مجموعه اثرفسیل‌های دریایی ژرف و اهمیت محیطی آنها در نهشته‌های پالئوسن سازند امیران در جنوب باختر لرستان

یعقوب نصیری [۱]، سیدرضا موسوی حرمی [۲*]، اسداله محبوبی [۲] و ئارام بایت‌گل [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: ۲۳/ ۱۲/ ۱۳۸۹ تاریخ پذیرش: ۱۳/ ۰۶/ ۱۳۹۰

چکیده

رسوبات پالئوسن 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 اثرفسیل‌ها ویژگی خوبی برای تفکیک مخروط‌های زیردریایی و زیرمحیط‌های مرتبط با آن هستند. رخساره‌های سنگی در بر دارنده اثر فسیل‌ها شامل کنگلومرا، ماسه‌سنگ، سیلتستون و شیل است. محیط رسوبی نهشته‌های مورد بررسی به بخش پایینی تا بالایی مخروط‌های زیردریایی ژرف نسبت داده می‌شود. رخساره‌های درون کانال، توربیدایت‌های ستبرلایه و نهشته‌های بین کانالی به عنوان نهشته‌های حاصل از جریان‌های خرده‌دار و توربیدایتی با چگالی بالا تفسیر می‌شوند. بیشتر اثرفسیل‌ها با حفظ‌شدگی خوب و تنوع بالا در بخش Tcde توالی بوما حاصل از جریان توربیدایتی با چگالی بالا تشکیل می‌شود. بر اساس تنوع اثرفسیل‌ها، ترکیب ایکنوتاکسونومیک، رفتارشناسی و طرح ریخت‌شناسی، اثرفسیل‌های سازند امیران به دو مجموعه پیش و پس از رسوب‌گذاری تفکیک می‌شوند. مجموعه پیش از رسوب‌گذاری دارای اثرفسیل‌های گرافولیت‌ها، گریزینگ و ساختارهای تغذیه‌ای هستند. تنوع، رفتارشناسی و طرح ریخت‌شناسی مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری نشان از ایکنوفاسیس نریتس دارد. همچنین، مجموعه پس از رسوب‌گذاری با اثرات پناهگاهی و تغذیه‌ای نشان‌دهنده ایکنوفاسیس اسکولایتوس است. ویژگی‌های کلی اثرفسیل‌ها 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، ایکنوفاسیس، اثرفسیل، سازند امیران، توربیدایت.

***نویسنده مسئول:** سیدرضا موسوی حرمی

E-mail: harami2004@yahoo.com

۱- مقدمه

ایکنوفاسیس نریتس 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 توربیدایتی و نوع جریان آن (چگالی کم و بالا) مهم‌ترین عامل‌های تأثیرگذار بر ایکنوفاسیس نریتس هستند. در این محیط‌ها به دلیل نوسان در نرخ رسوب‌گذاری و شرایط انرژی و فرسایش در کف بستر، دو مجموعه اثرفسیل پیش از توربیدایت (Pre-turbidite) و پس از توربیدایت (Post-turbidite) تشکیل می‌شود (Wetzel 1991; Tunis & Uchman, 1996a & b). مجموعه اثرفسیل‌های 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 هم‌نهش شیمیایی (Chemosymbiotic Farming) است. آشفتگی آب و ایجاد جریان‌های فرسایشی در طی رسوب‌گذاری دوباره توربیدایت‌ها باعث می‌شود که مجموعه پیش از توربیدایت به وسیله مجموعه اثرفسیل‌های 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 آشفتگی جریان) ایجاد می‌شود. به طور کلی ماسه‌سنگ‌های توربیدایتی 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 اثرفسیل‌های دریایی ژرف و پتانسیل 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 اثرفسیل‌ها به عنوان ابزاری برای شناخت محیط رسوبی و دیرین‌زیست‌شناسی سازند امیران در پهنه زاگرس استفاده شده است. این ساخت‌ها درجازا هستند و هیچ‌گونه جابه‌جایی در آنها صورت نگرفته است، ازاین‌رو 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 سکانسی و بررسی دقیق سیستماتیک اثرفسیل‌ها فراهم آورد.

۲- موقعیت زمین‌شناسی ناحیه مورد مطالعه

پس از تصادم پوسته قاره‌ای عربی و ایران مرکزی، بالا آمدگی، چین‌خوردگی و روراندگی مهمی صورت گرفته که پیامد آن فرسایش کمربند کوهزایی زاگرس مرتفع و افیولیت- رادیولاریت‌های زیرپهنه فرورانش زاگرس است که به علت بالاآمدن 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 پالئوسن 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 سیلتستون 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

گورپی 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 "۲۸ ′۳ °۳۳ شمالی و ″۳۹ ′۵۶ °۴۷ خاوری و در ۶۰ کیلومتری خرم‌آباد برداشت شده است که از ۹۲۴ متر سیلتستون 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 زیست‌آشفتگی، 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 اثرفسیل‌ها بر اساس ریخت‌شناسی آنها و با توجه به ویژگی‌هایی همچون آستربندی حفرات، نوع دیواره، ساخت‌های پس‌ریز، بود یا نبود انشعاب، ویژگی بافتی رسوبات پر کننده حفرات و مقایسه آن با رسوبات سنگ میزبان، ساختمان درونی حفرات و ویژگی‌های سنگ میزبان صورت می‌گیرد (Bann et al., 2004). اثرفسیل‌های رسوبات سازند امیران در برش مورد مطالعه مجموعه متنوعی دارد. این اثرفسیل‌ها 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 مئاندری و گریزینگ مدور است (Meandering/ Spiral Pascichnia).

۵- مجموعه رخساره‌ای توربیدایتی و پراکندگی محیطی اثرفسیل‌ها

در مطالعه کنونی، بر پایه شواهد صحرایی همچون سطوح لایه‌بندی، ساختارهای رسوبی، ارتباط جانبی لایه‌ها، طرح ریخت‌شناسی لایه‌ها، سطوح محصور، نوع و پراکندگی اثرفسیل‌ها، تغییرات اندازه دانه‌ها، ارتباط لایه‌ها و پراکندگی محیطی اثرفسیل‌ها، سه مجموعه رخساره‌ای در توالی‌های رسوبی سازند امیران شناسایی شد که شامل: مجموعه رخساره بالایی مخروط (Upper Fan)، مجموعه رخساره‌ای 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 به‌طور 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 به‌هم‌ریختگی (فیزیکی) زیادتری هستند و به صورت دانه‌غالب و بدون چینه‌بندی همراه با عدسی‌هایی از طبقات ماسه‌سنگی درشت و در گاهی موارد گلسنگ‌های پبل‌دار دیده می‌شوند. قطعات موجود در این کنگلومراهـا به صورت چندمنشائی با گردشـدگی بالا، در اندازه پبل تا کابل و زمینـه ماسـه‌ای متوسـط‌دانه است (شکل ۴- A). گاه در آنها چینه‌بندی تدریجی وارون دیده می‌شود. ۲- کنگلومراهایی که دارای به‌هم‌ریختگی کمتری هستند و به صورت دانه‌غالب و صفحه‌ای‌شکل همراه با عدسی‌هایی از طبقات ماسه‌سنگی درشت و قاعده فرسایشی مشخص دیده می‌شوند. قطعات موجود در این کنگلومراها به صورت چندمنشایی با گردشدگی بالا، جورشدگی ضعیف و در اندازه پبل تا کابل هستند (شکل ۴- B) 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 حفرشده و پرشده به فراوانی در این کنگلومراها یا عدسی‌های ماسه‌ای همراه آنها دیده می‌شود (شکل ۴- C). ۳- کنگلومراهای نوع سوم به صورت زمینه‌غالب و بدون چینه‌بندی با جورشدگی ضعیف هستند. قطعات موجود در این کنگلومراها به صورت چندمنشائی با جورشدگی و گردشدگی ضعیف دیده می‌شوند. از مهم‌ترین ویژگی‌های این کنگلومراها وجود قطعات بزرگ در زمینه رسی- سیلتی دانه‌ریز است (شکل ۴- D). همچنین ماسه‌سنگ‌های موجود در مجموعه رخساره‌ای بالایی مخروط به صورت ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه تا پبلی هستند که در بیشتر موارد به صورت لایه‌های توده‌ای- ستبر با قاعده فرسایشی و ساخت‌های حفرشده و پرشده و قالب‌های شیاری (شکل‌های ۴- E و F) 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 اثرفسیل‌های موجود در این مجموعه رخساره‌ای به ترتیب فراوانی شامل: *Ophiomorpha*، *Thalassinoides*، *Palaeophycus*، *Scolicia*، *Halopoa*، *Arenicolites*، *Skolithos*، *Zoophycos*، *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 خرده دار یا آشفته، مقدار زیادی ماسه درشت و گراول را به صورت معلق حمل می‌کنند، آشفتگی جریان، فشار حاصل از برخورد دانه‌ها و نیروی درونی (شناوری زمینه) از عوامل اصلی حمل‌کننده رسوبات در بخش‌های بالایی مخروط است. به‌هم‌ریختگی بالا، جورشدگی ضعیف و گاه طبقه‌بندی تدریجی وارون نشان‌دهنـده تشکیـل این رسوبات در کف کانال‌های زیردریایی در بخش‌هـای بالایی مخروط است. وجود قطعات بزرگ سنگی در لایه‌های کنگلومرایی دلالت بر تخریب دیواره دره به کف کانال در نتیجه چگالی بالای جریان توربیدایتی 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 توربیدایتی 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 پرشدن کانال‌های رسوبی در این بخش از محیط به دلیل چگالی بالای جریان باعث تشکیل خاکریزه‌های 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 ستبرلایه توده‌ای با قاعده فرسایشی و ستبرشونده به سمت بالا تشکیل شده‌اند (شکل ۴- H). چرخه توالی بوما در این رخساره از پایین به بالا شامل ماسه‌سنگ‌های پبلی دانه‌درشت با طبقه‌بندی تدریجی

(Ta)، ماسه‌سنگ‌های متوسط‌دانه توده‌ای (به ندرت با چینه‌بندی موازی) (Tb) و ماسه‌سنگ‌های ریزدانه با لامیناسیون ریپلی جریانی (Tc) است (شکل ۴- G). ۲- ماسه‌سنگ‌های متوسط‌لایه با قاعده فرسایشی و ستبرشونده به سمت بالا با آثار قالب شیاری 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 ستبرا 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: *Ophiomorpha annulata*، *Ophiomorpha rudis*، *Gordia*، *Taenidium*، *Halopoa*، *Scolici*، *Planolites*، *Thalassinoides*، *Zoophycos*، *Palaeophycus*، *Nereites*، *Helminthopsis*، *Spongeliomorpha*، *Chondrites*، *Megagrapton*، *Cochlichnus*، *Desmograpton*، *Cosmorhaphe* و *Circulichnus* است (جدول ۱).

