

ارزیابی شرایط محیط رسوبگذاری نهشته‌های آواری پلیوسن میانی-پلیستوسن (سازند بختیاری) بر مبنای ویژگی‌های سنگ رخساره‌ای در جنوب خاوری زاگرس چین خورده، شمال بندرعباس

پیمان رضائی*^۱، سیده اکرم جویباری^۲، شهریان محمدزاده شمیلی^۳

۱- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان

۲- دکتری رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان

۳- کارشناس ارشد رسوب شناسی و سنگ شناسی رسوبی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه هرمزگان

*p.rezaee@hormozgan.ac.ir

دریافت خرداد ۱۴۰۳، پذیرش تیر ۱۴۰۳

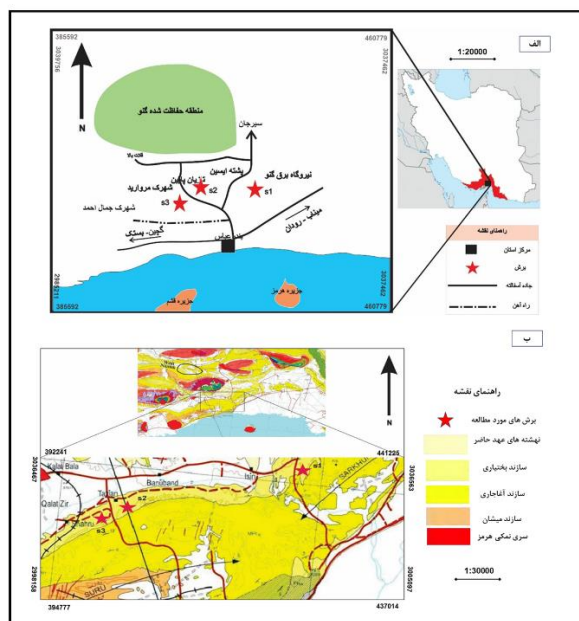
چکیده

سازند بختیاری معرف بازه زمانی پلیوسن میانی- پلیستوسن در پهنه رسوبی ساختاری زاگرس چین خورده است. نهشته‌های آواری این سازند در محدوده شمال شهر بندرعباس دارای رخنمون‌های گسترده‌ای است. به منظور مطالعه سازند بختیاری از دیدگاه زمین شناسی رسوبی، سه برش از این سازند در شمال باختری شهر بندرعباس (نیروگاه برق گنو، جنوب شهرک تازیان پایین، جنوب شهرک مروارید) انتخاب گردید. از این برش‌ها ۵۰ نمونه برای بررسی‌های میکروسکوپی و ۶ نمونه برای شناسایی کانی‌های سنگین برداشت شد. در هر سه برش سازند بختیاری شامل تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و مقداری گل‌سنگ می‌باشد. این سازند در منطقه مورد مطالعه، با مرزی از نوع ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند آجاجاری قرار گرفته است. مرز بالایی سازند بختیاری با نهشته‌های عهد حاضر نیز از نوع ناپیوستگی فرسایشی است. بررسی‌های صحرایی و آزمایشگاهی منجر به شناسایی پتروفاسیس‌های دانه درشت (کنگلومرای گل پشٹیبان و دانه پشٹیبان)، دانه متوسط (ماسه سنگ کالک لیتایتی)، دانه ریز (گل‌سنگی) و پنج عنصر ساختاری (GB, CH, SB, GH, FF) در این سازند شده است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که نهشته‌های سازند بختیاری در شمال باختری بندرعباس در یک رودخانه بریده بریده دور از منشا در انتهای یک مخروط افکنه بجای گذاشته شده‌اند. مجموعه کانی‌های سنگین شناسایی شده در این توالی دارای دو منشا توالی‌های سری هرمز و پهنه سندج-سیرجان هستند که از چند چرخه رسوبی تأثیر پذیرفته‌اند. مجموعه ویژگی‌های سنگ رخساره‌های سازند بختیاری، تأییدی بر پویایی زمین ساختی انتهایی دوران نوزیستی در بازه زمانی پلیوسن میانی-پلیستوسن به ویژه رویداد زمین ساختی بختیارین می‌باشد که به تشدید شرایط قاره‌ای در گستره مورد مطالعه منجر گردیده است.

کلمات کلیدی: سازند بختیاری، سنگ رخساره، شرایط ته نشینی، زاگرس چین خورده، بندرعباس.

۱- مقدمه

نهشته‌های آواری سازند بختیاری معرف بازه زمانی پلیوسن میانی-پلیستوسن در پهنه رسوبی ساختاری زاگرس چین خورده [۲۳] که با مرزهایی از نوع ناپیوستگی زاویه‌دار و ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند آجاجاری و یا سازندهای قدیمی‌تر واقع شده است [۱]. هیچ واحد سنگ چینه نگاری رسمی بر روی این سازند قرار نداشته و در برخی نواحی، رسوب‌های عهد حاضر بر روی آن دیده می‌شود. سازند بختیاری به عنوان جوان‌ترین سازند رسمی در پهنه زاگرس چین خورده گسترش قابل توجهی دارد و در حاشیه بسیاری از تاقدیس‌ها و هسته ناودیس‌های این گستره دیده می‌شود. نهشته‌های آواری سازند بختیاری جوان‌ترین سکانس رسوبی همزمان با کوه‌زایی و تکتونیک در حوضه پیش بوم زاگرس را نمایندگی می‌کنند [۵۶]. رسوبگذاری و چین خوردگی سریع آواری‌های سازند بختیاری همزمان در امتداد کمربند رورانده-چین خورده زاگرس رخ داده و با جا به جایی از نواحی پس خشکی در شمال خاور به سوی پیش خشکی در جنوب باختر ایران بوده است. از این رو، سازند بختیاری یک شاخص زمانی دقیق برای بررسی تکتونیک پویا و فعال صفحه‌ای اوراسیا-عربی در امتداد زاگرس و نتوتیس در نظر گرفته می‌شود [۱۷]. بر بریان و کینگ [۱۱] بر این باورند که سراسر ایران در میوسن پایانی دچار جنبش‌های کوه‌زایی مهم شد که با آغاز دومین گام بازشدگی دریای سرخ و خلیج عدن همراه بود. بین توالی میوسن و پلیوسن در برخی از گستره‌های ایران، یک ناپیوستگی زاویه‌ای وجود دارد که می‌توان آن را در پایه سازند بختیاری در زاگرس و سازند هزاردره در دامنه‌های جنوبی البرز مشاهده کرد [۶]. در زاگرس، نهشته‌های آواری سازند بختیاری در کنار تغییرات اقلیمی، بیشتر حاصل تشدید جنبش‌های زمین ساختی در طی رویداد بختیاری هستند [۶]. توالی‌های آواری کنگلومرایی-ماسه سنگی (همراه با گل سنگ) از دوران دیرینه زیستی (پالئوزوئیک) تا نوزیستی (سنوزوئیک) در ایران دیده می‌شوند. از جمله مطالعات بر روی این توالی‌ها می‌توان به پژوهش بر روی توالی سازند باقرق در ایران مرکزی [۲۶]، سازند شوریجه در کپه داغ [۲]، سازند کرمان در شمال شرق ایران مرکزی گستره کاشمر [۹]، رخساره‌های کنگلومرایی سازند قم در شمال آباد (حوضه پیش کمائی سنندج-سیرجان) [۸]، گروه بیدو در برش فیض آباد شمال کرمان [۷] و سازند کهریزک در خاور تهران [۴] اشاره نمود. هدف از این پژوهش بررسی پتروفاسیس‌ها و محیط رسوبگذاری سازند بختیاری به عنوان یکی از جوان‌ترین توالی‌های آواری زاگرس چین خورده در شمال شهر بندرعباس می‌باشد.



شکل ۱: الف: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و برش‌های مورد نظر (با تغییراتی از اطلس راه‌های استان هرمزگان [۵]) ب: محدوده مورد مطالعه و برش‌ها بخشی از نقشه زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ بندرعباس [۱۸].

۲- ویژگی‌های جغرافیایی و زمین شناسی

گستره مورد مطالعه در شمال باختری شهر بندرعباس در محدوده ایسین خاوری و باختری و همچنین در حوضه آبریز دو رودخانه (طاس‌بر و کل انگوران) قرار دارد (شکل ۱- الف). دشت ایسین به وسعت ۲۳۰ کیلومتر مربع در ۲۰ کیلومتری شمال بندرعباس واقع گردیده و از شمال به کوه گنو، از شرق به جاده بندرعباس-سیرجان، از جنوب به تاقدیس بندرعباس و از غرب به رودخانه کل محدود می‌گردد. این دشت ناودیس به شکل ذوزنقه می‌باشد که بین تاقدیس بزرگ گنو و تاقدیس بندرعباس قرار دارد منطقه مورد مطالعه از نظر رسوبگذاری و چینه شناسی جزء زاگرس چین خورده محسوب می‌شود (شکل ۱-ب). حوضه آبریز مورد مطالعه شامل بخشی از یال جنوبی تاقدیس کوه گنو است که خود یکی از طاقدیس‌های بزرگ موجود در ناحیه چین خورده زاگرس می‌باشد که با محور شرقی-غربی در شمال بندرعباس واقع گردیده و ارتفاعات شمالی دشت ایسین و ارتفاعات غربی دشت سرخون را تشکیل می‌دهد [۵]. در محدوده مورد مطالعه واحدهای سنگ چینه نگاری از قدیم به جدید عبارتند از: سازند میشان، آجاجاری و بختیاری. نهشته‌های کواترنری شامل رسوبات رودخانه‌ای، بادی و ساحلی فراوان هستند.

۳- روش مطالعه

در ابتدا، برای شناسایی برش‌های مناسب و محل‌های نمونه‌برداری از نقشه‌ی زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بندرعباس [۱۸] و تصاویر ماهواره‌ای استفاده گردید. سپس با توجه به اطلاعات بدست آمده و منابع اطلاعاتی موجود، طی بازدیدهای صحرائی سه برش جهت مطالعه انتخاب گردید. در پیمایش‌های صحرائی بر اساس اهداف و بر مبنای روش‌های مطالعه صحرائی در زمین شناسی رسوبی، مرزهای پایینی و بالایی سازند بختیاری، تغییرات افقی و عمودی سنگ رخساره‌ها، ساخت‌های رسوبی، مشخصه‌های بافتی مورد بررسی کمی و کیفی قرار گرفتند. بر مبنای همین بررسی‌ها، ۵۰ نمونه از سه برش مورد نظر برای ادامه مطالعات برداشت گردید. از نمونه‌های برداشت شده، مقطع نازک با نگرش ویژه به پتروگرافی نهشته‌های آواری تهیه شد. ۶ نمونه (ماسه سنگ) دیگر نیز برای شناسایی کانی‌های سنگین برداشت شد. در نامگذاری کنگلومراها از رده بندی باگز [۱۲] و ماسه سنگ‌ها نیز از رده بندی فولک^۲ [۲۰] استفاده گردید. از روش طبقه بندی مایل^۳ [۴۷] برای بررسی سنگ رخساره‌ها و عناصر ساختاری استفاده گردید.

