آنالیز رخساره‌ای و بازسازی محیط نهشتی دیرینه رسوبات پیش‌بومی نئوژن در شمال فروبار دزفول، زاگرس

نجمه اعتمادسعید[۱*]، مهدی نجفی[۱]، نوید زین‌العابدین قویم[۲] و عبدالرضا قدس[۳]

[۱]استادیار، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران
[۲]دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران
[۳]دانشیار، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۰/ ۱۱/ ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: ۰۶/ ۰۶/ ۱۳۹۶

چکیده

این مطالعه آنالیز رخساره‌ای و تعیین محیط نهشتی را از رسوبات نئوژن در شمال فروبار دزفول، در فرودیواره گسل پیشانی کوهستان زاگرس ارائه می‌دهد. رسوبات نئوژن در این ناحیه، شامل سازندهای میشان، آغاجاری و بختیاری هستند که با بیش از ۵ کیلومتر، ضخیم‌ترین توالی حوضه پیش‌بومی زاگرس را به خود اختصاص داده‌اند. از آنجایی که این رسوبات همزمان با کوهزایی اصلی زاگرس نهشته شده‌اند؛ تاریخچه رویدادهای دگریختی منطقه را در خود ثبت کرده‌اند. در این مطالعه، ۹ رخساره سنگی بر اساس لیتولوژی، اندازه دانه، ساختمان‌های رسوبی و هندسه لایه‌ها شناسایی شدند که در سه مجموعه رخساره‌ای دسته بندی می‌شوند: الف) با غلبه گراول (Gm، Gp)، ب) با غلبه ماسه (Sh، St، Sp، Sr، Sm) و ج) با غلبه گل (Fm، Fl). علاوه بر این، دو ایکنوفاسیس دریایی اسکولایتوس و کروزیانا نیز در قاعده سازند آغاجاری مشاهده شد. بنا بر نتایج این مطالعه، قرارگیری رخساره‌ها روی یکدیگر نشان‌دهنده یک توالی کلی کم‌عمق‌شونده به سمت بالا در نهشته‌های پیش‌بومی نئوژن در فروبار دزفول است. این نهشته‌ها به ترتیب در محیط‌های دریای حاشیه‌ای (سازند میشان)، ساحل سیلیسی آواری (بخش پایینی سازند آغاجاری)، رودخانه مئاندری (بخش بالایی سازند آغاجاری) و در نهایت رودخانه گیسویی (سازند بختیاری) نهشته شده‌اند. با توجه به ثابت بودن سطح جهانی آب دریاها در این دوره (حدود ۱۳ تا ۳ میلیون سال قبل)، تکامل محیط نهشتی در شمال فروبار دزفول توسط دگریختی‌های زمین‌ساختی شامل گسلش و چین‌خوردگی کنترل شده است.

کلیدواژه‌ها: محیط نهشتی، فروبار دزفول، سازند میشان، سازند آغاجاری، سازند بختیاری.

***نویسنده مسئول:** نجمه اعتمادسعید
E-mail: n.etemad@iasbs.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

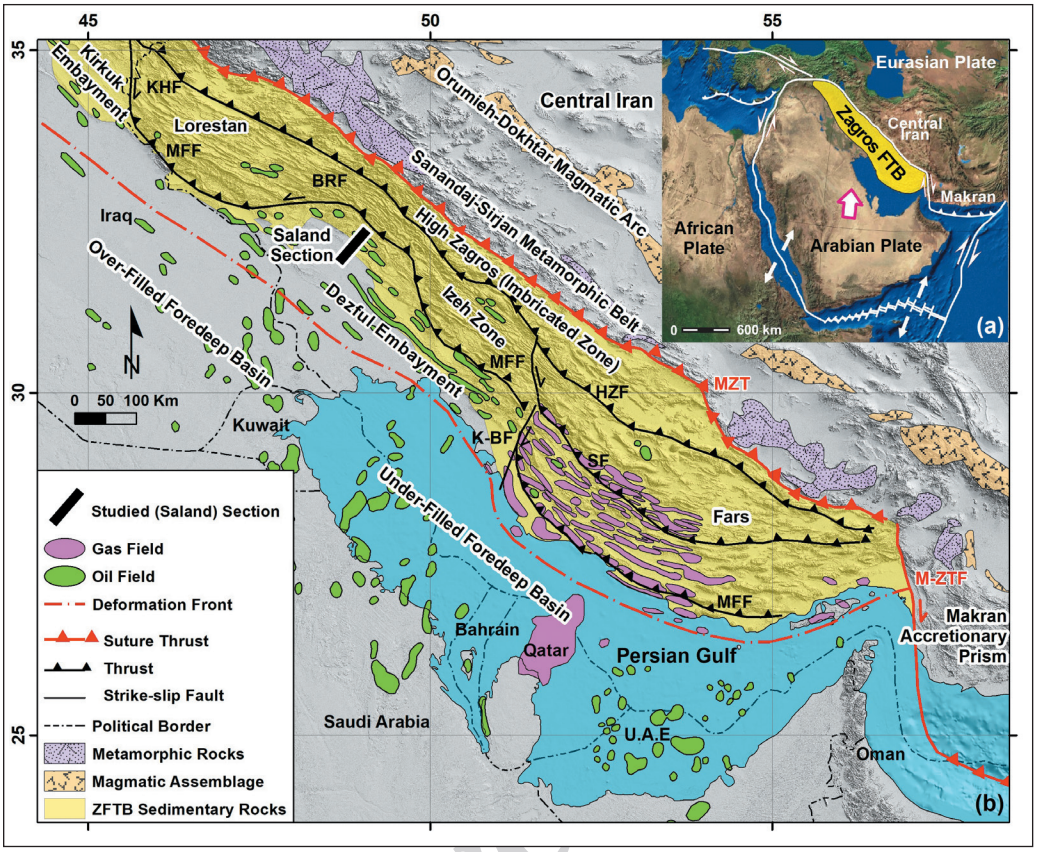
رخساره‌های رسوبی پرکننده حوضه‌های نهشتی توسط عوامل متعددی کنترل می‌شوند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به میزان ورود رسوب از منشأ تخریبی، موقعیت جهانی سطح آب دریاها، زمین‌ساخت و آب و هوا اشاره کرد (Einesele, 2000; Nichols, 2009). به‌طور کلی فرایندهای زمین‌ساختی علاوه بر ایجاد نمودن حوضه، با کنترل فضای موجود برای رسوب‌گذاری و همین‌طور تغییر در شیب و کج‌شدگی حوضه، روی توزیع رخساره‌ها درون یک حوضه رسوبی اثر می‌گذارند (Nichols, 2009). به همین دلیل هندسه و ضخامت رسوبات پرکننده حوضه، تغییرات رخساره‌ای عمودی و جانبی، ناپیوستگی‌ها و همین‌طور الگوی جهت جریان دیرینه، در بررسی و بازسازی حرکات زمین‌ساختی همزمان با رسوب‌گذاری دارای اهمیت هستند. برخورد قاره‌ای میان صفحات ایران و عربی در سنوزوییک منجر به شکل‌گیری کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس و حوضه پیش‌بومی همراه با آن شده است (Bahroudi and Koyi, 2004). طی این برخورد، گسل‌های از پیش موجود دوباره فعال و پوشش رسوبی نیز دچار چین‌خوردگی و کوتاه‌شدگی شده است (Bahroudi and Koyi, 2004). منطقه مورد مطالعه در فروبار دزفول شمالی، در بخش مرکزی کمربند چین‌خورده و رانده زاگرس واقع شده است. این منطقه که در فرودیواره گسل پی‌سنگی پیشانی کوهستان قرار دارد؛ بیشترین خمش لیتوسفر پیش‌بومی، بیشترین فرونشست همزمان با کوهزایی و در نتیجه آن ستبرترین توالی همزمان با کوهزایی نئوژن را در سراسر زاگرس دارد (Pirouz et al., 2015). با وجود اهمیتی که نهشته‌های پیش‌بومی همزمان با کوهزایی نئوژن در بازسازی‌های زمین‌ساختی- رسوبی و در نتیجه آن مدل‌سازی سیستم نفتی فروبار دزفول شمالی دارند؛ تکامل محیط نهشتی این رسوبات کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. از جمله مطالعات انجام شده می‌توان به مطالعات نجفی و همکاران (۱۳۹۵) و Pirouz et al. (2011 and 2015) اشاره کرد. بنابراین، اهداف اصلی این مطالعه در فروبار دزفول شمالی شامل موارد زیر است: ۱) ارائه لاگ رسوبی دقیق و آنالیز رخساره‌ای از توالی پیش‌بومی نئوژن؛ ۲) بازسازی تکامل محیط نهشتی این رسوبات و بررسی عوامل کنترل‌کننده آن.