– تفسیر: رخساره دوم در مقایسه با رخساره نخست کاهش زیادی در نسبت ذرات دانه‌درشت کنگلومرایی به ماسه‌سنگ پیلی نشان می‌دهد. با این وجود نسبت ماسه ریز و طبقات شیلی و سیلتی در این مجموعه رخساره‌ای نسبت ذرات دانه‌درشت کنگلومرایی و ماسه‌سنگ پیلی 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 پایین‌دست آنها نشان می‌دهند. الگوهای رسوبی و بافتی در مجموعه رخساره مطالعه‌شده نشان از نقش جریان‌های توربیدایتی با چگالی کمتر در تشکیل آنها نسبت به رخساره اول دارد که درون مجموعه کانال‌های بریده بریده، زبانه‌های فعال و خاکریزه‌های طبیعی موجود در بخش میانی مخروط رسوب کرده‌اند. همچنین درهم‌آمیختگی (Amalgamated) لایه‌های صفحه‌ای‌شکل ماسه‌سنگ از چرخه‌های درشت‌شونده شیل و ماسه‌سنگ (رخساره اول و دوم) به عنوان جریان‌های باز کانالی (Unconfined Flow) در توربیدایت‌ها معرفی می‌شوند (Navarro et al., 2007). در این بخش نیز ماسه‌سنگ‌های ستبرلایه دلالت بر وجود چگالی بالای جریان توربیدایتی (نسبت به دیگر رخساره‌های موجود در این بخش) و محدودشدن 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 توربیدایت 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 توربیدایتی دارد که چنین جریان‌هایی در هنگام پرشدن کانال‌های بریده بریده و سرازیرشدن 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 چرخهٔ توالی بوما هستند (Navarro et al., 2007). چنین الگویی از تناوب و ساختارهای رسوبی نشان‌دهنده تشکیل این بخش از زیررخساره سوم در بخش خاکریزه‌های طبیعی است

۵– ۳. بخش پایینی مخروط (Lower Fan)

– توصیف: رسوبات رخساره سوم از نظر ستبرا بیشتر از نهشته‌های دانه‌ریز شیل و سلیت تشکیل شده‌اند و نسبت به دو رخساره پیشین نسبت شیل به ماسه در آنها افزایش چشمگیری نشان می‌دهد. همچنین ستبرای لایه‌ها و چرخه‌های بوما در این رخساره 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 جریانی (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 ستبرای 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 ستبرای زیاد و بدون ساختار. گاه اثرات لایه‌بندی موازی در این زیررخساره دیده می‌شود. مجموعه اثرفسیلی‌های موجود در این رخساره به ترتیب فراوانی شامل: *Ophiomorpha rudis* , *Nereites* , *Helminthopsis* , *Gordia* , *Planolites* , *Thalassinoides* , *Desmograpton* , *Megagrapton* , *Cosmorhaphe* , *Paleodictyon* , *Chondrites* , *Zoophycos* , *Scolicia* , *Spirorhaphe* , *Urohelminthoidia* , *Fustiglyphus* 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 توربیدایتی 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 توربیدایتی 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 توربیدایتی 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 رقیق‌شدن جریان توربیدایتی از بخش‌های بالایی بخش پایینی مخروط به سمت نواحی پایانی حوضه (Distal Basin Foor) (جدول ۱) باشد. وجود نهشته‌های شیلی- توده‌ای همی‌پلاژیک در بخش کف حوضه نشان‌دهنده کمترین نرخ رسوب‌گذاری از جریان‌های توربیدایتی با چگالی خیلی کم است.

پراکندگی 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 شناسایی‌شده در سامانه توربیدایتی نشان می‌دهد که روند خاصی در طرح برانبارش و الگوی رخساره‌ای توربیدایت‌ها و اثرفسیل‌ها وجود دارد (جدول ۱)، به طوری که بررسی چنین تغییراتی در سامانه‌های رسوبی توربیدایتی می‌تواند ابزار مناسبی برای تفکیک زیرمحیط‌های مختلف توربیداتی 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 *Spirophycus*، *Lorenzinia*، *Nereites*، *Urohelminthoida* و تغذیه‌ای/هم‌زیست

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. اثر فسیل *Paleodictyon* حاصل رفتار کشتی، توزیع یکنواختی را در رخساره‌های ماسه‌ای ریز تا متوسط‌دانه بخش‌های پایینی و میانی مخروط نشان می‌دهد. همچنین اثرفسیل *Megagrapton*، *Desmograpton* و *Cosmorhaphe* 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*، *Arenicolites* و *Skolithos* هستند. فراوانی این اثرها در رخساره‌های بخش میانی مخروط به‌ویژه در بخش‌های حاشیه مخروط و خاکریزه‌های 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 توربیدایتی 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 توربیدایتی، 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 توربیدایتی 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 توربیدایتی 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*، *Cosmorhaphe*، *Paleodictyon*، *Spirophycus*، *Desmograpton*، *Lorenzinia*، *Megagrapton*، *Spirorhaphe*، *Spirophycus*، *Fustiglyphus*، *Urohelminthoidia*، *Chondrites*، *Nereites*، *Circulichnus* و *Cochlichnus* (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*، *Halopoa* و *Arenicolites* است. اثرفسیل‌های *Thalassinoides*، *Palaeophycus* و *Planolites* (شکل‌های ۸ و ۹) با فراوانی بالا در هر دو مجموعه دیده می‌شوند. با این وجود، تنوع، فراوانی و شدت آشفتگی زیستی در بخش‌های مختلف توالی توربیدایتی سازند امیران متفاوت است. بیشترین تنوع و فراوانی اثرات فسیلی (به‌طور چیره با مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری) در بخش‌های حاشیه‌ای مخروط‌ها (Fan-fringe) به‌ویژه بخش پایینی مخروط (Lower Fan) مشاهده می‌شود. کاهش تدریجی در میزان تنوع، فراوانی و آشفتگی زیستی اثرات فسیلی از بخش‌های حاشیه مخروط به سمت بخش‌های دورتر حوضه دیده می‌شود. با این وجود، بخش‌های میانی مخروط (Mid Fan) با کانال‌های بریده بریده فراوان دارای اثرات پس از رسوب‌گذاری است که در بیشتر موارد به صورت مجموعه‌های تک‌جنسی (Monospecific Suite) با میزان کم آشفتگی زیستی دیده می‌شود. در مقابل، بخش‌های حاشیه‌ای کانال‌ها و خاکریزهای طبیعی موجود در ناحیه میانی مخروط (در مواردی که بر اثر حرکت جانبی کانال‌ها از بین نرفته‌اند) تنوع، فراوانی و شدت آشفتگی زیستی بالاتری نسبت به کانال‌های بریده بریده دارند و بیشتر شامل مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری هستند. بخش‌های دورتر حوضه به طور چیره دارای اثر فسیل‌های گرافولیت‌ها هستند که تنوع و فراوانی کمتری نسبت به دیگر بخش‌های کانال دارند.

۷- ایکنوفاسیس 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 ایکنوفاسیس و ایکنوفابریک، بهترین روش مطالعه آثار فسیل هستند و دیگر مفاهیم ممکن است شرایط پالئواکولوژی حوضه را کمتر بیان کنند (MacEachern et al., 2007c). در نهشته‌های سازند امیران تنوع اثرفسیلی، ترکیب ایکنوفونا، رفتارشناسی و ریخت‌شناسی مجموعه‌های پیش از رسوب‌گذاری نشان‌دهنده ایکنوفاسیس نریتس است. مجموعه پس از رسوب‌گذاری نه تنها شامل عناصر ایکنوفاسیس اسکولایتوس همچون *Ophiomorpha*، *Arenicolites* و *Skolithos* است بلکه دارای اثرفسیل‌هایی است که ماهیت قطع‌کننده رخساره‌ای (Cross-cutting Facies) (همانند *Scolicia*) دارند. اثرفسیل‌های مرتبط با ایکنوفاسیس نریتس با طرح ریخت‌شناسی گریزینگ مئاندری و گریزینگ مدور در مناطق دریایی ژرف به همراه توربیدایت‌ها و رسوبات پلاژیک دیده می‌شوند. بیشتر اثرگونه‌های مرتبط با این ایکنوفاسیس به صورت حفرات افقی در روی بسترهای دانه‌ریز وجود دارند. نوع الگوی رفتاری مدور و مئاندری 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 ایکنوفاسیس نریتس در مناطق کم‌انرژی بخش‌های دورتر از حوضه که قدرت فرسایشی جریان‌ها کاهش می‌یابد، بیشتر دیده می‌شود. همچنین در رسوبات توربیدایتی ایکنوفاسیس نریتس به دلیل الگوی رفتاری اثرجنس‌های مرتبط با آن به طور چیره در بخش‌های دورتر حوضه، مخروط پایینی و بخش‌های دانه‌ریزتر خاکریزه‌های طبیعی دیده می‌شود (Malpas et al., 2005). در مقابل، الگوی رفتاری جاندار سازنده اثرجنس‌های ایکنوفاسیس اسکولایتوس نشان‌دهنده انرژی بالای امواج

و جریان است و در بسترهای ماسه‌ای جورشده محیط‌های دریایی دیده می‌شود. در بیشتر موارد آرایش قائم و الگوی رفتاری پناهگاهی اثرجنس‌های مرتبط با این ایکنوفاسیس نشان از وجود جریان‌های فرسایشی و پرانرژی کف بستر دارد. وجود پلت و طرح انشعابی یا لایه‌بندی ریزهلالی در اثرجنس‌های 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، ایکنوفاسیس اسکولایتوس در بخش‌های بالادستی از حوضه‌های توربیدایتی که قدرت فرسایشی جریان افزایش می‌یابد، بیشتر دیده می‌شود. بیشتر اثرگونه‌های *Ophiomorpha* موجود در نهشته‌های سازند امیران دارای پلت‌های متراکم بر روی دیواره خود هستند که برای جلوگیری از ریزش دیواره و مقاومت در برابر جریان‌های فرسایشی- پرانرژی بخش‌های بالادستی از حوضه ایجاد شده‌اند.

