

مجموعه اثر فسیل‌های دریایی ژرف و اهمیت محیطی آنها در نهشته‌های پالتوسن سازند امیران در جنوب باختر لرستان

یعقوب نصیری^۱، سیدرضا موسوی حرمی^{۲*}، اسداله محبوبی^۲ و نارام بایت کل^۳

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

^۲ استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

^۳ دانشجوی دکتری، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۶/۱۳

چکیده

رسوبات پالتوسن سازند امیران در پهنه زاگرس، لرستان، دارای مجموعه گوناگونی از اثر فسیل‌ها با حفظ شدگی خوب است. مطالعه اثر فسیل‌ها در سامانه‌های آواری مناطق ژرف دریایی این سازند نشان می‌دهد که اثر فسیل‌ها ویژگی خوبی برای تفکیک مخروط‌های زیردریایی و زیرمحیط‌های مرتبط با آن هستند. رخساره‌های سنگی در بر دارنده اثر فسیل‌ها شامل کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلستون و شیل است. محیط رسوبی نهشته‌های مورد بررسی به بخش پایینی تا بالایی مخروط‌های زیردریایی ژرف نسبت داده می‌شود. رخساره‌های درون کانال، توربیدیت‌های سترلایه و نهشته‌های بین کانالی به عنوان نهشته‌های حاصل از جریان‌های خرده‌دار و توربیدیتی با چگالی بالا تفسیر می‌شوند. بیشتر اثر فسیل‌ها با حفظ شدگی خوب و تنوع بالا در بخش Tcdt توالی بوما حاصل از جریان توربیدیتی با چگالی بالا تشکیل می‌شود. بر اساس تنوع اثر فسیل‌ها، ترکیب ایکونوتاکسونومیک، رفتارشناسی و طرح ریخت‌شناسی، اثر فسیل‌های سازند امیران به دو مجموعه پیش و پس از رسوب‌گذاری تفکیک می‌شوند. مجموعه پیش از رسوب‌گذاری دارای اثر فسیل‌های گرافولیت‌ها، گریزینگ و ساختارهای تغذیه‌ای هستند. تنوع، رفتارشناسی و طرح ریخت‌شناسی مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری نشان از ایکونوفاسیس نریس دارد. همچنین، مجموعه پس از رسوب‌گذاری با اثرات پناهگاهی و تغذیه‌ای نشان‌دهنده ایکونوفاسیس اسکولایتوس است. ویژگی‌های کلی اثر فسیل‌ها نشان می‌دهد که از بخش نزدیک منشأ به سمت بخش دورتر، در نسبت الگوی رفتاری پناهگاهی کاهش و در نسبت الگوی رفتاری کشتی، تغذیه‌ای و گریزینگ افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: دریایی ژرف، ایکونوفاسیس، اثر فسیل، سازند امیران، توربیدیت.

***نویسنده مسئول:** سیدرضا موسوی حرمی

E-mail: harami2004@yahoo.com

۱- مقدمه

بالای آنها برای تفسیر محیط رسوبی و دیرین‌زیست‌شناسی حوضه‌های رسوبی ژرف در ایران انجام شده است (Crimes & McCall, 1995; Uchman et al., 2005). در این مطالعه از شواهد اثر فسیل‌ها به عنوان ابزاری برای شناخت محیط رسوبی و دیرین‌زیست‌شناسی سازند امیران در پهنه زاگرس استفاده شده است. این ساخت‌ها در جازا هستند و هیچ‌گونه جابه‌جایی در آنها صورت نگرفته است، از این رو شاخص بسیار مناسبی در تفسیر محیط رسوبی هستند. بررسی محیط رسوبی سازند امیران با توجه به اثر فسیل‌ها می‌تواند زمینه مناسبی برای بازسازی شرایط دیرینه بوم‌شناسی، چینه‌نگاری سکاسی و بررسی دقیق سیستماتیک اثر فسیل‌ها فراهم آورد.

۲- موقعیت زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

پس از تصادم پوسته قاره‌ای عربی و ایران مرکزی، بالا آمدگی، چین‌خوردگی و رورانندگی مهمی صورت گرفته که پیامد آن فرسایش کمربند کوهزایی زاگرس مرتفع و افولیت-رادبولاریت‌های زیرپهنه فرورانش زاگرس است که به علت بالا آمدن پوسته اقیانوسی در نواحی مرکزی و شمال خاوری، مواد آواری حاصل از فرسایش آنها به مناطق جنوب باختری و جنوب خاوری حمل شده‌اند (Alavi, 2004). در محدوده زمانی ماستریشتین بالایی تا پالتوسن مواد فرسایشی حاصل از این تصادم در حوضه پروفورلندی (Alavi, 2004) در کمربند چین‌خورده زاگرس سازند امیران را تشکیل داده‌اند. این سازند در برش مورد مطالعه از ۹۲۴ متر سیلستون و ماسه‌سنگ به رنگ سبز زیتونی تیره تا قهوه‌ای و میان‌لایه‌های سنگ‌آهک و کنگلومرا تشکیل شده است (شکل ۲). مرز پایینی سازند امیران با مارن‌های خاکستری‌رنگ سازند گورپی هم‌شیب و تدریجی و مرز بالایی آن با سازند کشکان به صورت مشخص است. سازند امیران به طور جانبی به سازندهای

ایکونوفاسیس نریس مربوط به نواحی ژرف دریاست و با مجموعه‌ای متنوع از ساختارهای زیستی گریزینگ، تغذیه‌ای و حفاری توصیف می‌شود (Tunis & Uchman, 1996b). در محیط‌های دریایی ژرف افزون بر ژرفا، زمان ته‌نشست رسوبات توربیدیتی و نوع جریان آن (چگالی کم و بالا) مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر ایکونوفاسیس نریس هستند. در این محیط‌ها به دلیل نوسان در نرخ رسوب‌گذاری و شرایط انرژی و فرسایش در کف بستر، دو مجموعه اثر فسیل پیش از توربیدایت (Pre-turbidite) و پس از توربیدایت (Post-turbidite) تشکیل می‌شود (Wetzel 1991; Tunis & Uchman, 1996a & b). مجموعه اثر فسیل‌های پیش از توربیدایت در بستری ساکن، آرام و متعادل از نظر شرایط انرژی و رسوب‌گذاری بدون هر گونه تأثیر جریان‌های ثانویه و فرسایشی ایجاد می‌شوند. این مجموعه شامل گرافولیت‌ها (Graphoglyptids)، ساختارهای تغذیه‌ای ژرف (Deeper tier) و ساختارهای کشتی هم‌نهم شیمیایی (Chemosymbiotic Farming) است. آشفستگی آب و ایجاد جریان‌های فرسایشی در طی رسوب‌گذاری دوباره توربیدایت‌ها باعث می‌شود که مجموعه پیش از توربیدایت به وسیله مجموعه اثر فسیل‌های پس از توربیدایت، که نوع سبک رفتاری جاندار سازنده آنها سازگاری بیشتر با چنین شرایطی دارد، جایگزین شود (Tunis & Uchman, 1996b). به طوری که مجموعه پس از توربیدایت در شرایط پرانرژی و بستری درشت و جورشده با نسبت بالا در میزان رسوب‌گذاری و میزان زیاد مواد معلق در ستون آب (حاصل از آشفستگی جریان) ایجاد می‌شود. به طور کلی ماسه‌سنگ‌های توربیدیتی از نظر بافتی و ترکیبی نابالغ (Immature) هستند. بیشتر ماسه‌سنگ‌ها از نظر ترکیبی، گری‌وکی و چرت‌آرنایت هستند. مطالعه مقاطع نازک سازند امیران نشان می‌دهد که از نظر ترکیبی چرت‌آرنایت و گری‌وکی هستند. مطالعات نسبتاً محدودی در زمینه اثر فسیل‌های دریایی ژرف و پتانسیل

همراه با عدسی‌هایی از طبقات ماسه‌سنگی درشت و قاعده فرسایشی مشخص دیده می‌شوند. قطعات موجود در این کنگلومراها به صورت چندمنشایی با گردشگی بالا، جورشدگی ضعیف و در اندازه پیل تا کابل هستند (شکل ۴-۲) و در بیشتر موارد قطعات دانه‌بندی تدریجی دارند. قطعات بزرگی که به دلیل تخریب دیواره دره کنده شده‌اند، در بیشتر موارد در این کنگلومراها دیده می‌شود. ساخت‌های حفر شده و پر شده به فراوانی در این کنگلومراها یا عدسی‌های ماسه‌ای همراه آنها دیده می‌شود (شکل ۴-۳). کنگلومراهای نوع سوم به صورت زمینه‌غالب و بدون چینه‌بندی با جورشدگی ضعیف هستند. قطعات موجود در این کنگلومراها به صورت چندمنشایی با جورشدگی و گردشگی ضعیف دیده می‌شوند. از مهم‌ترین ویژگی‌های این کنگلومراها وجود قطعات بزرگ در زمینه رسی-سیلنی دانه‌ریز است (شکل ۴-۴). همچنین ماسه‌سنگ‌های موجود در مجموعه رخساره‌ای بالایی مخروط به صورت ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه تا پیلی هستند که در بیشتر موارد به صورت لایه‌های توده‌ای-ستبر با قاعده فرسایشی و ساخت‌های حفر شده و پر شده و قالب‌های شیاری (شکل‌های ۴-۵ و ۴-۶) دیده می‌شوند. گاه طبقه‌بندی مورب ناودانی با حفظ‌شدگی ضعیف در آنها مشاهده می‌شود. همچنین گاهی لایه‌های رسوبی دانه‌ریز با لامیناسیون موازی همراه با این ماسه‌سنگ‌ها دیده می‌شود. مهم‌ترین اثر فسیل‌های موجود در این مجموعه رخساره‌ای به ترتیب فراوانی شامل: *Thalassinoides*, *Ophiomorpha*, *Planolites* و تا حد کمتری *Helminthopsis* و *Gordia* هستند (جدول ۱).

تفسیر: داده‌های رسوبی و بافتی موجود در رخساره مطالعه‌شده نشان از نقش جریان‌های خرده‌دار یا آشفته (Debris or Slurry Fows) با چگالی بالا در تشکیل این رسوبات دارد که به طور چیره از کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشتی هستند که درون کانال‌ها یا دره‌های ژرف زیردریایی رسوب کرده‌اند. چنین جریان‌هایی در بخش‌های نزدیک به منشأ محیط یعنی در بخش‌های بالایی مخروط تشکیل می‌شوند. جریان‌های خرده‌دار یا آشفته، مقدار زیادی ماسه درشت و گراول را به صورت معلق حمل می‌کنند، آشفته‌گی جریان، فشار حاصل از برخورد دانه‌ها و نیروی درونی (شناوری زمینه) از عوامل اصلی حمل‌کننده رسوبات در بخش‌های بالایی مخروط است. به هم‌ریختگی بالا، جورشدگی ضعیف و گاه طبقه‌بندی تدریجی وارون نشان‌دهنده تشکیل این رسوبات در کف کانال‌های زیردریایی در بخش‌های بالایی مخروط است. وجود قطعات بزرگ سنگی در لایه‌های کنگلومرای دلت بر تخریب دیواره دره به کف کانال در نتیجه چگالی بالای جریان توربیدیتی دارد. البته وجود قطعات بزرگ نیز در کنگلومراهای زمینه‌غالب (نوع سوم) می‌تواند دلالت بر وجود جریان‌های خرده‌دار و قدرت شناوری زمینه در حمل قطعات درشت در بالاتر از سطح لایه باشد (Deptuck et al., 2007). ماسه‌سنگ‌های توده‌ای درشت‌دانه در این رخساره دلیلی دیگر بر وجود چگالی بالای جریان توربیدیتی و تشکیل آنها در رخساره‌های بالایی مخروط است و قاعده فرسایشی و ستبرای بالای این ماسه‌سنگ‌ها نشان‌دهنده نرخ بالای رسوب‌گذاری از حالت معلق و جریان‌های آشفته با چگالی بالا در کانال‌های زیردریایی پرشیب بخش بالایی مخروط باشد (Saller et al., 2004). همچنین گاهی پر شدن کانال‌های رسوبی در این بخش از محیط به دلیل چگالی بالای جریان باعث تشکیل خارکریزه‌های طبیعی محدود با لایه‌های رسوبی دانه‌ریز با لامیناسیون موازی می‌باشد.

۵-۲. بخش میانی مخروط (Mid Fan)

توصیف: رسوبات رخساره دوم از نظر ستبرا بیشترین نهشته‌های موجود در سازند امیران را تشکیل می‌دهند. این رخساره از نظر بافتی و ساختی به سه زیررخساره تفکیک می‌شود: ۱- ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشت ستبر لایه توده‌ای با قاعده فرسایشی و ستبر شونده به سمت بالا تشکیل شده‌اند (شکل ۴-۵). چرخه توالی بوما در این رخساره از پایین به بالا شامل ماسه‌سنگ‌های پیلی دانه‌درشت با طبقه‌بندی تدریجی

گوری و پابده تبدیل می‌شود. سازند امیران زمان‌گذر بوده و در لرستان به سن پالئوسن (مطیعی، ۱۳۸۲) و در ناحیه کرمانشاه-خرم‌آباد به سن ماستریشتین است (Alavi, 2004).

۳- روش مطالعه

در این مطالعه یک برش چینه‌شناسی از سازند امیران در منطقه امام‌زاده پیرشمس‌الدین در جنوب باختری لرستان در موقعیت جغرافیایی $33^{\circ} 3' 28''$ شمالی و $47^{\circ} 56' 39''$ خاوری و در ۶۰ کیلومتری خرم‌آباد برداشت شده است که از ۹۲۴ متر سیلستون و ماسه‌سنگ و مقداری سنگ‌آهک و کنگلومرا تشکیل شده است (شکل ۱). ۲۲۰ نمونه سنگی برای مطالعات آزمایشگاهی برداشت و از این تعداد، ۱۷۰ عدد برش نازک از ماسه‌سنگ (به طوری که تمامی توالی را پوشش دهد) تهیه شده است. در این برداشت ستبرای نهشته‌ها، سطوح لایه‌بندی، ساختارهای رسوبی، اثر فسیل‌ها، میزان زیست‌آشفته‌گی، تغییرات اندازه دانه‌ها و همچنین ارتباط لایه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. مجموعه‌های ایکنولوژیکی بر اساس تجزیه و تحلیل ایکنوفسیل‌ها (MacEachern et al., 2007c)، شرایط پیش و پس از رسوب‌گذاری طبقات و سطوح چینه‌شناسی در نهشته‌های سازند امیران بررسی شد.

۴- بحث

بررسی اثر فسیل‌ها بر اساس ریخت‌شناسی آنها و با توجه به ویژگی‌هایی همچون آستریندی حفرات، نوع دیواره، ساخت‌های پس‌ریز، بود یا نبود انشعاب، و ویژگی بافتی رسوبات پرکننده حفرات و مقایسه آن با رسوبات سنگ میزبان، ساختمان درونی حفرات و ویژگی‌های سنگ میزبان صورت می‌گیرد (Bann et al., 2004). اثر فسیل‌های رسوبات سازند امیران در برش مورد مطالعه مجموعه متنوعی دارد. این اثر فسیل‌ها حاصل رفتارهای گریزینگ، کشتی (Farming یا Agrichnia)، دامی (Trapping)، پناهگاهی و خزشی/تغذیه‌ای هستند. همچنین نوع رفتار گریزینگ در رسوبات این سازند شامل ریخت‌های گریزینگ متاندری و گریزینگ مدور است (Meandering/ Spiral Pascichnia).