۲- روش مطالعه

ناحیه مورد مطالعه در شمال فروبار دزفول، فرودیواره گسل پیشانی کوهستان (Mountain Front Fault) و در پهلوی شمالی تاقدیس سالند واقع شده است (شکل ۱). توالی نئوژن در برش سالند (E ″۵۵ ′۴۸ °۴۸ و N ″۲۹ ′۳۲ °۲۸) شامل سازندهای رسوبی میشان، آغاجاری و بختیاری، با حدود ۵۰۰۰ متر ضخامت، ضخیم‌ترین توالی حوضه پیش‌بومی زاگرس را به خود اختصاص داده است. بررسی تکامل محیط نهشتی در این توالی با مطالعات صحرایی گسترده و همچنین مطالعات تکمیلی آزمایشگاهی انجام گرفته است. رخساره‌های رسوبی از طریق ویژگی‌های سنگ‌شناسی (شامل لیتولوژی و بافت)، هندسه‌ی لایه‌ها، مرز لایه‌ها، ساختمان‌های رسوبی و محتوی زیستی شناسایی شده‌اند (Selley, 1996). علاوه بر بررسی گسترش جانبی، نحوه روی هم قرارگیری رخساره‌ها به‌صورت عمودی نیز جهت شناسایی تغییرات و تکرارهای سیستماتیک، مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تعیین دقیق لیتولوژی، در مجموع ۱۵۰ نمونه از برش مورد مطالعه به دو صورت چینه‌ای و هدف‌دار برداشت شده است که پس از تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی توسط میکروسکوپ پلاریزان مطالعه شده‌اند. نام‌گذاری نمونه‌های ماسه‌سنگی و بررسی ویژگی‌های بافتی و ساختی آنها بر اساس Folk (1980) و Tucker (2001) و نام‌گذاری و تفسیر میکروفاسیس‌های کربناته بر اساس Dunham (1962) و Flugel (2010) انجام گرفته است. ستون چینه‌ای تهیه شده از برش مورد مطالعه در شکل ۲ نشان داده شده است. در مجموع نه رخساره‌ی سیلیسی آواری در برش مورد مطالعه شناسایی شده که بر اساس اندازه‌ی دانه در سه دسته رخساره با غلبه گراول، با غلبه ماسه و با غلبه گل تقسیم‌بندی شده‌اند. ویژگی‌های توصیفی و تفسیری این

Archive of SID
www.SID.ir

رخساره‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است (Miall, 1996 and 2014; Einsele, 2000; Boggs, 2009; Nichols, 2009). در ادامه به‌طور خلاصه به توصیف و تفسیر رخساره‌های شناسایی شده در برش مورد مطالعه، در کنار محیط نهشتی نسبت داده شده به آنها پرداخته می‌شود.



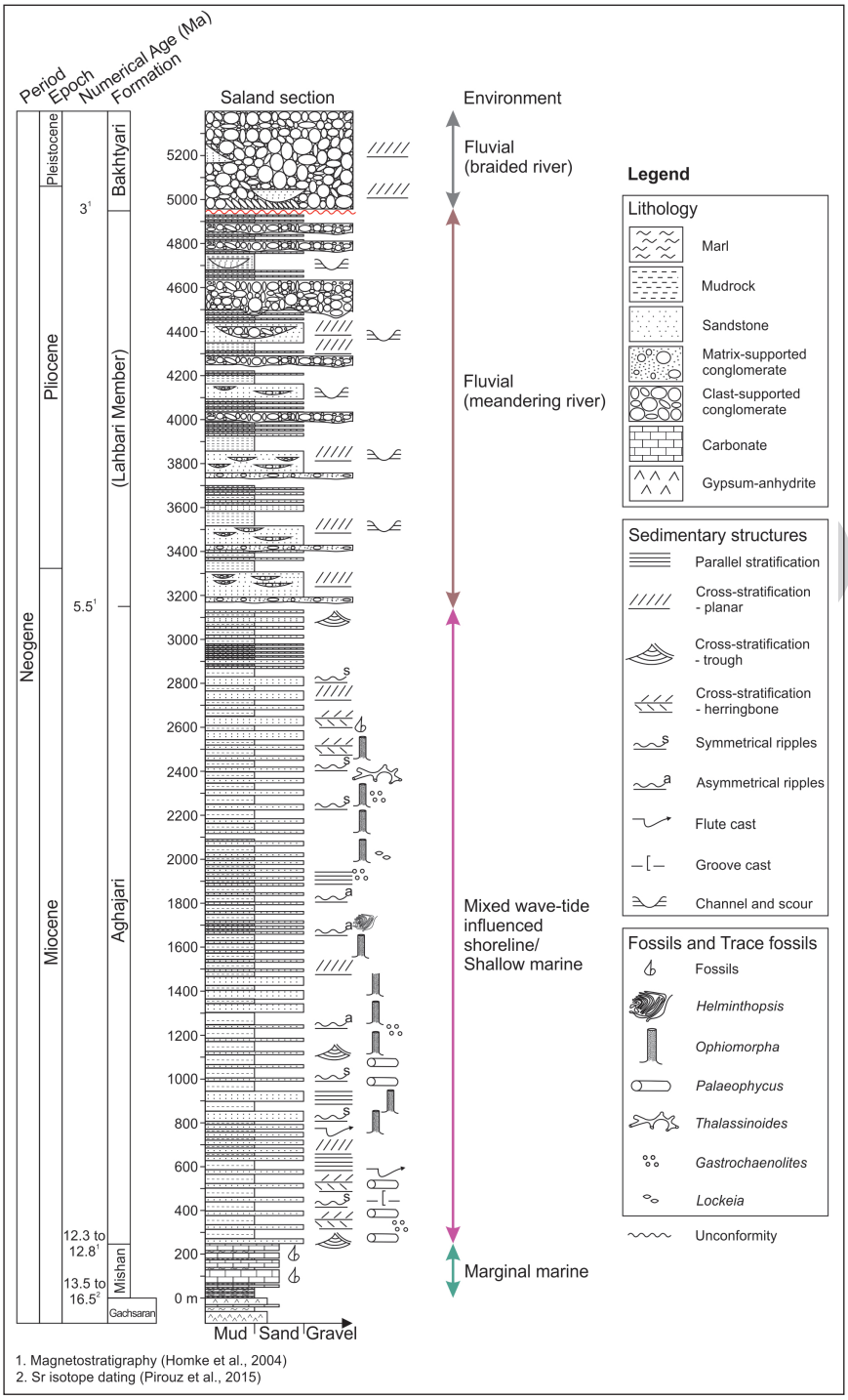
شکل ۱- نقشه بخش مرکزی کمربند چین‌خورده- رانده زاگرس شامل فروبار دزفول شمالی، پهنه ایذه و زاگرس مرتفع. برش سالند با مستطیل سیاه رنگ در شمال فروبار دزفول مشخص شده است (تغییر یافته از: Najafi et al., 2014).

(MZT: Main Zagros Thrust; HZF: High Zagros Fault; KHF: Khaneqein Fault; BRF: Balarud Fault; MFF: Mountain Front Fault; K–BF: Kazerun–Borazjan Fault; SF: Surmeh Fault; M–ZTF: Minab–Zendan transfer Fault).

جدول ۱- رخساره‌های سنگی شناسایی شده در برش مورد مطالعه به همراه توصیف و تفسیر آنها. کدهای رخسارهای برگرفته از Miall (1996 and 2014).