توالی رسوبی سازند امیران (شکل۲) از پایین به بالا از توربیدایت‌های ستبرلایه، دانه‌درشت و غنی از ماسه تشکیل شده است که به سمت بالا به تدریج به توربیدایت‌های دانه‌ریز و غنی از شیل و سیلتستون تبدیل می‌شود. بخش‌های غنی از ماسه افزون بر شواهد اثرفسیلی و ساخت فیزیکی، بر اساس شکل هندسی گسترده یا ورقه‌ای لایه‌های ماسه‌ای (شکل‌های ۳- C و E) در لایه‌های متناوب با شیل و سیلتستون هستند. به‌هم‌پیوستگی 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 توربیدایت‌ها معرفی می‌شوند (Bann et al., 2004). نرخ رسوب‌گذاری به دلیل بالابودن انرژی جریان در کانال‌های یادشده باعث ایجاد جریان‌های توربیدایتی با چگالی بالا و شرایط زیستی نامتعادل در بستر رسوبی می‌شود. به دلیل وجود این شرایط چیره، اثرفسیل‌های موجود در این محیط‌ها رفتار پناهگاهی و استراتژی فرصت‌طلب (Opportunistic) برای تجمع زیستی بر روی بستر رسوبی نشان می‌دهند. چنین رفتاری منطبق بر ایکنوفاسیس اسکولایتوس است. به طوری که وجود شرایط پرانرژی حاصل از جریان‌های توربیدایتی و مجموعه‌های با فراوانی بالا از اثرفسیل‌ها و بیشینه آشفتگی زیستی (IB: 4-5) همچون *Ophiomorpha*، *Thalassinoides*، *Palaeophycus* و *Skolithos* با رفتار پناهگاهی و استراتژی فرصت‌طلب، نشان از ایکنوفاسیس اسکولایتوس دارد. ایکنوفاسیس اسکولایتوس نشان‌دهنده انرژی بالای امواج و جریان است و در بسترهای ماسه‌ای جورشده محیط‌های دریایی ایجاد می‌شود. این ایکنوفاسیس در محیط‌های بالایی و میانی حاشیه ساحلی و پیش‌ساحل که تغییرات ناگهانی در میزان رسوب‌گذاری، فرسایش و انتقال دوباره رسوبات متداول است وجود دارد. این ایکنوفاسیس در محیط‌های دریایی کم‌ژرفای حاشیه ساحلی سازندهای لالون، شیرگشت و جیرود گزارش شده است (بایت گل و همکاران، ۱۳۸۹؛ بایت گل و همکاران، ۱۳۹۱) که بر طبق ایکنوفاسیس‌های کلاسیک Seilacher (1977) منطبق بر نواحی ساحلی کم‌ژرفا و پرانرژی است. در مقابل، بر اساس نتایج MacEachern et al. (2007a, b & c) این ایکنوفاسیس شاخص محیط و ژرفای خاصی نیست و می‌تواند در هر محیطی با توجه به وجود ویژگی‌هایی همانند انرژی بالای جریان، بستر جورشده، تنوع کم و فراوانی بالا و نوع رفتار اثرفسیل‌ها ایجاد شود. مهم‌ترین معیار برای نسبت دادن این ایکنوفاسیس به یک محیط رسوبی خاص، بررسی داده‌های رسوب‌شناسی و تلفیق آن با داده‌های ایکنولوژیکی است.

در بخش‌های دورتر حوضه، به‌ویژه در قاعده مخروط، وجود توربیدایت‌های نازک‌لایه با فراوانی شیل، سیلتستون و نسبت بالای گل به ماسه و وجود بخش‌هایی از Tcde، Tde از توالی بوما دلالت بر کاهش چگالی جریان‌های توربیدایتی و قدرت فرسایش این جریان‌ها دارد. مجموعه اثرفسیل‌های 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 و خزشی/گریزینگ، ساختارهای کشتی هم‌نهش شیمیایی و مجموعه‌های مرتبط با گرافولیت‌ها دلالت بر ایکنوفاسیس نریتس در توربیدایت‌های نازک‌لایه و غنی از گل نهشته‌های سازند امیران دارد. وجود شرایط زیستی مطلوب با فراوانی بالای مواد غذایی می‌تواند موجب ایجاد اثرفسیل‌های با تنوع بالا شده باشد. وجود حفظ‌شدگی خوب اثرفسیل‌هایی همانند *Paleodictyon* در این نهشته‌ها دلالت بر قدرت فرسایشی کم جریان‌های توربیدایتی به سمت بخش ژرف حوضه دارد. تنوع بالای اثر فسیل‌های پیش از رسوب‌گذاری در زیرمحیط‌های بخش پایینی مخروط و حاشیه مخروط‌ها نسبت به اثرفسیل‌ها پس از رسوب‌گذاری نشان‌دهنده شرایط متعادل زیستی در بخش‌های دورتر حوضه رسوبی سازند امیران است. به طوری که بر اساس داده‌های موجود، فراوانی بالای اثرفسیل‌های 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 توربیدایتی 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 توربیدایتی 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 اثرفسیل‌های در شرایط ناپایدار محیطی و نرخ بالای رسوب‌گذاری (توربیدایت‌های با چگالی بالا) است. از جمله ویژگی‌های آنها رشد سریع، نبود تعادل رشد و اندازه متفاوت اثرات فسیلی موجود در یک اثرجنس است. به مجموعه‌هایی با چنین ویژگی‌هایی استراتژی R-selected و به جاندارنی با چنین الگوی رفتاری جاندارن 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 پرانرژی کانال به‌ویژه در جریان‌های توربیدایتی با چگالی بالای در بخش‌های بالادستی مخروط دیده می‌شود. همچنین در جریان‌های توربیدایتی 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) اثرفسیل‌ها در ژرفای لایه‌های رسوبی با استراتژی R-selected، به صورت مجموعه اثرات کم‌ژرفا (*Planolites* و *Palaeophycus*)، با ژرفای متوسط (*Spongeliomorpha*، *Ophiomorpha*، *Arenicolites* ، *Skolithos* و *Thalassinoides*) و ژرف (*Ophiomorpha*، *Zoophycos* 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*،

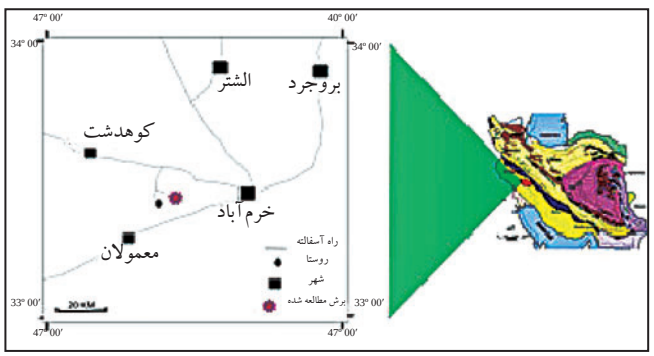
Gordia، *Scolicia*، *Cochlichnus*، *Cosmorhaphe*، *Paleodictyon*، *Spirophycus*، *Desmograpton* و *Nereites* است و در بخش دورتر حوضه و رخساره‌های حاصل از کاهش شدت جریان توربیدایتی دیده می‌شود که ترتیب ایجاد اثرفسیل‌ها با استراتژی K-selected به صورت مجموعه اثرات کم‌ژرفا است (شکل ۱۲). فراوانی چنین اثراتی نشان‌دهنده شرایط متعادل زیستی در طول دوره‌های بین توربیدایت است. بر اساس مطالعات Wetzel & Uchman (2001) مناسب‌ترین شرایط زیستی، پس از ته‌نشست جریان‌های توربیدایتی 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 بریده و لایه‌های قاعده‌ای دارای دانه‌بندی (Ta) و لامینه‌ای (Tb/Tc) نهشته‌های سازند امیران، وجود شرایط پرانرژی حاصل از جریان‌های توربیدایتی و خرده‌دار موجب گسترش مجموعه‌های با فراوانی بالا از اثرفسیل‌ها با استراتژی R-selected، اثرهای ژرف و بیشینه آشفتگی زیستی (IB: 4-5) می‌شود، به طوری که مهم‌ترین اثرفسیل‌های حاصل از چنین شرایطی شامل *Ophiomorpha*، *Thalassinoides*، *Palaeophycus* و *Skolithos* هستند. با این وجود در طول دوره‌های بین توربیدایت (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*، *Helminthorhaphe*، *Fustiglyphus*، *Desmograpton* و *Cosmorhaphe*)، 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 اثرفسیل‌های گرافولیت‌ها و خزشی (*Helminthopsis*، *Gordia*، *Scolicia*، *Cochlichnus*، *Cosmorhaphe*، *Paleodictyon*، *Spirophycus*، *Desmograpton* و *Nereites*) در رخساره‌های حاشیه مخروط، بخش‌های دورتر حوضه و بخش لامینه‌ای 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 توربیدایت هستند. نظر یکسانی از نظر شرایط اکسیژن در بین ایکنولوژیست‌ها در ارتباط با مجموعه اثرات گرافولیت‌ها وجود ندارد (Seilacher, 1977; Tunis & Uchman, 1996a & b; Wetzel & Uchman, 1998). نبود شواهد اکسیدان، فراوانی و تنوع گراپتولیت‌ها، نوع استراتژی رفتاری K-selected و الگوی رفتاری گریزینگ (*Helminthopsis*، *Scolicia* و *Gordia*) و کشتی (*Cosmorhaphe* و *Spirophycus*) 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 اثرفسیلی

