Th (Gu et al., 2002). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی فینو و هندون از سازند رازک در محدوده سنگ مادر بازالتی و آندزیتی قرار گرفته‌اند؛ C) نمودار La/Sc در برابر Th/Co (Cullers, 2002). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی فینو و هندون از سازند رازک حاصل تأثیر سنگ‌های مادر قلیایی و اسیدی هستند؛ D) نمودار Y/Ni در برابر Cr/V (McLennan et al., 1993). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی فینو و هندون از سازند رازک از سنگ‌های مادر بازی و فوق بازی منشأ گرفته‌اند؛ E) نمودار Hf در برابر La/Th که در آن سنگ‌های مادر با ترکیب سنگ‌های آندزیتی، مخلوط اسیدی و بازی، اسیدی و از منشأ حاشیه‌های غیر فعال قاره‌ای مشخص شده است (برگرفته از Floyd and Leveridge, 1987). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی فینو و هندون نزدیک به مناطق با منشأ سنگ‌های اسیدی و مخلوط اسیدی و بازی قرار گرفته‌اند؛ F) نمودار مثلثی $V-Ni-Th*10$ که در آن مناطق با ترکیب سنگ‌های اسیدی، بازی و فوق بازی مشخص شده است (برگرفته از Bracciali et al., 2007). نمونه‌های برش تحت‌الارضی و سطح‌الارضی فینو و هندون نزدیک به مناطق با منشأ سنگ‌های با ترکیب بازی و فوق بازی قرار گرفته‌اند.



شکل ۱۳- نسبت‌های مولکولی Al_2O_3 - $[CaO+Na_2O]$ - K_2O نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در نمودار مثلثی A-CN-K (Nesbitt and Young, 1984). مقادیر میانگین پوسته قاره‌ای بالایی (UCC) در این نمودار رسم شده است. داده‌های پرش تحت‌الارضی سرخون به صورت دایره‌های توپر و پرش‌های سطح‌الارضی هندون و فینو به ترتیب با دایره‌های توخالی و مثلث‌های توپر نشان داده شده‌اند.



شکل ۱۴- شکلی نمادین از بازسازی جغرافیایی و مدل زمین‌ساختی در زمان نهشته شدن سازند رازک (برگرفته با تغییرات از Hessami et al., 2001).

جدول ۱- درصد فراوانی کوارتز ($Q=Qm+Qpq$; $Qt=Qm+Qp$)، فلدسپار (F) و خرده سنگ ($RF=L+Cht$; $L=Lv+Ls+Lm$) در ماسه سنگ های سازند رازک در برش های مورد مطالعه.

No.	Section	Sample No.	Q	Qt	F	RF	L
1	Finu	66	100	100	0	0	0
2	Finu	70	67	67	0	33	33
3	Finu	79	100	100	0	0	0
4	Finu	82	86	86	0	14	14
5	Finu	88	94	94	6	0	0
6	Finu	96	68	68	0	32	32
7	Finu	107	100	100	0	0	0
8	Finu	108	56	56	0	44	44
9	Finu	109	100	100	0	0	0
10	Finu	110	100	100	0	0	0
11	Finu	111	89	89	11	0	0
12	Finu	112	92	92	8	0	0
13	Finu	116	72	72	28	0	0
14	Finu	117	73	73	27	0	0
15	Finu	134	20	20	16	64	64
16	Finu	138	73	73	27	0	0
17	Finu	145	32	32	8	60	60
18	Finu	146	83	83	17	0	0
19	Finu	155	50	50	13	36	36
20	Handun	4	83	83	12	5	5
21	Handun	5	94	94	6	0	0
22	Handun	6	92	92	8	0	0
23	Handun	7	56	56	8	37	37
24	Handun	8	64	64	6	30	30
25	Handun	9	82	82	9	9	9
26	Handun	10	84	84	4	12	12
27	Handun	11	91	91	9	0	0
28	Handun	12	49	49	8	43	43
29	Handun	17	76	76	24	0	0
30	Handun	28	79	79	21	0	0
31	Handun	29	82	82	7	11	11
32	Handun	60	79	79	21	0	0
33	Handun	61	81	81	18	1	1
34	Sarkhun#14	2825	87	87	13	0	0
35	Sarkhun#14	2826.7	81	81	19	0	0
36	Sarkhun#14	2826	81	81	19	0	0
37	Sarkhun#14	2827	89	89	11	0	0
38	Sarkhun#14	2828	90	90	10	0	0
39	Sarkhun#14	2829	82	82	7	11	11
40	Sarkhun#14	2833.8	88	88	12	0	0
41	Sarkhun#14	2833	81	81	14	5	5
42	Sarkhun#14	2834	61	61	14	25	25

No.	Section	Sample No.	Q	Qt	F	RF	L
43	Sarkhun#14	2838	81	81	9	10	10
44	Sarkhun#14	2840	66	66	6	28	28
45	Sarkhun#14	2842	81	81	19	0	0
46	Sarkhun#14	2843.6	79	79	7	15	15
47	Sarkhun#14	2843	68	68	12	20	20
48	Sarkhun#14	2844	63	63	16	20	20
49	Sarkhun#14	2846	71	71	13	16	16
50	Sarkhun#14	2847.7	69	69	7	25	25
51	Sarkhun#14	2847	54	54	13	33	33
52	Sarkhun#14	2849.6	72	72	2	25	25
53	Sarkhun#14	2849	61	61	11	28	28
54	Sarkhun#14	2850.7	93	93	7	0	0
55	Sarkhun#14	2853	81	81	6	13	13
56	Sarkhun#14	2854	56	56	6	38	38
57	Sarkhun#14	2868	94	94	6	0	0

جدول ۲- نتایج تجزیه عنصری (عناصر اصلی بر حسب % و فرعی بر حسب ppm) نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در برش تحت‌الارضی سرخون. LOI درصد مقادیر مواد آلی و CIA اندیس شیمیایی دگرسانی است.

S. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
depth(m)	2822	2827	2828	2836	2841	2848	2849	2851	2852	2852	2853	2854	2855	2855	2859
SiO ₂	44.5	45.3	69	19.2	57.7	56.2	53.6	76.4	43.6	8.2	23.7	37.6	52.6	60	34.3
Al ₂ O ₃	9.2	8.6	9.6	3	9.4	7.1	9.4	8	9.3	1.9	5.5	7.2	17.3	11	3.6
Na ₂ O	0.7	0.7	0.8	0.9	0.7	0.6	0.7	1.2	0.7	0.3	0.5	0.6	1	0.7	0.7
K ₂ O	1.9	2.1	2.5	0.8	2.3	2.2	2.5	3	2.2	0.4	1.2	1.7	3.8	3.4	0.8
Fe ₂ O ₃	7.6	6.6	5.6	3	6.6	3.2	7	4.8	8.3	2.3	4.1	5.4	5.6	8.5	2.8
MgO	5.6	6.1	2.1	11.5	2.8	2.5	3.7	1.3	4.9	5	6.9	5.4	2.7	2.6	4.8
CaO	10.7	12.6	3.3	26.7	7.9	13.9	8.4	0.7	10.8	42.2	25	19.2	3	4	28.3
TiO ₂	0.4	0.5	0.5	0.1	0.5	0.3	0.6	0.3	0.6	<.1	0.2	0.3	1	0.6	0.2
MnO	<.1	0.5	<.1	0.2	<.1	<.1	<.1	<.1	0.1	0.2	0.2	0.2	<.1	<.1	0.2
LOI	18.8	16.3	5.1	33.5	11.5	13	12.9	2.3	19	39.1	32.1	21.6	10.6	8.4	23.3
CIA	73.10	70.87	70.15	54.15	72.33	67.33	70.58	59.32	72.59	66.21	70.67	71.04	75.23	69.89	61.59
Ba	63.6	95.7	171	78.9	107	164	117	153	73.9	21.3	35.8	82.1	73.6	113	40.8
Ce	29.1	32.9	27.1	19.8	30.9	28.6	27.6	20.6	31.2	16.4	34.7	21.4	147	32.5	30.2
Co	38.6	29.1	18.6	28.4	31.4	28	39.5	19.1	45	35.6	59.1	33.4	84.1	24.1	34.7
Cr	295	324	500	118	322	353	343	493	365	62	176	239	327	478	179
Cu	17	16.1	37.9	16.4	18.5	18.1	25.6	20.2	13.2	3.4	48.5	18.2	51.6	25.7	9.8
Dy	3	3.7	2.8	2.8	3.1	3.5	2.8	1.1	3.1	2.3	4.3	2.5	13.9	3.5	6.5
Er	1.8	2.1	1.7	1.5	1.9	1.9	1.7	0.6	1.9	1.3	2.4	1.5	6.9	2.2	4
Eu	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7	0.9	0.6	0.3	0.7	0.5	0.9	0.5	3.5	0.8	1.1
Gd	2.9	3.4	2.7	2.4	2.9	3.2	2.7	1.6	2.9	1.9	3.8	2.2	13.2	3.3	4.4
Hf	2.4	2.7	2.7	0.6	2.7	1.5	2.3	1.5	2.9	0.4	2.3	1.3	33.5	2.8	0.8
Ho	0.6	0.7	0.6	0.5	0.6	0.7	0.6	0.2	0.6	0.5	0.8	0.5	2.4	0.7	1.4
La	16.9	18.9	15.6	11	17	14.8	15	11.8	17.6	8.9	20.7	12	71.9	18.1	18.4
Lu	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	0.9	0.3	0.5
Nb	8.4	8.9	8.8	1.2	9.6	4.7	7.9	4.8	9.9	1	8.3	4.4	106	9.6	1.7
Nd	14.6	18	13.8	12.3	15.9	17.1	14	9.62	15.3	9.25	19.1	11.3	86.6	16.9	19.2
Ni	329	212	202	105	326	214	376	205	419	92	188	258	447	291	117
Pr	3.9	4.6	3.7	3	4.1	4.1	3.7	2.8	4.1	2.3	5	2.9	23.5	4.4	4.6
Rb	74.4	60.3	71.5	24.1	87.2	67.8	80.8	75.4	86.2	21.2	43.3	55.3	98.8	110	22.9
Sc	12	8	10	3	12	6	10	7	11	2	6	7	15	14	6
Sm	3	3.7	2.8	2.8	3.3	3.7	3	1.6	3	2.1	4	2.3	16.8	3.5	4.4
Sr	172	141	85	1190	147	170	192	59.9	220	373	265	194	151	105	230
Tb	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.2	0.5	0.4	0.7	0.4	2.5	0.6	1
Th	4.3	4	4.6	1.6	4.8	3.9	3.9	4.5	4.3	1.4	2.7	2.8	14.9	5.1	1.6
Ti	2940	2280	2630	626	3180	1670	2830	1740	2940	433	1350	1600	5870	3270	707
Tm	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.1	0.3	0.2	0.3	0.2	1	0.3	0.5
V	77	51	71	47	78	49	63	40	76	13	46	40	102	75	22
Y	18	23.4	15.6	16.8	17.7	19.6	16.2	5.6	17.4	15.7	25.8	15.7	58.8	21.4	45.2
Yb	1.7	1.7	1.6	1.1	1.7	1.5	1.5	0.7	1.7	1	2	1.3	6	1.9	3.1
Zr	66	78	76	15	75	39	62	40	79	11	93	38	944	80	21

جدول ۳- نتایج تجزیه عنصری (عناصر اصلی بر حسب % و فرعی ppm) نمونه‌های ماسه‌سنگی سازند رازک در برش‌های سطح‌الارضی فینو و هندون.

S. No.	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Outcrop	Handun	Handun	Handun	Handun	Handun	Handun	Handun	Handun	Handun	Handun	Finu	Finu	Finu
SiO ₂	58.2	82.9	73.8	54.2	47.8	58.8	37	77.6	74.3	88.5	45.1	12.7	47.9
Al ₂ O ₃	3	6.7	6.1	7.9	4.9	7.1	1.8	3.4	2.8	1.3	6.8	1.6	2.7
Na ₂ O	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	0.2	<.1	<.1	<.1	0.6
K ₂ O	1.2	3.5	2.5	3.1	2.4	3.3	0.2	0.6	0.5	0.2	0.9	0.2	0.1
Fe ₂ O ₃	3.1	2.1	3.1	4.4	2.2	3.5	4.6	2.6	4.6	1.3	11.2	1.1	8.6
MgO	0.9	1.1	1	1.5	1.3	2	10.8	4.5	6.4	1.6	8.3	16	23.5
CaO	19.5	0.9	8	15.7	25.2	13.6	18.7	3.3	3.8	3	6.4	28.7	3.1
TiO ₂	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	<.1	0.2	0.1	<.1	0.4	<.1	0.1
MnO	0.1	<.1	<.1	<.1	0.2	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	<.1	0.1	0.1
LOI	12.81	2.07	4.66	11.86	15.18	10.83	25.5	5.14	6.5	3.5	20.17	38.92	12.45
CIA	70.26	64.99	70.33	71.07	66.86	67.83	87.01	84.07	77.48	84.23	87.33	83.78	69.04
Ba	1550	1300	114	914	701	466	13.6	39.7	66.6	415	46.6	52.1	46
Ce	18	25.1	14.7	34.7	26.8	22.8	3	7.5	6.4	8.6	16.8	8.3	6.5
Co	14.3	8.1	12	20.5	16.1	15.1	47.5	14.4	29.2	14	63.3	34.7	84.6
Cr	238	333	287	335	212	235	428	1440	707	342	843	199	755
Cu	20.6	24.4	18.3	20.3	14.6	13.5	7.4	17.5	17.3	26.6	23.6	4.7	15.9
Dy	2.7	2.8	1.5	4.2	4	2.1	0.3	1	0.8	0.9	2.2	1.3	0.7
Er	1.5	1.5	0.9	2.3	2.3	1.2	0.2	0.6	0.4	0.5	1.4	0.7	0.4
Eu	1.2	1.1	0.4	1.2	1	0.6	0.1	0.2	0.2	0.3	0.5	0.3	0.2
Gd	3	3.5	1.5	4.2	3.4	2.5	0.3	0.9	0.8	1.1	1.8	1.2	0.6
Hf	0.8	1.6	1.4	2	1.2	1.5	0.2	0.8	0.6	0.6	2.3	0.5	0.5
Ho	0.5	0.5	0.3	0.8	0.8	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.5	0.3	0.1
La	9.4	14.6	8.5	19.1	14.4	13.5	2	4.8	3.7	5.3	10.6	5.8	3.3
Lu	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	<0.02	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
Nb	2	4.9	3.8	5.6	2.9	4.1	<0.5	3	1.9	1.4	7.3	0.7	1.5
Nd	11.7	14.2	7.89	19.9	16.4	12.3	1.51	4.51	3.8	5.23	9.82	5.6	2.92
Ni	46	47	86	131	56	87	560	151	383	94	1070	124	1270
Pr	2.8	3.6	2	5.1	4.2	3.3	0.4	1.2	1	1.4	2.6	1.4	0.8
Rb	27.2	77.7	41.9	73.7	49.9	67.4	6.3	14.3	13.4	4.2	34.8	13	4.4
Sc	3	4	5	7	4	5	4	4	6	1	17	2	10
Sm	2.6	3.1	1.7	4.2	3.6	2.5	0.3	1	0.8	1	2	1.2	0.6
Sr	142	84.6	56.6	123	143	82.5	217	65.6	184	87.9	267	398	76.9
Tb	0.5	0.5	0.3	0.7	0.7	0.4	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4	0.2	0.1
Th	2.2	3.6	2.6	4.5	2.9	4	0.3	1.2	0.9	1.2	2.5	0.7	0.6
Ti	821	1620	1420	2060	1190	1520	326	1500	612	354	2330	571	605
Tm	0.2	0.2	0.1	0.3	0.3	0.2	<0.05	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1
V	48	35	33	39	27	40	20	20	82	24	92	10	54
Y	15.9	15.4	8.9	25.2	24	12.4	1.9	5.9	4.1	5.1	13.2	8.1	3.8
Yb	1.5	1.4	0.9	2.2	2.1	1.2	0.2	0.6	0.4	0.5	1.3	0.6	0.4
Zr	21	42	37	53	30	41	5	22	16	14	66	12	15

کتابنگاری

- آزادبخت، ر.، وزیری مقدم، ح.، طاهری، ع. و امیری بختیار، ح.، ۱۳۸۹- زیست‌چینه‌نگاری و پالئواکولوژی سازند رازک در جنوب شرقی جهرم (برش الگو)، فصلنامه زمین‌شناسی ایران، ۱۴، صص. ۱۰۱ تا ۱۱۵.
- فخاری، م.، ۱۳۷۴- نقشه زمین‌شناسی چهار گوشه بندرعباس، شماره ۱۳-۱، شرکت ملی نفت ایران.
- فراهانی، ف.، ۱۳۹۳- رخساره‌ها، محیط رسوبی و دیاژنز سازند رازک در شمال بندرعباس، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، ۱۱۷ ص.
- مطیعی، ه.، ۱۳۸۲- زمین‌شناسی ایران، چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، چاپ دوم، ۵۸۳ ص.
- معلمی، س. ع.، ۱۳۹۳- محیط رسوبی، چینه‌نگاری سکانتسی ناحیه‌ای و ارزیابی معزنی سازندهای جهرم/آسماری، رازک (گچساران) و میشان در ناحیه بندرعباس و شرق فارس ساحلی، پژوهشگاه صنعت نفت، ۵۵۰ ص.

References

- Adabi, M. H., Sadeghi, A., Hosseini, M., Moalemi, A., Lotfpour, A., Khatibi Mehr, M., Salehi, M. A., Zohdi, A. and Jafarzadeh, M., 2009- Reservoir characterization and tectonic settings of Ahwaz Sandstone Member of the Asmari Formation in the Zagros Mountain, sw of Iran. *European Geoscience Union (EGU)*, 11, EGU2009-3645-3.
- Akarish, A. I. M. and El-Gohary, A. M., 2008- Petrography and geochemistry of Lower Paleozoic sandstones, East Sinai, Egypt: Implications for provenance and tectonic setting. *Journal of African Earth Sciences*, v. 52, p. 43–54.
- Alavi, M., 2004- Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*, v. 304, p. 1–20.
- Alessandretti, L., Philipp, R. P., Chemale Jr, F., Brückmann, M. P., Zvirtes, G., Matté, V. and Ramos, V. A., 2013- Provenance, volcanic record, and tectonic setting of the Paleozoic Ventania Fold Belt and the Claromecó Foreland Basin: Implications on sedimentation and volcanism along the southwestern Gondwana margin. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 47, p. 12–31.
- Armstrong-Altrin, J. S. and Verma, S. P., 2005- Critical evaluation of six tectonic setting discrimination diagrams using geochemical data of Neogene sediments from known tectonic settings. *Sedimentary Geology*, v. 177, p. 115–129.
- Armstrong-Altrin, J. S., Lee, Y. I., Verma, S. P. and Ramasamy, S., 2004- Geochemistry of sandstones from the Upper Miocene Kudankulam Formation, southern India: Implications for provenance, weathering, and tectonic setting. *Journal of Sedimentary Research*, v. 74, p. 285–297.
- Armstrong-Altrin, J. S., Nagarajan, R., Balaram, V. and Natalhy-Pineda, O., 2015- Petrography and geochemistry of sands from the Chachalacas and Veracruz beach areas, western Gulf of Mexico, Mexico: Constraints on provenance and tectonic setting. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 64(Part 1), p. 199–216.
- Arribas, J., Critelli, S. and Johnsson, M. J., 2007 (Eds)- *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry*. Geological Society of America, Special Paper, v. 420, 396 pp.
- Asiedu, D. K., Suzuki, S. and Shibata, T., 2000- Provenance of sandstones from the Lower Cretaceous Sasayama Group, Inner Zone of Southwest Japan. *Sedimentary Geology*, v. 131, p. 9–24.
- Avarjani, S., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R. and Amiri-Bakhtiar, H., 2014- Provenance, tectonic setting and geochemistry of Ahwaz Sandstone Member (Asmari Formation, Oligo-Miocene), Marun Oilfield, Zagros Basin, sw Iran. *Acta Geologica Sinica - English Edition*, v. 88(3), p. 931–948.
- Basu, A., Young, S., Suttner, L., James, W. and Mack, G. H., 1975- Re-evaluation of the use of undulatory extinction and crystallinity in detrital quartz for provenance interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 45, p. 873–882.
- Bauluz, B., Mayayo, M. J., Fernandez-Nieto, C. and Gonzalez Lopez, J. M., 2000- Geochemistry of Precambrian and Paleozoic siliciclastic rocks from the Iberian Range (NE Spain): Implications for source-area weathering, sorting, provenance, and tectonic setting. *Chemical Geology*, v. 168, p. 135–150.
- Bhatia, M. R. and Crook, K. A. W., 1986- Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, v. 92, p. 181–193.
- Bhatia, M. R., 1983- Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *The Journal of Geology*, v. 91, 611–627.
- Blatt, H., 1967- Provenance determinations and recycling of sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 37, p. 1311–1320.
- Bracciali, L., Marroni, M., Pandolfi, L. and Rocchi, S., 2007- Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): from source areas to configuration of margins. In: Arribas, J., Critelli, S., Johnsson, M. J. (Eds.), *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry*. Geological Society of American Special Paper, v. 420, pp. 73–93.
- Corcoran, P. L., 2005- Recycling and chemical weathering in tectonically controlled Mesozoic–Cenozoic basins of New Zealand. *Sedimentology*, v. 52, p. 757–774.

- Cox, R., Lowe, D. R. and Cullers, R. L., 1995- The influence of sediment recycling and basement composition on evolution of mudrock chemistry in the southwestern United States. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 59, p. 2919–2940.
- Cullers, R. L., 1988- Mineralogical and chemical changes of soil and stream sediment formed by intense weathering of the Danburg granite, Georgia, U.S.A. *Lithos*, v. 21, p. 301–314.
- Cullers, R. L., 2000- The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian–Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies. *Lithos*, v. 51, p. 181–203.
- Cullers, R. L., 2002- Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chemical Geology*, v. 191(4), p. 305–327.
- Das, B. K., Al-Mikhlaifi, A. S. and Kaur, P., 2006- Geochemistry of Mansar Lake sediments, Jammu, India: Implication for source-area weathering, provenance, and tectonic setting. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 26, p. 649–668.
- Dickinson, W. R. and Suczek, D. R., 1979- Plate tectonics and sandstone compositions. *American Association of Petroleum Geologists (AAPG) Bulletin*, v. 63, p. 2164–2182.
- Dickinson, W. R., 1970- Interpreting detrital modes of graywacke and arkose. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 40, p. 695–707.
- Dickinson, W. R., 1985- Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones. In: Zuffa, G. G. (Ed.), *Provenance of Arenites*. Reidel Publishing Company, Dordrecht, pp. 333–363.
- Dickinson, W. R., Beard, L. S., Brakenridge, G. R., Erjavec, J. L., R. C., F., Inman, K. F., Knepp, R. A., Lindberg, F. A. and Ryberg, P. T., 1983- Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geological Society of America Bulletin*, v. 94, p. 222–235.
- Fedo, C. M., Wayne Nesbitt, H. and Young, G. M., 1995- Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance. *Geology*, v. 23, p. 921–924.
- Floyd, P. A. and Leveridge, B. E., 1987- Tectonic environment of the Devonian Gramscatho Basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *Journal of the Geological Society London*, v. 144, p. 531–542.
- Folk, R. L., 1980- *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin, Texas, 182 pp.
- Galan, E. and Singer, A., 2011 (Eds)- *Developments in Palygorskite-Sepiolite Research. A New Outlook on these Nanomaterials*. *Developments in Clay Science*, v. 3, 520 pp.
- Garzanti, E. and Vezzoli, G., 2003- A Classification of metamorphic grains in sands based on their composition and grade. *Journal of Sedimentary Research*, v. 73, p. 830–837.
- Garzanti, E., Doglioni, C., Vezzoli, G. and Andò, S., 2007- Orogenic belts and orogenic sediment provenance. *The Journal of Geology*, v. 115, p. 315–334.
- Garzanti, E., Vermeesch, P., Andò, S., Vezzoli, G., Valagussa, M., Allen, K., Kadi, K. A. and Al-Juboury, A. I. A., 2013- Provenance and recycling of Arabian desert sand. *Earth-Science Reviews*, v. 120, p. 1–19.
- Gu, X. X., Liu, J. M., Zheng, M. H., Tang, J. X. and Qi, L., 2002- Provenance and tectonic setting of the proterozoic turbidites in Hunan, South China: geochemical evidence. *Journal of Sedimentary Research*, v. 72, p. 393–407
- Herron, M. M., 1988- Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 58, p. 820–829.
- Hessami, K., Koyi, H. A., Talbot, C. J., Tabasi, H. and Shabanian, E., 2001- Progressive unconformities within an evolving foreland fold-thrust belt, Zagros Mountains. *Journal of the Geological Society of London*, v. 158, p. 969–981.
- Ibbeken, H. and Schleyer, R., 1991- *Source and Sediment*. Springer, Berlin, 286 pp.
- Jafarzadeh, M. and Hosseini-Barzi, M., 2008- Petrography and geochemistry of Ahwaz Sandstone Member of Asmari Formation, Zagros, Iran: Implications on provenance and tectonic setting. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 25, p. 247–260.
- Jafarzadeh, M., Harami, R. M., Friis, H., Amini, A., Mahboubi, A. and Lenaz, D., 2014- Provenance of the Oligocene–Miocene Zivah Formation, NW Iran, assessed using heavy mineral assemblage and detrital clinopyroxene and detrital apatite analyses. *Journal of African Earth Sciences*, v. 89, p. 56–71.
- Jahani, S., Callot, J. P., Letouzey, J. and de Lamotte, D. F., 2009- The eastern termination of the Zagros Foldand-Thrust Belt, Iran: Structures, evolution, and relationships between salt plugs, folding, and faulting. *Tectonics*, v. 28, p. 1–22
- Khadivi, S., Mouthereau, F., Larrasoaña, J. C., Vergés, J., Lacombe, O., Khademi, E., Beamud, E., Melinte-Dobrinescu, M. and Suc, J. P., 2010- Magnetostratigraphy of synorogenic Miocene foreland sediments in the Fars arc of the Zagros Folded Belt (SW Iran). *Basin Research*, v. 22, p. 918–932.
- Kroonenberg, S. B., 1994- Effects of provenance, sorting and weathering on the geochemistry of fluvial sands from different tectonic and climatic environments. 29th International Geological Congress, Kyoto, Japan, pp. 69–81.

- McLennan, S. M., Taylor, S. R., McCulloch, M. T. and Maynard, J. B., 1990- Geochemical and Nd/Sr isotopic composition of deep-sea turbidites: Crustal evolution and plate tectonic associations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 54, p. 2015–2050.
- Nagarajan, R., Madhavaraju, J., Nagendra, R., Armstrong-Altrin, J. S. and Moutte, J., 2007- Geochemistry of Neoproterozoic shales of the Rabanpalli Formation, Bhima Basin, Northern Karnataka, southern India: Implications for provenance and paleoredox conditions. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 24, p. 150–160.
- Nesbitt, H. W. and Young, G. M., 1982- Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature*, v. 299, p. 715–717.
- Nesbitt, H. W. and Young, G. M., 1984- Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 48, p. 1523–1534.
- Nesbitt, H. W. and Young, G. M., 1989- Formation and diagenesis of weathering profiles. *The Journal of Geology*, v. 97, p. 129–147.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. and Siever, R., 1987- *Sand and Sandstone* (2nd ed.). Springer, Berlin, 553 pp.
- Pirouz, M., Simpson, G. and Chiaradia, M., 2015- Constraint on foreland basin migration in the Zagros mountain belt using Sr isotope stratigraphy. *Basin Research*, v. 27(6), p. 714–728.
- Roser, B. P. and Korsch, R. J., 1986- Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *Journal of Geology*, v. 94, p. 635–650.
- Roser, B. P. and Korsch, R. J., 1988- Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical Geology*, v. 67, p. 119–139.
- Salehi, M. A., Moussavi-Harami, S. R., Mahboubi, A., Wilmsen, M. and Heubeck, C., 2014- Tectonic and paleogeographic implications of compositional variations within the siliciclastic Ab-Haji Formation (Lower Jurassic, east-central Iran). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie – Abhandlungen*, v. 271, p. 21–48.
- Smyth, H. R., Morton, A., Richardson, N. and Scott, R. A., 2014- Sediment provenance studies in hydrocarbon exploration and production: an introduction. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 386(1), p. 1–6.
- Stoneley, R. 1975- On the origin of ophiolite complexes in the southern Tethys region. *Tectonophysics*, v. 25, p. 303–322.
- Suttner, L. J. and Dutta, P. K., 1986- Alluvial sandstone composition and paleoclimate; I, Framework mineralogy. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 56, p. 329–345.
- Suttner, L. J., Basu, A. and Mack, G. H., 1981- Climate and the origin of quartz arenites. *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 51, p. 1235–1246.
- Tao, H., Wang, Q., Yang, X. and Jiang, L., 2013- Provenance and tectonic setting of Late Carboniferous clastic rocks in West Junggar, Xinjiang, China: A case from the Hala-alat Mountains. *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 64, p. 210–222.
- Taylor, S. R. and McLennan, S. M., 1985- *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*. Blackwell Scientific Publications. 312 pp.
- Tortosa, A., Palomares, M. and Arribas, J., 1991- Quartz grain types in Holocene deposits from the Spanish Central System: some problems in provenance analysis. In: Morton, A. C., Todd, S. P., Huaghton, P. D. W. (Eds.), *Development in Sedimentary Provenance Studies*. Geological Society of London, Special Publication, v. 57, p. 47–54.
- Tyrrell, S., Leleu, S., Souders, A. K., Haughton, P. D. W. and Daly, J. S., 2009- K-feldspar sand-grain provenance in the Triassic, west of Shetland: distinguishing first-cycle and recycled sediment sources? *Geological Journal*, v. 44, p. 692–710.
- Von Eynatten, H., Barceló-Vidal, C. and Pawlowsky-Glahn, V., 2003a- Modelling compositional change: the example of chemical weathering of granitoid rocks. *Mathematical Geology*, v. 35, p. 231–251.
- Von Eynatten, H., Barceló-Vidal, C. and Pawlowsky-Glahn, V., 2003b- Composition and discrimination of sandstones: A statistical evaluation of different analytical methods. *Journal of Sedimentary Research*, v. 73, p. 47–57.
- Wronkiewicz, D. J. and Condie, K. C., 1987- Geochemistry of Archean shales from the Witwatersrand Supergroup, South Africa: Source-area weathering and provenance. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 51, p. 2401–2416.
- Yan, Z., Wang, Z., Yan, Q., Wang, T. and Guo, X., 2012- Geochemical constraints on the provenance and depositional setting of the Devonian Liuling Group, East Qinling Mountains, Central China: Implications for the tectonic evolution of the Qinling Orogenic Belt. *Journal of Sedimentary Research*, v. 82, p. 9–24.
- Zohdi, A., Moallemi, S. A., Moussavi-Harami, R., Mahboubi, A., Richter, D. K., Geske, A., Nickandish, A. A. and Immenhauser, A., 2014- Shallow burial dolomitization of an Eocene carbonate platform, southeast Zagros Basin, Iran. *GeoArabia*, v. 19, p. 17–54.
- Zohdi, A., Moussavi-Harami, R., Moallemi, S. A., Mahboubi, A. and Immenhauser, A., 2013- Evolution, paleoecology and sequence architecture of an Eocene carbonate ramp, southeast Zagros Basin, Iran. *GeoArabia*, v. 18, p. 49–80.

Geochemistry of the Razak Formation sandstones, southeastern Zagros sedimentary basin: implications for tectonic setting, parent rocks and palaeoweathering

S. A. Moallemi¹, M. A. Salehi^{2*} and A. Zohdi³

¹Assistant Professor, IOR/EOR Institute for Oil and Gas Reservoirs, Tehran, Iran

²Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran

³Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 2016 March 15

Accepted: 2016 September 28

Abstract

In this study, the sandstones of the Razak Formation at the Finu and Hanudun outcrops and at Sarkhun Field north of Bandar-Abbas have been investigated by petrography and geochemistry analyses to discriminate provenance for determination of tectonic setting, parent rock and palaeoweathering and for comparison with the Ahwaz Sandstone of Asmari Formation. The Razak Formation mainly consists of marl, sandstone, conglomerate and sandy limestone. The results of geochemical investigation of major and trace elements indicated that the sedimentation of the Razak Formation took place in an active continental margin. Provenance analysis shows that the siliciclastic sediments of the Razak Formation were largely derived from mafic and intermediate igneous, low- to high-grade metamorphic and sedimentary rocks. Chemical weathering indices suggested that their source area underwent a moderate degree of chemical weathering in an arid climate. It seems that the sediments of the Razak Formation are results of erosion from a mixture of ophiolitic-igneous rocks belonging to the Neo-Tethys oceanic crust, metamorphic rocks and other sedimentary strata deposited in Zagros sedimentary basin during foreland basin evolution. Wedge thickness of the Razak Formation changes from the hinterland thrust basin towards the Zagros trough and ridge basin and finally disappears in the coastal Fars region. The presence of polymictic conglomerate and coarse-grained sandstone with abundant rock fragments could be considered as additional evidence for the source of Razak Formation from the Zagros imbricated zone.

Keywords: Geochemistry, Provenance, Tectonic Setting, Razak Formation, Southeast Zagros.

For Persian Version see pages 265 to 286

*Corresponding author: M. A. Salehi; E-mail: ma.salehi@sci.ui.ac.ir