۵- مجموعه رخساره‌ای توربیدیتی و پراکندگی محیطی اثر فسیل‌ها

در مطالعه کنونی، بر پایه شواهد صحرایی همچون سطوح لایه‌بندی، ساختارهای رسوبی، ارتباط جانبی لایه‌ها، طرح ریخت‌شناسی لایه‌ها، سطوح محصور، نوع و پراکندگی اثر فسیل‌ها، تغییرات اندازه دانه‌ها، ارتباط لایه‌ها و پراکندگی محیطی اثر فسیل‌ها، سه مجموعه رخساره‌ای در توالی‌های رسوبی سازند امیران شناسایی شد که شامل: مجموعه رخساره بالایی مخروط (Upper Fan)، مجموعه رخساره میانی مخروط (Mid Fan) و مجموعه رخساره‌ای پایین مخروط (Lower Fan) است (شکل ۳).

۵-۱. بخش بالایی مخروط (Upper Fan)

توصیف: رخساره اول از کنگلومراها و ماسه‌سنگ‌های دانه‌درشتی تشکیل شده است که به طور کلی با کاهش تدریجی در اندازه دانه‌ها به سمت بالا، مرز تخریبی همراه با کنگلومرای کف کانال، ماسه‌سنگ‌های توده‌ای و به‌ندرت طبقه‌بندی مورب ناودانی و لایه‌های رسوبی دانه‌ریز با لامیناسیون موازی دیده می‌شوند. کنگلومراها در این بخش به سه گونه دیده می‌شوند: ۱- کنگلومراهایی که دارای به هم‌ریختگی (فیزیکی) زیادتری هستند و به صورت دانه‌غالب و بدون چینه‌بندی همراه با عدسی‌هایی از طبقات ماسه‌سنگی درشت و در گاهی موارد گل‌سنگ‌های پیل‌دار دیده می‌شوند. قطعات موجود در این کنگلومراها به صورت چندمنشایی با گردشگی بالا، در اندازه پیل تا کابل و زمینه ماسه‌ای متوسط‌دانه است (شکل ۴-۶). گاه در آنها چینه‌بندی تدریجی وارون دیده می‌شود. ۲- کنگلومراهایی که دارای به هم‌ریختگی کمتری هستند و به صورت دانه‌غالب و صفحه‌ای شکل

نسبت به بخش‌های میانی و بالایی مخروط کاهش شدیدی دارد. همراه با این تغییرات مجموعه‌های توالی بوما در این رخساره نیز به طور چیره از بخش‌های بالایی توالی بوما تشکیل شده‌اند، به طوری که بخش‌های پایینی این توالی (Tab) در آنها دیده نمی‌شود و به ندرت ماسه‌های ریزدانه با لامیناسیون ریپلی جریان (Tc) در آنها وجود دارد. این رخساره از نظر بافتی و ساخت‌های آن به سه زیررخساره تفکیک می‌شود: ۱- تناوب لایه‌های دانه‌ریز شیلی و سیلتی با لامیناسیون موازی و لایه‌های ماسه‌سنگی با لامیناسیون ریپلی موجی و پیچیده. ماسه‌سنگ‌ها در این زیررخساره نسبت به دیگر رخساره‌ها سبترای بیشتر و شکل صفحه‌ای بدون قاعده فرسایشی دارند. توالی چرخه بوما به طور چیره در این رخساره از بخش‌های بالایی Tcd و به ندرت بخش‌های شیلی دانه‌ریز بدون ساختار (Te) تشکیل شده است (شکل‌های ۴-L و M). ۲- تناوب شیل و سیلتستون با میان‌لایه‌های نازک ماسه‌سنگ دانه‌ریز؛ ماسه‌سنگ‌ها در این زیررخساره با لامیناسیون موازی مسطح تا ریپلی موجی و بدون قاعده فرسایشی دیده می‌شوند. لایه‌های شیلی و سیلتی دانه‌ریز نیز دارای لامیناسیون موازی تا پیچیده و توده‌ای در بالاترین بخش هستند. توالی چرخه بوما به طور چیره در این رخساره از بخش‌های بالایی Tde تشکیل شده است (شکل ۴-N). ۳- شیل‌های دانه‌ریز با سبترای زیاد و بدون ساختار. گاه اثرات لایه‌بندی موازی در این زیررخساره دیده می‌شود. مجموعه اثرفسیلی‌های موجود در این رخساره به ترتیب فراوانی شامل:

Planolites, *Gordia*, *Helminthopsis*, *Nereites*, *Ophiomorpha rudis*, *Cosmorhaphie*, *Megagraption*, *Desmograption*, *Thalassinoides*, *Scolicia*, *Zoophycos*, *Chondrites*, *Paleodictyon*, *Spirorhaphie*, *Fustiglyphus*, *Urohelminthoidia* و *Circulichnus* است (جدول ۱).

- **تفسیر:** افزایش در نسبت شیل به ماسه‌سنگ در رخساره سوم نشان‌دهنده تشکیل این نهشته‌ها در بخش‌های پایینی مخروط تحت تأثیر جریان‌های توریدایتی با چگالی کم است (شکل ۴-H). ماهیت دانه‌ریز و نوع ساختارهای رسوبی در این نهشته‌ها نشان از وجود جریان‌های گلی و رقیق با چگالی پایین دارد؛ محدود نشدن چنین جریان‌هایی به کانال‌ها موجب کاهش سرعت جریان توریدایتی و ایجاد رسوبات دانه‌ریز به شکل پهن و گسترده در بخش‌های پایینی مخروط حاصل از چنین جریان‌هایی می‌شود (شکل ۴-Q). همچنین نبود قاعده فرسایشی در لایه‌های ماسه‌سنگی موجود در این رخساره نشان‌دهنده نبود کانال‌های حمل‌کننده رسوب و وجود جریان‌های رقیق توریدایتی به شکل پهن و گسترده است. نبود شواهد کانالی در این رخساره باعث می‌شود که نهشته‌های متناوب شیلی و ماسه‌ای این مجموعه به بخش‌های پایینی مخروط به جای بخش‌های خاکریز طبیعی یا حاشیه کانال در مناطق میانی مخروط نسبت داده شود (Saller et al., 2004). همچنین تغییرات در توالی بوما در این مجموعه رخساره می‌تواند نشان‌دهنده رقیق شدن جریان توریدایتی از بخش‌های بالایی بخش پایینی مخروط به سمت نواحی پایانی حوضه (Distal Basin Floor) (جدول ۱) باشد. وجود نهشته‌های شیلی- توده‌ای همی‌پلاژیک در بخش کف حوضه نشان‌دهنده کمترین نرخ رسوب‌گذاری از جریان‌های توریدایتی با چگالی خیلی کم است.

پراکنندگی اثرفسیل‌ها، ساختارهای فیزیکی همراه آنها و ارتباط رخساره‌ای در ستون چینه‌شناسی در شکل ۲ و جدول ۱ به طور خلاصه نشان داده شده است. بررسی توزیع اثرفسیل‌های سازند امیران با توجه به رخساره‌های شناسایی شده در سامانه توریدایتی نشان می‌دهد که روند خاصی در طرح برانبارش و الگوی رخساره‌ای توریدایتی‌ها و اثرفسیل‌ها وجود دارد (جدول ۱)، به طوری که بررسی چنین تغییراتی در سامانه‌های رسوبی توریدایتی می‌تواند ابزار مناسبی برای تفکیک زیرمحیط‌های مختلف توریدایتی به شمار آید (Uchman, 2003, 2004a & 2007; Milighetti et al., 2009). بررسی اثرفسیل‌ها نشان می‌دهد که مجموعه مرتبط با گرافولیت‌های حاصل از رفتار کشتی (*Agrichnia*) و خزشی/تغذیه‌ای شامل *Urohelminthoida*, *Nereites*, *Lorenzina*, *Spirophycus* و تغذیه‌ای/هم‌زیست

(Tb)، ماسه‌سنگ‌های متوسط‌دانه توده‌ای (به ندرت با چینه‌بندی موازی) (Tb) و ماسه‌سنگ‌های ریزدانه با لامیناسیون ریپلی جریان (Tc) است (شکل ۴-G). ۲- ماسه‌سنگ‌های متوسط‌لایه با قاعده فرسایشی و سبترشونده به سمت بالا با آثار قالب شیری در قاعده (شکل ۴-K). در بیشتر موارد این ماسه‌سنگ‌ها با میان‌لایه‌هایی از شیل و سیلتستون همراه هستند. چرخه توالی بوما در این رخساره تغییرات زیادی در اندازه ذرات و ساخت‌های رسوبی نشان می‌دهد. این چرخه در بیشتر موارد از ماسه‌سنگ‌های توده‌ای (Tb)، لامیناسیون موجی و پیچیده (شکل ۴-J) (Tc) و به ندرت چینه‌بندی لایه‌ای موازی در رسوبات دانه‌ریز (Td) تشکیل شده است. ۳- تناوب لایه‌های دانه‌ریز شیل و سیلتستون با ماسه‌سنگ‌های ریزدانه و نازک‌لایه با قاعده فرسایشی؛ چرخه توالی بوما در این زیررخساره نیز از پایین به بالا از ماسه‌سنگ‌های نازک‌لایه با لایه‌بندی موازی (Tc) و لایه‌های دانه‌ریز سیلت و رس با چینه‌بندی لایه‌ای موازی (Tde) تشکیل شده است. در این رخساره، الگوی کلی نسبت سبترای و فراوانی لایه‌های ماسه‌سنگی به سمت بالا کاهش می‌یابد، در مقابل، نسبت رسوبات دانه‌ریز شیلی به سمت بالای این مجموعه افزایش شدیدی نشان می‌دهد. مجموعه اثرات فسیلی موجود در این رخساره به ترتیب فراوانی شامل:

Taenidium, *Gordia*, *Ophiomorpha rudis*, *Ophiomorpha annulata*, *Palaeophycus*, *Zoophycos*, *Thalassinoides*, *Planolites*, *Scolici*, *Halopoa*, *Megagraption*, *Chondrites*, *Spongeliomorpha*, *Helminthopsis*, *Nereites*, *Circulichnus* و *Cosmorhaphie*, *Desmograption*, *Cochlichnus* است (جدول ۱).

- **تفسیر:** رخساره دوم در مقایسه با رخساره نخست کاهش زیادی در نسبت ذرات دانه‌درشت کنگلومرای به ماسه‌سنگ پبلی نشان می‌دهد. با این وجود نسبت ماسه ریز و طبقات شیلی و سیلتی در این مجموعه رخساره‌ای نسبت ذرات دانه‌درشت کنگلومرای و ماسه‌سنگ پبلی افزایش می‌یابد. به همراه این تغییرات توالی‌های رسوبی و ساخت‌های موجود در آنها (چرخه توالی بوما) تغییرات زیادی از بخش بالادستی این رخساره به سمت بخش‌های پایین دست آنها نشان می‌دهند. الگوهای رسوبی و بافتی در مجموعه رخساره مطالعه‌شده نشان از نقش جریان‌های توریدایتی با چگالی کمتر در تشکیل آنها نسبت به رخساره اول دارد که درون مجموعه کانال‌های بریده بریده، زبانه‌های فعال و خاکریزهای طبیعی موجود در بخش میانی مخروط رسوب کرده‌اند. همچنین درهم‌آمیختگی (Amalgamated) لایه‌های صفحه‌ای شکل ماسه‌سنگ از چرخه‌های درشت‌شونده شیل و ماسه‌سنگ (رخساره اول و دوم) به عنوان جریان‌های باز کانالی (Unconfined Flow) در توریدایتی‌ها معرفی می‌شوند (Navarro et al., 2007). در این بخش نیز ماسه‌سنگ‌های سبترلایه دلالت بر وجود چگالی بالای جریان توریدایتی (نسبت به دیگر رخساره‌های موجود در این بخش) و محدود شدن جریان در کانال‌های بریده بریده بخش میانی مخروط دارد. تناوب ماسه‌سنگ‌های متوسط‌لایه با لایه‌های دانه‌ریز نشان‌دهنده تشکیل آنها در بخش‌های حاشیه مخروط میانی و وجود زبانه‌های فعال در این بخش از توریدایتی است (Deptuck et al., 2007). وجود تناوب منظم از لایه‌های ماسه‌سنگی و شیلی دانه ریز در زیررخساره سوم نشان از کاهش انرژی و چگالی جریان توریدایتی دارد که چنین جریان‌هایی در هنگام پر شدن کانال‌های بریده بریده و سرازیر شدن جریان به سمت بخش‌های حاشیه‌ای ایجاد می‌شوند. کاهش انرژی و چگالی از کانال به سمت این بخش‌ها موجب ایجاد تناوبی از لایه‌های دانه‌ریز شیل و ماسه‌سنگ می‌شود که دارای بخش‌های بالایی چرخه توالی بوما هستند (Navarro et al., 2007). چنین الگویی از تناوب و ساختارهای رسوبی نشان‌دهنده تشکیل این بخش از زیررخساره سوم در بخش خاکریزهای طبیعی است

۳-۵. بخش پایینی مخروط (Lower Fan)

- **توصیف:** رسوبات رخساره سوم از نظر سبترای بیشتر از نهشته‌های دانه‌ریز شیل و سیلت تشکیل شده‌اند و نسبت به دو رخساره پیشین نسبت شیل به ماسه در آنها افزایش چشمگیری نشان می‌دهد. همچنین سبترای لایه‌ها و چرخه‌های بوما در این رخساره

شیمیایی شامل *Chondrites* و *Zoophycos* فراوان‌ترین اثرفسیل‌های موجود در رخساره‌های حاشیه مخروط، کف حوضه و بخش پایینی مخروط هستند. در این مجموعه به غیر از *Zoophycos* فراوانی و حضور دیگر اثرفسیل‌ها در رخساره‌های میانی و بالایی مخروط به تدریج کاهش می‌یابد. اثرفسیل *Paleodictyon* حاصل رفتار کشتی، توزیع یکنواختی را در رخساره‌های ماسه‌ای ریز تا متوسط‌دانه بخش‌های پایینی و میانی مخروط نشان می‌دهد. همچنین اثرفسیل *Megagraption*، *Desmograption* و *Cosmorhapha* مرتبط با مجموعه گرافولیت‌ها در بخش‌های پایینی مخروط توزیع یکنواختی نشان می‌دهد؛ با این وجود به سمت بخش‌های میانی مخروط فراوانی این اثرها کاهش می‌یابد. اثرفسیل‌های حاصل از رفتار خزشی/گریزینگ *Helminthopsis* و *Gordia* از فراوان‌ترین اثرفسیل‌های مشاهده‌شده در رخساره دانه‌ریز سازند امیران هستند که توزیع یکنواختی در بخش‌های میانی و پایینی مخروط نشان می‌دهند. همچنین، مهم‌ترین اثرفسیل‌هایی که در بخش‌های بالایی مخروط با الگوی رفتاری پناهگاهی (*Domichnia*)، تغذیه‌ای (*Fodinichnia*) و گریزینگ (*Pascichnia*) مشاهده می‌شوند شامل اثرفسیل‌های *Ophiomorpha*، *Thalassinoides* و *Palaeophycus* همراه با تعداد محدودی از اثرهای *Halopoa*، *Zoophycos* و *Skolithos* هستند. فراوانی این اثرها در رخساره‌های بخش میانی مخروط به‌ویژه در بخش‌های حاشیه مخروط و خاکریزهای طبیعی کاهش می‌یابد. با این وجود، در بخش‌های پرانرژی رسوبات کانال‌های بریده بریده موجود در بخش‌های میانی مخروط نیز این اثرها به فراوانی مشاهده می‌شوند. اثرفسیل *Scolicia* با حاصل رفتار گریزینگ یکی از مهم‌ترین اثرفسیل‌های شناسایی‌شده در بخش میانی مخروط است، همچنین این اثرفسیل به صورت اثرفسیل‌های پس از رسوب‌گذاری در بخش‌های قاعده‌ای طبقات دانه‌تدریجی (*Ta*) و لامینه‌ای (*Tb/Tc*) توالی بوما دیده می‌شود. بررسی اثرفسیل‌های سازند امیران در محیط رسوبی توریدایی از بخش نزدیک‌تر به سمت بخش دورتر حوضه (شکل ۱۰) با توجه به توزیع محیطی آنها در جدول ۱ نشان می‌دهد که تنوع اثرفسیل‌ها به سمت بخش‌های پایینی مخروط افزایش می‌یابد. همچنین این بررسی نشان می‌دهد که فراوانی اثرفسیل‌ها تغذیه‌ای، کشتی و گریزینگ به سمت بخش‌های ژرف‌تر حوضه افزایش می‌یابد، در مقابل، فراوانی اثرفسیل‌ها با الگوی رفتاری پناهگاهی و تغذیه‌کننده از مواد معلق در آب به سمت بخش‌های بالای مخروط و بخش‌های پرانرژی‌تر کانال افزایش نشان می‌دهد.