	کدهای رخساره‌ای	توصیف	ساختمان‌های رسوبی	تفسیر
لیتوفاسیس با غلبه گراول	Gm	کنگلومراهای دانه‌پشتیبان، توده‌ای یا با چینه‌بندی ناقص	لایه‌بندی افقی، ایمبریکاسیون	سدهای طولی، رسوبات بار بستر یا نهشته‌های کف کانال (جریان‌های کششی)
	Gp	کنگلومراهای دارای چینه‌بندی	لایه‌بندی مورب مسطح	سدهای طولی (جریان‌های کششی)
لیتوفاسیس با غلبه ماسه	Sh	ماسه‌سنگ‌های خیلی ریز تا ریزدانه	لامیناسیون افقی	نهشت از جریان‌های رژیم بالا
	St	ماسه‌سنگ‌های متوسط تا درشت‌دانه	لایه‌بندی مورب عدسی	نهشت از مهاجرت ریپل‌ها یا دون‌های ماسه‌ای سه بعدی (رژیم جریانی پایین)
	Sp	ماسه‌سنگ‌های متوسط‌دانه	لایه‌بندی مورب صفحه‌ای + لایه‌بندی مورب هرینگ بون	نهشت از ریپل‌ها یا دون‌های ماسه‌ای دو بعدی در رژیم جریانی پایین؛ ساختمان هرینگ بون در ارتباط با جریان‌های جزر و مدی
	Sr	ماسه‌سنگ‌های ریز تا متوسط‌دانه	ریپل مارک (متقارن و نامتقارن)	نهشت از ریپل‌های دو یا سه بعدی در رژیم جریانی پایین (تحت تاثیر جریان‌های جزر و مدی و امواج)
	Sm	ماسه‌سنگ‌های ریز تا متوسط‌دانه	توده‌ای- بدون ساختمان رسوبی	نهشت سریع از رژیم جریانی بالا؛ سیال شدن یا آشفتگی زیستی شدید
لیتوفاسیس با غلبه گل	Fm	گلسنگ	توده‌ای و در مواردی فیسیل (ورقه ورقه)؛ ترک‌های گلی	نهشت از حالت معلق در دشت‌های سیلابی
	Fl	گلسنگ	لامیناسیون‌های موازی نازک، ریپل‌های بسیار کوچک	نهشت از حالت معلق اغلب از آب‌های ساکن

Archive
www.SID.ir



شکل ۲- برش چینه‌ای از توالی مورد مطالعه در شمال فروبار دزفول به همراه ساختمان‌های رسوبی و آثار فسیلی شناسایی شده.

۳- یافته‌ها

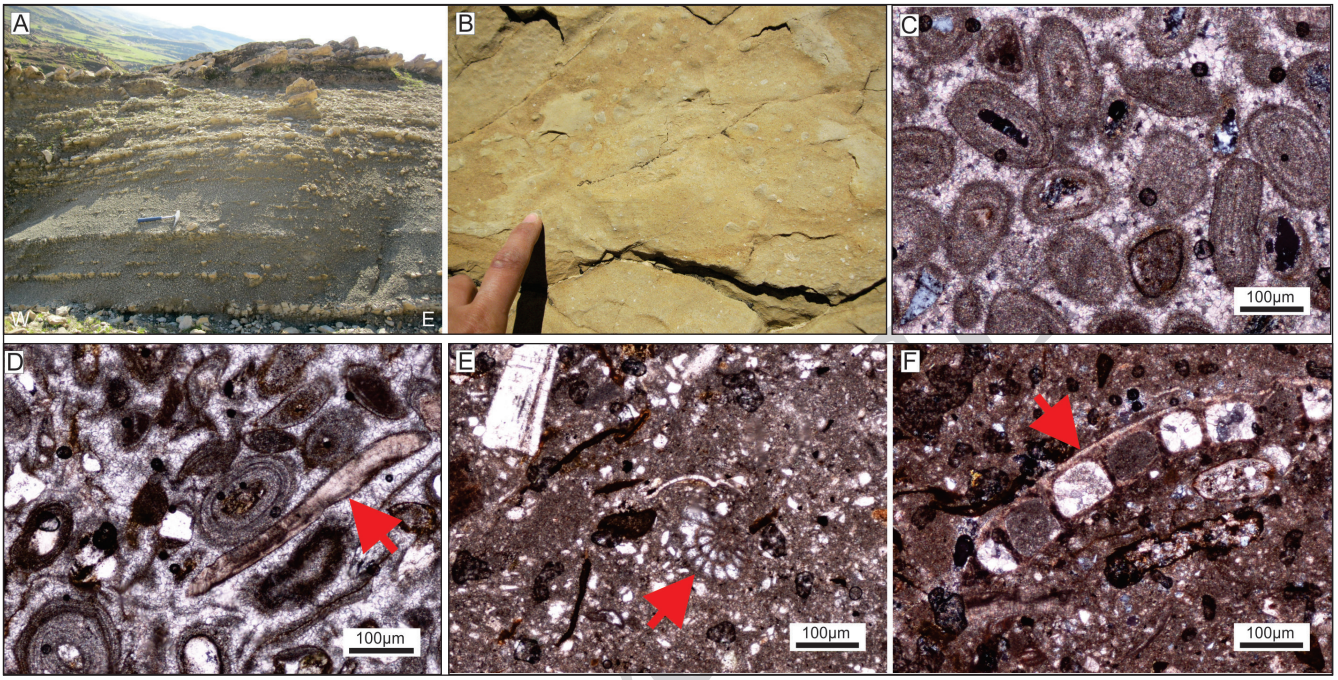
۳- ۱. سازند میشان

• **توصیف:** سازند میشان در برش مورد مطالعه از گلسنگ‌های سبز- خاکستری با رخساره غالب Fl (جدول ۱) و میان‌لایه‌های کربناته خاکستری روشن فسیل‌دار با گسترش جانبی زیاد تشکیل شده است (شکل‌های ۳- A و B). مرز بالایی این سازند با سیلیسی آواری‌های سازند آغاجاری همشیب و پیوسته است؛ اما مرز زیرین آن با سازند گچساران به دلیل حرکت تبخیری‌های این سازند، دچار بهم‌ریختگی شده است. به همین دلیل ضخامت این سازند در برش مورد مطالعه به‌صورت جانبی از حدود ۵۰ متر تا ۲۰۰ متر در تغییر است. اُاُییدهای با ساختمان مماسی و میکریتی (با هسته قطعات تخریبی و فسیلی)، قطعات اسکلتی (به ترتیب فراوانی فرامینیفرهای بنتیک، پلسی پودها و بریوزوآها) و به میزان کمتر پلوییدها و ذرات تخریبی کوارتزی، اصلی‌ترین تشکیل‌دهنده‌های سنگ‌های کربناته میشان در برش مورد مطالعه هستند (شکل‌های ۳- C تا F). این سنگ‌ها بر اساس تقسیم‌بندی Dunham (1962) گرین‌استون‌های اُاُییدی خوب جورشده و وکستون‌های بایوکلاستیکی با جورشدگی متوسط تا بد هستند.

• **تفسیر:** توالی رسوبی سازند میشان در برش مورد مطالعه از مخلوط رخساره‌های اغلب آواری ریزدانه (Fl) و به میزان کمتر میان‌لایه‌های کربناته وکستون بایوکلاستیکی و

www.SID.ir

اُاُیدگرین‌استون تشکیل شده است. مطالعات صحرایی و سنگ‌نگاری در این مجموعه مخلوط تخریبی- کربناته نشان می‌دهد که این رسوبات در یک محیط کم‌عمق حاشیه دریایی شامل زیر محیط‌های لاگون- سد کربناته نهشته شده‌اند. وجود گلسنگ‌های با لایه‌بندی منظم و نازک، حاکی از ته‌نشست از حالت معلق گل‌های رسی و کربناته در یک محیط کم انرژی همانند لاگون/پهنه‌ی گلی و یا نواحی خارجی شلف است (Nichols, 2009). در نظر گرفتن رخساره‌های همراه این گلسنگ‌ها در شناسایی محیط نهشتی آنها اهمیت دارد. وجود میان‌لایه‌های کربناته دارای میکروفسیل‌های دریایی کم‌عمق همانند دوکفه‌ای‌ها و فرامینیفرهای بنتیک و همین‌طور فقدان آثار رسوبات و موجودات پلاژیک همانند فرامینیفرهای پلانکتونیک، نشان‌دهنده نهشت در محیط کم‌عمق و کم‌انرژی پشت سد (لاگون) است (Flugel, 2010). وجود اُاُیدهای با ساختمان میکرایتی و میکروفابریک مماسی در همراهی با این نهشته‌ها، حاکی از شرایط ناگهانی افزایش انرژی است (Flugel, 2010).