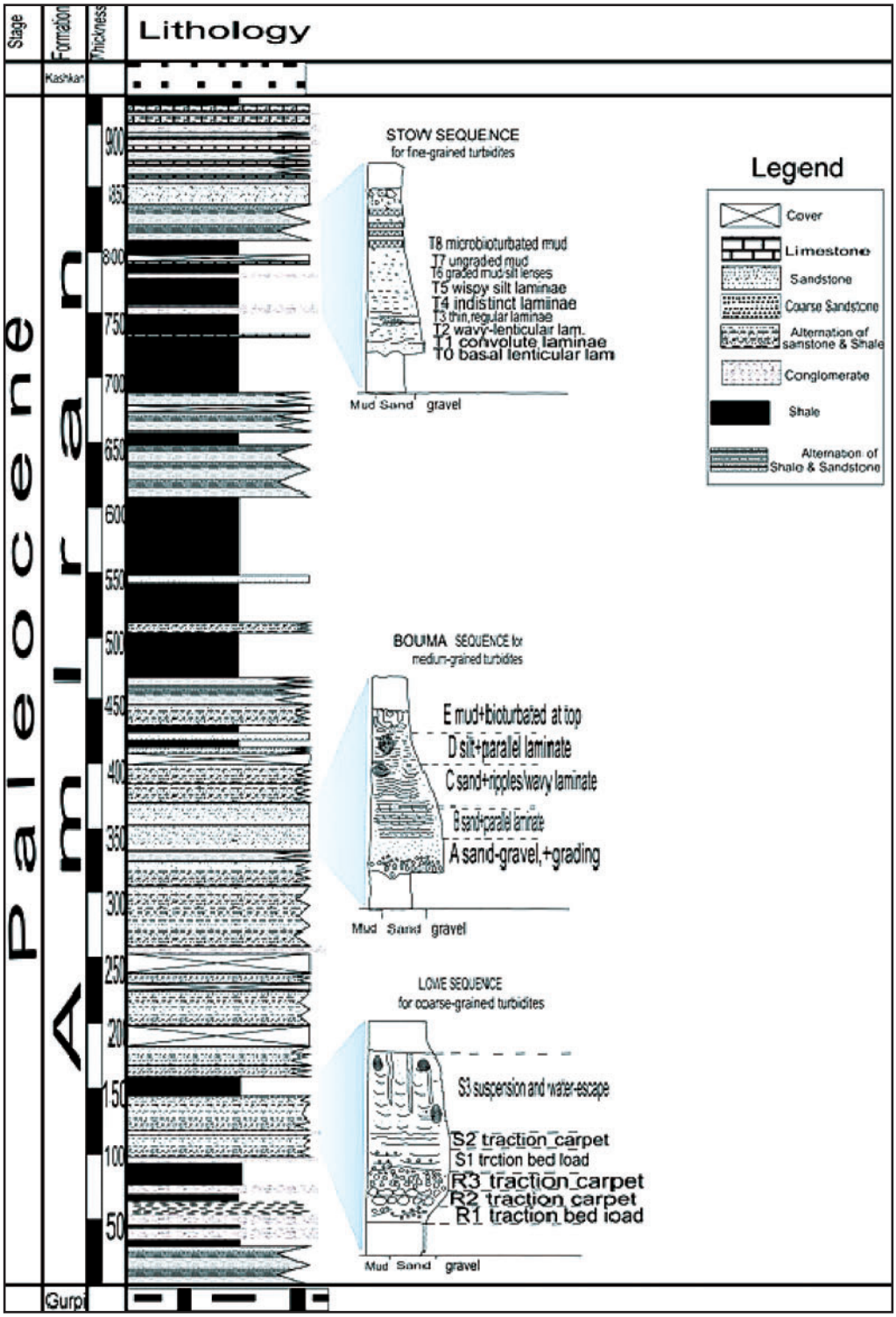
بخش‌های بالادستی محیط رسوب‌گذاری سازند امیران به‌ویژه در بخش‌های بالایی و محیط‌های کانالی بخش میانی مخروط، تنوع اثرات فسیلی کاهش بیشتری را نسبت به بخش‌های میانی و پایینی مخروط نشان می‌دهند. مهم‌ترین اثرهای فسیلی در این بخش‌ها *Ophiomorpha*، *Thalassinoides* و *Scolicia* است، به طوری که گاه این اثرات با فراوانی بالا با مجموعه‌های تک‌جنسی دیده می‌شوند. یکی از عامل‌هایی که می‌تواند باعث کاهش تنوع اثرفسیل‌ها 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 اثرفسیل‌های اشاره‌شده در نهشته‌های سازند امیران با دیواره ستبر و اندازه بالاتر و ژرفای حفاری بیشتر می‌تواند در نتیجه تغییر فعالیت جاندار سازنده برای سازگاری با نرخ رسوب‌گذاری بالا و شرایط پرانرژی باشد (Wetzel & Uchman, 2001). در مقابل، روند مشاهده‌شده در بخش بالادستی، زیرمحیط‌های 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، ستبرای طبقات، قدرت جریان‌های فرسایشی و میزان انرژی باشد.

۹– نتیجه‌گیری

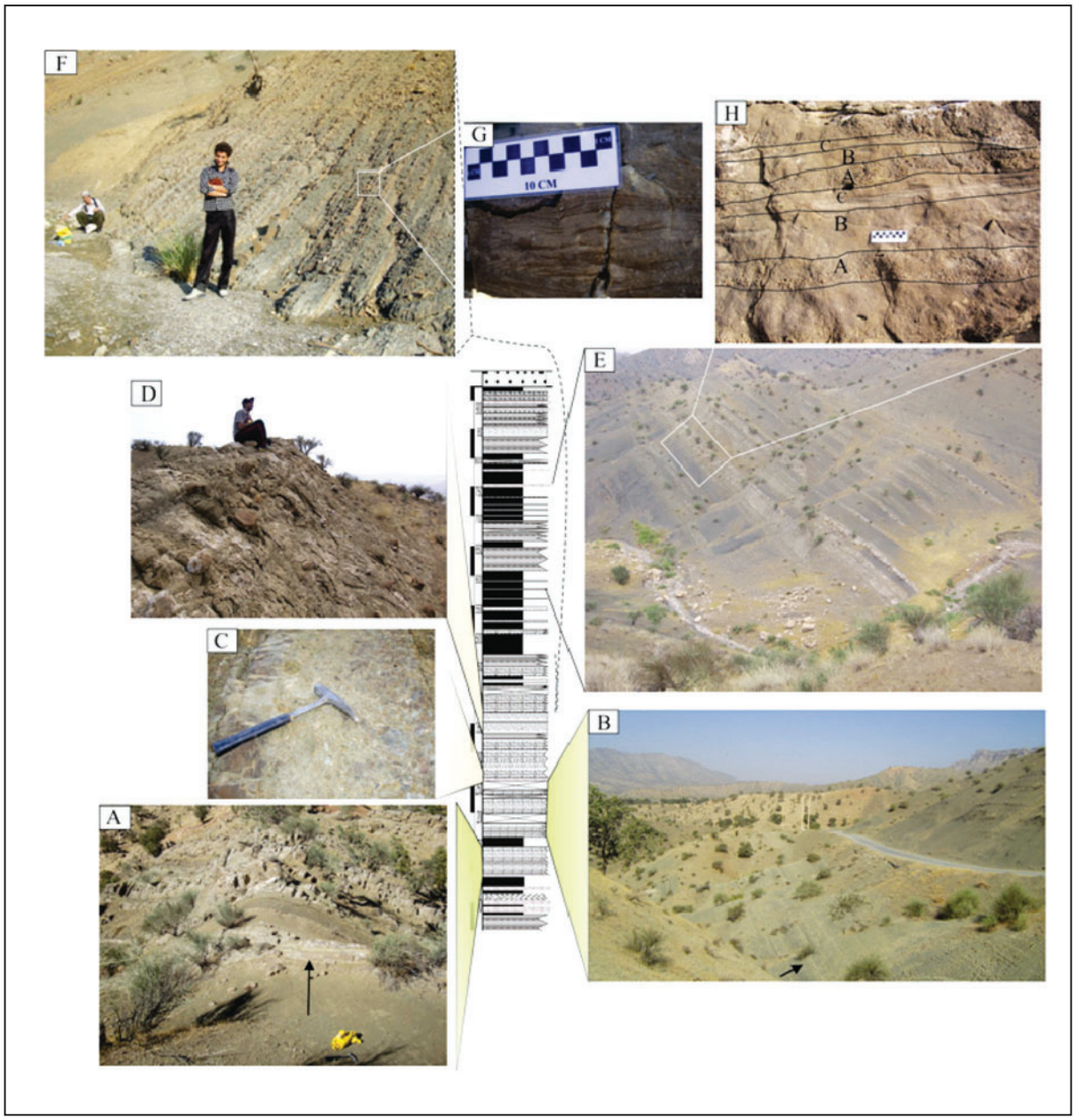
بررسی رسوب‌شناسی و اثرفسیل‌های نهشته‌های سازند امیران در پهنه زاگرس چین‌خورده موجب شناسایی سه رخساره شد. این رخساره‌ها شامل رخساره بالایی مخروط، رخساره میانی مخروط و رخساره پایین مخروط است. بر اساس رفتار ایجادکننده اثرفسیل‌ها، نوع بستر و اندازه ذرات، ساخت‌های رسوبی فیزیکی و طرح برانبارش مرتبط با جریان‌های توربیدایتی، اثرفسیل‌های 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 (Te) دیده می‌شود. مجموعه پس از رسوب‌گذاری شامل اثرفسیل‌های 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 اثرجنس است و در رخساره‌های پرانرژی کانال به‌ویژه در جریان‌های توربیدایتی 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 هم‌نهش شیمیایی و مجموعه‌های مرتبط با گرافولیت‌ها دلالت بر ایکنوفاسیس نریتس در توربیدایت‌های نازک‌لایه و غنی از گل نهشته‌های سازند امیران دارد. همچنین وجود شواهدی همانند تنوع کم، فراوانی بالا، اثرات پناهگاهی با استراتژی فرصت‌طلب دلالت بر ایکنوفاسیس اسکولایتوس در توربیدایت‌های ستبرلایه و غنی از ماسه نهشته‌های سازند امیران دارد.