۷- ایکونوفاسیس و محیط رسوبی

محیط‌های رسوبی آواری با توجه به ساخت‌های رسوبی غیرزیستی و مجموعه اثرفسیلی‌های همراه تفسیر می‌شوند، به طوری که ارتباط رخساره‌های رسوبی با ژرفای آب، شرایط انرژی حوضه و جریان‌های محیط رسوبی، میزان رسوب‌گذاری، شوری، دما، نوع بستر و میزان مواد غذایی در دسترس جانداران تعیین می‌شود. در چنین حالتی است که می‌توان ارتباط اثرفسیل‌ها را با رخساره‌های رسوبی و شرایط حوضه تعیین کرد (بایت گل و همکاران، ۱۳۹۱). در پایان با توجه به تنوع و فراوانی اثرفسیل‌ها، می‌توان همراهی آنها را در رابطه با مفاهیم مرسوم اثرشناسی (مانند *Suites*، *Ichnocoenoses*، *Assemblages*، *Ichnofacies* و *Ichnofabric*) بررسی و تفسیر کرد (Bann et al., 2004). البته بر اساس نظر بیشتر پژوهشگران (Bann et al., 2004; Malpas et al., 2005) استفاده از نوع ایکونوفاسیس و ایکونوفابریک، بهترین روش مطالعه آثار فسیل هستند و دیگر مفاهیم ممکن است شرایط پالئو اکولوژی حوضه را کمتر بیان کنند (MacEachern et al., 2007c). در نهشته‌های سازند امیران تنوع اثرفسیلی، ترکیب ایکونوفونا، رفتارشناسی و ریخت‌شناسی مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری نشان‌دهنده ایکونوفاسیس نریس است. مجموعه پس از رسوب‌گذاری نه تنها شامل عناصر ایکونوفاسیس اسکولایتوس همچون *Skolithos* و *Arenicolites*، *Ophiomorpha* است بلکه دارای اثرفسیل‌هایی است که ماهیت قطع‌کننده رخساره‌ای (*Cross-cutting Facies*) (همانند *Scolicia*) دارند. اثرفسیل‌های مرتبط با ایکونوفاسیس نریس با طرح ریخت‌شناسی گریزینگ ماندندی و گریزینگ مدور در مناطق دریایی ژرف به همراه توریدایت‌ها و رسوبات پلاژیک دیده می‌شوند. بیشتر اثرگونه‌های مرتبط با این ایکونوفاسیس به صورت حفرات افقی در روی بسترهای دانه‌ریز وجود دارند. نوع الگوی رفتاری مدور و ماندندی جاندار سازنده آنها نشان‌دهنده جستجوی جاندار سازنده برای کسب غذا در بسترهای دانه‌ریز است. چنین الگوی رفتاری شرایط کم‌انرژی و فرسایش نیافتن بستر رسوبی را به وسیله جریان‌های زیردریایی می‌طلبد (Bann et al., 2004). در نتیجه ایکونوفاسیس نریس در مناطق کم‌انرژی بخش‌های دورتر از حوضه که قدرت فرسایشی جریان‌ها کاهش می‌یابد، بیشتر دیده می‌شود. همچنین در رسوبات توریدایی ایکونوفاسیس نریس به دلیل الگوی رفتاری اثرجنس‌های مرتبط با آن به طور چیره در بخش‌های دورتر حوضه، مخروط پایینی و بخش‌های دانه‌ریزتر خاکریزهای طبیعی دیده می‌شود (Malpas et al., 2005). در مقابل، الگوی رفتاری جاندار سازنده اثرجنس‌های ایکونوفاسیس اسکولایتوس نشان‌دهنده انرژی بالای امواج

شیمیایی شامل *Chondrites* و *Zoophycos* فراوان‌ترین اثرفسیل‌های موجود در رخساره‌های حاشیه مخروط، کف حوضه و بخش پایینی مخروط هستند. در این مجموعه به غیر از *Zoophycos* فراوانی و حضور دیگر اثرفسیل‌ها در رخساره‌های میانی و بالایی مخروط به تدریج کاهش می‌یابد. اثرفسیل *Paleodictyon* حاصل رفتار کشتی، توزیع یکنواختی را در رخساره‌های ماسه‌ای ریز تا متوسط‌دانه بخش‌های پایینی و میانی مخروط نشان می‌دهد. همچنین اثرفسیل *Megagraption*، *Desmograption* و *Cosmorhapha* مرتبط با مجموعه گرافولیت‌ها در بخش‌های پایینی مخروط توزیع یکنواختی نشان می‌دهد؛ با این وجود به سمت بخش‌های میانی مخروط فراوانی این اثرها کاهش می‌یابد. اثرفسیل‌های حاصل از رفتار خزشی/گریزینگ *Helminthopsis* و *Gordia* از فراوان‌ترین اثرفسیل‌های مشاهده‌شده در رخساره دانه‌ریز سازند امیران هستند که توزیع یکنواختی در بخش‌های میانی و پایینی مخروط نشان می‌دهند. همچنین، مهم‌ترین اثرفسیل‌هایی که در بخش‌های بالایی مخروط با الگوی رفتاری پناهگاهی (*Domichnia*)، تغذیه‌ای (*Fodinichnia*) و گریزینگ (*Pascichnia*) مشاهده می‌شوند شامل اثرفسیل‌های *Ophiomorpha*، *Thalassinoides* و *Palaeophycus* همراه با تعداد محدودی از اثرهای *Halopoa*، *Zoophycos* و *Skolithos* هستند. فراوانی این اثرها در رخساره‌های بخش میانی مخروط به‌ویژه در بخش‌های حاشیه مخروط و خاکریزهای طبیعی کاهش می‌یابد. با این وجود، در بخش‌های پرانرژی رسوبات کانال‌های بریده بریده موجود در بخش‌های میانی مخروط نیز این اثرها به فراوانی مشاهده می‌شوند. اثرفسیل *Scolicia* با حاصل رفتار گریزینگ یکی از مهم‌ترین اثرفسیل‌های شناسایی‌شده در بخش میانی مخروط است، همچنین این اثرفسیل به صورت اثرفسیل‌های پس از رسوب‌گذاری در بخش‌های قاعده‌ای طبقات دانه‌تدریجی (*Ta*) و لامینه‌ای (*Tb/Tc*) توالی بوما دیده می‌شود. بررسی اثرفسیل‌های سازند امیران در محیط رسوبی توریدایی از بخش نزدیک‌تر به سمت بخش دورتر حوضه (شکل ۱۰) با توجه به توزیع محیطی آنها در جدول ۱ نشان می‌دهد که تنوع اثرفسیل‌ها به سمت بخش‌های پایینی مخروط افزایش می‌یابد. همچنین این بررسی نشان می‌دهد که فراوانی اثرفسیل‌ها تغذیه‌ای، کشتی و گریزینگ به سمت بخش‌های ژرف‌تر حوضه افزایش می‌یابد، در مقابل، فراوانی اثرفسیل‌ها با الگوی رفتاری پناهگاهی و تغذیه‌کننده از مواد معلق در آب به سمت بخش‌های بالای مخروط و بخش‌های پرانرژی‌تر کانال افزایش نشان می‌دهد.

۶- مجموعه‌های پیش و پس از رسوب‌گذاری (Pre/postdepositional)

بر اساس الگوی رفتاری اثرفسیل‌ها، نوع بستر و اندازه ذرات، ساخت‌های رسوبی فیزیکی و طرح برانبارش مرتبط با جریان‌های توریدایی، در اینجا اثرفسیل‌های سازند امیران به دو مجموعه پیش و پس از رسوب‌گذاری (Pre/postdepositional) تقسیم شده‌اند. اثرفسیل‌هایی که به صورت اپی‌رلیف بر روی سطح طبقات توریدایی دیده می‌شوند حاصل فعالیت جاندار سازنده (*Trace-maker*) این اثر پس از رسوب‌گذاری هستند. با این وجود اثرفسیل‌هایی که به صورت هیپورلیف در سطح زیرین طبقات توریدایی تشکیل می‌شوند شامل مجموعه پیش از رسوب‌گذاری در بستر گلی هستند. مجموعه پیش از رسوب‌گذاری در نهشته‌های رسوبی سازند امیران دارای الگوی رفتاری گریزینگ، تغذیه‌ای و مجموعه اثرات گرافولیت‌ها هستند که شامل اثرفسیل‌های *Helminthopsis*، *Gordia*، *Scolicia*، *Cosmorhapha*، *Paleodictyon*، *Spirophycus*، *Desmograption*، *Lorenzina*، *Megagraption*، *Spirorhapha*، *Spirophycus*، *Fustiglyphus*، *Urohelminthoidia*، *Chondrites*، *Cochlichnus* و *Circulichnus* (شکل‌های ۵، ۶ و ۷) است. مجموعه پس از رسوب‌گذاری بر روی سطح بالایی طبقات با الگوی رفتاری حفاری، تغذیه‌ای و گریزینگ شامل اثرفسیل‌های *Ophiomorpha*، *Taenidium*، *Skolithos*، *Phycodes*، *Chondrites*، *Scolicia*، *Zoophycos* و *Halopoa* است. اثرفسیل‌های

و خزشی/گریزینگ، ساختارهای کشتی هم‌نهنش شیمیایی و مجموعه‌های مرتبط با گرافولیت‌ها دلالت بر ایکونوفاسیس نریس در توریدایت‌های نازک‌لایه و غنی از گل نهشته‌های سازند امیران دارد. وجود شرایط زیستی مطلوب با فراوانی بالای مواد غذایی می‌تواند موجب ایجاد اثر فسیل‌های با تنوع بالا شده باشد. وجود حفظ‌شدگی خوب اثر فسیل‌هایی همانند *Paleodictyon* در این نهشته‌ها دلالت بر قدرت فرسایشی کم جریان‌های توریدایتی به سمت بخش ژرف حوضه دارد. تنوع بالای اثر فسیل‌های پیش از رسوب‌گذاری در زیرمحیط‌های بخش پایینی مخروط و حاشیه مخروط‌ها نسبت به اثر فسیل‌ها پس از رسوب‌گذاری نشان‌دهنده شرایط متعادل زیستی در بخش‌های دورتر حوضه رسوبی سازند امیران است. به طوری که بر اساس داده‌های موجود، فراوانی بالای اثر فسیل‌های با استراتژی K-selected نسبت به R-selected در بخش‌های دورتر دلالت بر فراوانی بالای مواد غذایی و اکسیژن دارد (Tunis & Uchman, 1996a).

۸- دیرین زیست‌شناسی

۸-۱. استراتژی رفتاری

در محیط‌های توریدایتی با بستر رسوبی تحت تأثیر نوسانات نرخ رسوب‌گذاری، دو مجموعه اثرات فسیلی مشخص به وجود می‌آید که دلالت بر سبک الگوی رفتاری متفاوت و زیستگاه‌های مختلف دارند. در نهشته‌های سازند امیران مجموعه اول در شرایط متعادل و پایدار محیطی در رخساره‌هایی که میزان نرخ رسوب‌گذاری ثابت و چگالی کم است، ایجاد می‌شود. از ویژگی‌های این مجموعه تعادل در نرخ رشد و اندازه برابر اثرات یک گونه است که به آنها با استراتژی K-selected گفته می‌شود. این مجموعه در نهشته‌های سازند امیران دربر دارنده مجموعه پیش از رسوب‌گذاری با الگوی رفتاری گریزینگ، تغذیه‌ای و مجموعه اثرات گرافولیت‌ها است. چنین استراتژی به طور چیره در رخساره‌های حاشیه مخروط، خاکریزهای طبیعی کانال و بخش‌های دورتر حوضه دیده می‌شود. همچنین در جریان‌های توریدایتی با چگالی کم در بخش‌های پایینی مخروط استراتژی K-selected، در بخش لایه‌ای افقی (Tcd) و دانه‌ریز (Te) دیده می‌شود. مجموعه دوم در نهشته‌های سازند امیران شامل اثر فسیل‌های در شرایط ناپایدار محیطی و نرخ بالای رسوب‌گذاری (توریدایت‌های با چگالی بالا) است. از جمله ویژگی‌های آنها رشد سریع، نبود تعادل رشد و اندازه متفاوت اثرات فسیلی موجود در یک اثر جنس است. به مجموعه‌هایی با چنین ویژگی‌هایی استراتژی R-selected و به جاندارانی با چنین الگوی رفتاری جانداران با استراتژی فرصت‌طلب (Opportunistic) گفته می‌شود. این مجموعه در نهشته‌های سازند امیران دربردارنده مجموعه پس از رسوب‌گذاری بر روی سطح بالایی طبقات یا درون‌سنگی (*Endichnia*) با الگوی رفتاری حفاری است و در رخساره‌های پرنرزی کانال به‌ویژه در جریان‌های توریدایتی با چگالی بالای در بخش‌های بالادستی مخروط دیده می‌شود. همچنین در جریان‌های توریدایتی با چگالی کم در بخش‌های دورتر حوضه یا پایینی مخروط، استراتژی R-selected در بخش‌های قاعده‌ای دارای دانه‌بندی (Ta) و لایه‌ای (Tb/Tc) دیده می‌شود (شکل ۱۱).