شکل ۳- سازند میشان: A) میان‌لایه‌های کربنات‌های فسیل‌دار و گلسنگ‌های تخریبی؛ B) تصویر نزدیک از کربنات‌های حاوی صدف دوکفه‌ای؛ C و D) تصاویر میکروسکوپی از میکروفاسیس گرین‌استون اُاُیدی حاوی اُاُیدهای با ساختمان مماسی و میکرایتی؛ E و F) تصاویر میکروسکوپی از میکروفاسیس وکستون بایوکلاستیکی. بایوکلاست‌ها اغلب قطعات دوکفه‌ای، فرامینیفرهای بنتیک و بریوزوآ هستند. این میکروفاسیس‌ها حاوی ذرات تخریبی کوارتزی نیز هستند.

۳- ۲. سازند آغاجاری

سازند آغاجاری بیشترین ضخامت را در برش مورد مطالعه دارد (حدود ۴۵۰۰ متر). این سازند به‌طور پیوسته روی سازند میشان قرار می‌گیرد و با ناپیوستگی زاویه‌دار از سازند بختیاری جدا می‌شود (شکل ۲). اگر چه این سازند به‌طور کامل از رخساره‌های سیلیسی آواری تشکیل شده است؛ اما رخساره‌های بخش زیرین و بالایی آن تفاوت آشکاری دارند. به همین دلیل سازند آغاجاری در برش مورد مطالعه در دو مجموعه رخساره‌ای ۱ و ۲ مورد بررسی قرار می‌گیرد.

- مجموعه رخساره‌ای ۱

• **توصیف:** مجموعه رخساره‌ای ۱ در سازند آغاجاری با ضخامت حدود ۲۹۰۰ متر، به‌طور پیوسته روی آهک و مارن‌های فسیل‌دار سازند میشان قرار گرفته است و قاعده آن با ظهور اولین لایه‌های ماسه‌سنگی مشخص می‌شود. این مجموعه رخساره‌ای نسبتاً یکنواخت از میان‌لایه‌های ماسه‌سنگی صفحه‌ای خاکستری روشن تا قرمز رنگ با ضخامت متوسط و گلسنگ‌های قرمز رنگ، با گسترش جانبی صدها متر تشکیل شده است. این الگوی مشخص به‌طور متناوب در برش عمودی تکرار می‌شود و در بخش‌هایی، تغییرات سیستماتیک در ضخامت لایه‌ها و اندازه دانه‌ها نیز به‌صورت توالی‌های ضخیم‌شونده و درشت‌شونده به سمت بالا مشاهده می‌شود (شکل‌های ۴- A و B). به‌طور کلی ماسه‌سنگ‌ها اغلب ترکیب لیتارنایتی (Folk, 1980) دارند و حاوی ماسه‌های ریز تا درشت‌دانه، گرد شده تا نسبتاً زاویه‌دار با جورشدگی متوسط تا خوب هستند (شکل ۵- H). با این حال رشد گسترده سیمان کربناتی، بررسی بلوغ بافتی این سنگ‌ها را دشوار ساخته است. اصلی‌ترین ساختمان‌های رسوبی موجود در ماسه‌سنگ‌ها شامل چینه‌بندی‌های مورب صفحه‌ای و تراف (Sp, St)، چینه‌بندی‌های مورب دوجهته، چینه‌بندی‌های موازی صفحه‌ای (Sh)، ریپل‌های متقارن با قله گرد شده و ریپل‌های جریانی (Sr) است (شکل‌های ۴- C تا H و جدول ۱). از ساختمان‌های دیگر ماسه‌سنگ‌های این مجموعه رخساره‌ای می‌توان به ساختمان‌های رسوبی میکروبی در سیلیسی آواری‌ها (Microbial Induced Sedimentary Structures) اشاره کرد که به دو صورت ریپل‌های چند جهته و همین‌طور پاکت‌ها و باقیمانده‌های فرسایشی مشاهده می‌شوند (شکل‌های ۵- A و B). گلسنگ‌ها اغلب حاوی لامیناسیون‌های موازی ظریف و در بخش‌هایی ریپل‌های بسیار کوچک هستند (Fl). علاوه بر این، این مجموعه رخساره‌ای حاوی آثار فسیلی فراوانی است (شکل‌های ۵- C تا G). غالب‌ترین آثار فسیلی مشاهده شده *Ophiomorpha* (ایکنوفاسیس اسکولایتوس)، *Helminthopsis*، *Thalassinoides*، *Palaeophycus* (ایکنوفاسیس کروزیانا) و *Gastrochaenolites* (ایکنوفاسیس تریپانیتس) به همراه مقادیر فرعی‌تر *Lockeia* (ایکنوفاسیس کروزیانا) هستند.

• **تفسیر:** مجموعه رخساره‌ای ۱ سازند آغاجاری حاوی شواهد مشخصه خطوط ساحلی تخریبی است. تناوب ریتمیک لایه‌های ماسه‌سنگی و گلسنگی صفحه‌ای با گسترش جانبی قابل توجه به همراه چینه‌بندی‌های مورب دوجهته و ریپل‌های متقارن با قله گرد شده نشان‌دهنده نهشت در خطوط ساحلی سیلیسی کلاستیکی تحت تأثیر امواج و جزرومد است (Reading and Collinson, 1996; Einsele, 2000).

Archive of SID
www.SID.ir

شکل ۴- مجموعه رخساره‌ای ۱ سازند آغاجاری: A و B) سیکل‌های ضخیم‌شونده و درشت‌شونده به سمت بالا؛ C) ساختمان‌های رسوبی چینه‌بندی مورب تراف؛ D) چینه‌بندی مورب صفحه‌ای؛ E) چینه‌بندی مورب دو جهته؛ F) چینه‌بندی موازی؛ G و H) ریپل‌مارک‌های موجی و جریانی در ماسه‌سنگ‌ها.

توالی‌های درشت شونده به سمت بالا نیز در بخش‌هایی از این مجموعه رخساره‌ای توسط پیشروی خط ساحلی ایجاد شده‌اند (Einsele, 2000). علاوه بر این، ساختمان‌های رسوبی میکروبی (MISS) در سیلیسی آواری‌های این مجموعه رخساره‌ای، اطلاعات بسیار ارزشمندی در رابطه با محیط رسوبی دیرینه ارائه می‌کنند. این ساختمان‌ها که حاصل تقابل فعالیت‌های میکروبی با نهشت فیزیکی رسوبات در حوضه هستند؛ به‌صورت تصادفی توزیع پیدا نمی‌کنند؛ بلکه میکروارگانیسم‌ها به‌طور ترجیحی در زیستگاه‌های خاصی همانند نواحی تحت نفوذ نور در محیط‌های جزرومدی و دریایی کم‌عمق، بستر ماسه‌ای ریز و تشکیل شده از کوارتز شفاف و همین‌طور وجود امواج و جریان‌های متعادل رشد پیدا می‌کنند (Noffke, 2010). فراوانی ایکنوفاسیس‌های دریایی همانند اسکولایتوس (بخش‌های زیرین ناحیه بین جزرومدی تا بخش‌های کم‌عمق ناحیه پایین جزرومدی؛ MacEachern et al., 2012) و کروزیانا (جایگاه‌های دریایی پایین جزرومدی با انرژی متوسط؛ MacEachern et al., 2012) نیز در این مجموعه رخساره‌ای حاکی از رسوب‌گذاری در محیط ساحلی تخریبی است.