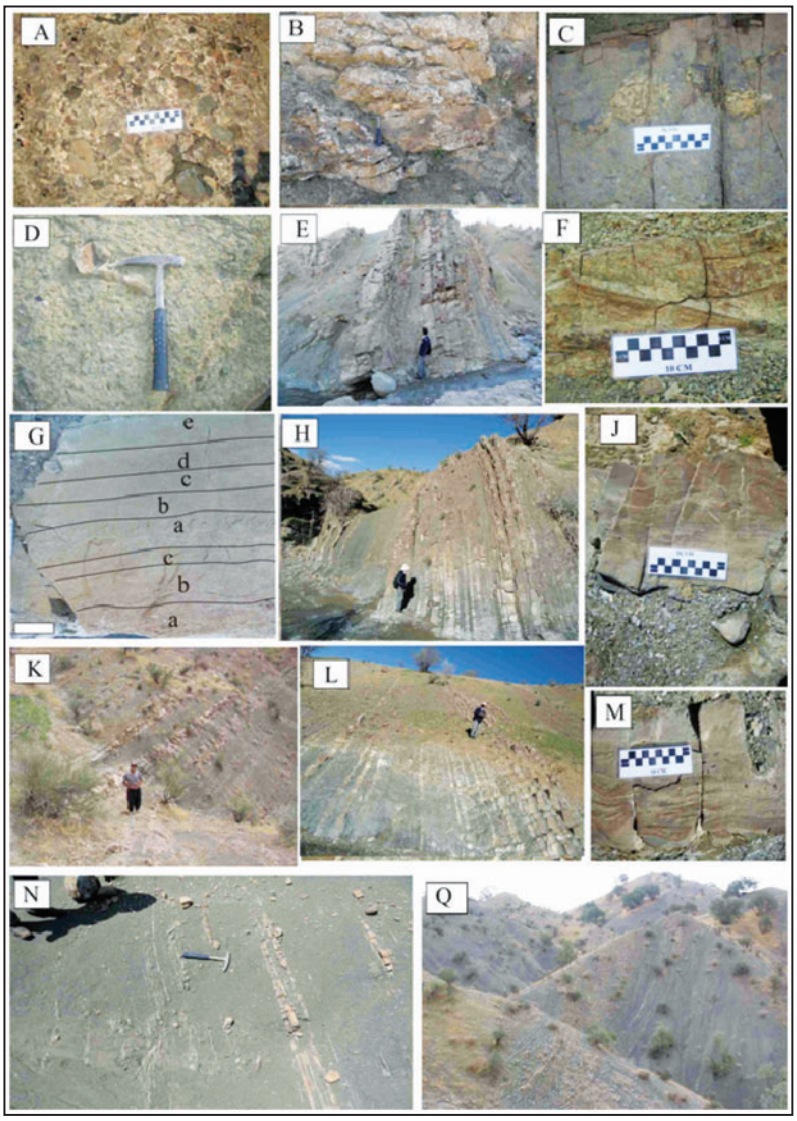
شکل ۱– موقعیت جغرافیایی برش مورد مطالعه در باختر لرستان (علامت ستاره سرخ‌رنگ).



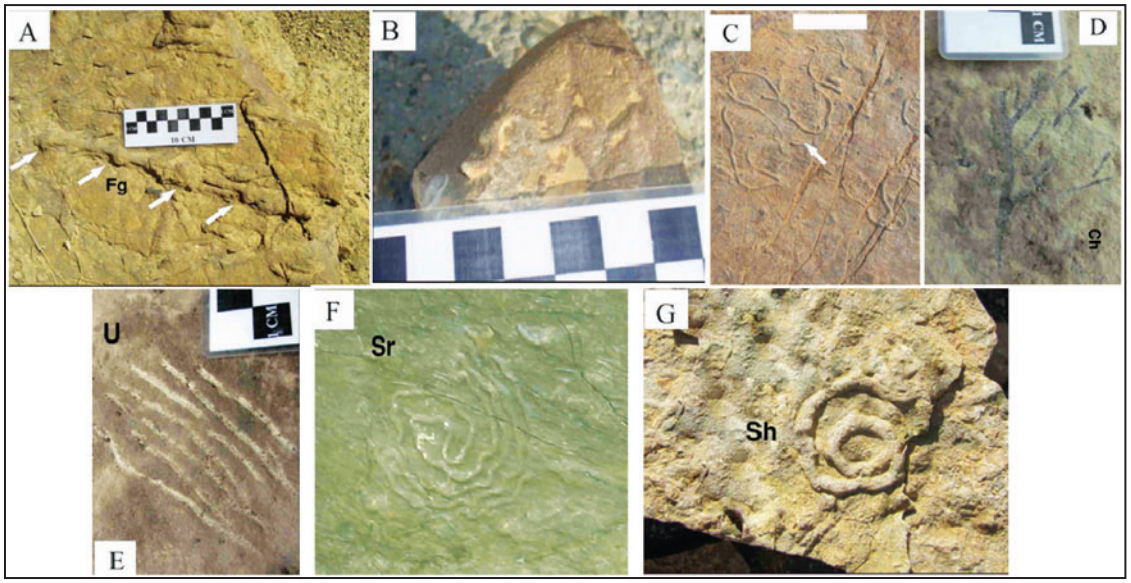
شکل ۲- ستون چینه‌شناسی سازند امیران در برش پیرشمس‌الدین همراه با توزیع آثارفسیل‌ها و ساخت‌های رسوبی موجود در لایه‌ها.



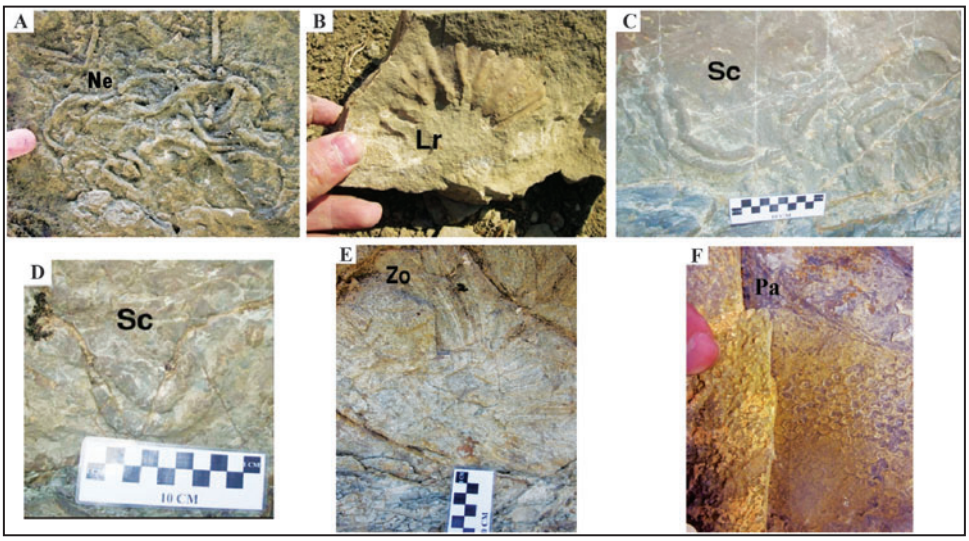
شکل ۳- A) توالی از طرح برانبارش ستبرشونده به سمت بالا در توربیدایت‌های نازک‌لایه بخش قاعده (پایین مخروط) به توربیدایت‌های متوسط‌لایه بخش میانی مخروط همراه با رخسارهای تناوبی بخش خاکریزهای طبیعی، B) توربیدایت‌های نازک‌لایه موجود در بخش پایینی مخروط توالی بوما Tde، C) کنگلومرای دانه‌پشتیبان در بخش‌های 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 بالای مخروط، E) تصویر صحرایی از بخش‌های بالایی سازند امیران با ماسه‌سنگ‌های ستبرشونده به سمت بالا در بخش میانی مخروط حاصل از جریان‌های توربیدایتی 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 توربیدایتی با چگالی پایین است. F و G) توربیدایت‌های متوسط‌لایه موجود در بخش پایینی مخروط همراه با تشکیل توالی بوما به صورت Tcde و H) بخش‌های قاعده‌ای توالی بوما در ماسه‌سنگ‌های بخش میانی مخروط در زبانه‌های فعال، حاصل از جریان‌های توربیدایتی با چگالی بالا.



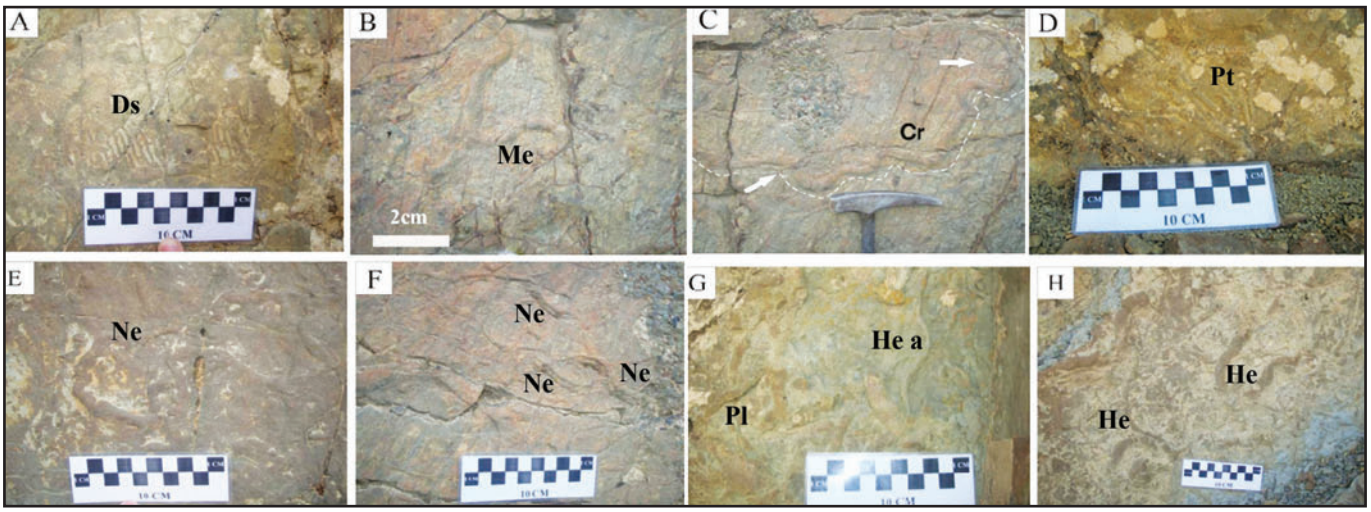
شکل ۴- A) کنگلومراها به صورت چند منشایی با گردشدگی بالا، در اندازه پبل تا کابل و زمینه ماسه‌ای متوسط‌دانه، B) کنگلومرای دانه‌پشتیبان که به سمت بالا تبدیل به ماسه‌سنگ‌های توده‌ای دانه‌درشت می‌شود، C) ساخت‌های حفرشده و پرشده در لایه‌های کنگلومرایی بخش بالایی مخروط با طبقه‌بندی تدریجی، D) کنگلومراهای با قطعات بزرگ در زمینه رسی- سیلتی دانه‌ریز نشان‌دهنده وجود جریان‌های خرده‌دار. E و F) ماسه‌سنگ‌های درشت‌دانه تا پبلی از لایه‌های توده‌ای- ستبر با قاعده فرسایشی و ساخت‌های حفرشده و پرشده و قالب‌های شیاری، G) چرخه توالی بوما در این رخساره از پایین به بالا شامل ماسه‌سنگ‌های پبلی 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 ستبرشونده به سمت بالا در بخش میانی مخروط که به سمت بالا به رخساره‌های بخش پایینی مخروط و شیل‌های توده‌ای بخش کف حوضه تبدیل می‌شود، J و K) ماسه‌سنگ‌های متوسط‌لایه با قاعده فرسایشی و ستبرشونده به سمت بالا با آثار قالب شیاری و چرخه توالی بوما از ماسه‌سنگ‌های توده‌ای (Tb)، لامیناسیون موجی و پیچیده (Tc)، L و M) توربیدایت‌های متوسط‌لایه موجود در بخش پایینی مخروط همراه با تشکیل توالی بوما از بخش‌های بالایی Tcd و بخش‌های شیلی دانه‌ریز بدون ساختار (Te)، N) توربیدایت‌های 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 توربیدایت‌های متوسط‌لایه (چرخه بوما از Tcde) که به سمت بالا به توربیدایت‌های نازک‌لایه (چرخه بوما از Tde) و شیل‌های توده‌ای همی‌پلاژیک ستبرلایه بدون ساختار تبدیل می‌شود.