۸-۲. طرح ترتیب ایجاد

ترتیب ایجاد (Tiering) اثر فسیل‌ها در ژرفای لایه‌های رسوبی با استراتژی R-selected، به صورت مجموعه اثرات کم‌ژرفا (*Planolites* و *Palaeophycus*)، با ژرفای متوسط (*Spongiomorpha*، *Ophiomorpha*، *Arenicolites*، *Skolithos* و *Thalassinoides*) و ژرف (*Zoophycos*، *Ophiomorpha* و *Chondrites*) دیده می‌شود (Pemberton et al., 1992 a & b) (شکل ۱۱). وجود چنین ترتیبی دلالت بر بستری مناسب برای فعالیت جانداران سازنده با شرایط متعادل از نظر اکسیژن و مواد غذایی در بخش‌های بالادستی مخروط است. استراتژی K-selected حاصل رفتار گریزینگ، تغذیه‌ای و مجموعه اثرهای گرافولیت‌ها شامل *Helminthopsis*

و جریان است و در بسترهای ماسه‌ای جور شده محیط‌های دریایی دیده می‌شود. در بیشتر موارد آرایش قائم و الگوی رفتاری پناهگاهی اثر جنس‌های مرتبط با این ایکونوفاسیس نشان از وجود جریان‌های فرسایشی و پرنرزی کف بستر دارد. وجود پلت و طرح انشعابی یا لایه‌بندی ریزه‌لالی در اثر جنس‌های با چنین الگوی رفتاری همانند *Ophiomorpha*، *Thalassinoides* و *Diplocraterion* نشان‌دهنده واکنش جاندار سازنده برای سازگاری با شرایط سخت محیطی است. در نتیجه چنین الگوی رفتاری، ایکونوفاسیس اسکولایتوس در بخش‌های بالادستی از حوضه‌های توریدایتی که قدرت فرسایشی جریان افزایش می‌یابد، بیشتر دیده می‌شود. بیشتر اثرگونه‌های *Ophiomorpha* موجود در نهشته‌های سازند امیران دارای پلت‌های مترکم بر روی دیواره خود هستند که برای جلوگیری از ریزش دیواره و مقاومت در برابر جریان‌های فرسایشی- پرنرزی بخش‌های بالادستی از حوضه ایجاد شده‌اند.

توالی رسوبی سازند امیران (شکل ۲) از پایین به بالا از توریدایت‌های ستبر لایه، دانه‌درشت و غنی از ماسه تشکیل شده است که به سمت بالا به تدریج به توریدایت‌های دانه‌ریز و غنی از شیل و سیلستون تبدیل می‌شود. بخش‌های غنی از ماسه افزون بر شواهد اثر فسیلی و ساخت فیزیکی، بر اساس شکل هندسی گسترده یا ورقه‌ای لایه‌های ماسه‌ای (شکل‌های ۳- C و E) در لایه‌های متناوب با شیل و سیلستون هستند. به هم پیوستگی لایه‌های صفحه‌ای شکل ماسه‌سنگ با ستبرای کمتر از ۶۰ سانتی‌متر در هر لایه، واحدهای درشت و ریزشونده شیل و ماسه‌سنگ را تشکیل می‌دهند که به عنوان جریان‌های محدود کانالی (Confined Flow) در توریدایت‌ها معرفی می‌شوند (Bann et al., 2004). نرخ رسوب‌گذاری به دلیل بالابودن انرژی جریان در کانال‌های یادشده باعث ایجاد جریان‌های توریدایتی با چگالی بالا و شرایط زیستی نامتعادل در بستر رسوبی می‌شود. به دلیل وجود این شرایط چیره، اثر فسیل‌های موجود در این محیط‌ها رفتار پناهگاهی و استراتژی فرصت‌طلب (Opportunistic) برای تجمع زیستی بر روی بستر رسوبی نشان می‌دهند. چنین رفتاری منطبق بر ایکونوفاسیس اسکولایتوس است. به طوری که وجود شرایط پرنرزی حاصل از جریان‌های توریدایتی و مجموعه‌های با فراوانی بالا از اثر فسیل‌ها و بیشینه آشفته‌گی زیستی (IB: 4-5) همچون *Ophiomorpha*، *Thalassinoides*، *Skolithos* و *Palaeophycus* با رفتار پناهگاهی و استراتژی فرصت‌طلب، نشان از ایکونوفاسیس اسکولایتوس دارد. ایکونوفاسیس اسکولایتوس نشان‌دهنده انرژی بالای امواج و جریان است و در بسترهای ماسه‌ای جور شده محیط‌های دریایی ایجاد می‌شود. این ایکونوفاسیس در محیط‌های بالایی و میانی حاشیه ساحلی و پیش‌ساحل که تغییرات ناگهانی در میزان رسوب‌گذاری، فرسایش و انتقال دیواره رسوبات متداول است وجود دارد. این ایکونوفاسیس در محیط‌های دریایی کم‌ژرفای حاشیه ساحلی سازنده‌های لاون، شیرگشت و جیروود گزارش شده است (بایت گل و همکاران، ۱۳۸۹؛ بایت گل و همکاران، ۱۳۹۱) که بر طبق ایکونوفاسیس‌های کلاسیک (Seilacher (1977) منطبق بر نواحی ساحلی کم‌ژرفا و پرنرزی است. در مقابل، بر اساس نتایج (MacEachern et al. (2007a, b & c) این ایکونوفاسیس شاخص محیط و ژرفای خاصی نیست و می‌تواند در هر محیطی با توجه به وجود ویژگی‌هایی همانند انرژی بالای جریان، بستر جور شده، تنوع کم و فراوانی بالا و نوع رفتار اثر فسیل‌ها ایجاد شود. مهم‌ترین معیار برای نسبت دادن این ایکونوفاسیس به یک محیط رسوبی خاص، بررسی داده‌های رسوب‌شناسی و تلفیق آن با داده‌های ایکنولوژیکی است. در بخش‌های دورتر حوضه، به‌ویژه در قاعده مخروط، وجود توریدایت‌های نازک‌لایه با فراوانی شیل، سیلستون و نسبت بالای گل به ماسه و وجود بخش‌هایی از Tde، Tcde از توالی بوما دلالت بر کاهش چگالی جریان‌های توریدایتی و قدرت فرسایش این جریان‌ها دارد. مجموعه اثر فسیل‌های موجود در این توالی‌ها به طور چیره مرتبط با مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری هستند. وجود شواهدی همانند تنوع بالا، فراوانی کم، اثرات گریزینگ سطحی، تغذیه‌ای

برای سازگاری با نرخ رسوب‌گذاری بالا و شرایط پراثری باشد (Wetzel & Uchman, 2001). در مقابل، روند مشاهده‌شده در بخش بالادستی، زیر محیط‌های پایینی مخروط، کف حوضه و خاکریزهای طبیعی موجود در بخش دورتر حوضه، تنوع و فراوانی بالاتری را در مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری با رفتار گریزینگ و به‌ویژه گرافولیت‌ها نشان می‌دهند. بر اساس نتایج Heard & Pickering (2008) چنین روندی می‌تواند نشان‌دهنده کاهش در نرخ رسوب‌گذاری، اندازه ذرات، سترای طبقات، قدرت جریان‌های فرسایشی و میزان انرژی باشد.

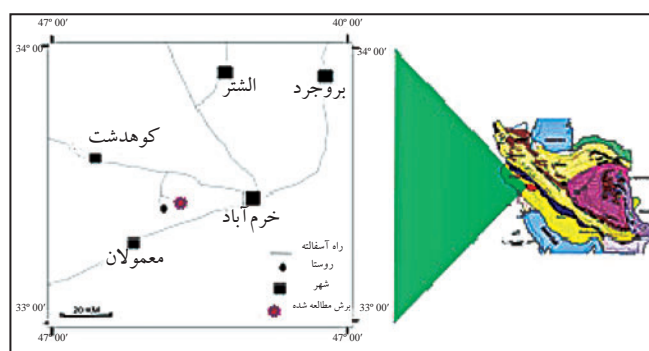
۹- نتیجه‌گیری

بررسی رسوب‌شناسی و اثر فسیل‌های نهشته‌های سازند امیران در پهنه زاگرس چین‌خورده موجب شناسایی سه رخساره شد. این رخساره‌ها شامل رخساره بالایی مخروط، رخساره میانی مخروط و رخساره پایینی مخروط است. بر اساس رفتار ایجادکننده اثر فسیل‌ها، نوع بستر و اندازه ذرات، ساخت‌های رسوبی فیزیکی و طرح برانبارش مرتبط با جریان‌های توربیدیتی، اثر فسیل‌های سازند امیران به دو مجموعه پیش و پس از رسوب‌گذاری تقسیم شده‌اند. مجموعه پیش از رسوب‌گذاری با استراتژی K-selected در شرایط متعادل و پایدار محیطی در رخساره‌هایی که میزان نرخ رسوب‌گذاری ثابت و چگالی کم است، ایجاد شده‌اند. از ویژگی‌های این مجموعه تعادل در نرخ رشد و اندازه برابر اثرات یک گونه است و به طور چیره در رخساره‌های حاشیه مخروط، خاکریزهای طبیعی کانال و بخش‌های دورتر حوضه در بخش لایه‌ای افقی (Tcd) و دانه‌ریز (Tc) دیده می‌شود. مجموعه پس از رسوب‌گذاری شامل اثر فسیل‌های با استراتژی R-selected در شرایط ناپایدار محیطی و نرخ بالای رسوب‌گذاری است. از ویژگی‌های آنها رشد سریع، نبود تعادل رشد و اندازه متفاوت اثرات فسیلی موجود در یک اثر جنس است و در رخساره‌های پراثری کانال به‌ویژه در جریان‌های توربیدیتی با چگالی بالا در بخش‌های بالادستی مخروط و در بخش‌های قاعده‌ای دارای دانه‌بندی (Ta) و لایه‌ای (Tb/Tc) دیده می‌شود. وجود شواهدی همانند تنوع بالا، فراوانی کم، اثرات گریزینگ سطحی، تغذیه‌ای، خزشی/گریزینگ، ساختارهای کشتی هم‌نهم شیمیایی و مجموعه‌های مرتبط با گرافولیت‌ها دلالت بر ایکونوفاسیس نریس در توربیدیت‌های نازک لایه و غنی از گل نهشته‌های سازند امیران دارد. همچنین وجود شواهدی همانند تنوع کم، فراوانی بالا، اثرات پناهگاهی با استراتژی فرصت‌طلب دلالت بر ایکونوفاسیس اسکولائوس در توربیدیت‌های ستر لایه و غنی از ماسه نهشته‌های سازند امیران دارد.

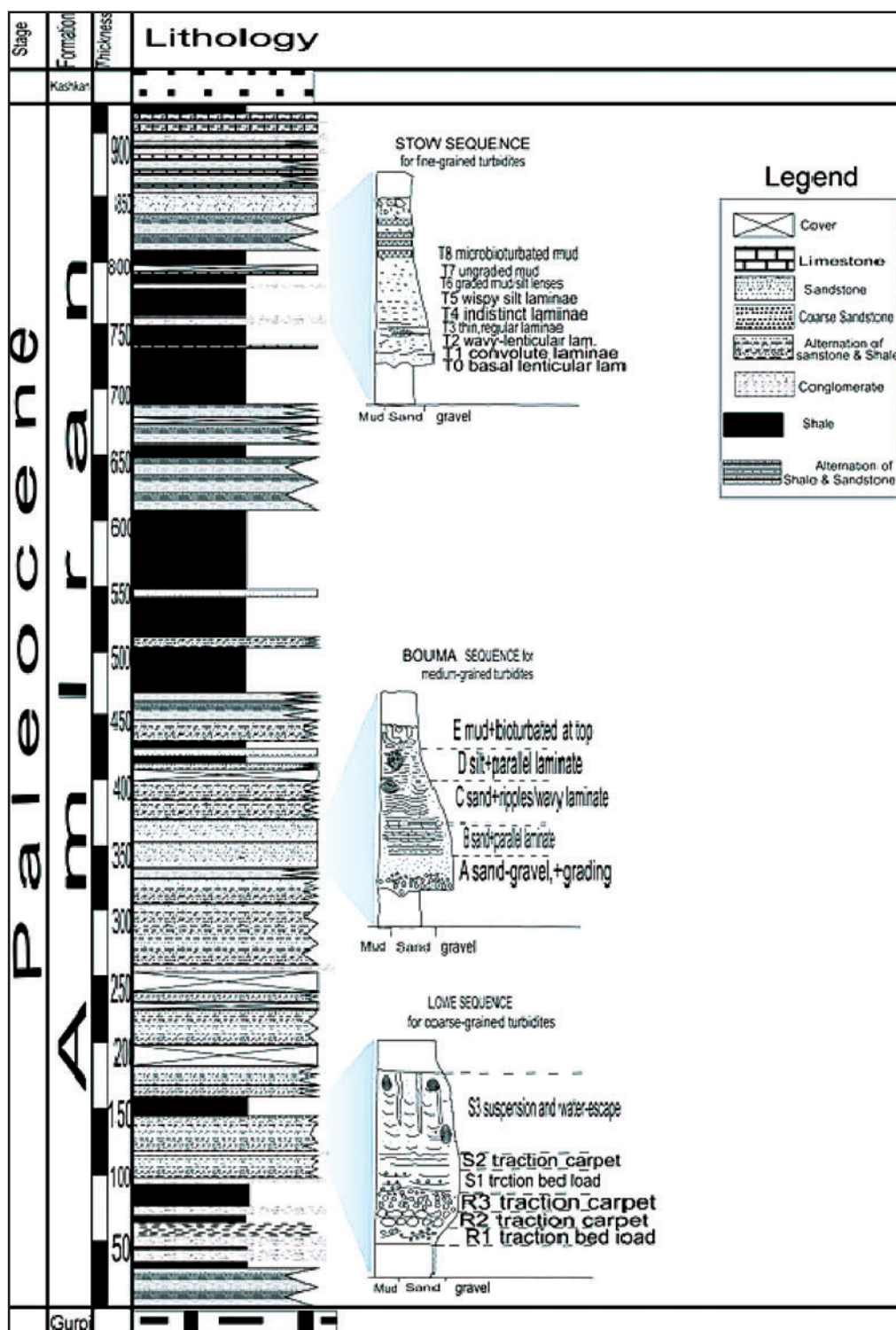
نشان‌دهنده شرایط متعادل زیستی در طول دوره‌های بین توربیدیت است. بر اساس مطالعات (Wetzel & Uchman 2001) مناسب‌ترین شرایط زیستی، پس از ته‌نشست جریان‌های توربیدیتی صورت می‌گیرد، چنین شرایطی موجب تعلیق مواد غذایی در کف و ستون آب و فراوانی اکسیژن بر روی بستر می‌شود. به همین دلیل در بخش‌های بالادستی، کانال‌های بریده و لایه‌های قاعده‌ای دارای دانه‌بندی (Ta) و لایه‌ای (Tb/Tc) نهشته‌های سازند امیران، وجود شرایط پراثری حاصل از جریان‌های توربیدیتی و خرده‌دار موجب گسترش مجموعه‌های با فراوانی بالا از اثر فسیل‌ها با استراتژی R-selected، اثرهای ژرف و بیشینه آشفستگی زیستی (IB: 4-5) می‌شود، به طوری که مهم‌ترین اثر فسیل‌های حاصل از چنین شرایطی شامل *Skolithos* و *Palaeophycus*، *Thalassinoides*، *Ophiomorpha* و *Helminthorhapse*، *Fustiglyphus*، *Desmograpton* و *Cosmorhapse* است. با این وجود در طول دوره‌های بین توربیدیت (Interturbidite)، بستر رسوبی با کاهش نسبی اکسیژن و مواد غذایی روبه‌رو می‌شود، به طوری که با توجه به شواهدی همانند فراوانی اثرهای گرافولیت‌ها و خزشی (برای مثال *Gordia*، *Helminthorhapse*، *Fustiglyphus*، *Desmograpton* و *Cosmorhapse*)، شرایط زیستی نامتعادل از نظر مواد غذایی (Oligotrophy) برای جانداران سازنده این اثرات در نظر گرفته می‌شود (Uchman, 1995, 2004a & 2007). در نهشته‌های سازند امیران اثر فسیل‌های گرافولیت‌ها و خزشی (*Scolicia*، *Gordia*، *Helminthopsis*)، *Desmograpton*، *Spirophycus*، *Paleodictyon*، *Cosmorhapse*، *Cochlichnus* و *Nereites*) در رخساره‌های حاشیه مخروط، بخش‌های دورتر حوضه و بخش لایه‌ای افقی (Td) و دانه‌ریز (Te) بیشترین فراوانی را دارند. گسترش چنین اثرهایی افزون بر وجود شرایط متعادل و پایدار محیطی از نظر نرخ رسوب‌گذاری و انرژی، نشان‌دهنده کاهش مواد غذایی در طول دوره‌های بین توربیدیت هستند. نظر یکسانی از نظر شرایط اکسیژن در بین ایکونولوژیست‌ها در ارتباط با مجموعه اثرات گرافولیت‌ها وجود ندارد (Seilacher, 1977; Tunis & Uchman, 1996a & b). (Wetzel & Uchman, 1998). نبود شواهد اکسیدان، فراوانی و تنوع گرافولیت‌ها، نوع استراتژی رفتاری K-selected و الگوی رفتاری گریزینگ (*Helminthopsis*)، *Gordia* و *Scolicia*) و کشتی (*Spirophycus* و *Cosmorhapse*) نشان‌دهنده وجود اکسیژن بالا در بستر رسوبی است. گفتنی است که در نهشته‌های سازند امیران وجود شرایط اکسیدان بر روی بستر رسوبی مشاهده نشد.