– مجموعه رخساره ای ۲

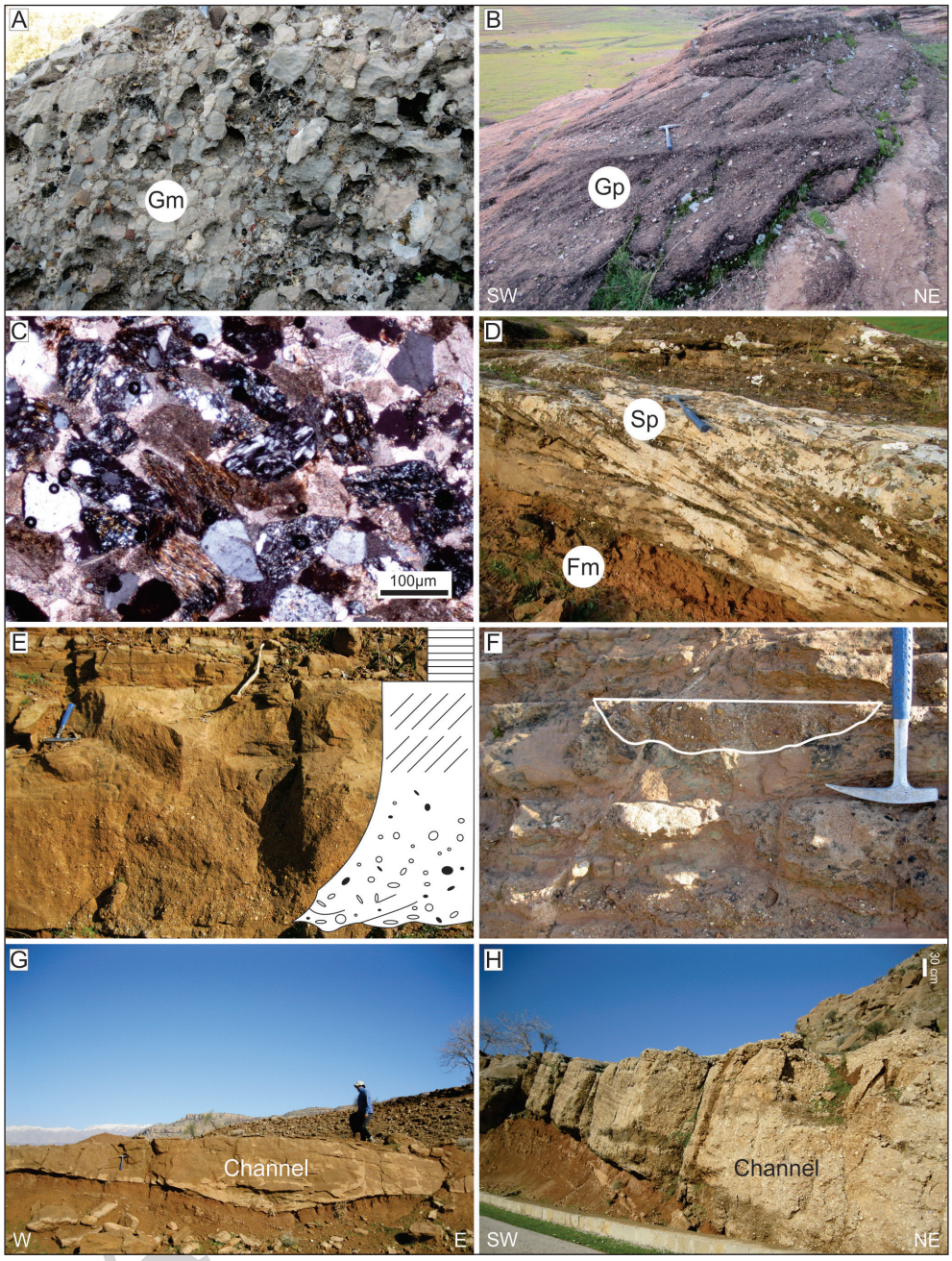
• **توصیف:** مجموعه رخساره‌ای ۲، از حدود ۱۸۰۰ متر لایه‌های کنگلومرایی، ماسه‌سنگی و گلسنگی تشکیل شده و به‌طور ناپیوسته در بین مجموعه رخساره‌ای ۱ سازند آغاجاری و سازند بختیاری قرار گرفته است. این مجموعه رخساره‌ای را می‌توان معادل عضو لهبری سازند آغاجاری در نظر گرفت. هندسه لایه‌ها از عدسی تا صفحه‌ای در تغییر است. ضخامت لایه‌ها نیز اغلب به‌صورت جانبی تغییر می‌کند و کاهش می‌یابد. در این مجموعه رخساره‌ای کنگلومراهای پلی‌میکت با جورشدگی متوسط تا خوب، در هر دو شکل دانه‌پشتیبان و به میزان کمتر ماتریکس‌پشتیبان، به‌صورت توده‌ای و بدون ساختمان یا با لایه‌بندی مورب صفحه‌ای (Gm, Gp) مشاهده می‌شوند (شکل‌های ۶- A و B و جدول ۱).

www.SID.ir

شکل ۵- مجموعه رخساره‌ای ۱ سازند آغاجاری: ساختمان‌های رسوبی میکروبی شامل: A) ریپل‌مارک‌های چند جهته؛ B) باقیمانده‌ها و پاکت‌های فرسایشی؛ آثار فسیلی دریایی شامل: *Ophiomorpha* (C؛ *Thalassinoides* (D؛ *Palaeophycus* (E؛ *Helminthopsis* (F؛ *Gastrochaenolites* (G؛ H) تصویر میکروسکوپی از ماسه‌سنگ‌های لیتارنایتی.

در بیشتر موارد قاعده کنگلومراها مشخص و فرسایشی است. اندازه قطعات کنگلومراها از گراول خیلی ریز تا کابل (Cobble) و شکل آن‌ها از نسبتاً گرد شده تا گرد شده در تغییر است. جنس قطعات اغلب کربناته (سنگ‌آهک اسکلتی) است؛ هر چند قطعات چرتی رادیولاریتی و تبخیری نیز در آنها مشاهده می‌شوند. ماسه‌سنگ‌ها ترکیب لیتارنایتی (Folk, 1980) دارند و اغلب حاوی دانه‌های ماسه‌ای خیلی ریز تا درشت، نسبتاً گرد شده تا زاویه‌دار با جورشدگی متوسط تا خوب هستند (شکل ۶- C). ساختمان‌های رسوبی چینه‌بندی مورب تراف و صفحه‌ای (St, Sp) و همین‌طور لامیناسیون موازی (Sh)، اصلی‌ترین ساخت‌های مشاهده شده در این ماسه‌سنگ‌ها هستند. هر چند ماسه‌سنگ‌های توده‌ای (Sm) نیز فراوانی زیادی دارند (شکل ۶- D و جدول ۱). در بخش‌هایی، قطعات قرمز رنگ کنده شده گلسنگی در ترکیب این ماسه‌سنگ‌ها مشاهده می‌شود. رخساره‌های گلسنگی نیز اغلب به‌صورت توده‌ای و یا با لامیناسیون موازی (Fm, Fl)، به‌صورت میان‌لایه با ماسه‌سنگ‌ها مشاهده می‌شوند (شکل ۶- D و جدول ۱). از الگوهای مشخص روی هم قرارگیری رخساره‌ها در این مجموعه می‌توان به توالی‌های ریز شونده به سمت بالا به‌صورت کنگلومراهای قاعده‌ای با قاعده مشخص و فرسایشی، ماسه‌سنگ‌های با لایه‌بندی مورب مسطح و تراف و در نهایت گلسنگ‌های رأسی با لامیناسیون موازی اشاره کرد (شکل ۶- E). علاوه بر این، اشکال فرسایشی به‌صورت کانال‌های کوچک و بزرگ‌مقیاس نیز در این مجموعه متداول هستند (شکل‌های ۶- F تا H). این ساختارها با رسوبات در اندازه ماسه و گراول پر شده‌اند و به‌طور واضحی از نظر اندازه دانه و ویژگی‌های لایه‌بندی متفاوت با رسوباتی هستند که کانال در آنها حفر شده است. کانال‌ها در ابعاد متنوعی مشاهده می‌شوند و در مواردی که کانال‌های مجزا قابل تشخیص باشند، تا ۲ متر عمق و ۱۰ تا ۱۵ متر عرض دارند. آثار فسیلی و آشفتگی‌های زیستی در این مجموعه رخساره‌ای نادر هستند.

www.SID.ir



شکل ۶- مجموعه رخساره‌ای ۲ سازند آغاجاری: A) کنگلومراهای دانه‌پشتیبان توده‌ای؛ B) کنگلومراهای زمینه‌پشتیبان با لایه‌بندی مورب؛ C) تصویر میکروسکوپی از ترکیب لیتارنایتی ماسه‌سنگ‌ها؛ D) ماسه‌سنگ‌های با لایه‌بندی مورب مسطح و گلسنگ‌های توده‌ای؛ F) سیکل‌های ریز شونده به سمت بالا؛ F تا H) کانال‌های فرسایشی در مقیاس‌های مختلف.