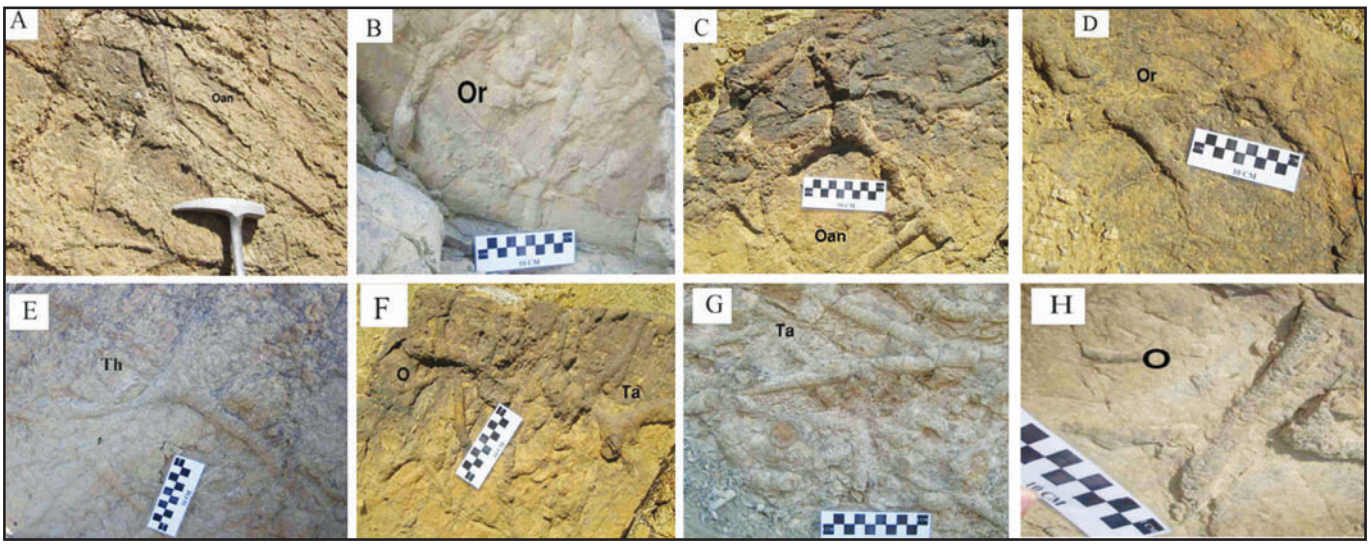
شکل ۵- تصاویری از اثرفسیل‌ها: A) *Fustiglyphus* isp.، B) *Cochlichnus* isp.، C) *Gordia marina*، D) *Chondrites targionii*، E) *Urohelminthoida* isp.، F) *Spirorhaphe involute* و G) *Spirophycus* isp.



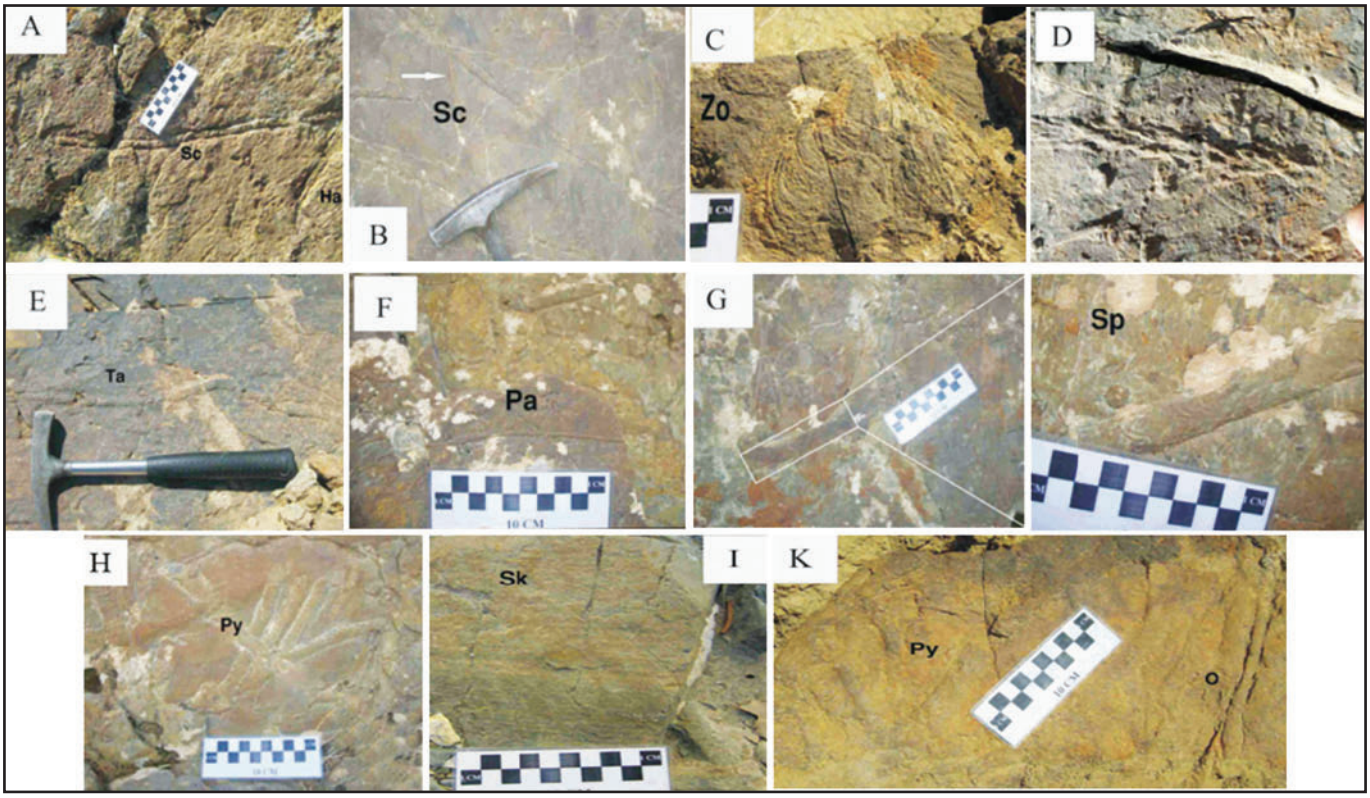
شکل ۶- تصاویری از اثرفسیل‌ها:
A) *Nereites irregularis*,
B) *Lorenzinia* isp.,
C) *Scolicia strozzii*,
D) *Scolicia* isp.,
E) *Zoophycos* isp.,
F) *Paleodictyon* isp.



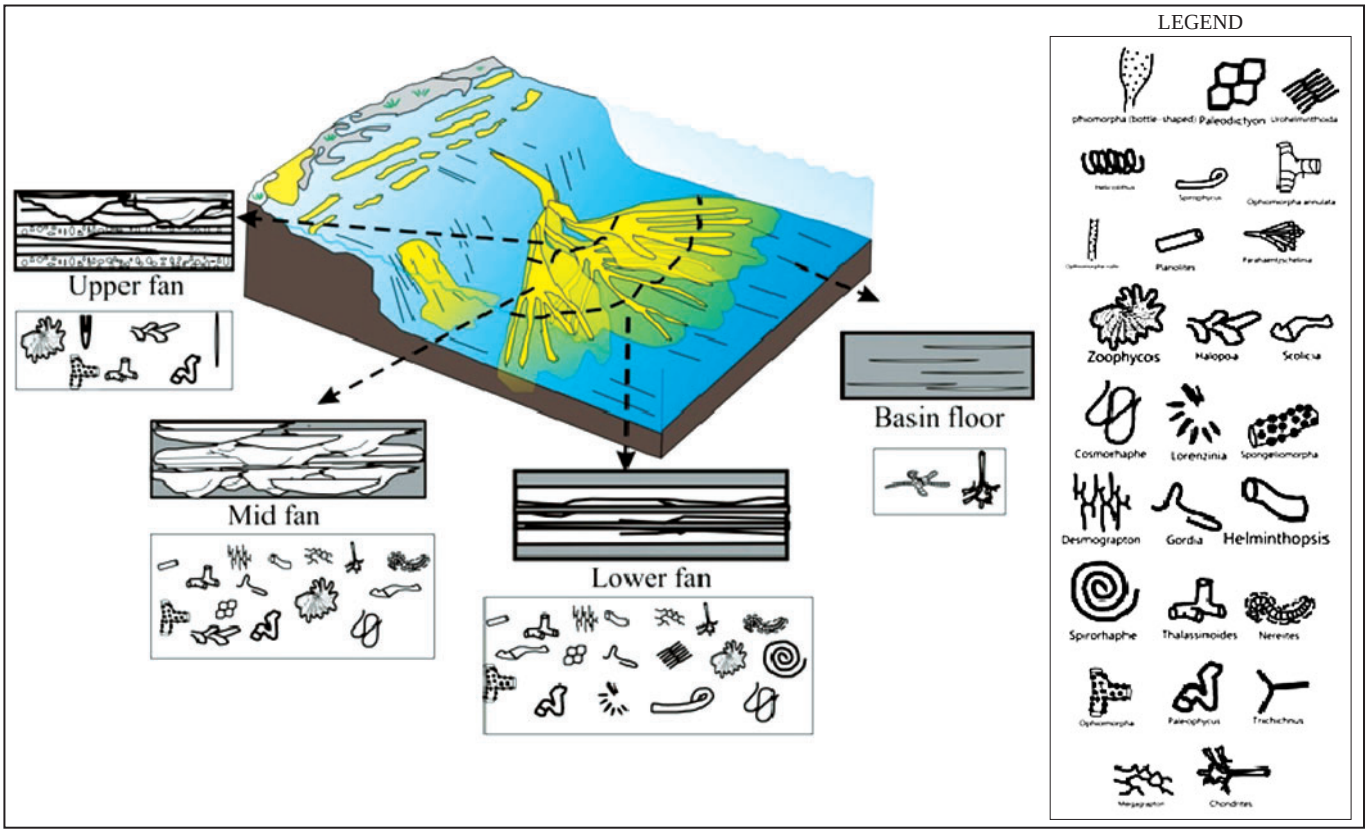
شکل ۷- تصاویری از اثرفسیل‌ها: A) *Desmograpton* isp.، B) *Megagrapton submontanum*.، C) *Cosmorhaphe sinuosa*.، D) *Planolites* isp.، E) *Nereites* isp.، F) *Nereites* cf. *loomisi*.، G) *Helminthopsis abeli*. با *Planolites* isp. و H) *Helminthopsis*. isp.



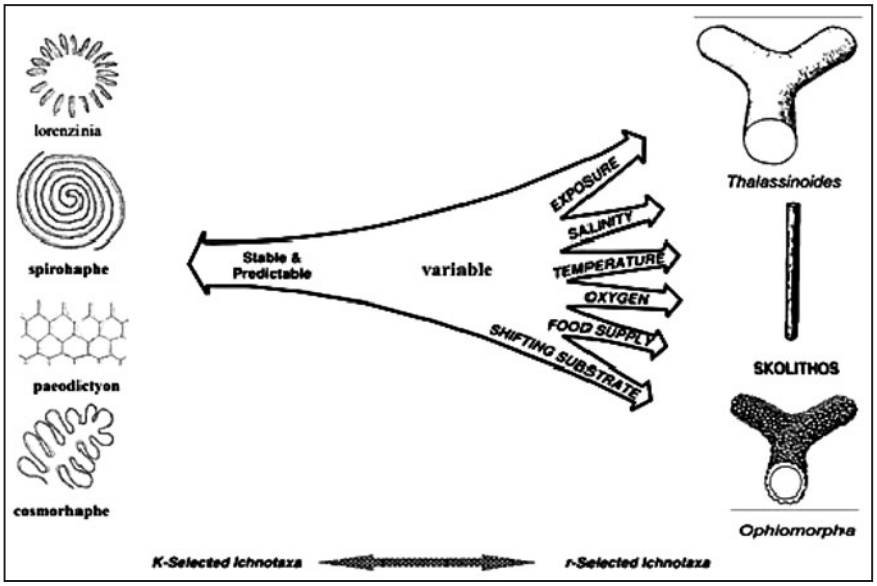
شکل ۸- تصاویری از اثرفسیل‌ها: A) *Ophiomorpha annulata*.، B) *Ophiomorpha annulata*، C و D) *Ophiomorpha rudi*.، E) *Thalassinoides suevicus*، F) *Thalassinoides* isp. و G) *Ophiomorpha* isp. و H) *Thalassinoides horizontalis*.



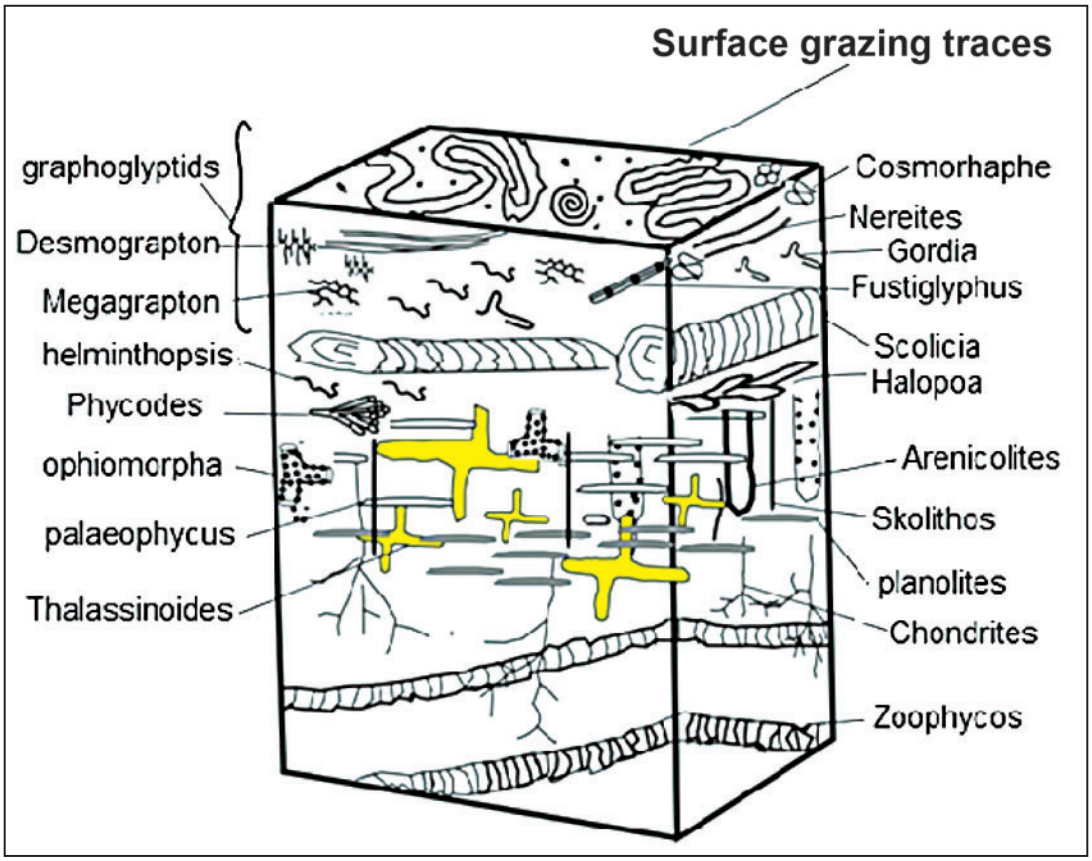
شکل ۹- تصاویری از اثرفسیل‌ها: A) *Scolicia* cf *plana* و *Halopoa imbricata*، B) *Scolicia* isp.، C) *Zoophycos* isp.، D) *Halopoa storeana*، E) *Taenidium satanassi*، F) *Palaeophycus tubularis*، G) *Spongeliomorpha* isp.، H) *Phycodes* isp.، I) *Skolithos linearis* و K) *Phycodes* isp. با *Ophiomorpha* 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 جاندارن. 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 می‌شود. مجموعه پس از رسوب‌گذاری شامل اثرفسیل‌های با استراتژی R-selected با رشد سریع، نبود تعادل رشد و اندازه متفاوت اثرات فسیلی موجود در یک اثرجنس در شرایط ناپایدار محیطی و نرخ بالای رسوب‌گذاری (با تغییراتی از Pemberton et al.1992a & b).



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

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

مجموعه رخساره	رخساره	سنگ شناسی	ساختارهای رسوبی اولیه	اثرفسیل	نوع حفظ‌شدگی و رفتار ایجادکننده اثرفسیلها	ایکنوفاسیس	تفسیر
Upper fan	کنگلومرای دانه پشتیبان	ماسه‌سنگ‌های خیلی درشت (چرت آرنایت) و کنگلومرای دانه‌پشتیبان،	بی‌نظم، سطح قاعده فرسایشی و مشخص، لاگ‌های قاعده‌ای درشت در ماسه‌سنگ‌ها (Basal Lags)، ساخت‌های کنده‌شده و پرشده.	تنوع و فراوانی کم مجموعه اثر فسیل‌ها شامل: *Thalassinoides* و *Ophiomorpha*	افزایش در نسبت استراتژی رفتاری پناهگاهی یا Domichnia (معلق‌خوار)	ایکنوفاسیس اسکولایتوس	حاصل از نهشت جریان‌هایی با حجم و غلظت بالا همچون جریان‌های خرده‌دار یا آشفته (Debris or Slurry Fows)، حاصل از ته نشینی در کانال های جریان موجود در شیب قاره یا موجود در بخش‌های نزدیک به منشأ (Proximal).
	ماسه‌سنگ‌های ستبرتوده‌ای	ماسه‌سنگ‌های خیلی درشت (چرت آرنایت) و لاگ‌های قاعده‌ای دزشت‌دانه در این ماسه‌سنگ‌ها	سطح قاعده فرسایشی و مشخص با ساخت‌های زیرلایه‌ای همچون قالب‌های وزنی و آثار تول‌مارک (فلوت‌مارک و شیارهای جریانی)، ساخت‌های درونی نامنظم، قطعات درون متن ماسه‌سنگ‌های فراوان، توربیدایت‌های نازک‌لایه به عنوان خاکریزه‌های طبیعی کانال‌های بخش نزدیک به حوضه تفسیر می‌شوند. طبقه‌بندی مورب تراف و ساخت‌های کنده‌شده و پرشده.	*Skolithos*، *Halopoa*. H. *storeana*، *Scolicia*، *Zoophycos*، *Planolites*، *Thalassinoides*، *Ophiomorpha*، *Palaeophycus* و *Arenicolites* در لایه‌های ماسه‌سنگی. *Skolithos*، *Gordia*، *Helminthopsis* و *Planolites* در لایه‌های شیلی	کاهش در نسبت استراتژی رفتاری پناهگاهی یا Domichnia (معلق‌خوار) و افزایش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و گریزینگ یا Fodinichnia، Pascichnia (grazing traces)	ایکنوفاسیس اسکولایتوس	ماسه‌سنگ های ستبرلایه توده‌ای به عنوان کانال‌های فرسایشی موجود در بخش‌های نزدیک به منشأ در شیب قاره به عنوان محور کانال یا دره (Channel-axis and Canyon) توصیف می‌شوند، رخساره‌های دارای اثرفسیل‌های پس از توربیدایت هستند که نشان‌دهنده استراتژی فرصت‌طلب است.
Middle fan	ماسه‌سنگ‌های متوسط تا ستبرلایه با آثار از طبقه‌بندی تدریجی	ماسه‌سنگ‌های متوسط تا درشت‌دانه (چرت آرنایت) با جورشدگی نسبتاً خوب	توالی ماسه‌سنگ‌های توده‌ای ریزشونده یا درشت شونده به سمت بالا، با لامیناسیون موازی پراکنده، ریپل و بخش‌های a و b توالی بوما (Tab)	**Post depositional:** *Ophiomorpha rudis*, *O. annulata*, *Halopoa* isp., *Planolites* isp., *Thalassinoides*, *Scolicia* isp., *Taenidium* isp, *Palaeophycus* and *Phycodes*. **Pre-depositional:** حفظ‌شدگی ضعیف اثرات فسیلی در نتیجه جریان‌های فرسایشی و میزان رسوب‌گذاری سریع	این رخساره دارای اثرفسیل‌های گوناگونی است که وجود آنها وابسته به قدرت جریان‌های فرسایشی است، افزایش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و پناهگاهی یا Fodinichnia و Domichnia	ایکنوفاسیس اسکولایتوس	حاصل از کاهش غلظت جریان و سریزشدن آن به عنوان خاکریزهای طبیعی در بخش نزدیک به منشأ (Proximal Slopes).
	تناوبی از توربیدایت‌های نازک‌لایه ماسه/سیلتستون و شیل	تناوبی از سیلتستون و ماسه‌سنگ (چرت آرنایت) با آشفتگی زیستی متوسط تا زیاد، دارای لایه‌های ماسه‌سنگی با ستبرای متغیر از ۱۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر	ماسه‌سنگ‌های توده‌ای با ساختمان درونی نامنظم یا بدون ساخت درونی، تناوبی از توربیدایت‌های نازک‌لایه ماسه/سیلتستون و شیل غالب هستند، لامیناسیون ریپلی نامتقارن و لامیناسیون موازی مسطح از ساخت‌های غالب هستند. دارای سطح قاعده مشخص و فرسایشی و بخش‌های c، d و e توالی بوما (Tcde و Tde).	**Post depositional:** *Ophiomorpha rudis*, *Planolites* isp., *Thalassinoides*, *Scolicia* isp., *Palaeophycus*; *Taenidium* and *Zoophycos*. **Pre depositional:** *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Gordia* isp. *Scolicia* (*strozzii*), *Planolites*, *Circulichnus*, *Paleodictyon*, *Nereites*, *Cosmorhaphe*.	کاهش در نسبت استراتژی رفتاری پناهگاهی یا Domichnia (معلق خوار) و افزایش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و گریزینگ یا Pascichnia، Fodinichnia. افزایش در نسبت استراتژی رفتاری کشتی یاAgrichnia	ایکنوفاسیس نریتس	این رخساره به عنوان نهشته‌های موجود در حاشیه کانال یا خاکریزهای طبیعی تفسیر می‌شود. در بیشتر موارد رسوب‌گذاری در اثر کاهش غلظت جریان‌های توربیدایتی، از حالت معلق صورت می‌گیرد، رسوب‌گذاری با پس‌زمینه ریز بر روی خاکریزها یا بخش‌های حاشیه کانال در بخش‌های میانی و پایینی یا کف حوضه مخروط توربیدایتی صورت می‌گیرد.
	توربیدایت‌های متوسط‌لایه	توالی از ماسه‌سنگ‌های (چرت آرنایت) ستبرشونده به سمت بالا با میان‌لایه‌های شیل و سیلتستون	ساخت‌های رسوبی شامل لامیناسیون موازی، موجی و پیچیده. بخش‌های مختلف توالی بوما شامل ماسه‌سنگ‌های توده‌ای (Tb) لایه‌بندی موازی و پیچیده (Tc). نبود بخش‌های قاعده‌ای توالی بوما (Ta) نامنظمی و تغییرات زیادی در روند لایه‌بندی دیده می‌شود.	**Post depositional:** *Ophiomorpha rudis*, O *annulata*, *Halopoa* isp., *Planolites* isp., *Zoophycos* isp., *Thalassinoides*, *Scolicia* isp., *Spongeliomorpha* isp. and *Taenidium* isp. **Pre depositional:** *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Gordia* isp., *Cochlichnus*, *Scolicia* (*strozzii*), *Megagrapton*, *Desmograpton*. *Planolites*, *Nereites*.	این رخساره دارای اثرفسیل‌های گوناگونی است که وجود آنها وابسته به قدرت جریان‌های فرسایشی و میزان فعالیت Mud Dwellers است، کاهش در نسبت اثرهای تغذیه‌کننده از رسوبات و پناهگاهی و افزایش در نسبت استراتژی رفتاری کشتی یا Agrichnia	ایکنوفاسیس نریتس	جریان‌های توربیدایتی در بخش‌های میانی و پایینی مخروط توربیدایتی با غلظت بالا و حجم زیاد مواد معلق دانه ریز در محیط‌های همچون حاشیه کانال و کف حوضه و لب‌های جداافتاده از مخروط توربیدایتی در بخش‌های دورتر از حوضه.

ادامه جدول ۱

تفسیر	ایکنوفاسیس	نوع حفظ‌شدگی و رفتار ایجادکننده اثرفسیلها	اثرفسیل	ساختارهای رسوبی اولیه	سنگ شناسی	رخساره	مجموعه رخساره
کمترین نرخ ورود مواد آواری به حوضه، حاصل از جریان‌های رقیق توربیدایتی بر روی بخش‌های دور از منشأ (Distal) یا بخش‌های کف حوضه.	-	کاهش در نسبت اثرات فسیلی، دارای اثرفسیل‌های تغذیه‌کننده از رسوبات با ترتیب ایجاد ژرف (سبک تغذیه‌ای ژرف) واستراتژی رفتاری هم‌زیستی شیمیاییChemosymbiont	بدون آشفتگی زیستی گاه دارای اثراتی از*Chondrites*	بدون ساختار یا دارای لامیناسیون‌های موازی پراکنده، طبقات رسی با رنگ روشن و بدون ساختار	گل‌سنگ و سیلتستون	ته‌نشینی گل‌های همی پلاژیک	Lower Fan and Distal Basin- Floor
جریان‌های رقیق توربیدایتی بر روی بخش‌های دور از منشأ (Distal) یا بخش‌های کف حوضه.	ایکنوفاسیس نریتس	کاهش در نسبت اثرهای پناهگاهی و افزایش در نسبت استراتژی رفتاری گریزینگ، کشتی یا Agrichnia و تغذیه‌کننده از رسوبات	**Post depositional:** *Ophiomorpha rudis*, *Chondrites* isp., *Planolites* isp., *Thalassinoides*, and *Zoophycos* isp. **Pre depositional:** *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Gordia* isp., *Planolites* isp., *Lorenzinia*, *Cochlichnus* , *Megagrapton*, *Cosmorhaphe*, *Desmograpton*, *Paleodictyon*.	رس سنگ و سیلتستون با لامیناسیون موازی و یا توده‌ای و بدون ساختار، طبقات ماسه‌سنگی دارای لامیناسیون ریپلی موجی نامتقارن، لامیناسیون مسطح و بخش‌های Tde توالی بوما	سیلتستون و سیلتستون رسی همراه با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ سیلتی	توربیدایت‌های نازک‌لایه	
حاصل از ته‌نشینی از جریان‌های توربیدایتی با غلظت متفاوت (کم تا زیاد)، در بخش‌های پایینی مخروط توربیدایتی است، وجود لایه‌های متناوب توربیدایتی با ستبرای کم نشان‌دهنده جریان‌های توربیدایتی با غلظت پایین و وجود لایه‌های ستبرتر ماسه‌سنگی نشان‌دهنده جریان‌های توربیدایتی با غلظت بیشتر است.	ایکنوفاسیس نریتس	کاهش در نسبت اثرهای پناهگاهی و افزایش در نسبت استراتژی رفتاری گریزینگ، کشتی و تغذیه کننده از رسوبات	**Post depositional:** *Ophiomorpha rudis*, *Planolites* isp., *Thalassinoides* and *Scolicia* isp., **Pre depositional:** *Chondrites*, *Helminthopsis*, *Circulichnus*, *Gordia* isp., *Scolicia* (*strozzii*), *Megagrapton*, *Fustiglyphus Spirorhaphe*, *Paleodictyon*, *Cosmorhaphe*, *Desmograpton*, *Urohelminthoidia* and *Planolites*.	گاه آثار دانه‌بندی تدریجی نامشخصی دیده می‌شود سطح لایه‌ها مشخص و بدون هر گونه ساختی است. در بیشتر موارد دارای بخش e از توالی بوما (Te) است، دارای طبقات با ساختمان‌های درونی شامل لامیناسیون ریپلی نامتقارن، لامیناسیون مسطح و بخش‌های Tcde از توالی بوما	سیلتستون و سیلتستون رسی همراه با میان‌لایه‌های ماسه‌سنگ سیلتی	توربیدایت‌های نازک‌لایه تا متوسط‌لایه	

کتابنگاری

بایت گل، ا.، عباسی، ن.، امین‌رسولی، ه.، محبوبی، ا.، و موسوی حرمی، ر. امین‌رسولی، ه.، ۱۳۹۱- تحلیل رخساره و تفسیر محیطی اثرفسیل‌های پلانولیتس و پالئوفیکوس از رسوبات پالئوزوییک ایران میانی، فصلنامه علمی – پژوهشی علوم زمین، بهار ۱۳۹۱، سال بیست و یکم شماره ۸۳ صفحه ۱۸۵ تا ۱۹۶.

بایت‌گل، ا.، محبوبی، ا.، حسینی‌برزی، م.، و موسوی حرمی، ر.، ۱۳۸۹- مدل ایکنولوژیکی نهشته‌های آواری سازند شیرگشت در زیر پهنه کلمرد ایران مرکزی. مجله چینه‌نگاری و رسوب دانشگاه 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 Pebbley 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- Taxonamy and palaeoecology and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). Beringeria 15, Freunde der Wurzburger Geowissenschaften, Wurzburg, 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. & Naeeji, 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 Belovežˇa 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.