۸-۳. تنوع اثر فسیلی

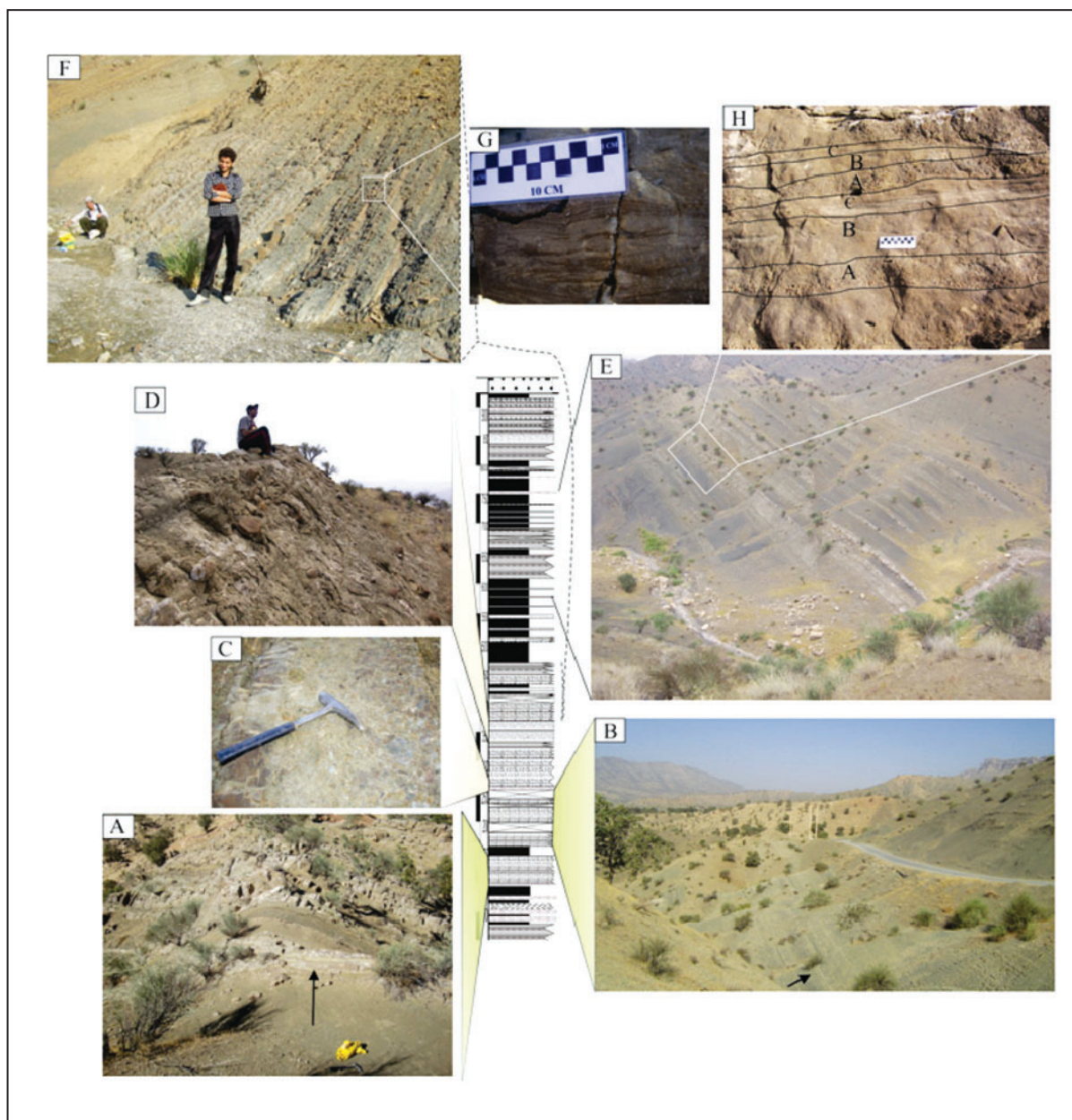
بخش‌های بالادستی محیط رسوب‌گذاری سازند امیران به‌ویژه در بخش‌های بالایی و محیط‌های کانالی بخش میانی مخروط، تنوع اثرات فسیلی کاهش بیشتری را نسبت به بخش‌های میانی و پایینی مخروط نشان می‌دهند. مهم‌ترین اثرهای فسیلی در این بخش‌ها *Thalassinoides*، *Ophiomorpha* و *Scolicia* است، به طوری که گاه این اثرات با فراوانی بالا با مجموعه‌های تک‌جنسی دیده می‌شوند. یکی از عواملی که می‌تواند باعث کاهش تنوع اثر فسیل‌ها و ایجاد الگوی رفتاری پناهگاهی با فراوانی بالا (مجموعه‌های پس از رسوب‌گذاری) در این رخساره‌ها شده باشد، وجود جریان‌های گرانشی با انرژی بالا و فرسایش است. چنین جریان‌هایی با میزان نرخ بالای رسوب‌گذاری باعث نبودن شرایط زیستی مناسب برای مجموعه پیش از رسوب‌گذاری، به‌ویژه گرافولیت‌ها که در نزدیک سطح مشترک آب-رسوب زیست می‌کنند (Wetzel & Uchman, 1998; Uchman, 2004a & b) می‌شود. وجود اثر فسیل‌های اشاره‌شده در نهشته‌های سازند امیران با دیواره ستر و اندازه بالاتر و ژرفای حفاری بیشتر می‌تواند در نتیجه تغییر فعالیت جاندار سازنده



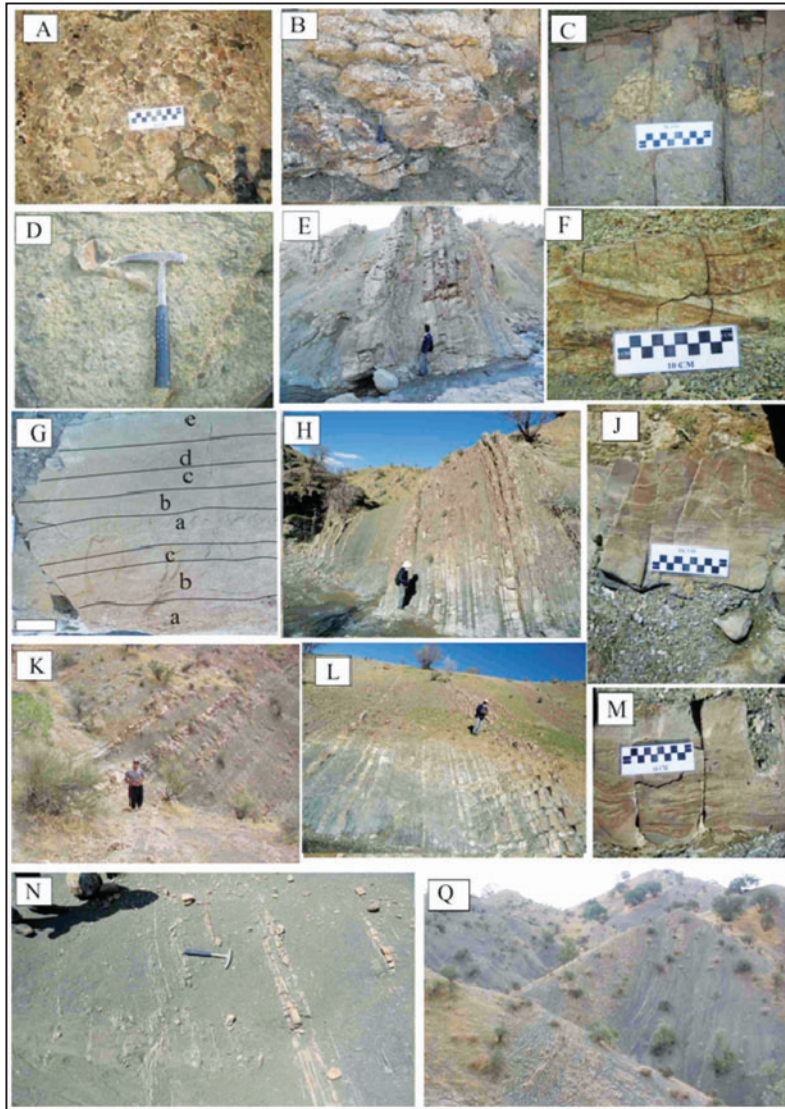
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه در باختر لرستان (علامت ستاره سرخ‌رنگ).



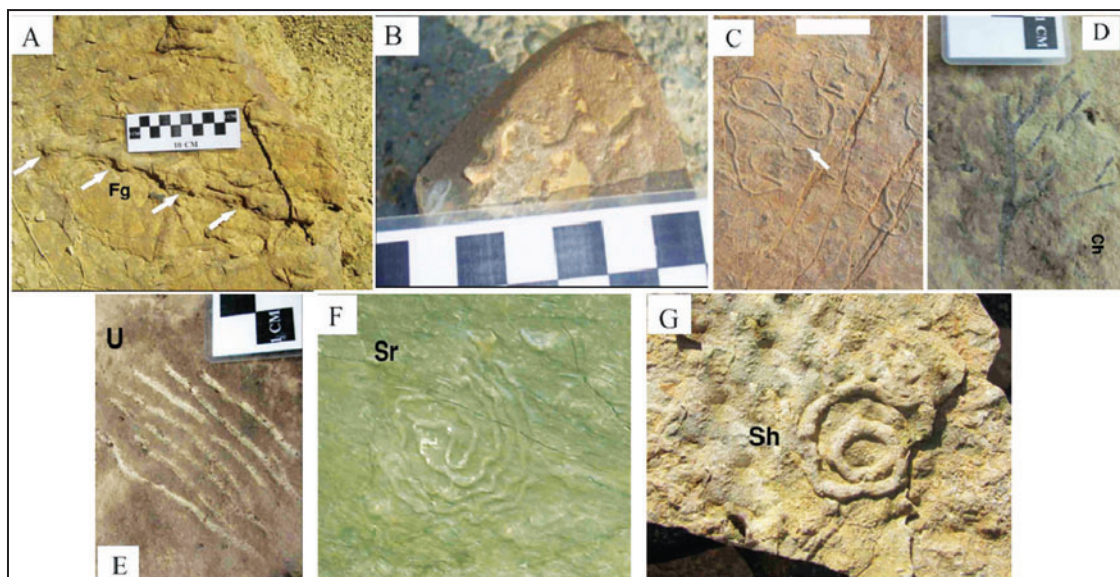
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازند امیران در برش پیرشمس‌الدین همراه با توزیع آثار فسیل‌ها و ساخت‌های رسوبی موجود در لایه‌ها.



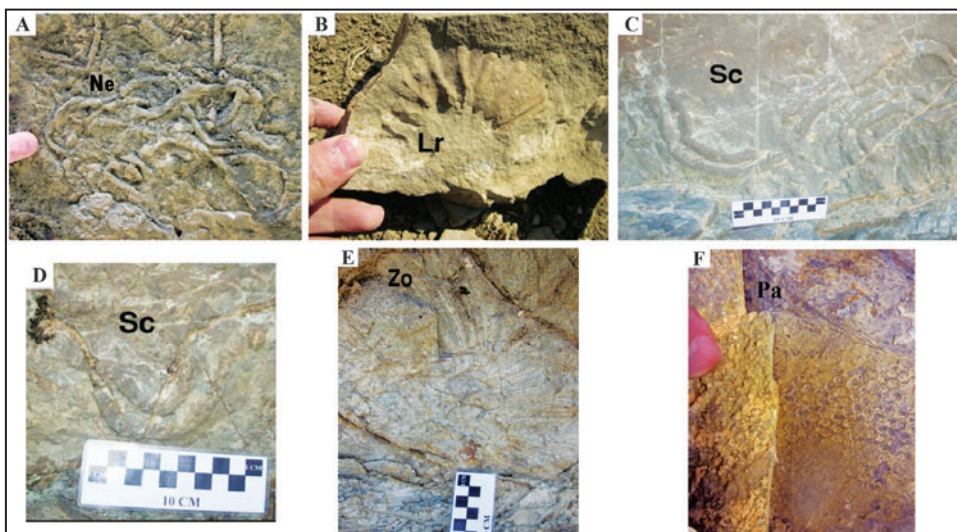
شکل ۳- A) توالی از طرح برانبارش ستبرشونده به سمت بالا در توریدایت‌های نازک‌لایه بخش قاعده (پایین مخروط) به توریدایت‌های متوسط‌لایه بخش میانی مخروط همراه با رخساره‌های تناوبی بخش خاکریزهای طبیعی، B) توریدایت‌های نازک‌لایه موجود در بخش پایینی مخروط توالی بوما (Tdc، C) کنگلومرای دانه‌پشتیان در بخش‌های بالایی مخروط. به سمت بالا تبدیل به ماسه‌سنگ‌های توده‌ای دانه‌درشت تبدیل می‌شود. این رخساره حاصل جریان‌های خرده‌دار است، D) ماسه‌سنگ‌های توده‌ای ستبرلایه به صورت کانالی با قاعده فرسایشی در بخش‌های بالایی مخروط، E) تصویر صحرایی از بخش‌های بالایی سازند امیران با ماسه‌سنگ‌های ستبرشونده به سمت بالا در بخش میانی مخروط حاصل از جریان‌های توریدایتی با چگالی بالا در زبانه‌های فعال و کانال‌های بریده بریده بخش میانی. این رخساره به سمت بالا به رخساره‌های بخش پایینی مخروط و شیل‌های توده‌ای بخش کف حوضه تبدیل می‌شود، بخش بالایی این رخساره حاصل جریان‌های توریدایتی با چگالی پایین است. F و G) توریدایت‌های متوسط‌لایه موجود در بخش پایینی مخروط همراه با تشکیل توالی بوما به صورت Tdc و H) بخش‌های قاعده‌ای توالی بوما در ماسه‌سنگ‌های بخش میانی مخروط در زبانه‌های فعال، حاصل از جریان‌های توریدایتی با چگالی بالا.



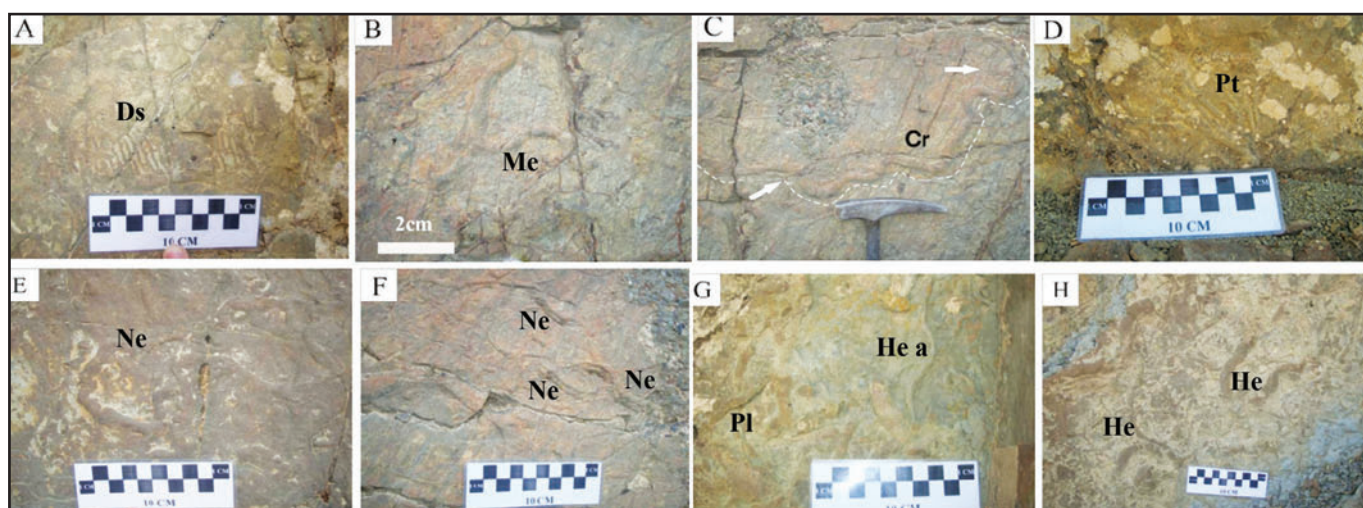
شکل ۴- A) کنگلومراها به صورت چند منشایی با گردشگی بالا، در اندازه پیل تا کابل و زمینه ماسه‌ای متوسطدانه، B) کنگلومرای دانه‌پشتیان که به سمت بالا تبدیل به ماسه‌سنگ‌های توده‌ای دانه‌درشت می‌شود، C) ساخت‌های حفرشده و پرشده در لایه‌های کنگلومرای بخش بالایی مخروط با طبقه‌بندی تدریجی، D) کنگلومراهای با قطعات بزرگ در زمینه رسی- سیلتی دانه‌ریز نشان‌دهنده وجود جریان‌های خرده‌دار. E و F) ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه تا پیلی از لایه‌های توده‌ای- ستر با قاعده فرسایشی و ساخت‌های حفرشده و پرشده و قالب‌های شیاری، G) چرخه توالی بوما در این رخساره از پایین به بالا شامل ماسه‌سنگ‌های پیلی دانه‌درشت با طبقه‌بندی تدریجی (Ta)، ماسه‌سنگ‌های متوسطدانه توده‌ای (به ندرت با چینه‌بندی موازی) (Tb)، ماسه‌های ریزدانه با لامیناسیون موازی (Tc)، ماسه‌های ریزدانه با لامیناسیون ریپلی جریان‌ی (Td) و بالاترین بخش از رسوبات دانه‌ریز (Te)، H) ماسه‌سنگ‌های سترشونده به سمت بالا در بخش میانی مخروط که به سمت بالا به رخساره‌های بخش پایینی مخروط و شیل‌های توده‌ای بخش کف حوضه تبدیل می‌شود، I و J) ماسه‌سنگ‌های متوسطلایه با قاعده فرسایشی و سترشونده به سمت بالا با آثار قالب شیاری و چرخه توالی بوما از ماسه‌سنگ‌های توده‌ای (Tb)، لامیناسیون موجی و پیچیده (Tc)، L و M) توریدایت‌های متوسطلایه موجود در بخش پایینی مخروط همراه با تشکیل توالی بوما از بخش‌های بالایی Tcd و بخش‌های شیلی دانه‌ریز بدون ساختار (Te)، N) توریدایت‌های نازک‌لایه موجود در بخش پایینی مخروط با لایه‌های شیلی و سیلتی دانه‌ریز و نیز دارای لامیناسیون موازی تا توده‌ای توالی بوما Tde و Q) افزایش در نسبت شیل به ماسه‌سنگ در مجموعه رخساره سوم از توریدایت‌های متوسطلایه (چرخه بوما از Tcde) که به سمت بالا به توریدایت‌های نازک‌لایه (چرخه بوما از Tde) و شیل‌های توده‌ای همی‌پلاژیک سترلایه بدون ساختار تبدیل می‌شود.



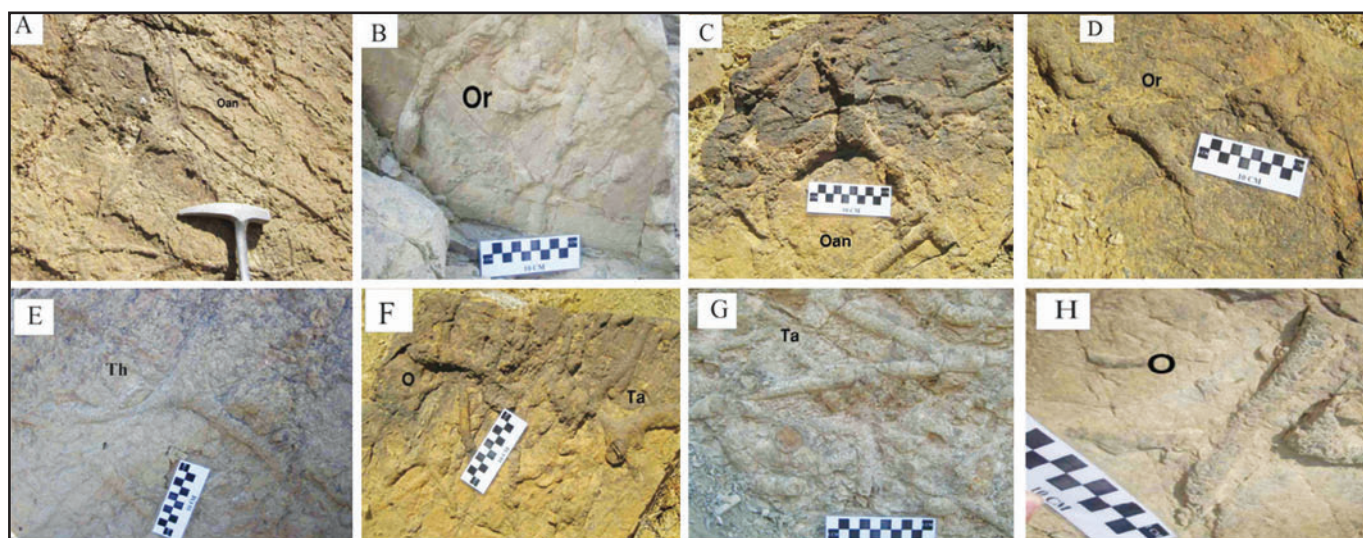
شکل ۵- تصاویری از اثرفسیل‌ها: A) *Fuglyphus* isp. B) *Fuglyphus* isp. C) *Cochlichnus* isp. D) *Chondrites targionii*. E) *Spirorhapha involute* و F) *Spirorhapha involute* G) *Spirophycus* isp.



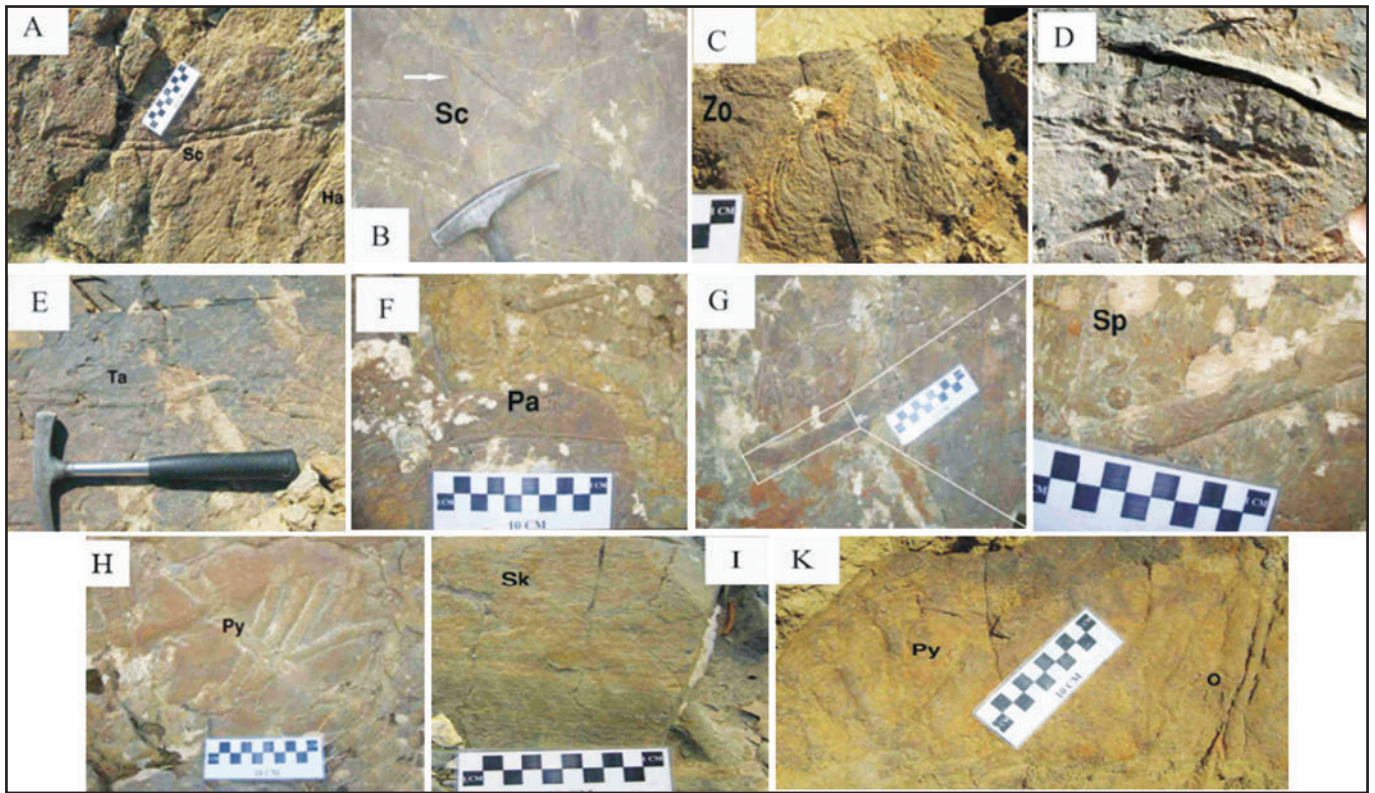
شکل ۶- تصاویری از اثر فسیل‌ها:
Nereites irregularis (A)
Lorenzina isp. (B)
Scolicia strozzii (C)
Scolicia isp. (D)
Zoophycos isp. (E)
Paleodictyon isp. (F)



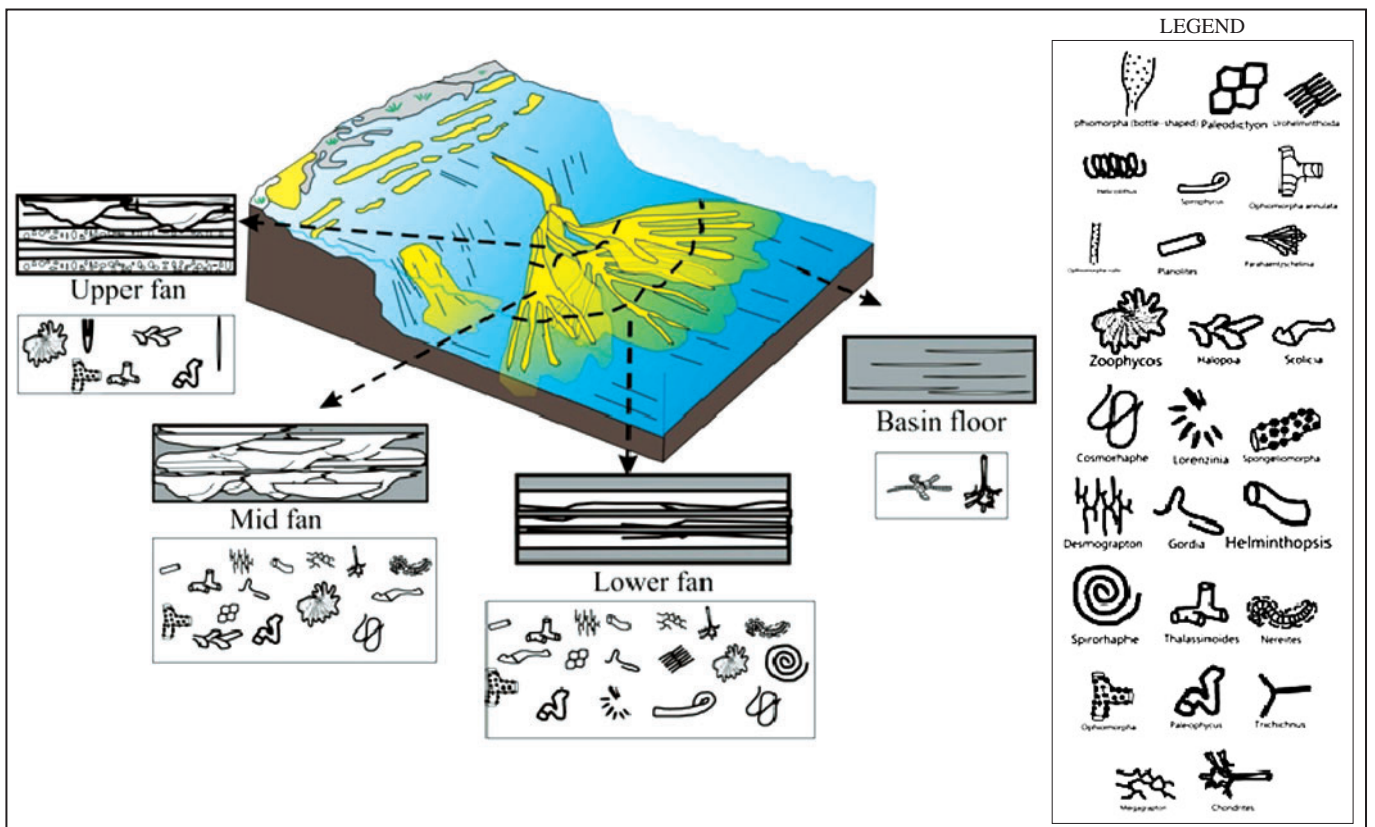
شکل ۷- تصاویری از اثر فسیل‌ها: (A) *Desmograpton* isp. (B) *Desmograpton* isp. (C) *Megagraption submontanum*. (D) *Planolites* isp. (E) *Nereites* isp. (F) *Nereites* cf. *loomisi*. (G) *Helminthopsis abeli*. (H) *Helminthopsis* isp. و *Planolites* isp. با