• **تفسیر:** بررسی توالی عمودی و تغییرات جانبی رخساره‌های سنگی شناسایی شده در مجموعه رخساره‌ای ۲ سازند آغاجاری نشان‌دهنده وجود عناصر ساختاری اصلی رودخانه‌های مآندری (Einsele, 2000; Miall, 1996) در این مجموعه است. از شاخص‌ترین این عناصر ساختاری، کانال‌ها (CH) هستند که به هر دو صورت کانال‌های اصلی بزرگ‌مقیاس و همین‌طور کانال‌های فرعی کوچک‌مقیاس، در این مجموعه مشاهده می‌شوند. رخساره‌های کنگلومرایی و ماسه‌سنگی کانال، اغلب هندسه لنزی دارند و بر روی قاعده‌ی فرسایشی قرار گرفته‌اند. جریان اصلی بار بستر در کف کانال سبب تشکیل دون‌های زیرآبی (لایه بندی‌های مورب تراف و صفحه‌ای) و به سمت بالا با آهسته‌تر شدن جریان، سبب تشکیل ریپل‌ها (لامیناسیون‌های مورب تراف و صفحه‌ای) در ماسه‌ها شده است. ماسه‌سنگ‌های توده‌ای مشاهده شده در این توالی نیز مرتبط با ریزش و سیال‌شدگی رسوبات درون کانال هستند (Miall, 1996).

رسوبات درشت‌دانه‌ی پرکننده کانال در برش مورد مطالعه، اغلب با گلسنگ‌های حاوی رخساره‌های Fl و Fm که نشان‌دهنده نهشت در شرایط با انرژی کم دشت سیلابی رودخانه هستند، پوشیده می‌شوند (FF). وجود قطعات گلی در توالی رسوبات درشت‌دانه پرکننده کانال در مجموعه رخساره‌ای فوق، نشان‌دهنده ریخته شدن قطعات خشک شده رسوبات دشت سیلابی درون ماسه‌های عمیق‌تر بخش‌های کانالی است. الگوی قرارگیری رخساره‌ها و انباشته شدن کانال‌ها در این بخش مشابهت زیادی با الگوی رسوبات پوینت‌بار در رودخانه مآندری دارد. به‌طوری که با کاهش سرعت جریان طی پر شدن کانال، اندازه دانه‌ها به سمت قسمت فوقانی پوینت‌بار ریزتر می‌شود (Miall, 1996). البته این توالی ریزشونده به سمت بالا، در بیشتر موارد در برش مورد مطالعه به‌صورت کامل حفظ نشده است. از دیگر عناصر ساختاری رودخانه‌ای در این مجموعه، می‌توان به توده‌های ماسه‌سنگی صفحه‌ای اشاره کرد که اغلب

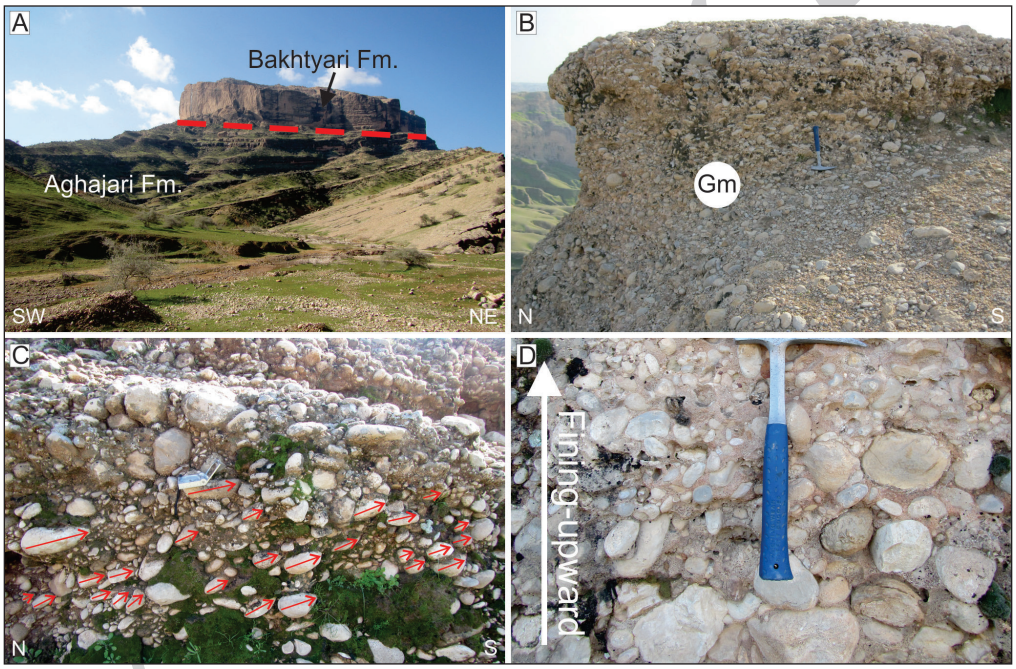
www.SID.ir

حاوی رخساره‌های Sp و St هستند و الگوی ریز شدن به سمت بالا را نشان نمی‌دهند؛ اما توسط سطوح شیب‌دار فرسایشی با زاویه کم محدود می‌شوند و نشان‌دهنده اشکال حاصل از برافزایی جانبی (LA) هستند. این رخساره‌ها حاصل مهاجرت به سمت پایین سدهای ماسه‌ای، به ویژه سدهای میانه کانال هستند (Miall, 1996). علاوه بر رسوبات گلسنگی دشت سیلابی، از دیگر رسوبات خارج رودخانه‌ای شناسایی شده در این مجموعه می‌توان به کروس‌های پهن اشاره کرد. این رسوبات با میان‌لایه‌های صفحه‌ای ماسه‌سنگ‌های ریزدانه حاوی چینه‌بندی‌های مورب با زاویه کم (Sp)، لامیناسیون‌های موازی (Sh) و توده‌ای (Sm) و رخساره‌های گلسنگی (Fm و Fl) مشخص می‌شوند. تناوب ریتمیک بین این لایه‌ها نشان‌دهنده تناوب فرایندهای کششی و نهشت از حالت معلق در زمان سرریز شدن جانبی آب از کانال رودخانه است (Miall, 1996).

۳– ۳. سازند بختیاری

• **توصیف:** سازند بختیاری در برش مورد مطالعه تا حدود ۲۰۰ متر ضخامت دارد و با یک ناپیوستگی زاویه‌دار روی سازند آغاجاری قرار گرفته است (شکل ۷– A). این سازند از کنگلومرای دانه‌پشتیبان توده‌ای تا ضخیم‌لایه (Gm) و میان‌لایه‌های لنزی ماسه‌سنگی خاکستری رنگ، بدون محتوای فسیلی و با لایه‌بندی مورب (Sp) تشکیل شده است (جدول ۱). قطعات کنگلومراها خوب گرد شده هستند و اندازه پبل متوسط تا کابل درشت (تا ۲۵ سانتی متر قطر) دارند (شکل ۷– B). این قطعات اغلب ایمبریکاسیون نشان می‌دهند و روند ریزشونده به سمت بالا دارند (شکل‌های ۶– C و D). لیتولوژی قطعات نیز به‌طور غالب کربناته (سنگ آهک اسکلتی)، کنگلومرایی و چرتی با ماتریکس ماسه ای است.

• **تفسیر:** به‌طور کلی بافت درشت‌دانه، دانه‌پشتیبان با ماتریکس ماسه‌سنگی خوب جورشده کنگلومراهای بختیاری در برش مورد مطالعه، حاکی از نهشت توسط یک جریان کششی سریع با انرژی بالاست. کنگلومراهای دانه‌پشتیبان (Gm و تا اندازه‌ای Gp) که رسوبات غالب در این مجموعه رخساره‌ای هستند؛ حاصل حمل توسط جریان‌های با انرژی بالا و تجمع به‌صورت سدهای گراولی طولی هستند (Einsele, 2000). فضاهای موجود در گراول‌ها معمولاً در مراحل بعدی و طی دوره‌های کاهش انرژی با رسوبات ریزتر پر شده‌اند. لازم به ذکر است که هیچ گونه رسوب دشت سیلابی در این توالی شناسایی نشده است. با توجه به اینکه سیستم‌های گیسویی به‌طور غالب حاوی رسوبات بار بستر هستند (Einsele, 2000)، این مجموعه رخساره‌ای معرف نهشت در یک سیستم رودخانه‌ای گیسویی با غلبه گراول است.