۴- بحث و نتایج

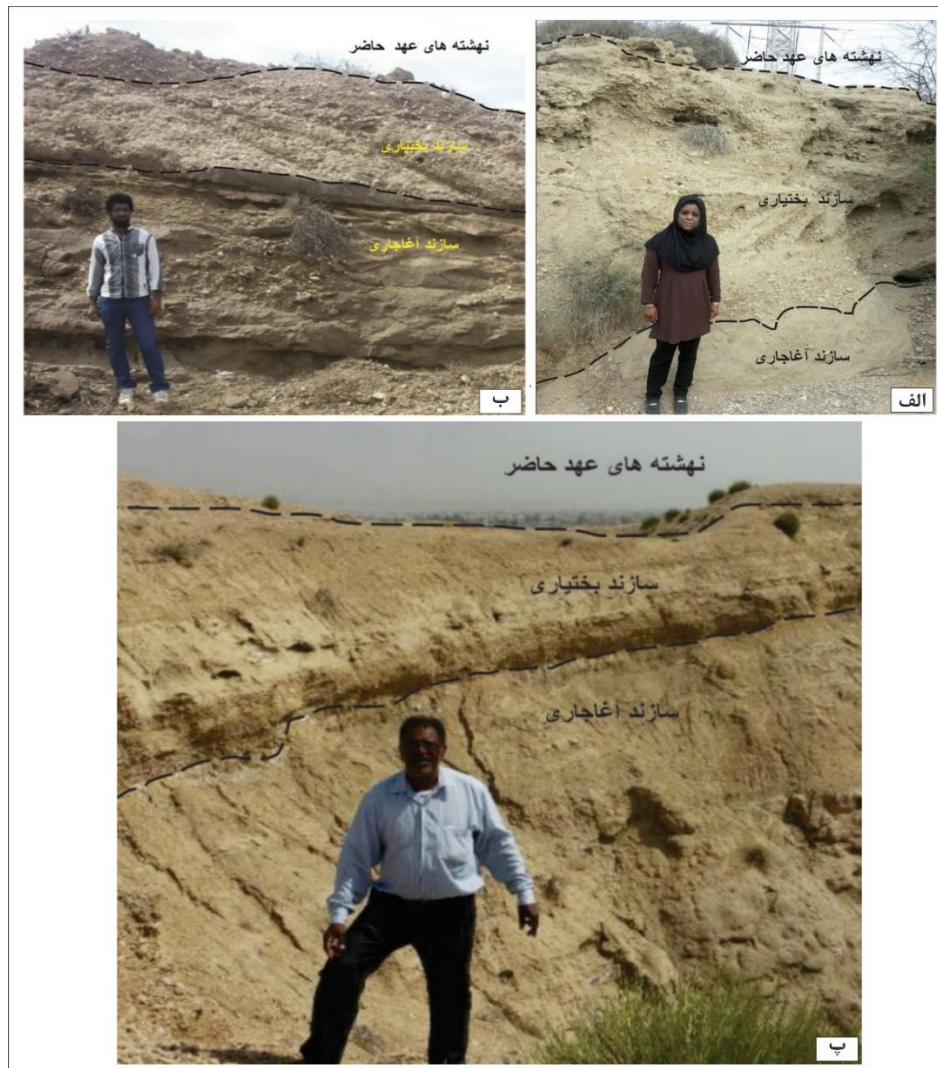
۴-۱. سنگ چینه نگاری سازند بختیاری

در سه برش مورد مطالعه، مرز زیرین سازند بختیاری با سازند آجاجاری و از نوع ناپیوستگی فرسایشی و مرز بالایی این سازند با نهشته‌های عهد حاضر نیز از نوع ناپیوستگی فرسایشی است (شکل ۲). ستبرای سازندی بختیاری در برش نیروگاه برق گنو، باختر تاقدیس سرخون، ۲/۸۰ متر است شامل کنگلومرای خاکستری دارای کانال فرسایشی (شکل ۳-الف)، ساخت فلسی، کنگلومرا قهوه‌ای دارای طبقه بندی مورب و عدسی‌های ماسه‌ای (شکل ۳-ب) همراه با توالی نازک لایه‌ای از ماسه سنگ خاکستری با لایه بندی متقاطع عدسی شکل می‌باشد.

¹ Boggs

² Folk

³ Miall



شکل ۲- الف: مرز پایینی و بالایی سازند بختیاری در برش نیروگاه برق گنو(نگاه بسوی باختر). ب: برش جنوب شهرک مروارید(نگاه بسوی باختر) پ: برش جنوب شهرک تازیان پایین(نگاه بسوی شمال خاوری)

برش دوم در جنوب شهرک تازیان و قسمت مرکزی طاق‌دیس سورو در شمال باختری شهر بندرعباس واقع شده است که ۸ متر ستبراً دارد. سازند بختیاری در این توالی نیز شامل کنگلومرای قهوه‌ای رنگ با ساخت فلسی، ماسه سنگ کرم روشن با حفره‌های بزرگ و لایه سست گلی قهوه‌ای رنگ است. سومین برش مورد مطالعه در جنوب شهرک مروارید و شمال شهرک جمال احمد واقع در طاق‌دیس سورو و باختر شهر بندرعباس می‌باشد. ستبرای سازند بختیاری در این برش ۶ متر و شامل کنگلومرای قهوه‌ای، دارای کانال فرسایشی، لامینه بندی(شکل ۳-پ)، کنگلومرا با ساخت دانه‌بندی تدریجی، کنگلومرا با دانه‌های بشقابی شکل و ماسه سنگ قهوه‌ای رنگ همراه طبقه بندی مورب است(شکل ۳-ت). در مجموع توالی سازند بختیاری در سه برش مورد مطالعه دارای ۱۶/۸۰ متر ستبراً بوده که شامل ۱۱/۳ متر کنگلومرا(۶۷/۲۶ درصد)، ۳/۷ متر ماسه سنگ(۲۲/۰۳ درصد) و ۱/۷ متر گل سنگ(۱۰/۷۱ درصد) می‌باشد. این مهم به خوبی نشان دهنده ماهیت تخریبی این سازند در اواخر پلیوسن میانی-پلیستوسن در این گستره است. بررسی روند ستبرای برش‌ها از خاور به باختر نشان می‌دهد که برش نیروگاه گنو با ۲/۸۵ متر، کم‌ترین ستبراً و برش جنوب شهرک تازیان پایین بدلیل نزدیک بودن به مخروط افکنه تازیان در شمال این برش دارای بیشترین ستبراً(۸ متر) می‌باشد.



شکل ۳- الف: کانال فرسایشی (نگاه بسوی باختر)، ب: عدسی ماسه‌ای (نگاه بسوی شمال باختری) پ: لامینه‌بندی گل (نگاه بسوی باختر) ت: لامینه‌بندی متقاطع (نگاه بسوی باختر)

۲-۴. سنگ رخساره‌های رسوبی

سنگ رخساره‌های آواری اطلاعات مهمی در مورد محیط‌های رسوبی گذشته از جمله فعالیت‌های تکتونیکی منطقه و تحلیل فرآیندهای رسوبی فراهم می‌کنند. از طریق مطالعه ویژگی‌های این سنگ‌ها می‌توان شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر محیط رسوب‌گذاری را بازسازی کرد. بر این مبنا توالی سازند بختیاری شامل سنگ رخساره‌های کنگلومرای، ماسه سنگی و گل‌سنگی می‌باشند که در ادامه به شرح آن‌ها پرداخته می‌شود:

۱-۲-۴. سنگ رخساره های کنگلومرای

بر اساس مشاهدات نهشته‌های درشت دانه سازند بختیاری در برش‌های مورد مطالعه دارای پتروفاسیس ارتوکنگلومرای گل پشتیان و دانه پشتیان هستند که در ادامه توصیف و تفسیر آن‌ها ارائه می‌گردد:

A1: پتروفاسیس ارتوکنگلومرای برون سازندی پترومیکت دانه پشتیان توده‌ای (Gcm)^۴

توصیف: پتروفاسیس Gcm یک کنگلومرای دانه پشتیان می‌باشد که خود از انواع مختلف کنگلومرای پبلی تا قلوه سنگ‌دار تشکیل شده است. این پتروفاسیس در منطقه مورد مطالعه بصورت توده‌ای با زمینه ماسه سنگی (ماسنگ ریز تا درشت دانه) و به رنگ خاکستری روشن، گاه همراه با عدسی‌های گلی کوچک دیده می‌شود. گراول‌ها از جنس‌های متفاوت آهکی، ماسه سنگی، آتشفشانی و سیلتستون آهکی با اندازه‌های متغییر می‌باشند که اغلب گراول‌ها از جنس آهک هستند. دانه‌هایی در اندازه ۳/۵-۷ سانتیمتر با گردشگی متفاوت، جورشدگی متوسط و کرویت متوسط می‌باشند. این پتروفاسیس دربرخی لایه‌ها بصورت پر کننده کانال در منطقه دیده می‌شود. رسوبات قرمز آهن‌دار بر روی گراول‌ها (در برش نیرگاه برق گنو) قابل مشاهده است. این پتروفاسیس در هر سه برش، در ضخیم‌ترین لایه‌های کنگلومرای قابل مشاهده است (شکل ۴-الف).

⁴ Massive, Grain- supported Petromict Extraformational Orthoconglomerate (A1)

تفسیر: پتروفاسیس مورد بحث عمدتاً حاوی زمینه دانه ریز بوده، فاقد لایه بندی و ساخت رسوبی است [۴۷، ۱۰]. تشکیل این پتروفاسیس بیانگر انرژی بالای محیط در هنگام رسوبگذاری بوده است که از ته‌نشست ذرات ریز جلوگیری نموده و به علت تشکیل در شرایط جریان آشفته، حالت توده‌ای دارند [۳۶، ۱۰]. عدم حضور ذرات ریز در این پتروفاسیس نشان دهنده انرژی بالای جریان و حالت توده‌ای آن و نبود ساخت فلسی در قطعات منعکس کننده تشکیل این رخساره توسط جریان‌های با چگالی بالا و آشفته است [۲۱، ۳۴]. جریان‌های خرده‌دار که از سرعت و انرژی بالایی برخوردارند، می‌توانند سبب تشکیل این پتروفاسیس شده باشند [۲۹، ۵۵]. این پتروفاسیس مربوط به کف کانال در انتهای مخروط افکنه و ابتدای رودخانه بریده بریده با بستر گراولی تشکیل می‌شود [۴۷-۴۶].

A2: پتروفاسیس ارتوکنگلومرای برون سازندی پترومیکت دانه پشتیبان با طبقه بندی مورب عدسی⁵ (Gt)

توصیف: پتروفاسیس Gt معرف کنگلومراهای دارای لایه بندی مورب عدسی شکل می‌باشد که مهم‌ترین مشخصه این پتروفاسیس است. این پتروفاسیس معمولاً به شکل عدسی نامتقارن دیده می‌شود. ترکیب دانه‌های تشکیل دهنده آن همانند ترکیب سنگ رخساره A1 است اما اندازه آن‌ها کوچکتر است. حداکثر اندازه دانه‌های آن به ۳ سانتیمتر می‌رسد. ذرات غالباً به فرم تیغه‌ای هستند. زمینه ماسه‌ای بین دانه‌ها را فرا گرفته است. ضخامت پتروفاسیس حداکثر به ۴۰ سانتی متر می‌رسد. گسترش جانبی آن کم است. این پتروفاسیس در بخش‌های میانی برش نیروگاه برق گنو و در تناوب با پتروفاسیس‌های ماسه سنگی قرار می‌گیرد. سطح پایینی این پتروفاسیس، مقعر به سمت بالا می‌باشد (شکل ۴-ب).