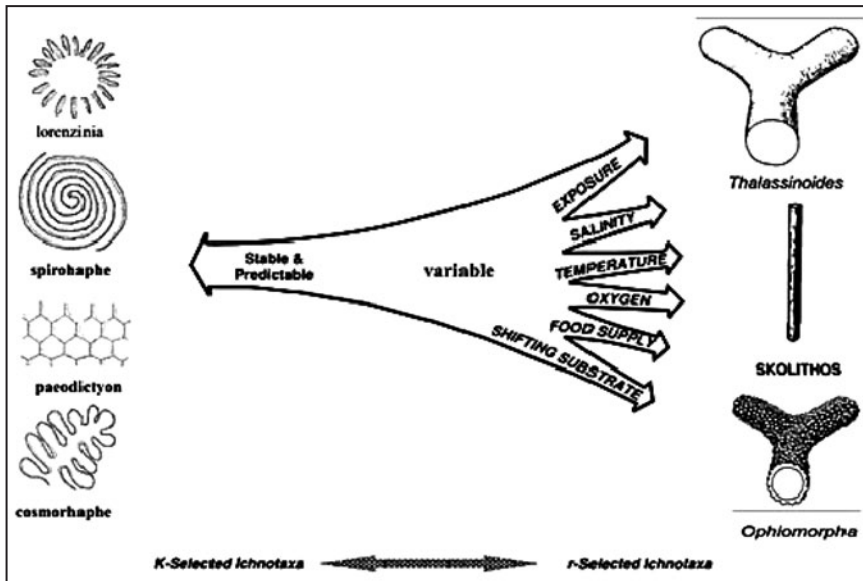
شکل ۸- تصاویری از اثر فسیل‌ها: (A) *Ophiomorpha annulata* (B) *Ophiomorpha annulata*. (C) *Ophiomorpha rudi.* (D) *Ophiomorpha annulata* (E) *Thalassinoides suevicus* (F) *Thalassinoides* isp. و *Thalassinoides horizontalis* (G) *Ophiomorpha* isp. و *Thalassinoides* isp. (H)



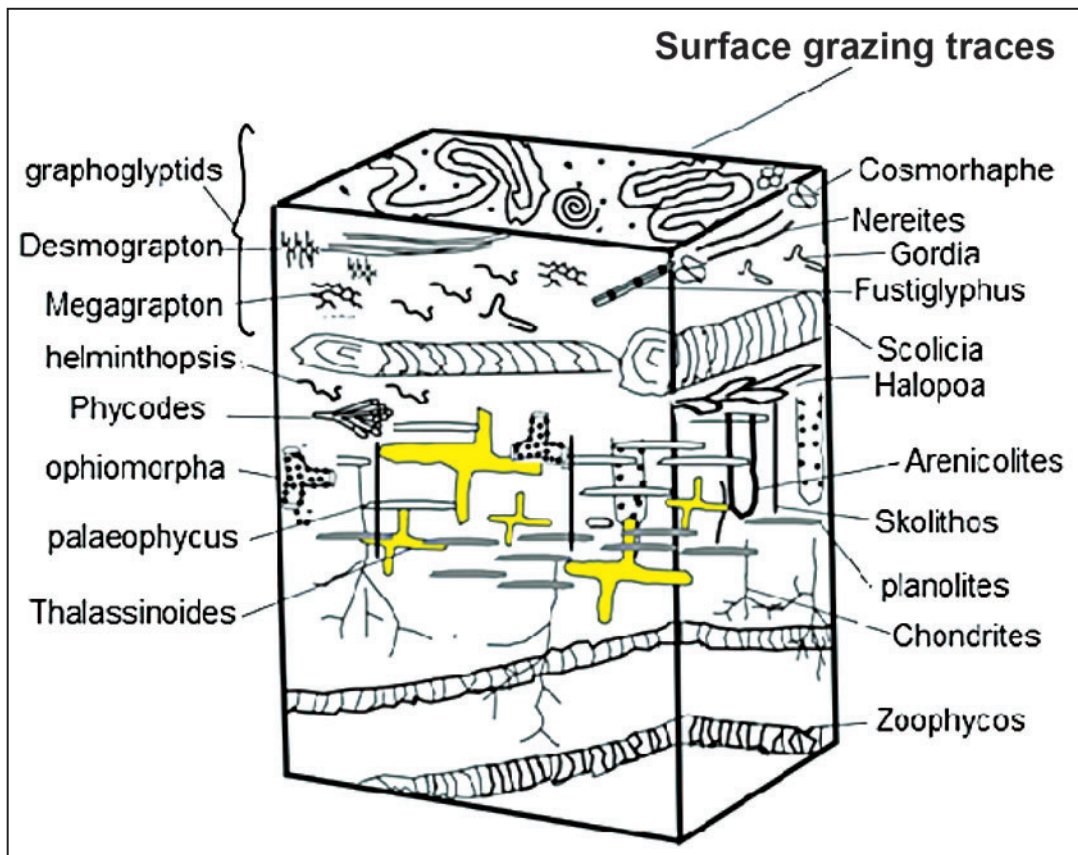
شکل ۹- تصاویری از اثرفسیل‌ها: (A) *Scolicia* cf *plana* و *Halopoa imbricata* (B) *Scolicia* isp. (C) *Zoophycos* isp. (D) *Halopoa storeana* (E) *Taenidium satanassi* (F) *Palaeophycus tubularis* (G) *Palaeophycus tubularis* (H) *Spongiomorpha* isp. (I) *Skolithos linearis* (K) *Phycodes* isp. (F) *Phycodes* isp. با *Ophiomorpha* isp.



شکل ۱۰- مدل محیط رسوبی سازند امیران بر اساس توزیع اثرهای فسیلی.



شکل ۱۱- تأثیر عامل‌های محیطی (دما، شوری، اکسیژن، میزان غذا و انرژی جریان) بر روی طرح رفتاری جانداران. مجموعه پیش از رسوب گذاری با استراتژی K-selected در شرایط متعادل و پایدار محیطی در رخساره‌هایی که میزان نرخ رسوب گذاری ثابت و چگالی کم است، ایجاد می‌شود. مجموعه پس از رسوب گذاری شامل اثر فسیل‌های با استراتژی R-selected با رشد سریع، نبود تعادل رشد و اندازه متفاوت اثرات فسیلی موجود در یک اثر جنس در شرایط ناپایدار محیطی و نرخ بالای رسوب گذاری (با تغییراتی از Pemberton et al. 1992a & b).



شکل ۱۲- ترتیب ایجاد اثر فسیل‌های نهشته‌های سازند امیران، فراوانی و تنوع گراپتولیت‌ها، نوع استراتژی رفتاری K-selected و الگوی رفتاری گریزینگ کشتی (Helminthopsis و Gordia, Scolicia)، کشتی (Spirophycus و Cosmorhapse) نشان‌دهنده وجود اکسیژن بالا در بستر رسوبی و شرایط متعادل زیستی برای گرافولیت‌ها است. ترتیب ایجاد ژرفایی (Tiering) اثر فسیل‌ها در لایه‌های رسوبی با استراتژی R-selected، به صورت مجموعه اثرات کم ژرفا (Palaeophycus و Planolites)، با ژرفای متوسط (Thalassinoides و Skolithos, Arenicolites, Ophiomorpha, Spongeliomorpha) و ژرف (Chondrites, Zoophycos, Ophiomorpha).

جدول ۱- تلفیق داده‌های رسوب‌شناسی و اثرشناسی سازند امیران در برش مورد مطالعه (نوع حفظ‌شدگی، رفتار ایجادکننده اثرفسیل‌ها و ایکوفاسیس‌ها و طرح برابراش لایه‌های رسوبی).

مجموعه رسوباره	رخصاره	سنگ شناسی	ساختارهای رسوبی اولیه	اثرفسیل	نوع حفظ‌شدگی و رفتار ایجادکننده اثرفسیلها	ایکوفاسیس	تفسیر
Upper fan	کنگلومرای دانه پشیمان	ماسهسنگ‌های خفلی (چرت آریات) و کنگلومرای دانه پشیمان،	بسی نظیر، سطح قاعده فرسایشی و مشخص با ساخت‌های لایگی‌های قاعده‌های درشت در ماسهسنگ‌ها (Basal Lags)، ساخت‌های کنده‌شده و پرشده.	تنوع و فراوانی کم مجموعه اثرفسیل‌ها شامل: <i>Ophiomorpha</i> و <i>Thalassinoides</i>	افزایش در نسبت استراتژی رفتاری پانگامی یا <i>Domichnia</i> (معلق‌خوار)	ایکوفاسیس اسکولاپتوس	حاصل از نهشت جریان‌هایی با حجم و غلظت بالا همچون جریان‌های دوده‌زار یا آشفته (Debris or Slurry Fows) آشفته (Debris or Slurry Fows) حاصل از ته‌نشین در کانال‌های جریان موجود در شیب قاره یا موجود در بخش‌های نزدیک به منشا (Proximal).
	ماسهسنگ‌های سبتر تودهای	ماسهسنگ‌های خفلی (چرت آریات) و لایگی‌های قاعده‌های درشت دانه در این ماسهسنگ‌ها	سطح قاعده فرسایشی و مشخص با ساخت‌های زیرلایه‌های مورق قالب‌های وزنی و آثار توپمارک (فلوت‌مارک) و میزازه‌های جریان، ساخت‌های درونی نامنظم، قطعات درون متن ماسهسنگ‌های فراوان، توریادیت‌های نازک‌لایه به عنوان خاک‌پاره‌های طبیعی کانال‌های پیش‌تزدیگ به حوضه تفسیری می‌شوند. طبقه‌بندی مورب تراوف و ساخت‌های کنده‌شده و پرشده.	<i>Skolithos Halopoa</i> , <i>H. storenna</i> , <i>Scotelia Zoophycos</i> , <i>Planolites Thalassinoides</i> , <i>Ophiomorpha Arenicolites</i> , <i>Palaeophycos</i> در <i>Skolithos</i> لایه‌های ماسهسنگی، <i>Planolites</i> و <i>Helminthopsis Gordia</i> در لایه‌های شیلی	کاهش در نسبت استراتژی رفتاری پانگامی یا <i>Domichnia</i> (معلق‌خوار) و افزایش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و گریزریگ با <i>Fodinichnia</i> یا <i>Pascichnia</i> (grazing traces)	ایکوفاسیس اسکولاپتوس	ماسهسنگ‌های سبتر لایه تودهای به عنوان کانال‌های فرسایشی موجود در بخش‌های نزدیک به منشا در شیب قاره به عنوان محور کانال یا دره (Channel-axis and Canyon) توصیف می‌شوند، رخصاره‌های دارای اثرفسیل‌های پس از توریادیت هستند که نشان‌دهنده استراتژی فرصت‌طلب است.
Middle fan	ماسهسنگ‌های متوسط تا درشت دانه با آثار از طبقه‌بندی تدریجی	ماسهسنگ‌های متوسط تا درشت دانه (چرت آریات) با جورشدگی نسبتاً خوب	توالی ماسهسنگ‌های تودهای ریزش‌ننده یا درشت شونده به سمت بالا، یا لایناسیون یا موازی پراکنده، ریل و بخش‌های موازی <i>a</i> و <i>b</i> توالی یوما (Tab)	Post depositional: <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>O. amnolata</i> , <i>Halopoa</i> isp., <i>Planolites</i> isp., <i>Thalassinoides</i> , <i>Scotelia</i> isp., <i>Tenidium</i> isp., <i>Palaeophycos</i> and <i>Phycoles</i> . Pre-depositional: حفظ‌شدگی ضعیف اثرات فسیلی در نتیجه جریان‌های فرسایشی و جریان رسوب گذاری سریع	این رخصاره دارای اثرفسیل‌هایی که ناگرمی است که وجود آنها وابسته به قدرت جریان‌های فرسایشی است، افزایش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و پانگامی یا <i>Fodinichnia</i> و <i>Domichnia</i>	ایکوفاسیس اسکولاپتوس	حاصل از کاهش غلظت جریان و سوزشیدن آن به عنوان خاک‌پاره‌های طبیعی در بخش نزدیک به منشا (Proximal Slopes).
	تتاوی از توریادیت‌های نازک لایه ماسه/سیلیستون و شیل	تتاوی از سیلیستون و ماسهسنگ (چرت آریات) با آشفته‌گی وزنی متوسط تا زیاد، دارای لایه‌های ماسهسنگی با ستبرای متغیر از ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر	ماسهسنگ‌های تودهای با ساختمان درونی نامنظم با بدون ساخت درونی، تتاوی از توریادیت‌های نازک‌لایه ماسه/سیلیستون و شیل غالب هستند، لایناسیون ریلی نامنظم و لایناسیون موازی مسطح از ساخت‌های غالب هستند. دارای سطح قاعده مشخص و فرسایشی و بخش‌های <i>c</i> ، <i>d</i> و <i>e</i> توالی یوما (Tide) و (Tde).	Post depositional: <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Planolites</i> isp., <i>Thalassinoides</i> , <i>Scotelia</i> isp., <i>Palaeophycos</i> , <i>Tenidium</i> and <i>Zoophycos</i> . Pre depositional: <i>Chondrites</i> , <i>Helminthopsis</i> , <i>Gordia</i> isp., <i>Scotelia</i> (strozzii), <i>Planolites</i> , <i>Circulichnus</i> , <i>Paleodictyon</i> , <i>Nereites</i> , <i>Cosmonapha</i> .	کاهش در نسبت استراتژی رفتاری پانگامی یا <i>Domichnia</i> (معلق‌خوار) و افزایش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و گریزریگ یا <i>Pascichnia</i> افزایش در نسبت استراتژی رفتاری نسبت پانگامی یا <i>Agrichnia</i> گشایی	ایکوفاسیس نریس	این رخصاره به عنوان بیهسته‌های موجود در حاشیه کانال یا خاک‌پاره‌های طبیعی تفسیر می‌شود. در بیشتر موارد رسوب‌گذاری در اثر کاهش غلظت جریان‌های توریادیتی، از حالت معلق صورت می‌گیرد، رسوب‌گذاری یا پس‌زمینه ریز بر روی خاک‌ریزها یا بخش‌های حاشیه کانال در بخش‌های سیابی و پائینی یا کف حوضه مخروط توریادیتی صورت می‌گیرد.
Middle fan	توریادیت‌های متوسط لایه	توریادیت‌های متوسط لایه	ساخت‌های رسوبی شامل لایناسیون موازی، توریادیت‌های مختلف (چرت آریات) سبتر شونده به سمت بالا یا میان‌لایه‌های شیل و سیلیستون	Post depositional: <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>O. amnolata</i> , <i>Halopoa</i> isp., <i>Planolites</i> isp., <i>Zoophycos</i> isp., <i>Thalassinoides</i> , <i>Scotelia</i> isp., <i>Spongeliomorpha</i> isp. and <i>Tenidium</i> isp. Pre depositional: <i>Chondrites</i> , <i>Helminthopsis</i> , <i>Gordia</i> isp., <i>Cochlichnus</i> , <i>Scotelia</i> (strozzii), <i>Megacraption</i> , <i>Desmograption</i> , <i>Planolites</i> , <i>Nereites</i> .	این رخصاره دارای اثرفسیل‌های گوناگونی است که وجود آنها وابسته به قدرت جریان‌های فرسایشی و میزان فعالیت <i>Mud Dwellers</i> است، کاهش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و پانگامی و افزایش در نسبت استراتژی رفتاری نسبت پانگامی یا <i>Agrichnia</i>	ایکوفاسیس نریس	جریان‌های توریادیتی در بخش‌های سیابی و پائینی مخروط توریادیتی یا غلظت بالا و حجم زیاد مواد معلق دانه ریز در محیط‌های همچون حاشیه کانال و کف حوضه و لایه‌های جداافتاده از مخروط توریادیتی در بخش‌های دورتر از حوضه.