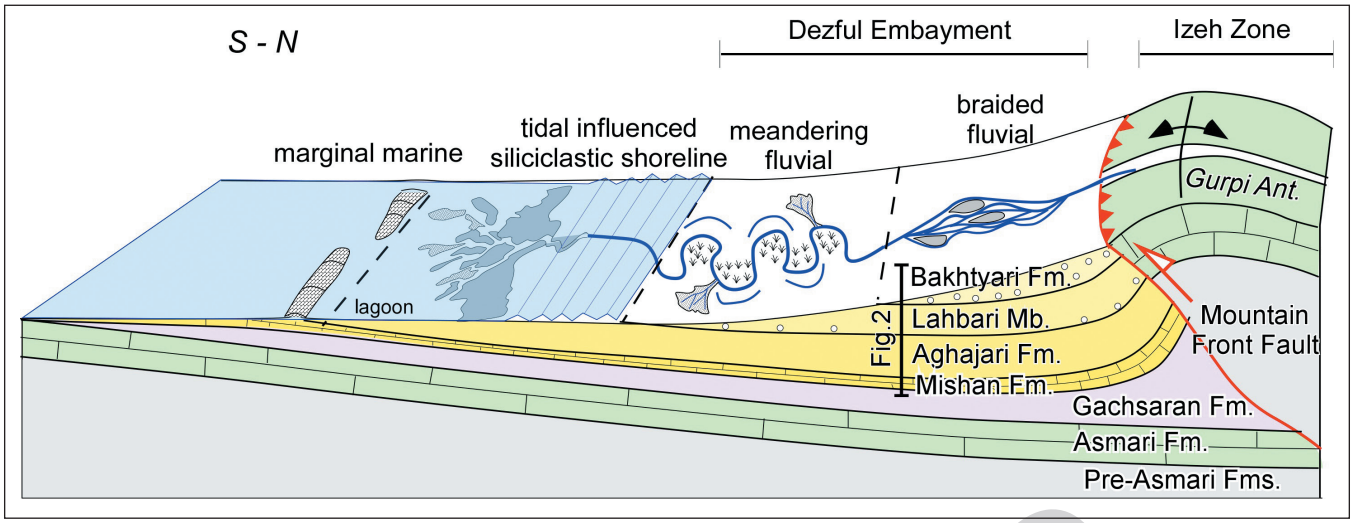


شکل ۷– سازند بختیاری: A) ناپیوستگی زاویه‌دار در قاعده سازند بختیاری؛ B) رخساره کنگلومرایی دانه‌پشتیبان توده‌ای؛ C) جهت‌یافتگی ترجیحی در قطعات کنگلومراها؛ D) ریز شدن اندازه قطعات به سمت بالا.

۴– بحث

نهشته‌های رسوبی نئوژن در شمال فروبار دزفول، مثال خوبی از نهشت همزمان با زمین‌ساخت در یک حوضه پیش‌بومی پری‌فرال (Peripheral foreland basin) هستند. همان‌طور که در شکل ۷– A نیز مشاهده می‌شود؛ وجود چینه‌های رشدی در سازند آغاجاری، شاهدی محکم بر رسوب‌گذاری همزمان با زمین‌ساخت است. نتایج به دست آمده از آنالیز رخساره‌ای انجام گرفته در این مطالعه نشان می‌دهد که توالی مورد مطالعه، شامل سازندهای میشان، آغاجاری و بختیاری، یک توالی کم‌عمق‌شونده به سمت بالا است و تکامل محیط‌های نهشتی در آن از دریایی حاشیه‌ای به سمت محیط‌های ساحلی و رودخانه‌ای در تغییر است (شکل ۸). سازند میشان در قاعده برش مورد مطالعه، حاوی رخساره‌های غالب گلسنگی نهشته شده در محیط کم‌انرژی و میان‌لایه‌های کربناته با میکروفاسیس غالب وکستون بایوکلاستیکی لاگونی و گرین‌استون اُاُیدی سد کربناته در شرایط ناگهانی افزایش انرژی محیط است. مجموعه رخساره‌ای ۱ از سازند آغاجاری که بخش‌های قاعده‌ای و میانی این سازند را شامل می‌شود؛ به‌طور یکنواخت از تناوب سیلیسی آواری‌های گلسنگی و ماسه‌سنگی، حاوی ساختمان‌های فیزیکی و زیستی محیط نهشتی ساحلی تحت تاثیر جزرومد و امواج تشکیل شده است. با یک مرز ناپیوسته روی این بخش، مجموعه رخساره‌ای ۲ از سازند آغاجاری، معادل عضو لهبری، قرار می گیرد که علاوه بر سیلیسی– آواری‌های گلسنگی و ماسه‌سنگی، حاوی لایه‌های کنگلومرایی است. تغییر رخساره در این بخش با تغییر در فرم هندسی لایه‌ها و غیبت ساختمان‌های رسوبی جزرومدی (همانند هرینگ بون) و آثار فسیلی زیستی ساحلی و ظهور عناصر ساختاری و رخساره‌های مرتبط با رودخانه مآندری همانند کانال، فرم‌های برافزایی جانبی، دشت سیلابی و کروس‌های پهن مشخص

www.SID.ir



شکل ۸- مدل رسوبی توالی پیش‌بومی نئوژن در شمال فروبار دزفول، در فرودیواره گسل پیشانی کوهستان.

می‌شود. در نهایت با یک مرز ناپیوسته، رخساره‌های کنگلومرایی مرتبط با محیط پرانرژی رودخانه گیسویی با غلبه گراول، روی عضو لهبری سازند آغاجاری قرار می‌گیرند. از آنجا که سطح جهانی آب دریاها طی نهشت این رسوبات، از میوسن میانی (حدود ۱۳ Ma) تا پایان پلیوسن (حدود ۳ Ma)، تقریباً ثابت بوده است (De Boer et al., 2010)، پایین آمدن سطح نسبی آب دریا و کم عمق شدن حوضه رسوبی در توالی فوق را می‌توان در ارتباط با فرایندهای زمین‌ساختی محلی دانست. به‌طور کلی، مدل ایده‌آل تکامل یک حوضه پیش‌بومی پری‌فرال، کم‌عمق شدن تدریجی در ادامه سوبسیدانس اولیه است (Miall, 1995). در این مدل، طی گذشت زمان و بالا آمدن توده روی هم رانده شده، نرخ ورود رسوب به حوضه افزایش و همزمان با تبدیل فاز نهشت فلیشی به مولاسی، شرایط از محیط‌های نهشتی دریایی به محیط‌های قاره‌ای تغییر می‌یابد (Miall, 1995) . Pirouz et al. (2011 and 2015) نیز پیش از این تغییرات پیوسته و تدریجی در توالی‌های رسوبی نئوژن مناطق فارس و دزفول را به تکامل حوضه پیش‌بومی و مهاجرت دپوزون حوضه زاگرس طی زمان به سمت جنوب و بالا آمدن تدریجی کف حوضه نسبت داده بودند. علاوه بر این، نجفی و همکاران (۱۳۹۵) به‌طور خاص به بررسی نقش رشد ساختارها در توزیع رخساره‌های رسوبی نئوژن در شمال فروبار دزفول پرداختند. این محققین، با تلفیق داده‌های سطحی و زیرسطحی، تاریخچه تکامل ساختاری منطقه شمال دزفول را مطالعه کرده و بر این اساس یک مدل تکاملی پنج مرحله‌ای برای رشد ساختارها در این منطقه ارائه داده‌اند. طبق این مدل، رشد تاقدیس سالند، طی دیاپیریسم نمک سازند گچساران، همزمان با رسوب‌گذاری سازند میشان شروع شده و رسوب‌گذاری بعد از سازند گچساران را در منطقه تحت تأثیر قرار داده است. در ادامه، کوتاه‌شدگی و چین‌خوردگی پوشش رسوبی و پس از آن رشد تاقدیس سردشت، همزمان با رسوب‌گذاری بخش بالایی سازند آغاجاری (عضو لهبری) رخ داده و سبب محدود شدن نهشته‌های رودخانه‌های عضو لهبری به پهلوی شمالی تاقدیس سردشت شده است. در نهایت، رسوبات سازند بختیاری که تقریباً افقی هستند و شاهدی از چین‌خوردگی و دگریختی را نشان نمی‌دهند؛ بعد از فاز اصلی چین‌خوردگی در منطقه نهشته شده‌اند. جمع‌بندی شواهد ارائه شده نشان می‌دهد که تجمع رسوب در فروبار دزفول شمالی طی دوره نئوژن، به میزان زیادی تحت کنترل حرکات زمین‌ساختی همزمان با رسوب‌گذاری قرار داشته است. این حرکات علاوه بر کنترل محیط نهشتی، بر روی توزیع رخساره‌های رسوبی در ناحیه نیز اثر داشته‌اند.