تفسیر: ویژگی‌های این پتروفاسیس بیانگر، انرژی بالای جریان و بار رسوبی متوسط است که عمدتاً توسط جا به جایی گراول‌ها در یک جریان پرانرژی در حال کاهش ایجاد می‌شود [۴۷] و پر شدگی‌های جزئی کانال را نشان می‌دهند [۴۴، ۷۰].

A3: پتروفاسیس ارتوکنگلومرای برون سازندی پترومیکت دانه پشتیبان دارای لایه بندی افقی⁶ (Gh)

توصیف: پتروفاسیس ارتوکنگلومرای برون سازندی پترومیکت گل پشتیبان دارای لایه بندی افقی و ساخت فلسی است. این پتروفاسیس مانند پتروفاسیس Gcm در هر سه برش مورد مطالعه و در لایه‌های پایینی و میانی مشاهده شد. در این پتروفاسیس گراول‌ها دارای لایه بندی مشخص و ساخت فلسی نامشخص و مبهم هستند. دانه تقریباً هم اندازه می‌باشند که در زمینه ماسه سنگ درشت قرار گرفته‌اند. تغییرات جانبی کمی دیده می‌شود (شکل ۴-ب).

تفسیر: ویژگی‌های این پتروفاسیس بیانگر آن است که جریان آب و فرآیند جریان رودخانه‌ای در تشکیل آن دخالت دارد [۶۷]. این پتروفاسیس در اثر مهاجرت جانبی سدهای طولی در رودخانه، به شکل رسوبات باقی مانده در کف کانال، و یا نهشته‌های غربال شده تشکیل می‌شود [۴۹-۴۸، ۱۶].

A4: پتروفاسیس ارتوکنگلومرای برون سازندی پترومیکت دانه پشتیبان با دانه بندی تدریجی معکوس⁷ (Gci)

توصیف: این پتروفاسیس در محدوده مورد مطالعه بطور جانبی به سایر پتروفاسیس‌های کنگلومرای تبدیل می‌شود. در این پتروفاسیس اندازه ذرات بطرف بالا کاهش می‌یابد. ذرات دانه درشت دارای گردشگی ضعیفی می‌باشند و اغلب زاویه‌دار و بیشتر ذرات آهکی هستند (شکل ۴-ب).

تفسیر: این پتروفاسیس حاوی گراول‌های آواری دانه پشتیبان با دانه بندی تدریجی معکوس است. جریان آواری غنی از قطعات (مقاومت بالا)، یا جریان آواری پلاستیک دروغین (مقاومت کم) این پتروفاسیس را به وجود می‌آورد [۴۳، ۱۹]. این

⁵ Trough cross-bedded, Grein- supported Petromict Exterafomational Orthoconglomerate (A2)

⁶ Crudely Bedded, Mud-supported Petromict Exterafomational Orthoconglomerate (A3)

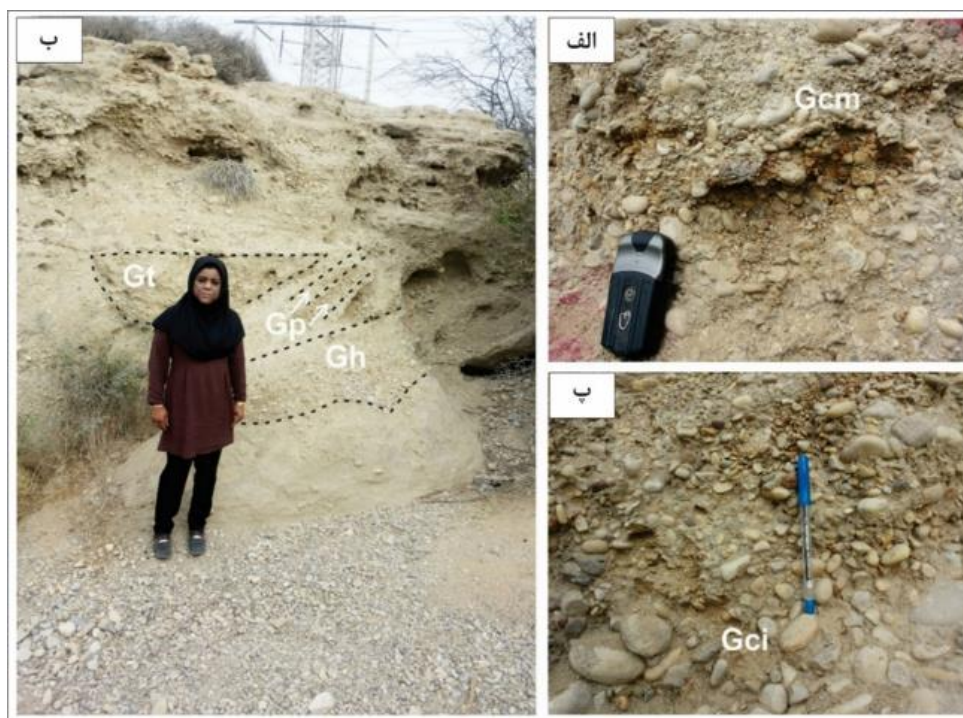
⁷ Reverse Graded Bedded, Grein- supported Petromict Exterafomational Orthoconglomerate (A4)

پتروفاسیس معرف بخش ابتدایی یک جریان رودخانه‌ای است که حجم بالایی از قطعات از مخروط افکنه به آن وارد شده‌اند [۲۵].

A5: پتروفاسیس ارتوکنگلومرای برون سازندی پترومیکت دانه پشتیبان با طبقه بندی مورب و سطح مسطح (Gp)⁸
توصیف: این پتروفاسیس در گستره مورد مطالعه به شکل دانه پشتیبان همراه مقادیری ماتریکس وجود دارد و این پتروفاسیس از رسوبات گراولی با لایه‌بندی مورب مسطح تشکیل شده است. که عمدتاً ذرات آن‌ها گراولی می‌باشد (شکل ۴-ب).

تفسیر: شواهد بیانگر آن است که این پتروفاسیس سنگی ممکن است بر اثر مهاجرت سدهای متقاطع زبانه‌ای در بخش‌های عمیق‌تر کانال بر جای گذاشته شده باشد [۴۶] رخساره Gp تحت شرایط جریان انرژی بالا، مشابه با پتروفاسیس Gm نهشته شده است [۷۰]. میال [۴۴] تشکیل پتروفاسیس Gp را باقی مانده سدهای زبانی^۹ می‌داند. واکر و جیمز^{۱۰} [۶۶] نیز طبقه بندی مسطح شیب‌دار با زاویه زیاد را وابسته به مهاجرت سدهای بزرگ یا سطوح لغزشی زیاد می‌داند. برخی نیز، آن‌ها را نتیجه سدهای بین کانالی تشکیل شده در بخش‌های عمیق یک کانال می‌دانند [۶۱، ۷۱].

بررسی میکروسکوپی ترکیب گراول‌های نهشته‌های درشت دانه سازد بختیاری عموماً آهکی، تراکیتی، چرتی، ریولیتی، بازالتی، چرتی، سیلتستونی و ماسه سنگی می‌باشد که برتری با گراول‌های آهکی می‌باشد (شکل ۵). به نظر می‌رسد تنوع گراول‌های آهکی در ارتباط مستقیم با سازند آهکی آسماری و وجود خرده‌های چرتی، دگرگونی و آتشفشانی در ارتباط مستقیم با سری هرمز و زون سسندج-سیرجان می‌باشد که تحت تاثیر چرخه‌های رسوبی و تکتونیک پویای منطقه در این توالی نهشته شده‌اند.

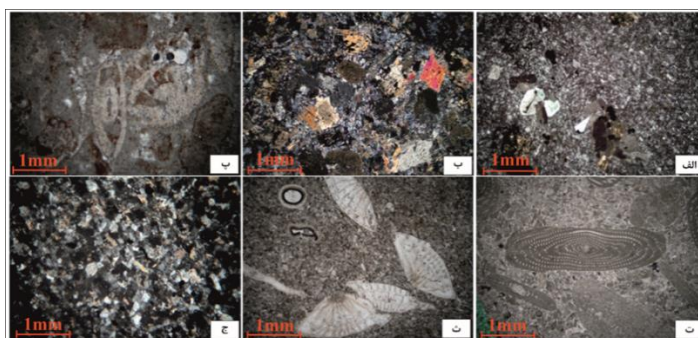


شکل ۴- انواع پتروفاسیس کنگلومرایی شناسایی شده سازند بختیاری در محدوده مورد مطالعه الف: پتروفاسیس گراولی Gcm ب: پتروفاسیس گراولی Gt, Gp, Gh پ: پتروفاسیس گراولی Gci.

⁸ Planar cross-bedding Bedded Petromict Extraformational Orthoconglomerate (A5)

⁹ Linguid bars

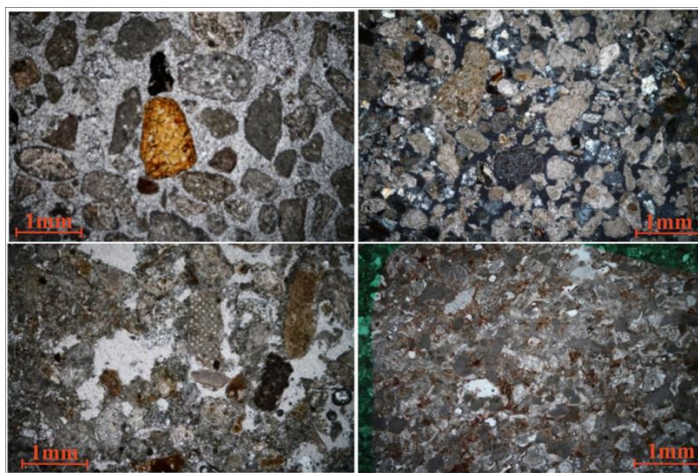
¹⁰ Walker and James



شکل ۵- تنوع ترکیبی گراول‌های سازند بختیاری الف: تراکیت با بافت پورفیری: میکروگابرو پ: بایوکلاست اینتراکلاست و کستون ت: پلوئید بایوکلاست و کستون ج: سیلتستون آهکی (همه تصاویر نور XPL).

۴-۲-۲. سنگ رخساره ماسه سنگی

در توالی‌های مورد مطالعه سازند بختیاری، رخساره ماسه سنگی در تناوب با کنگلومراها و گل‌سنگ دیده می‌شوند. بررسی صحرائی منجر به شناسایی چهار پتروفاسیس ماسه سنگی در توالی‌های مورد گردید. مطالعه میکروسکوپی نشان داد این پتروفاسیس‌ها عمدتاً از خرده سنگی شامل خرده سنگ‌های آهکی، کوارتز و بعضاً فلدسپار و چرت (خیلی کمتر) تشکیل شده است (شکل ۶). اندازه دانه‌های ماسه در این ماسه سنگ‌ها بین ۰/۲ میلی متر تا ۲ میلی متر متغیر است، بنابراین از ماسه سنگ‌های دانه ریز تا درشت محسوب می‌شوند، معمولاً درشت‌ترین قطعات را قطعات آهکی و سپس، ماسه سنگ‌ها تشکیل می‌دهند و فلدسپارها ریزتر هستند. سیمان این پتروفاسیس‌ها عمدتاً سیمان کلسیتی و گاه‌آهنی است (شکل ۶). با توجه به درصد بالای خرده سنگ‌ها نسبت به کوارتزها، بلوغ ترکیبی ضعیفی دارند. گردشگری دانه متوسط تا ضعیف دانه‌ها و ایمچور [۶۵] هستند، بنابراین بلوغ بافتی متوسطی دارند. بر مبنای این خصوصیات پتروگرافی و با توجه به طبقه بندی فولک [۲۰] ماسه سنگ‌های سازند بختیاری، از نوع کالک لیتایت می‌باشد. در ادامه این سنگ رخساره ماسه سنگی بر مبنای ساخت‌های رسوبی و بر اساس تقسیم بندی میال [۴۸] شرح داده می‌شود:



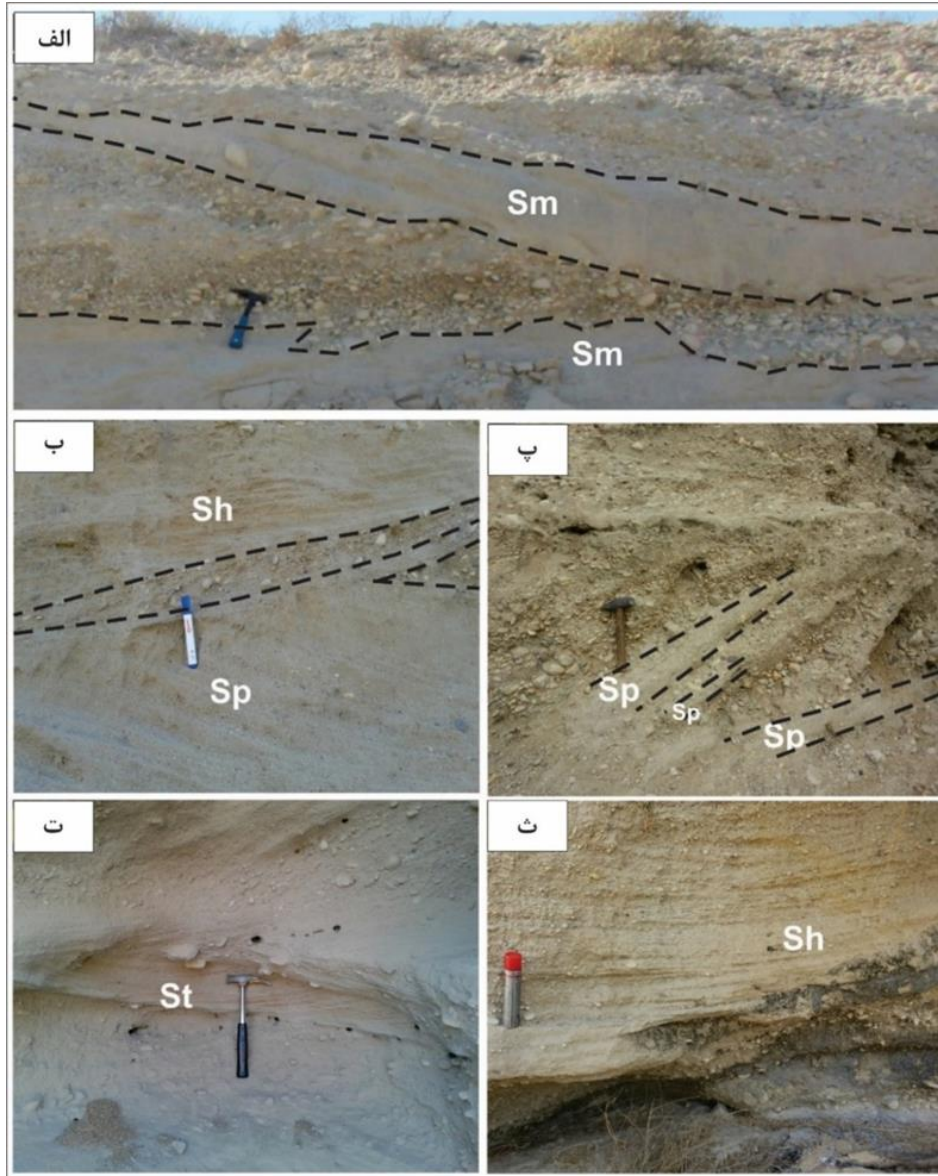
شکل ۶- تصویر میکروسکوپی پتروفاسیس کالک لیتایت در سازند بختیاری (نور ppl).

B1: پتروفاسیس کالک لیتایت با طبقات مورب مسطح (Sp)^{۱۱}.

توصیف: این پتروفاسیس شامل طبقه بندی مورب مسطح است. لایه‌های مورب به دو صورت مورب و ساده وجود دارند (شکل ۷-پ).

^{۱۱} Planar cross-bedding Calcilitite (B1)

تفسیر: وجود لایه بندی مورب و ساده بیانگر تهنشست در محیط آبی با جریان‌های یک جهتی هستند [۶۵]. این پتروفاسیس اغلب در سرعت‌های پایین جریان آب [۲۷] و در اثر حرکت ریپل‌ها و مگاریپل‌های دو بعدی با خط الراس مستقیم تشکیل می‌شوند [۱۴، ۶۴]. این پتروفاسیس در برش‌های مورد مطالعه به طور جانبی و متناوب با سایر پتروفاسیس‌های ماسه سنگی قرار دارد.



شکل ۷- پتروفاسیس‌های ماسه سنگی شناسایی شده در سازند بختیاری در محدوده مورد مطالعه الف: پتروفاسیس ماسه سنگی Sm, ب: پتروفاسیس ماسه سنگی Sh و Sp, پ: پتروفاسیس ماسه سنگی Sp, ت: پتروفاسیس ماسه سنگی St و ث: پتروفاسیس ماسه سنگی Sh.

B2: پتروفاسیس کالک لیتایت با طبقات مورب عدسی¹² (St).

توصیف: این پتروفاسیس در قسمت میانی پایین دست برش نیروگاه برق گنو به فراوانی قابل مشاهده است. شامل ماسه ریز تا خیلی درشت است در بعضی قسمت‌ها پیل هم دیده می‌شود. این پتروفاسیس بصورت جانبی و عمودی به سایر پتروفاسیس‌های کنگلومرایبی و ماسه سنگی تبدیل می‌شود. لایه بندی متقاطع ناودیدی (تراف) تک یا گروهی در آن‌ها دیده می‌شود (شکل ۷-ث).

¹² Trough cross-bedded Calclitite (B2)

تفسیر: پتروفاسیس St اغلب در نتیجه حرکت ریپل‌ها و مگاریپل‌ها با خط الراس پیچیده و سینوسی [۲۷،۳۸،۵۳] و همچنین دون‌های سه بعدی [۴۷] حاصل می‌شود.

B3: پتروفاسیس کالک لیتایت با طبقات موازی (Sh)^{۱۳}.

توصیف: مهم‌ترین ساخت رسوبی در این پتروفاسیس، لامینه بندی و طبقه بندی افقی است و جدایش خطی نیز گاهی دیده می‌شود. این پتروفاسیس بیشتر در برش نیروگاه برق گنو مشاهده می‌شود که ضخامت کمتر از ۵۰ سانتیمتر دارد (شکل ۷-ب).

تفسیر: در این پتروفاسیس، چینه‌ها در حد لامیناسیون هستند که مجموعه‌هایی ضخیم را ایجاد می‌کنند. اندازه دانه‌ها اغلب در حد ماسه ریز تا متوسط‌اند. پتروفاسیس Sh در سرعت‌های پایین و بالای جریان آب رودخانه حاصل می‌شود [۲۷،۳۸،۴۷،۵۳] و به طور جانبی به دیگر پتروفاسیس‌های ماسه سنگی تبدیل می‌گردد.

B4: پتروفاسیس کالک لیتایت توده‌ای (Sm)^{۱۴}.

توصیف: این پتروفاسیس فاقد ساخت رسوبی است. اغلب در قسمت میانی و بالایی برش‌ها دیده می‌شود. این پتروفاسیس فاقد اندازه دانه‌ها اغلب در حد ماسه متوسط تا درشت است. با مرز مشخص به سایر پتروفاسیس‌های ماسه سنگی قرار گرفته است. این پتروفاسیس در برش جنوب شهرک تازیان به رنگ بسیار روشن دیده می‌شود (شکل ۷-الف).

تفسیر: نهشته‌های ماسه سنگی بالغ توده‌ای به نهشته شدن سریع از حالت معلق در طی سیلاب‌ها نسبت داده شده است [۲۷،۴۶،۵۹].

۴-۲-۳. سنگ رخساره‌های ریزدانه

نهشته‌های ریزدانه در سازند بختیاری بسیار ناچیز بوده که عموماً در بین رخساره‌های ماسه سنگی و کنگلومرایی به صورت لایه‌های بسیار نازک حضور دارند. این سنگ رخساره شامل پتروفاسیس زیر است:

C1: پتروفاسیس (C1) گل توده‌ای (Fm)^{۱۵}.

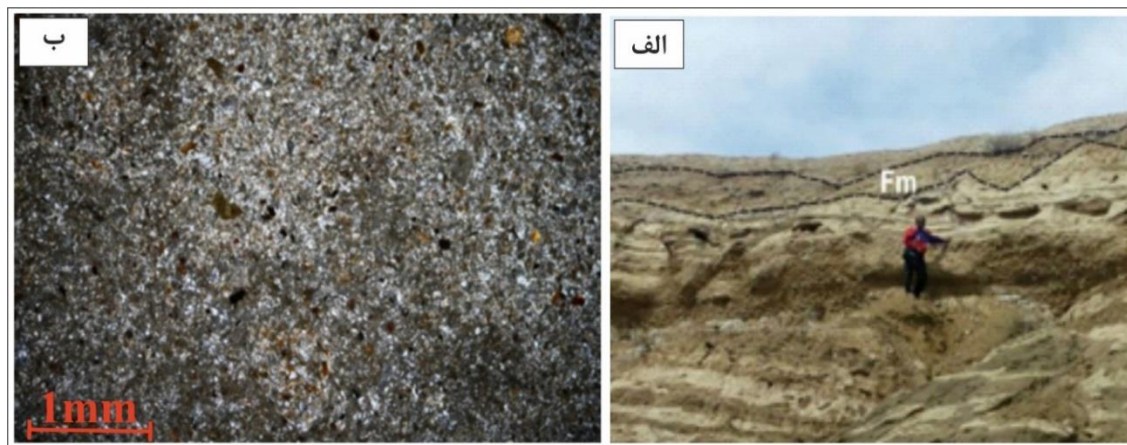
توصیف: این پتروفاسیس ترکیبی از گل و گل ماسه‌ای ریز دانه توده‌ای می‌باشد (شکل ۸). دارای گسترش جانبی است. به رنگ قهوه‌ای روشن است. فاقد هر گونه لایه بندی است. این پتروفاسیس در بین پتروفاسیس‌های Gh و Sm قرار گرفته است. ستبرای این پتروفاسیس به طرف جوانب تغییر می‌کند. تصویر میکروسکوپی این پتروفاسیس در شکل ۷ نشان داده شده است.

تفسیر: پتروفاسیس Fm از رسوب گذاری نهشته‌های طغیانی [۴۷،۶۶] و یا رسوبات ریزشی ناشی می‌شود [۴۳،۶۰]. عدم وجود لامینه و لایه بندی در این رخساره را می‌توان به ته‌نشست سریع ذرات معلق (رس و سیلت) نسبت داد [۷۰].

¹³ Horizontally Bedded and laminated Calclitite (B3)

¹⁴ Massive Calclitite (B4)

¹⁵ Massive Marl(C1)



شکل ۸- الف: رخساره گلستنگی در برش جنوب شهرک تازیان پایین، ب: مقطع نازک از رخساره گلستنگی

۴-۳. عناصر ساختاری

عناصر ساختاری به رسوبات درون کانال و سدهای یک محیط رودخانه‌ای اطلاق می‌شود که بر اساس اندازه (ستبر)، مجموعه پتروفاسیس‌ها، شکل هندسی، طرح جهت جریان دیرینه و سطوح محصور کننده رسوبات تفکیک می‌شوند [۴۶، ۱۳]. عناصر ساختاری بر اساس اندازه دانه‌ها، مجموعه سنگ رخساره‌ها، شکل هندسی، طرح جهت دیرینه و سطوح محصور کننده رسوبات درون کانال و خارج کانال به چند قسمت تقسیم می‌شوند. بر اساس سنگ رخساره‌های مورد اشاره در بالا ۵ عنصر ساختاری برای این نهشته‌ها مشخص گردید که توصیف آن‌ها در جدول ۱ ارائه گردید.

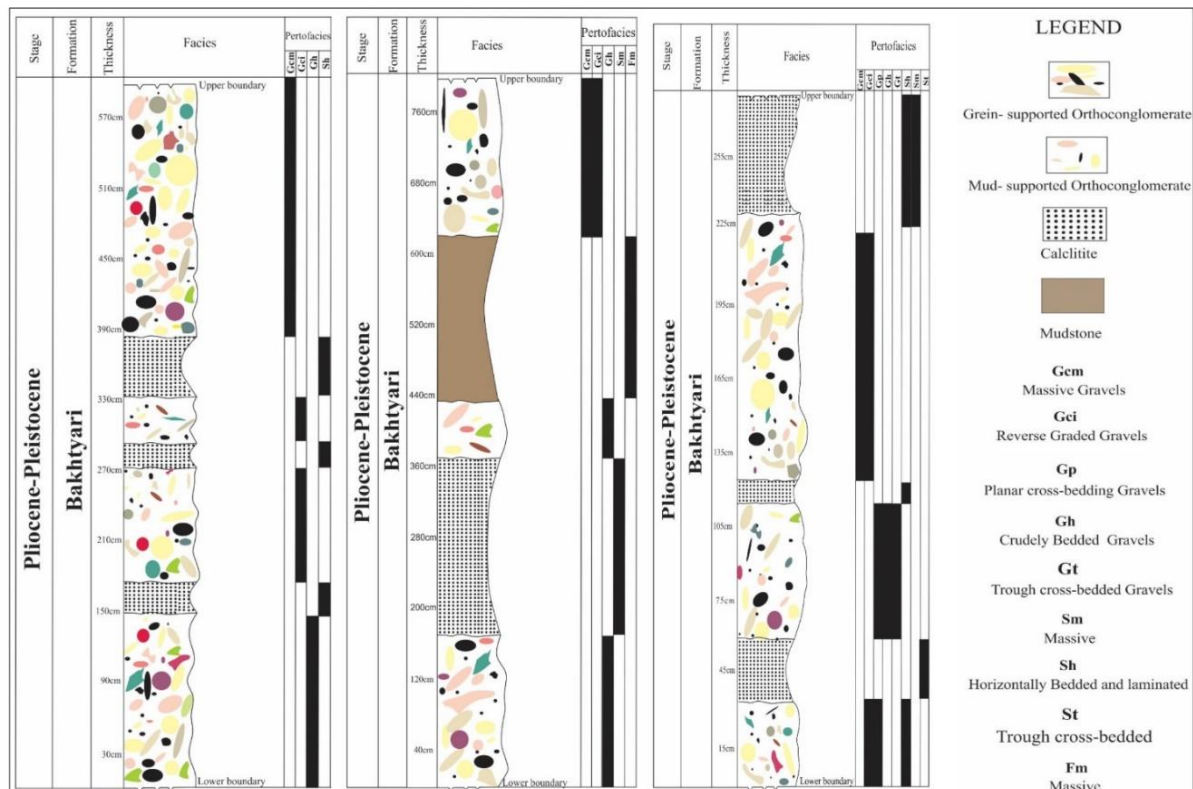
جدول ۱- عناصر ساختاری شناسایی شده در نهشته‌های سازند بختیاری بر مبنای رده بندی مایل [۴۷]

نهشته‌ها	عناصر ساختاری	مجموعه پتروفاسیس	توصیف
کنگلو مری	سد گراولی و اشکال لایه‌ای (GB)	Gt, Gp Gmm	عناصر ساختاری GB بصورت عدسی شکل و گسترده که پرکننده کانال‌ها بوده و مرتبط با کانال‌های کم عمق از نوع بریده بریده با بستر گراولی است [۴۶، ۲۲، ۱۵]. معمولاً با عنصر ساختاری SB یافت می‌شوند (موسوی حرمی و همکاران، ۱۳۸۵). وجود این عنصر ساختاری حاکی از رسوبگذاری در اثر مهاجرت سدهای کانالی در سیستم‌های رودخانه بریده بریده با میزان رسوبگذاری متوسط است [۳۵، ۶۹]. این عناصر معمولاً از نظر شکل هندسی به فرم عدسی شکل و نیز گسترده است [۴۶]. این عنصر ساختاری به میزان زیاد در قسمت‌های میانی و بالایی برش‌های نیروگاه برق گنو و جنوب شهرک مروارید دیده می‌شود. در این دو برش ستبراً بطرف پایین دست افزایش یافته و به حالت کاملاً توده‌ای در می‌آید.
	سد گراولی و اشکال لایه‌ای (HG)		این عنصر ساختاری می‌تواند چندین چرخه رسوبی را نشان دهد [۴۶]. معمولاً این نوع رودخانه‌ها در قسمت‌های بالا دست دیده می‌شوند. این رودخانه‌ها پیچش کمی دارند و عمدتاً رسوبات آن‌ها گراول و مقدار ناچیزی ماسه است [۳]. احتمالاً رسوبگذاری تحت تاثیر فرایندهای گرانشی توسط جریان‌های خرده‌دار با نرخ رسوبگذاری بالا نواحی نزدیک به منشأ، در سیستم‌های رودخانه بریده بریده برجای گذاشته شده است [۴۶، ۴۰] و نشان دهنده انرژی بالای محیطی است [۴۷، ۲۴، ۳۵] و نظر شکل هندسی غالباً پهن و بفرم ورقه‌ای هستند [۳۵، ۶۹].
	پر کننده کانال (CH)	Gh, Sh, Sm	این عنصر تلفیقی از مجموعه پتروفاسیس‌های گراولی و ماسه‌ای است که عنصر کانالی نامیده می‌شود. این عنصر شامل پتروفاسیس‌های پرکننده کانال است [۴۷، ۴۲]. به فرم عدسی شکل هستند، که مرز تحتانی آن‌ها فرسایشی است [۴۶].
ماسه سنگی	ماسه با اشکال لایه ای (SB)	St, Sp, Sh Sl, Sr, Se, Ss	شکل هندسی این عنصر عدسی شکل، ورقه‌ای و گسترده است که معمولاً در رژیم جریانی بالا و پایین تشکیل می‌شوند [۲۷]. این عنصر به صورت مجموعه سد تعریف می‌گردد که داخل هر مجموعه سدهای طولی با طبقه بندی مورب مسطح و سدهای متقاطع با طبقه بندی مورب عدسی

<p>شکل مشخص می‌گردد [۴۷، ۶۹]. این عنصر از نظر شکل هندسی به فرم صفحه‌ای و گوه‌ای شکل است. در زمانیکه نرخ رسوبگذاری متوسط بوده در سیستم رودخانه بریده بر جای گذاشته شده‌اند. معمولاً در رژیم‌های جریان پایین و بالا تشکیل شده‌اند و ممکن است رسوبات پرکننده کانال را تشکیل دهند [۴۶]. تشکیل این عنصر را می‌توان به مهاجرت سدهای کانالی در نرخ رسوب گذاری متوسط در سیستم‌های رودخانه‌ای نسبت داد [۴۷-۴۶].</p>			
<p>این عنصر ساختاری شامل ذرات خیلی ریز می‌باشد که به صورت پوشش‌های نازک تا ضخیم گسترش دارند. معمولاً بین لایه‌های GB قرار می‌گیرند. این عنصر می‌تواند در اثر پرشدگی کانال‌های متروکه ایجاد شود [۴۶، ۶۰]. عنصر ساختاری مذکور در رودخانه‌های بریده بریده و مخروط فکته ته‌نشین شده و بر اثر کاهش انرژی سیال محیط‌های رسوبی آرام‌تر ته‌نشست می‌کند [۴۷].</p>	C1	عصر ساختاری (FF)	گل‌سنگی

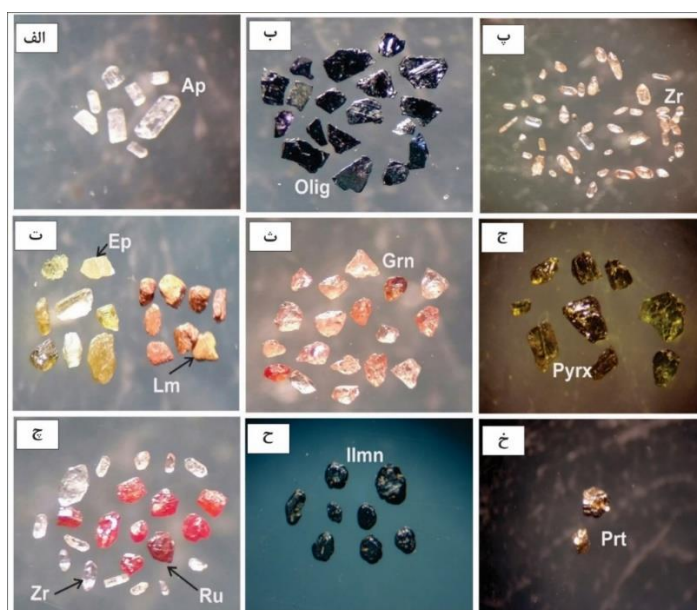
۴-۴. کانی‌های سنگین

کانی‌های سنگین به دلیل پایداری و مقاومت خود، به خوبی می‌توانند منشاء رسوبات را نشان دهند [۳۱، ۴۱]. با شناسایی ترکیب کانی‌های سنگین در یک نمونه رسوبی، می‌توان به نوع سنگ منشاء و شرایط تکتونیکی آن منطقه پی برد [۵۸]. از جمله‌های سنگین شناسایی شده در نهشته‌های سازند بختیاری می‌توان به کانی‌های زیرکن، اسفن، باریت، روتیل، کوارتز و فلدسپار، کلسیت و به مقدار کم آپاتیت، لوکوکسن، آاناتاز و همچنین کانی‌های هماتیت، پیروکسن، آمفیبول، مگنتیت، اپیدوت، لیمونیت، ایلمنیت، پیریت اکسید و به مقدار کم کانی‌های مارتیت اشاره کرد (شکل ۱۰).



شکل ۹- ستون سنگ رخساره‌ای سازند بختیاری در باختر بندرعباس، از سمت راست برش نیروگاه برق گنو، برش جنوب شهرک تازیان پایین، برش جنوب شهرک مروارید

حضور روتیل، اپیدوت و آناتاز در رسوبات نشان دهنده منشا دگرگونی و به ندرت آذرین است [۵۲]. کانی اسفن، آمفیبول، مگنتیت، هماتیت، ایلمنیت، پیروکسن و زیرکن نشان دهنده منشا آذرین یا دگرگونی است [۵۴]. وجود لوکوکسن در رسوبات نشان دهنده تجزیه و تغییرات کانی‌های تیتانیومی است و می‌تواند به محیط‌های دگرگونی و تغییرات شیمیایی در رسوبات اشاره کند [۵۲، ۳۱]. به نظر می‌رسد حضور این کانی‌های سنگین در ارتباط مستقیم با سری هرمز و دگرگونی‌های پهنه سندج-سیرجان و سری هرمز می‌باشند که با نتایج منشا گراول‌های موجود در کنگلومراها هم‌خوانی دارد. حضور این کانی‌های سنگین در نهشته‌های مورد مطالعه نشان دهنده فرسایش نهشته‌های رسوبی قدیمی‌تر و نهشته شدن آن‌ها طی چرخه‌های رسوبی مجدد در طی رخداد بختیاری است.

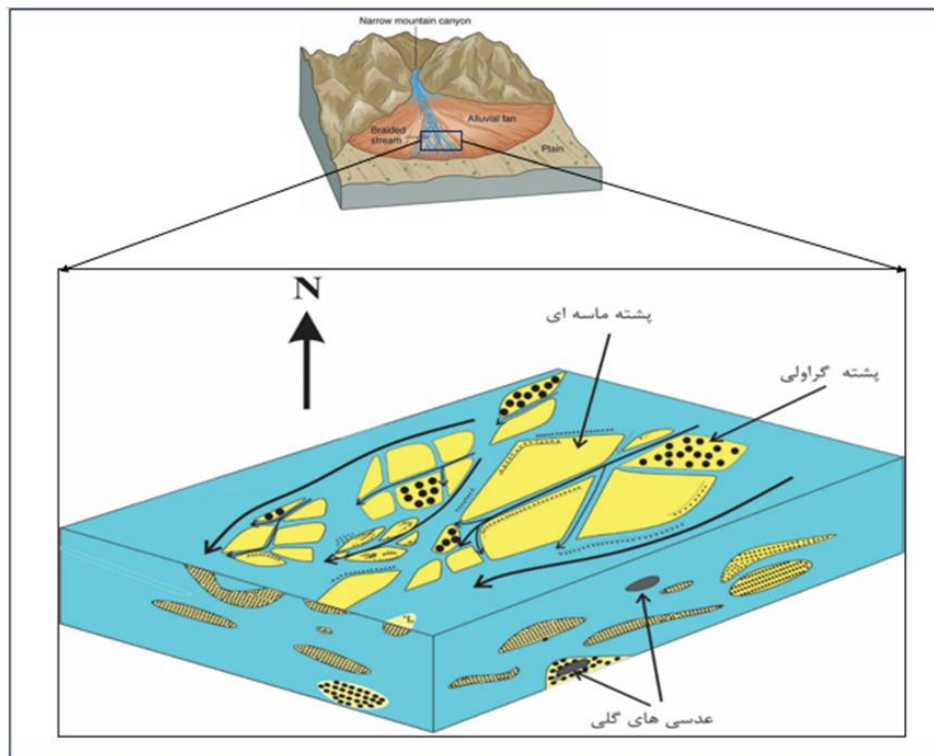


شکل ۱۰- کانی‌ها عبارتند از: الف: اپاتیت (Ap)، ب: الیژیست (Olig)، پ: زیرکن (Zr)، ت: لیمونیت (Lm): سمت راست به همراه اپیدوت (Ep: سمت چپ)، ث: گارنت (Grn)، ج: پیروکسن، چ: روتیل (Ru قرمز) به همراه زیرکن (Zr شفاف)، ح: ایلمنیت (Ilmn)، خ: پیریت (Prt).

۴-۴. شرایط ته‌نشینی

نهشته‌های کنگلومرایی در برش‌های مورد مطالعه، دارای ساخت‌هایی همچون، دانه بندی تدریجی معکوس (به سمت بالا ریز شونده)، مرز فرسایشی، ساخت فلسی، تغییرات جانبی گسترده، که معرف ته‌نشینی در نظام جریان‌ی زیاد هستند، می‌باشند. گراول‌ها بدلیل درشت بودن به صورت غلطیدن، کشیده شدن، سرخوردن و جهیدن در محیط آبرفتی حرکت می‌کنند. عمده رسوبگذاری نهشته‌های دانه درشت در داخل رودخانه‌ها و در داخل کانال اصلی و فعال انجام می‌شود. گراول‌ها تحت تاثیر نیروی کششی درکف کانال حرکت می‌کنند و می‌توانند ساخت‌های همچون دانه بندی تدریجی به سمت بالا ریز شونده و لایه بندی مورب را به وجود آورند علاوه بر نیروی کششی نیروی دانسیته هم می‌تواند شرایط را برای رسوبگذاری این دانه‌ها فراهم کند. از آنجاییکه رودخانه بریده بریده در شرایط محیطی شیب‌دار [۴۴] تشکیل می‌شود، می‌توان گفت این نوع جریان در میزان حمل و رسوبگذاری گراول‌ها موثر است. گراول‌ها به صورت نهشته‌های جریان واریزه، سدهای طولی، نهشته‌های باقی مانده، نهشته‌های الک شده، پرشدگی کانال‌های فرعی یا سدهای زبانه‌ای در یک رودخانه بریده دیده می‌شوند [۳۷]. بر اساس رخساره‌های کنگلومرایی و ساخت‌های تشخیص داده شده و مقایسه آن‌ها با محیط‌های عهد حاضر، زیر محیط‌های کانال فعال، پشته‌های گراولی در ابتدای یک رودخانه بریده دیده محل ته‌نشست رخساره‌های کنگلومرایی سازند بختیاری می‌باشند.

نهشته‌های ماسه سنگی سازند بختیاری دارای ساخت‌هایی: مانند طبقه بندی مورب، طبقه بندی مورب عدسی، مرز فرسایشی متعدد، رسوبات بصورت چرخه‌ای، لامیناسیون ظریف همراه با تغییرات جانبی و عمودی، مشخصه‌های بافتی (جورشدهگی ضعیف، گرد شدهگی متوسط تا زاویه‌دار) و حضور کانی‌های سنگین هستند. اشکال عدسی و ساختمان‌های یک جهتی مانند طبقه بندی مورب بیانگر رسوبگذاری داخل کانال یک رودخانه است [۶۱]. وجود این مشخصه‌ها معرف شرایط ته‌نشینی در محیط کانال رودخانه‌ای و زیر محیط‌های کانال فعال و پشته‌ها می‌باشد. همچنین وجود پتروفاسیس‌های ساختاری [31 Gp، 68، 47 Gcm] در توالی‌های کنگلومرای و پتروفاسیس‌های [47 Sp] در توالی ماسه سنگی معرف یک رودخانه بریده بریده می‌باشند. نهشته‌های گلسنگی، به دلیل ریزدانه بودن در فاصله دورتری از منشا نهشته می‌شوند. جریان تعلیقی و جریان جاذبه‌ای در حمل و نقل آن‌ها موثرند. البته تغییر در میزان شوری آب، تغییر درجه حرارت آب و تغییر در میزان کواد معلق در نهشته شدن این رسوبات نقش به‌سزایی دارند. جهت حمل و نقل ذرات در حد سیلت و رس سرعت جریان آب حداقل ۰/۰۵ لازم است [۲۰]. رسوبات ریزدانه معمولاً در دشت سیلابی نهشته می‌شوند اما در رودخانه بریده بریده که دشت سیلابی وجود ندارد، این رسوبات دانه ریز در کانال‌های متروکه و یا در اثر تغییرات ناگهانی در شرایط رسوب می‌کنند [۴۷-۴۴].



شکل ۱۱- مدل رسوبی نهشته‌های سازند بختیاری در شمال و باختر شهر بندرعباس

با توجه به آن چه گفته شد می‌توان گفت سازند بختیاری در گستره مورد مطالعه در یک محیط رودخانه‌ای بریده بریده دور از منشا در انتهای یک مخروط افکنه بزرگ در شمال گستره مورد مطالعه نهشته شده است. الگوهای جریانی دیرینه موجود در ساخت‌های رسوبی همچون ساختارهای فلسی و لایه بندی متقاطع روند عمومی شمال خاوری-جنوب باختری را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است از نهشته‌های رودخانه‌ای نوع بریده بریده مشابه می‌توان به قسمت پایینی سازند شورپچه [۲] در ایران، سازند Wealden جنوب انگلستان [۳۳] سازند Katberg در جنوب آفریقا [۲۵] و سازند Red در کانادا [۳۹] نام برد.

۵- نتیجه گیری

سازند بختیاری (پلیوسن میانی-پلیستوسن) در هر سه برش مورد مطالعه در شمال شهر بندرعباس، شامل تناوبی از کنگلومرا، ماسه سنگ و مقداری گل‌سنگ باشد این سازند با مرزی از نوع ناپیوستگی فرسایشی بر روی سازند آجاجاری قرار گرفته است و مرز بالایی سازند بختیاری با نهشته‌های عهد حاضر نیز از نوع ناپیوستگی فرسایشی است. بالا بودن میزان کنگلومرا نسبت به ماسه سنگ و مارن در این توالی حاکی از تشدید شرایط قاره‌ای و بالا آمدگی است. عمده ساخت‌های رسوبی این توالی شامل ساخت فلسی، دانه بندی تدریجی عادی، دانه بندی تدریجی معکوس، طبقه بندی مورب عدسی و کانال فرسایشی در کنگلومراها و ساخت‌هایی همچون لایه بندی، توده‌ای، لامیناسیون، لایه بندی متقاطع در ماسه سنگ‌ها و ساخت توده‌ای در گل‌سنگ‌ها می‌باشد. نهشته‌های درشت دانه شامل کنگلومرای گل پش‌تیبان دانه پش‌تیبان و نهشته‌های دانه متوسط شامل پتروفاسیس ماسه سنگ کالک لیتایتی می‌باشد. پنج عنصر ساختاری (GB, CH, SB, GH, FF) نیز در نهشته‌های متشکله سازند بختیاری تشخیص داده شد. ترکیب گراولی و وجود کانی‌های سنگین در نهشته‌های کنگلومرای و ماسه سنگی سازند بختیاری حاکی از نقش نهشته‌های قدیمی‌تر مانند سازند آسماری، سری هرمز و زون سنندج-سیرجان به عنوان منشا این نهشته‌ها می‌باشد. براساس بررسی‌های سنگ چینه نگاری، ساخت‌ها و پتروفاسیس‌های تشخیص داده شده، محیط تشکیل سازند بختیاری یک رودخانه بریده بریده (گیسویی) دور از منشا در انتهای یک مخروط افکنه می‌باشد. توالی مورد مطالعه در جهت شمال خاوری به یک مخروط افکنه در حاشیه زاگرس چین خورده و در جنوب به دشت ساحلی منتهی می‌شود. توالی سازند بختیاری در گستره شمال شهر بندرعباس نمادی از تاثیر رویداد زمین ساختی بختیارین و نوسان‌های اقلیمی در این بخش از پیش بوم بندرعباس در منتهی الیه جنوب خاوری زاگرس چین خورده است.

سپاس و قدردانی

از داوران مقاله آقایان دکتر علیرضا بشری (رئیس انجمن زمین شناسی نفت ایران)، و دکتر بابک سامانی (استادیار دانشگاه شهید چمران اهواز) تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

- [۱] آقائاتی، ع. ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- [۲] پورسلطانی، م. ۱۴۰۰. پتروگرافی و تاریخچه دیاژنتیکی ماسه سنگ‌های سازند شورجه (کیمریجین پسین هاتریوین) - در برش اسطرخی، حوضه رسوبی کپه داغ، شمال شرق ایران، پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی، سال ۳۷، شماره ۸۳، ص ۱۱۹-۱۴۶.
- [۳] پورسلطانی، م.، کارگر، م. ۱۳۹۰. آنالیز رسوبات دانه درشت ژوراسیک میانی در بخش شرقی حوضه رسوبی کپه داغ، ایران، نشریه علمی پژوهشی رخساره‌های رسوبی شماره ۴، ۱۳۵-۱۵۰.
- [۴] رضائی، پ.، فریدی، پ.، نجفی، ه. ۱۳۹۵. سنگ رخساره‌ها و شرایط ته نشینی سازند کهریزک (پلیستوسن میانی-پسین) در خاور تهران. دوفصلنامه کواترنری ایران، دوره ۲، شماره ۴، ص ۳۹۳-۴۰۳.
- [۵] شرکت سهامی آب منطقه ای هرمزگان، مطالعات به‌هنگام سازی اطلس منابع آب حوضه آبریز رودخانه‌های کل، مهران و جزایر خلیج فارس، تابستان ۱۳۹۰.

- [۶] قاسمی، م.، آقائباتی، ع.، سعیدی، ع. ۱۴۰۲. رویدادهای کوهزایی و خشکی زایی در ایران، فصلنامه علمی علوم زمین، دوره ۳۳، شماره ۱، ص ۸۷-۱۰۶.
- [۷] لاسمی، ی.، رضائی، پ. ۱۳۸۱. بررسی واحدهای سنگ چینه‌ای، رخساره‌ها و محیط‌های رسوبی «گروه بیدو» در برش فیض آباد شمال کرمان، نشریه علوم زمین، دوره ۱۱، شماره ۴۳-۴۴، ص ۶۸-۷۹.
- [۸] محمدی، ا.، عامری، ح. ۱۴۰۰. رخساره‌ها، محیط رسوبی و مدل رسوب‌گذاری سازند قم در شمال آباد (حوضه پیش کمان سنندج - سیرجان)، دوفصلنامه رخساره‌های رسوبی، دوره ۱۴، شماره ۱، چاپ آنلاین.
- [۹] هاشمی عزیزی، ح.، رضائی، پ.، عسگری، ح. ۱۴۰۳. بازسازی شرایط ته‌نشینی نهشته‌های آواری پالئوسن (سازند کرمان) در شمال شرق ایران مرکزی (گستره کاشمر) بر مبنای ویژگی‌های سنگ‌رخساره‌ای و رخساره‌های میکروسکوپی، دو فصلنامه رسوب‌شناسی کاربردی، دوره ۱۲، شماره ۲۳، ص ۱۷۶-۱۸۸.
- [10] AGHABABAEI, A., RAHIMI, B., GHAEMI, F., MOUSSAVI-HARAMI, R., MOTAMEDI, H., & ZADEH, P. G. 2024.. Tectonostratigraphy of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous siliciclastic (Shurijeh Formation) in the eastern Kopeh Dagh fold and thrust belt, Iran. *Marine and Petroleum Geology*, **164**, 106683.
- [11] BERBERIAN, M., & KING, G. C. P. 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran: Reply. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **18**(11), 1764-1766.
- [12] BOGGS S. 1992. Sedimentary Petrology. *Blackwell Scientific Publications*.
- [13] COLLINSON, J., & MOUNTNEY, N. 2019. Sedimentary structures. *Liverpool University Press*.
- [14] CRITELLI, S., & CRINITI, S. 2021. Sandstone petrology and provenance in fold thrust belt and foreland basin system. In Sedimentary petrology-implications in petroleum industry (pp. 1-15). *Intech Open Access Publisher Janeza Trdine 9, Rijeka, Croatia*.
- [15] DÉPRET, T., GAUTIER, E., THOMMERET, N., PIÉGAY, H., VIRMOUX, C., HOOKE, J., & GRANCHER, D. 2023. A multi-spatiotemporal scale strategy to evaluate factors controlling pebble mobility and its interactions with bedforms in a lowland gravel-bed river. *Catena*, **223**, 106882.
- [16] DÍAZ, M., & MARENSSI, S. A. 2020. Using sandstone and conglomerate petrofacies to unravel multiple provenance areas in broken-foreland basins: The Vinchina Formation (Miocene, NW Argentina) as a study case. *Journal of South American Earth Sciences*, **100**, 102541.
- [17] FAKHARI, M. D., AXEN, G. J., HORTON, B. K., HASSANZADEH, J., & AMINI, A. 2008. Revised age of proximal deposits in the Zagros foreland basin and implications for Cenozoic evolution of the High Zagros. *Tectonophysics*, **451**(1-4), 170-185.
- [18] FAKHARI, M., HOSSEINI, M. H. 1994. bandar abbas geological compilation. islamic azad university, 1p.
- [19] FINTHAN, B., MAMMAN, Y. D., & VALDON, Y. B. 2023. Facies association and sequence stratigraphic analysis of the lower Cretaceous Bima Formation in Yola arm of the Upper Benue Trough, Northeastern Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, **198**, 104773.
- [20] FOLK, R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Co., *Austin, Texas*, 182p.
- [21] GAGNON, J.F., WALDRON, J. W.F., 2010. Sedimentation styles and depositional processes in a Middle to Late Jurassic slope environment, Bowser Basin, northwestern British Columbia, Canada, *Marine and Petroleum Geology*, (In press).
- [22] GAO, C., BOREHAM, S., PREECE, R.C., GIBBARD, P.L., & BRIANT, R.M., 2007. Fluvial response to rapid climate change during the Devensian (Weichselian) Late glacial in the River Great Ouse, southern England, UK. *Sedimentary Geology*, **202**: 193-210.
- [23] GHORBANI, M. 2019. Lithostratigraphy of Iran (p. 296). *Cham: Springer*.
- [24] GHOSHAL, K., MAZUMDER, B.S., & PURKAIT, B., 2010. Grain-size distributions of bed load: Inferences from flume experiments using heterogeneous sediment beds. *Sedimentary Geology*, **223**: 1-14.
- [25] GIBLING, M. R., JIA, R., GASTALDO, R. A., NEVELING, J., & ROCHÍN-BAÑAGA, H. 2023. Braided-river architecture of the Triassic Swartberg Member, Katberg Formation, South Africa: assessing age, fluvial style, and paleoclimate after the End-Permian Extinction. *Journal of Sedimentary Research*.
- [26] HALIMEH HASHEMI AZIZI, S., & REZAEI, P. 2014. Lithostratigraphy and Lithofacies of the Siliciclastic Bāqoroq Formation (Middle Triassic), Naxhlak Area, Central Iran. In STRATI 2013: *First International Congress on Stratigraphy At the Cutting Edge of Stratigraphy* (pp. 463-468). Springer International Publishing.
- [27] HARMS JC, FAHNESTOCK RK. 1965. Stratification, bed forms and flow phenomena (with an example from the Rio Grande). In: Middleton GV. (Ed.), Primary sedimentary structures and their hydrodynamic interpretations. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogist, Special Publication*, **12**: 84- 115.
- [28] HARMS, T.A., BURGER, H. R., BLEDNICK, G. D., COOPER, J. M., KING, J. T., OWEN, D. R., LOWELL, J., SINCOCK, M.J., KARENTBURG, S. R., PURFALL, A., AND PICORNELL, C. M., 2004.

- Character and origin of Precambrian fabrics and structures in the Tobacco Root Mountains, Montana, in Montain, in Brady, J. B., et al., eds. Precambrian geology of the Tobacco Root Mountains, Montana: Boulder, Colorado, *Geological Society of American Secial Paper* **377**:203-226.
- [29] ITO, M., MATSUKAWA, M., SAITO, T., & NICHOLS, D.J., 2006. Facies architecture and paleohydrology of a synrift succession in the Early Cretaceous Choyr Basin, Southern Mongolia. *Cretaceous Research*, **27**: 226-240.
- [30] JAIN, M., TANDON, S.K., SINGHVI, A.K., MISHRA, S. AND BHATT, S.C., 2005. Quaternary alluvial stratigraphic development in a desert setting: a case study from the Luni River basin. Thar Desert of western India, In Blum, S.B. Marriott, M.D. and Leclair, S.E. (eds.), *Fluvial Sedimentology VII, International Association of Sedimentologists Special Publication* **35**, Blackwell, 349-371.
- [31] JIANG, R., LIU, Z., XIA, S., ZHU, M., TANG, J., WU, G., & WU, W. 2024. A Multi-Faceted Approach to Determining the Provenance of the Lacustrine Rift Basin in the Initial Rifting Stage: A Case Study of the Paleocene Qintong Sag, Subei Basin, East China. *Minerals*, **14**(4), 420.
- [32] JOSHI, K. B., BANERJI, U. S., DUBEY, C. P., & OLIVEIRA, E. P. 2021. Heavy minerals in provenance studies: an overview. *Arabian Journal of Geosciences*, **14**, 1-16.
- [33] KESSLER, H., & THOMAS, J. 2023. Sedimentary structures and depositional environments of the Wealden Formation. *Sedimentary Geology*, **392**, 125-145.
- [34] KHALAF, E. E. D. A. H., EL-AZABI, M., MOKHTAR, H., & BERNARD, K. 2020. Stratigraphy and facies architecture of the Neoproterozoic syn-and inter-eruptive succession: An example from Gabal El Urf, Northeastern Desert, Egypt. *Precambrian Research*, **350**, 105905.
- [35] KIM, S.B., KIM, Y.G., JO, H.R., JEAN, K.S., & COUGH, S.K., 2009. Depositional facies, architecture and environments of Sihva Formation (Lowre Cretaceous), mid-west Korea with special refrence to dinosaur eggs. *Cretaceous Reserch*, **30**:100-126.
- [36] KOSTIC, B., BECH, A., & AIGNER, T., 2005. 3-D sedimentary architecture of a Quaternary gravel delta (SW-Germany): Implication for hydrostratigraphy. *Sedimentary Geology*, **181**: 143-171.
- [37] LEWIS, D. W., & MCCONCHIE, D. 2012. Analytical sedimentology. *Springer Science & Business Media*.
- [38] LEE ,HS; CHOUGH SK. 2006. Lithostratigraphy and depositional environments of the Pyeongan Super group (Carboniferous- Permian) in the Taebaek area mid-east Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, **26**: 339-352.
- [39] LI, J., ZHANG, X., TIAN, J., LIANG, Q., & CAO, T. 2021. Effects of deposition and diagenesis on sandstone reservoir quality: A case study of Permian sandstones formed in a braided river sedimentary system, northern Ordos Basin, Northern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, **213**, 104745.
- [40] LIANG, C., LIU, C., XIE, X., YU, X., HUANG, L., PAN, J., ... & ZHANG, H. 2024. Depositional process and sediment dispersal pattern of mass transport complex on a slope with numerous elliptical depressions, northwestern South China Sea. *Sedimentary Geology*, 106676.
- [41] MANGE, M. A., & MAURER, H. (2012). Heavy minerals in colour. *Springer Science & Business Media*.
- [42] MCGHEE, C., MUHAMMED, D., SIMON, N., ACIKALIN, S., UTLEY, J. E., GRIFFITHS, J., ... & WORDEN, R. H. 2022. Stratigraphy and sedimentary evolution of a modern macro-tidal incised valley: An analogue for reservoir facies and architecture. *Sedimentology*, **69**(2), 696-723.
- [43] MIALL AD. 1978. Lithofacies types and vertical profile models in braided river deposits. In: Miall AD. (Ed.), *Fluvial Sedimentology*, Calgary. *Can. Soc. Petrol. Geol., Mem.*, **5**: 597- 604.
- [44] MIALL AD. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth Science Reviews*, **22**: 261- 308.
- [45] MIALL AD. 1988. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstones: lessons from outcrop studies. *AAPG Bulletin*, **72**: 682- 697.
- [46] MIALL AD. 1996. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. *Springer-Verlag Inc., Heidelberg*, 582 p.
- [47] MIALL AD. 2000. Principles of Sedimentary Basin Analysis. *Springer, Berlin*, 616 p.
- [48] MIALL AD. 2006. How do we identify big rivers, and big is big? *Sedimentary Geology*, v, pp. 39-50.
- [49] MIALL AD. 2006. How do we identify big rivers, and big is big? *Sedimentary Geology*, v, pp. 39-50.
- [50] MIALL, A. D., AND JONES, B. 2003. Fluvial architecture of the Hawkesbury Sandstone (Triassic), near Sydney, Australia: *Journal of Sedimentary Research*, v. **73**, p. 531-545
- [51] MIALL, A.D. 1992. Alluvial deposits. In, R.G. Walker and N.P. James (Eds.), *Facies Models: Response to Sea Level Change*. Geological Association of Canada, *Geotext* **1**, p. 119-142.
- [52] NESSE, W. D. 2012. Introduction to mineralogy. *Oxford Univ. Press*.
- [53] OKOLO, G. C., EMEDO, O. C., OBUMSELU, A. C., MADUKWE, F. C., & ULASI, A. N. 2020. Lithofacies, particle size analysis and paleodepositional environment of the Eze-Aku Group (Cenomanian– Turonian) in the Itigidi-Ediba area, Afikpo Synclinorium, southeastern Nigeria. *Journal of Sedimentary Environments*, **5**, 375-398.

- [54] OKRUSCH, M., & FRIMMEL, H. E. 2020. Mineralogy: An introduction to minerals, rocks, and mineral deposits. *Springer Nature*.
- [55] PETIT, F., GOL, F., HOUBRECHTS, G., & ASSANI, A.A., 2005. Critical specific stream power in gravel-bed rivers. *Geomorphology*, **69**: 92-101.
- [56] PIROUZ, M. 2018. Post-collisional deposits in the Zagros foreland basin: Implications for diachronous underthrusting. *International Journal of Earth Sciences*, **107**(5), 1603-1621.
- [57] RAHIMINEJAD, A. H., YAZDI, M., & ASHOORI, A. R. 2011. Miocene scleractinian corals from a mixed siliciclastic-carbonate system: Bakhtiari succession, Zagros Basin (central-western Iran). *Alcheringa: An Australasian Journal of Palaeontology*, **35**(4), 571-592.
- [58] RAZUM, I., RUBINIĆ, V., MIKO, S., RUŽIČIĆ, S., & DURN, G. 2023. Coherent provenance analysis of terra rossa from the northern Adriatic based on heavy mineral assemblages reveals the emerged Adriatic shelf as the main recurring source of siliciclastic material for their formation. *Catena*, 226, 107083.
- [59] READING, H.G., LEVELL, B.K., 1996. Controls on the sedimentary record In: Sedimentary Environment: Processes, Facies and Stratigraphy (Ed. Reading, H.G.). *Blackwell Science, Oxford*; 5-36.
- [60] ROSTAMI, F., FEIZNIA, S., ALEALI, M., HASHMATI, M., & YOUSEFI YEGANE, B. 2020. Application of grain-size statistics, lithofacies and architectural element in determining depositional environment of Kashkan Formation in Merk watershed, Kermanshah. *International journal of environmental science and technology*, **17**, 1351-1372.
- [61] SELLY, R.C. 2002. Ancient sedimentary Environments, London: *Chapman and Hall*, 317p.
- [62] SINGH, D., SINGH, P. K., KAINTHOLA, A., PANDEY, H. K., KUMAR, S., & SINGH, T. N. 2022. Analysis of failure pattern in cut slopes of bedded sandstone: a case study. *Environmental Earth Sciences*, **81**(15), 398.
- [63] STRAND, K., 2005. Sequence stratigraphy of the siliciclastic east Puolanka Group the Palaeoproterozoic Kainuu Belt, Finland. *Sedimentary Geology*, **176**: 149-166.
- [64] THERRIEN, F., 2006. Depositional environments and alluvial system changes in the dinosaur-bearing Sânpetru Formation (Late Cretaceous, Romania): Post-orogenic sedimentation in an active extensional basin, *Sedimentary Geology*, **192**: 183-205.
- [65] TUKER, M.E. 2001. Sedimentary Petrology (an introduction to the origin of sedimentary rocks): Third edition, *Blackwell, Oxford*, 260 p.
- [66] WALKER R. G., AND JAMES NP. 1992. Facies Model Response to Sea Level Change. *Geological Association of Canada*, 409 p.
- [67] WENDT, J., KAUFMANN, B., BELKA, Z., FARSAN, N. AND KARIMI BAVANDPOUR, A. 2005. Devonian/Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran, part II, northern and central Iran. *Acta Geologica Polonica*, **55**(1) , 31-97,
- [68] YAGISHITA, K., TANKANO, O., 2500. Recognition of a floodplain within braid delta deposits of the Oligocene Minato Formation, north-east Japan: fine deposits correlated with transgression: In Blum, M.D. Marriott, S.B. and Leclair, S.E. (eds.), *Fluvial Sedimentology VII, International Association of Sedimentologists Special Publication 35*, : 557-568.
- [69] YAKOUTI, I. E., ASMI, H. E., GOURARI, L., BENABBOU, M., HAYATI, A., SALAH, M., & CHELLAI, E. H. 2024. Facies analysis, architectural elements, and paleoenvironmental reconstruction of alluvial deposits of the low terraces and floodplains in the Middle Sebou river (Eastern Saïss foreland basin, Morocco). *Journal of African Earth Sciences*, **211**: 105170.
- [70] YANG, W., HOU, J., LIU, Y., DOU, L., & WANG, X. 2022. The pore structures of different lithofacies in low-permeability sandy conglomerate reservoirs and their diagenetic impacts: a case study from the Es4 member of the northern steep slope in Dongying depression, Bohai Bay Basin, NE China. *Marine and Petroleum Geology*, 136, 105481.
- [71] ZAHEER, M., KHAN, M. R., MUGHAL, M. S., JANJUAH, H. T., MAKRI, P., & KONTAKIOTIS, G. 2022. Petrography and Lithofacies of the Siwalik Group in the Core of Hazara-Kashmir Syntaxis: Implications for Middle Stage Himalayan Orogeny and Paleoclimatic Conditions. *Minerals*, **12**(8), 10.

Evaluation of depositional environment conditions of middle Pliocene-Pleistocene clastic deposits (Bakhtiari Formation) based on the characteristics of lithofacies the southeastern folded Zagros, north of Bandar Abbas

Payman Rezaee^{1*}, Seyedeh Akram Jooybari², Shahrban Mohammadzadeh Shamili³

1- Associate Professor, Department of Geology, University of Hormozgan

2- PhD in Sedimentology and sedimentary petrology, University of Hormozgan

3- Master of Sedimentology and sedimentary petrology, University of Hormozgan

p.rezaee@hormozgan.ac.ir

Received: June 2024, Accepted: July 2024

Abstract

The Bakhtiari Formation represents the Middle Pliocene-Pleistocene time period in the folded Zagros structural sedimentary zone. Debris deposits of this formation have wide outcrops in the northern area of Bandar Abbas city. In order to study the Bakhtiari formation from the point of view of sedimentary geology, three sections of this formation were selected in the northwest of Bandar Abbas city (Genow Power Plant, South of town Down Tazeyan, South of town Morvarid). From these sections, 50 samples were taken for microscopic examination and 6 samples were taken to identify heavy minerals. In all three sections, the Bakhtiari Formation includes an interval of conglomerate, sandstone and some mudstones. In the studied area, this formation is placed on the Aghajari formation with an erosional discontinuity boundary. The upper border of the Bakhtiari Formation with Quaternary deposits is also of erosional discontinuity. Field and laboratory investigations led to the identification of coarse-grained petrofacies (mud-supported conglomerate and grain-supported), medium-grained (calclitite sandstone), fine-grained (mudstone) and five structural elements (GB, CH, SB, GH, FF) has been. The results of this research show that the deposits of the Bakhtiari Formation in the north west of Bandar Abbas has been deposit in a braided river far from origin at the end of an alluvial fan. The set of heavy minerals identified in this sequence have two origins, Hormuz Salt Series and Sanandaj-Sirjan Zone, which have been affected by several sedimentary cycles. The set of petrofacies features of the Bakhtiari Formation is a confirmation of the tectonic dynamics of the end of the Cenozoic era in the middle Pliocene-Pleistocene time frame, especially the Bakhtyari tectonic event, which has led to the intensification of continental conditions in the studied area.

Key words: Bakhtiari formation, lithofacies, sedimentation conditions, folded Zagros, Bandar Abbas.