ادامه جدول ۱

مجموعه رخساره	رخساره	سنگ شناسی	ساختارهای رسوبی اولیه	اثر فسیل	نوع حفظ‌شدگی و رفتار ایجاد‌کننده اثر فسیلها	ایکتوفاسیس	تفسیر
Lower Fan and Distal Basin- Floor	تندیشنی گل‌های همی پلاژیک	گل‌سنگ و سیلستون	بدون ساختار یا دارای لامیناسیون‌های موازی پراکنده، طبقات رسی با رنگ روشن و بدون ساختار	بدون آشفتنگی زمستی گاه دارای اثراتی از <i>Chondrites</i>	کاهش در نسبت اثرات فسیلی، دارای اثر فسیل‌های تغذیه‌کننده از رسوبات با ترتیب ایجاد ژرف (سبک تغذیه‌ای ژرف) و استراتژی رفتاری هم‌زیستی <i>Chemosymbiont</i>	-	کمترین نرخ ورود مواد آواری به حوضه، حاصل از جریان‌های رفیق توریدایتی بر روی بخش‌های دور از منشأ (Distal) یا بخش‌های کف حوضه.
	توریدایت‌های نازک‌لايه	سیلستون و سیلستون رسی همراه با میان‌لايه‌های ماسه‌سنگ سیلتي	رس سنگ و سیلستون با لامیناسیون موازی و یا توده‌ای و بدون ساختار، طبقات ماسه‌سنگی دارای لامیناسیون رینی موزی نامتقارن، لامیناسیون مسطح و بخش‌های Tide توالی بوما	Post depositional: <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Chondrites</i> isp., <i>Planolites</i> isp., <i>Thalassinoides</i> , and <i>Zoophycos</i> isp. Pre depositional: <i>Chondrites</i> , <i>Helminthopsis</i> , <i>Gordia</i> isp., <i>Planolites</i> isp., <i>Lorenzina</i> , <i>Cochlichnus</i> , <i>Megagraption</i> , <i>Cosmorhaphie</i> , <i>Desmograpton</i> , <i>Paleodictyon</i> .	کاهش در نسبت اثرهای پناهگاهی و افزایش در نسبت استراتژی رفتاری گریزبگ، کشتی یا <i>Agrichnia</i> و تغذیه‌کننده از رسوبات	ایکتوفاسیس تریس	جریان‌های رفیق توریدایتی بر روی بخش‌های دور از منشأ (Distal) یا بخش‌های کف حوضه.
	توریدایت‌های نازک‌لايه تا متوسط‌لايه	سیلستون و سیلستون رسی همراه با میان‌لايه‌های ماسه‌سنگ سیلتي	گاه آثار دانه‌بندی تدریجی نامشخص دیده می‌شود سطح لایه‌ها مشخص و بدون هر گونه ساختی است. در بیشتر موارد دارای بخش ۵ از توالی بوما (Te) است، دارای طبقات با ساختمان‌های درونی شامل لامیناسیون رینی نامتقارن، لامیناسیون مسطح و بخش‌های Tide از توالی بوما	Post depositional: <i>Ophiomorpha rudis</i> , <i>Planolites</i> isp., <i>Thalassinoides</i> and <i>Scolicia</i> isp., Pre depositional: <i>Chondrites</i> , <i>Helminthopsis</i> , <i>Circulichnus</i> , <i>Gordia</i> isp., <i>Scolicia (strozzii)</i> , <i>Megagraption</i> , <i>Fustiglyphus Spirorhaphie</i> , <i>Paleodictyon</i> , <i>Cosmorhaphie</i> , <i>Desmograpton</i> , <i>Urohelminthoidia</i> and <i>Planolites</i> .	کاهش در نسبت اثرهای پناهگاهی و افزایش در نسبت استراتژی رفتاری گریزبگ، کشتی و تغذیه‌کننده از رسوبات	ایکتوفاسیس تریس	حاصل از تندیشنی از جریان‌های توریدایتی با غلظت متفاوت (کم تا زیاد)، در بخش‌های پایینی مخروط توریدایتی است، وجود لایه‌های متناوب توریدایتی با ستبرای کم نشان‌دهنده جریان‌های توریدایتی با غلظت پایین و وجود لایه‌های ستبرتر ماسه‌سنگی نشان‌دهنده جریان‌های توریدایتی با غلظت بیشتر است.

کتابنگاری

- بایت گل، ا.، عباسی، ن.، امین رسولی، ه.، محبوبی، ا.، و موسوی حریمی، ر. امین رسولی، ه.، ۱۳۹۱- تحلیل رخساره و تفسیر محیطی اثر فسیل‌های پلاتولیتس و پالتوفیکوس از رسوبات پالتوزویک ایران میانی، فصلنامه علمی - پژوهشی علوم زمین، بهار ۱۳۹۱، سال بیست و یکم شماره ۸۳، صفحه ۱۸۵ تا ۱۹۶.
- بایت گل، ا.، محبوبی، ا.، حسینی‌برزی، م.، و موسوی حریمی، ر.، ۱۳۸۹- مدل ایکنولوژیکی نهشته‌های آواری سازند شیرگشت در زیر پهنه کلرد ایران مرکزی. مجله چینه‌نگاری و رسوب‌دانشگاه اصفهان. ص ۴۳-۶۸.
- مطیعی، ه.، ۱۳۸۲- زمین‌شناسی ایران چینه‌شناسی زاگرس، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۳ ص.

References

- 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.
- Bann, K. L., Fielding, C. R., MacEachern, J. A. & Tye, S. C., 2004- Differentiation of estuarine and offshore marine deposits using integrated ichnology and sedimentology: Permian Pebbly Beach Formation, Sydney Basin, Australia in McIlroy, D. (ed), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*, Lyell Meeting 2003, *Journal of The Geological Society of London*, v. 228, p. 179-211.
- Crimes, T. P. & McCall, G. J. H., 1995- Adiverse ichnofauna from Eocene-Miocene rocks of the Makran Range (S. E. Iran). *Ichnos*, v. 3, p. 231-258.
- Deptuck, M. E., Sylvester, Z., Pirmez, C. & Byrne, C., 2007- Migration-aggradation history and 3-D seismic geomorphology of submarine channels in the Pleistocene Benin-Major Canyon, western Niger Delta slope. *Marine and Petroleum Geology*, v. 24, p. 406 - 433.
- Heard, G. Th. & Pickering, T. K., 2008- Trace fossils as diagnostic indicators of deep-marine environments, Middle Eocene Ainsa-Jaca, Spanish Pyrenees. *Sedimentology*, v. 55, p. 809-844.
- MacEachern, J. A., Gingras, M. K., Bann, K. L., Pemberton, S. G. & Reich, L. T., 2007a- Application of ichnology to high-resolution genetic stratigraphic paradigms. In: Macheachern, J.A., Bann, K.L., Gingras, M.K., Pemberton, S.G. (Eds.), *Applied Ichnology: SEPM Short Course Notes*, v. 52, pp. 95-129.
- MacEachern, J. A., Pemberton, S. G., Bann, K. L. & Gingras, M. K., 2007b- Departures from the archetypal ichnofacies: effective recognition of environmental stress in the rock record. In: Maceachern, J.A., Bann, K.L., Gingras, M.K., Pemberton, S.G. (Eds.), *Applied Ichnology: SEPM Short Course Notes*, v. 52, p. 65-93.
- MacEachern, J. A., Gingras, M. K., Bann, K. L. & Pemberton, S. G., 2007c- The ichnofacies paradigm: high-resolution palaeoenvironmental interpretation of the rock record. In: MacEachern, J.A., Pemberton, S.G., Gingras, M.K., Bann, K.L. (Eds.), *Applied ichnology: SEPM Short Course Notes*, v. 52, pp. 27-65.
- Malpas, J. A., Gawthorpe, R. L., Pollard, J. E. & Sharp, I. R., 2005- Ichnofabric analysis of the shallow marine Nukhul Formation (Miocene), Suez Rift, Egypt: implications for depositional processes and sequence stratigraphic evolution, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 215, p. 239- 264.
- Milighetti, M., Monaco, P. & Checconi, A., 2009- Caratteristiche sedimentologico-ichnologiche delle unità silicoclastiche oligo-mioceniche nel transetto Pratomagno-Verghereto, Appennino Settentrionale. *Annali dell-Universita degli studi Ferrara*, 5, 23-129.
- Navarro, L., Khan, Z. A. & Arnott, R. W. C., 2007- Depositional architecture and evolution of a deep-marine channel-levee complex: Isaac Formation (Windermere Super-group), Southern Canadian Cordillera. In: Nilsen, T.H., Shew, R.D., Steffens, G.S., Studlick, J.R.J. (Eds.), *Atlas of Deep-Water Outcrops. AAPG Studies in Geology*, v. 56, p. 22.
- Pemberton, S. G., MacEachern, J. A. & Frey, R. W., 1992a- Trace fossil facies models: environmental and allostratigraphic significance, in Walker, R.G., and James, N.P. (eds), *Facies Models: Response to Sea Level Change: Geological Association of Canada*, p. 47-72.
- Pemberton, S. G., MacEachern, J. A. & Ranger, J. M., 1992b- ichnology and event stratigraphy The use of trace fossils in recognizing tempestites. In: Pemberton, S.G. (ed.), *Applications of Ichnology to Petroleum Exploration. SEPM Core Workshop*, vol. 17, p. 85-117.
- Saller, A. H., Noah, J. T., Ruzuar, A. P. & Schneider, R., 2004- Linked lowstand delta to basin-floor fan deposition, offshore Indonesia: An analog for deep-water reservoir systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* v, 88, p. 21-46.
- Seilacher, A., 1977- Pattern analysis of Paleodictyon and related trace fossils, In T.P. Crimes, and J. C. Harper (eds.), *Trace Fossils 2. Geological Journal Special Issue 9*. Seel House Press, Liverpool. 289-334.
- Tunis, G. & Uchman, A., 1996a- Trace fossils and facies changes in Cretaceous-Eocene flysch deposits of the Julian Prealps (Italy and Slovenia): consequences of regional and world-wide changes. *Ichnos*, v. 4, p. 169-190.
- Tunis, G. & Uchman, A., 1996b- Ichnology of Eocene flysch deposits of the Istria Peninsula, Croatia and Slovenia. *Ichnos*, v. 5, p. 1-22.

- Uchman, A., 1995- Taxonomy and palaeoecology and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). *Beringeria* 15, Freunde der Wurzbürger Geowissenschaften, Würzburg, 114p.
- Uchman, A., 2003- Trends in diversity, frequency and complexity of graphoglyptid trace fossils: evolutionary and palaeoenvironmental aspects. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* V. 192, p. 123–142.
- Uchman, A., 2004a- Phanerozoic history of deep-sea trace fossils. In: McIlroy, D. (Ed.), *The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis*. Geological Society, London, Special Publication, v. 228, pp. 125–139.
- Uchman, A., 2004b- The *Ophiomorpha rudis* ichnosubfacies of the *Nereites* ichnofacies. In: Buatois, L.A., Mángano, M.G. (Eds.), *Abstracts Ichnia 2004, First International Congress on Ichnology*, Museo Paleontológico Egidio Feruglio, Trelew, pp. 79–80.
- Uchman, A., Abbassi, N. & Naeaji, M., 2005- *Persichnus* igen. nov. and associated ichnofossils from the Upper Cretaceous to Eocene deep-sea deposits of the Sanandaj Area, West Iran. *Ichnos*, 141–149,
- Uchman, A., 2007- Deep-sea trace fossils from the mixed carbonate-siliciclastic flysch of the Monte Antola Formation (Late Campanian–Maastrichtian), North Apennines, Italy. *Cretaceous Research* v. 28, p. 980–1004.
- Wetzel, A. & Uchman, A., 1998- Deep-sea benthic food content recorded by ichnofabrics: A conceptual model based on observations from paleogene flysch, Carpathians, Poland. *Palaios*, v. 13, p. 533-546.
- Wetzel, A. & Uchman, A., 2001- Sequential colonization of muddy turbidites in the Eocene Belovež'a Formation, Carpathians, Poland. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, v. 168, p. 171–186.
- Wetzel, A., 1991- Ecologic interpretation of deep-sea trace fossil communities. *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, v. 85, p. 47-69.

Deep Marine Trace Fossil Assemblages and their Palaeo-Environmental Significance from the Paleocene Amiran Formation in SW Lorestan

Y. Nasiri ¹, S. R. Moussavi-Harami ^{2*}, A. Mahboubi ² & A. Bayetgoll ³

¹M.Sc. Student, , Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

²Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

³Ph.D. Student, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: 2011 March 14

Accepted: 2011 September 04

Abstract

Amiran Formation (Paleocene) in Lorestan, folded Zagros zone, contains a diverse and exceptionally well preserved ichnofauna. A quantitative study of trace fossil in the Paleocene deep-marine clastic systems, this Formation, shows that they are powerful discriminators of submarine fan and related environments. The host lithologies are conglomerates, sandstones, siltstones and mudstones. These sediments are interpreted to be deposits in upper to lower-fan palaeoenvironment. Channel deposits consist of thick-bedded turbidite and interchannel deposits are interpreted to be deposited by unconfined debris flows and high concentration turbidity currents. The ichnofauna with high diversity is most frequently, and best, preserved within the T_{cd} interval of turbidities, which are interpreted as interchannel deposits, produced by low concentration turbidity flows. On the basis of trace fossil diversity, ichnotaxonomic composition, ethology, and morphologic complexity, trace fossils assemblage were grouped into pre-depositional or post-depositional forms. The predepositional assemblage is rich in graphoglyptids and grazing trails, and feeding structures. The ichnodiversity, ethology, and morphologic complexity of the predepositional association are indicative of the Nereites ichnofacies. The postdepositional association essentially consists of dwelling and feeding traces. The post-depositional association includes elements of the Skolithos ichnofacies. Overall characteristics of trace fossils suggest that from the proximal to the distal environment of Amiran Formation, proportions of domichnia trace-fossil assemblages decreases while agrichnia, fodinichnia and pascichnia increases.

Keywords: Deep-marine, Ichnofacies, Trace fossils, Amiran Formation, Turbidite.

For Persian Version see pages 229 to 244

*Corresponding author: S. R. Moussavi-Harami; E-mail: harami2004@yahoo.com