۵- نتیجه‌گیری

آنالیز رخساره‌ای توالی رسوبی پیش‌بومی نئوژن در شمال فروبار دزفول، برش سالند (حدود ۵۰۰۰ متر ضخامت)، شامل سازندهای میشان، آغاجاری و بختیاری، نشان‌دهنده تکامل محیط‌های نهشتی از دریای حاشیه‌ای به سمت محیط‌های حدواسط ساحلی سیلیسی آواری و قاره‌ای است. بازسازی محیط رسوبی دیرینه با استفاده از لاگ رسوبی و آنالیز رخساره‌ای در عملیات صحرایی و مطالعه مقاطع نازک میکروسکوپی انجام شده است.

سازند گلسنگی/کربناته میشان در قاعده توالی مورد مطالعه، در یک محیط لاگونی تا سدی به جا گذاشته شده است.

سازند سیلیسی آواری آغاجاری به دو مجموعه رخساره‌ای تفکیک می‌شود که FA1 در بخش پایینی سازند آغاجاری حاکی از نهشت در محیط ساحلی سیلیسی آواری و FA2 در بخش بالایی سازند آغاجاری نشان‌دهنده نهشت در محیط رودخانه‌ای مآندری است.

رخساره‌های شناسایی شده در سازند سیلیسی آواری بختیاری نشان‌دهنده نهشت توسط جریان کششی سریع در یک سیستم رودخانه‌ای گیسویی است.

با توجه به ثابت بودن سطح جهانی آب دریاها همزمان با رسوب‌گذاری این توالی (در بازه زمانی ۱۳ تا ۳ میلیون سال قبل)، تبدیل محیط‌های نهشتی نئوژن با بالاآمدگی زمین‌ساختی حوضه‌ی پیش‌بومی در اثرچین‌خوردگی و گسلش ساختارها، کنترل شده است.

سپاسگزاری

از دانشکده علوم زمین دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، به سبب حمایت از این پژوهش و فراهم آوردن امکانات لازم جهت انجام مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی و همچنین از داوران و سردبیر محترم مجله برای تصحیح مقاله و ارائه نظرات ارزشمندشان در راستای بهبود کیفیت این مقاله سپاسگزاری می‌شود.

Archive of SID
www.SID.ir

کتابنگاری

نجفی، م.، ورگس، ج.، گودرزی، م.، اعتمادسعید، ن.، معتمدی، ح.، کریم‌نژاد، ح. و قدس، ع.، ۱۳۹۵- تکامل تکتونیک- رسوبی و سیستم نفتی در فروبار دزفول شمالی، حوضه پیش بومی زاگرس. دومین همایش انجمن رسوب‌شناسی ایران، گروه زمین‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، ۸ تا ۹ اردیبهشت.

References

Bahroudi, A. and Koyi, H. A., 2004- Tectono-sedimentary framework of the Gachsaran formation in the Zagros foreland basin. Marine and Petroleum Geology 21, 1295–310.

Boggs, Jr. S., 2009- Petrology of Sedimentary Rocks. Cambridge University Press, 600 p.

De Boer, B., Van de Wal, R. S.W., Bintanja, R., Lourens, L. J. and Tuenter, E., 2010- Cenozoic global ice-volume and temperature simulations with 1-D ice-sheet models forced by benthic d18O records. Annals of Glaciology 51, 23e33.

Dunham, R. J., 1962- Classification of carbonate rocks according to their depositional texture. In: Ham, W.E. (Eds.), Classification of Carbonate Rocks. American Association of Petroleum Geologist Memoirs 1, 108-121.

Einsele, G., 2000- Sedimentary basins, evolution, facies, and sediment budget. Springer-Verlag, 682 p.

Flugel, E., 2010- Microfacies of carbonate rocks: analysis, interpretation and applications. Springer, 976 p.

Folk, R. L., 1980- Petrology of Sedimentary Rocks. Hemphill Publishing Company, Austin, Texas, 184 p.

MacEachern, J. A., Bann, K. L., Gingras, M. K., Zonneveld, J. P., Dashtgard, S. E. and Pemberton, S. G., 2012- The ichnofacies paradigm. In: Knaust, D., Bromley, R.G. (Eds.), Trace Fossils as Indicators of Sedimentary Environments. Developments in Sedimentology, vol. 64. Elsevier, Amsterdam, pp. 103–138.

Miall, A. D., 1995- Collision-related foreland basins. In: Busby, C.J., Ingersoll, R.V. (Eds.), Tectonics of sedimentary basins. Blackwell Science, pp. 393-424.

Miall, A. D., 1996- The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, Basin Analysis and Petroleum Geology. Springer-Verlag, New York, 582 p.

Miall, A. D., 2014- Fluvial depositional systems. Springer-Verlag, Berlin, 316 p.

Najafi, M., Yassaghi, A., Bahroudi, A., Vergés, J. and Sherkati, S., 2014- Impact of the Late Triassic Dashtak intermediate detachment horizon on anticline geometry in the Central Frontal Fars, SE Zagros fold belt, Iran. Marine and Petroleum Geology 54, 23-36.

Nichols, G., 2009- Sedimentology and stratigraphy. Wiley-Blackwell, 433p.

Noffke, N., 2010- Geobiology: microbial mats in sandy deposits from the Archean Era to today, Springer-Verlag, 193p.

Pirouz, M., Simpson, G. and Chiaradia, M., 2015- Constraint on foreland basin migration in the Zagros mountain belt using Sr isotope stratigraphy. Basin Research, 27, 714-728.

Pirouz, M., Simpson, G., Bahroudi, A. and Azhdari, A., 2011- Neogene sediments and modern depositional environments of the Zagros foreland basin system. Geological Magazine 148 (5-6), 838-853.

Reading, H. G. and Collinson, J. D., 1996- Clastic Coasts. In: Reading, H.G. (Eds.), Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy. Blackwell Science, Oxford, pp. 154-231.

Selley, R. C., 1996- Ancient sedimentary environments and their sub-surface diagnosis. Psychology Press, 300 p.

Tucker, M. E., 2001- Sedimentary petrology: an introduction to the origin of sedimentary Rocks. Wiley, 262 p.

Archive of SID

www.SID.ir

Facies analysis and paleo-environmental reconstruction of the Neogene strata in the Northern Dezful Embayment, Zagros

N. Etemad-Saeed[1*], M. Najafi[1], N. Zeinolabedin Qavim[2] and A. R. Ghods[3]

[1]Assistant Professor, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran

[2]M.Sc. Student, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran

[3]Associate Professor Institute for Advanced Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran

Received: 2017 January 29 Accepted: 2017 August 28

Abstract

The present study provides a detailed facies and depositional environment analyses of the Neogene strata in the northern Dezful embayment, footwall of the Zagros Mountain Front fault. The Neogene strata in this area, including the Mishan, Aghajari, and Bakhtyari formations, constitute the thickest Zagros foreland succession, with more than 5 km of thickness. As these sediments were deposited synchronous with the main phase of the Zagros orogeny, they have recorded the history of deformation events. During the current study, 9 lithofacies have been identified on the basis of lithology, grain size, sedimentary structures, and bed geometry, which can be classified into three facies assemblages including: gravel dominated (Gm, Gp), sand dominated (Sh, St, Sp, Sr), and mud dominated (Fm, Fl). Furthermore, two major marine ichnofacies, the skolithos and the Cruziana ichonafacies, have been identified at the base of the Aghajari Formation. As the results indicated, the vertical stacking of facies represents an overall shallowing-upward succession that was deposited in marginal marine (Mishan), siliciclastic shoreline (base of Aghajari), meandering river (top of Aghajari) and braided river (Bakhtyari) depositional environments, from base to top respectively. Considering eustatic sea-level fluctuations in the deposition period (13 to 3 Ma), these results propose that evolution of the Neogene sedimentary basin in the North Dezful likely controlled by tectonic folding and faulting.

Keywords: Depositional environment, Dezful embayment, Mishan Formation, Aghajari Formation, Bakhtyari Formation

For Persian Version see pages 3 to 12

*Corresponding author: N. Etemad-Saeed; E-mail: n.etemad@iasbs.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir