

تحلیل رخساره‌ها و تفسیر محیطی اثر رخساره‌های گلوسی‌فانجیتس و کروزیانا در سازند آیتامیر (ناحیه بزنگان حوضه کپه‌داغ، شمال خاوری ایران)

راهله عقیقی^۱، اسداله محبوبی^{۲*}، سیدرضا موسوی‌حرمی^۳ و محمد خانه‌باد^۴

۱، ۲، ۳ و ۴- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

نویسنده مسئول: mahboubi@um.ac.ir

دریافت: ۹۵/۸/۲۳ پذیرش: ۹۶/۳/۳۰

چکیده

سازند آیتامیر (آلبین-سنومانین) از ماسه‌سنگ، شیل، سیلتستون و چندین لایه سنگ‌آهک تشکیل شده است. برش‌های آرتنج و قرقره در خاور حوضه کپه‌داغ برای تفکیک اثر رخساره‌ها بررسی شدند. در این پژوهش انواع اثر فسیل‌ها و اثر رخساره‌ها شناسایی شدند و ارتباط آن‌ها با محیط رسوبی تفسیر شده است. در برش‌های مورد بررسی اثر فسیل‌ها دارای *Cylinderichnous Arenicolites* sp. و *Palaeophycus heberti*، *Palaeophycus concentricus*، *Ophiomorpha isp.* و *Thalassinoides isp.* است که در رخساره‌های گلوسی‌فانجیتس و کروزیانا واقع شده‌اند. اثر رخساره گلوسی‌فانجیتس با تنوع کم اثر فسیل‌ها و سوگیری مایل تا عمودی تالاسینوئیدهای Y شکل، پالئوفیکوس و آرنوکولیتس و همراهی با ساخت‌های رسوبی لایه‌بندی مورب ترف و لایه بندی مورب مسطح در مجموعه سدی با انرژی بالا ساخته شده است. در حالی که اثر رخساره کروزیانا با تنوع بیش‌تر و اثر فسیل‌های عمدتاً مایل تا افقی در بستر ماسه‌ای با جورشدگی کم تا متوسط در شرایط کم انرژی محیط حاشیه ساحل تشکیل گردیده است.

واژه‌های کلیدی: اثر فسیل، اثر رخساره، کروزیانا، گلوسی‌فانجیتس، آیتامیر

مقدمه

است که ارتباط مستقیمی با تفسیر محیط‌رسوبی دیرینه دارد (بن و همکاران، ۲۰۰۴). از آنجا که رسوبات آواری-کربناته سازند آیتامیر در حوضه رسوبی کپه‌داغ دارای مجموعه گوناگونی از اثر فسیل‌ها با حفظ‌شدگی خوب است بنابراین با بهره‌گیری از شواهد ایکنولوژی موجود در رخنمون‌های سنگی این سازند به بررسی پارامترهای محیطی پرداخته شد. هدف از انجام این پژوهش، شناسایی اثر فسیل‌های سازند آیتامیر و تفسیر ارتباط اثر رخساره‌های موجود با محیط رسوبی است.

مواد و روش‌ها

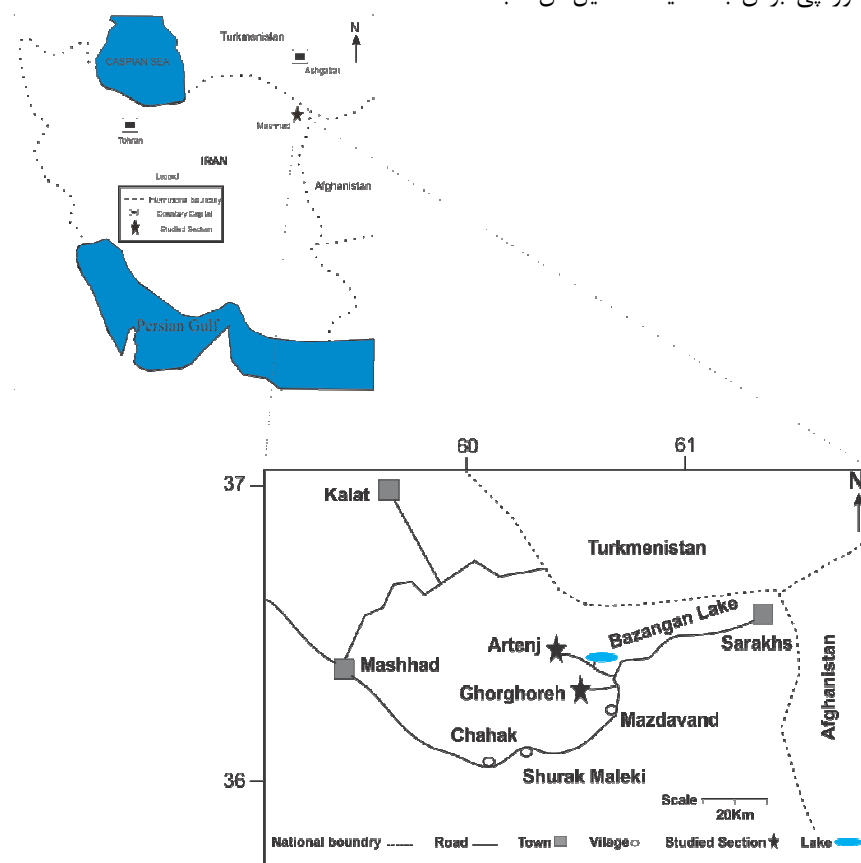
در این پژوهش دو برش از سازند آیتامیر در جنوب روستاهای آرتنج با ضخامت ۳۵۰ متر در عرض جغرافیایی "۱۳'۲۰" ۳۶° شمالی و طول جغرافیایی "۴۷'۲۲" ۶۰° خاوری و قرقره با ضخامت ۱۷۴ متر در عرض جغرافیایی "۰۴'۳۱" ۳۶° شمالی و طول جغرافیایی "۳۶'۱۵" ۶۰° خاوری اندازه‌گیری و نمونه‌برداری شده است (شکل ۱). اطلاعات مورد نیاز شامل داده‌های بافتی، ساخت‌های رسوبی غیرزیست‌زادی و زیستی

شناسایی رخساره‌های سنگی و تغییرات آن‌ها به صورت جانبی و عمودی، همراه با ویژگی‌های سنگ‌شناسی و اثر فسیل‌ها، منجر به تفسیر محیط‌رسوبی دیرینه می‌شود. اثر فسیل‌ها از شاخص‌های محیطی بسیار مهم محسوب می‌گردد و اهمیت آن‌ها در بازسازی محیط‌های رسوبی دیرینه (فری و گلدرینگ، ۱۹۹۲) و به ویژه در ارتباط با سطح انرژی آب، فرآیندهای هیدرودینامیک، پایداری بستر و توزیع مواد آلی است (ردریگوئز توار و فرنز والرا، ۲۰۰۸). مجموعه اثر فسیل‌ها را می‌توان بر پایه الگوهای مختلف محیط‌های دیرینه به تعدادی اثر رخساره تقسیم‌بندی کرد که هر یک نشان‌دهنده سازش رفتار جانداران اثرساز با عوامل محیطی است (سیلاخر، ۲۰۰۶). ترکیب اثر رخساره‌ها با توجه به تغییرات ژرفای محیط رسوبی و فاکتورهای محیطی (میزان رسوب‌گذاری، اندازه دانه‌های رسوب، شوری، اکسیژن، میزان مواد غذایی و نوع پراکندگی آن، دما، آشفستگی آب و شرایط تافونومی) تغییر می‌کند (اکدال و همکاران، ۱۹۸۴). مهم‌ترین فاکتور توزیع اثر فسیل‌ها و طبقه‌بندی اثر رخساره‌ها نوع بستر

استفاده از تقسیم‌بندی سیلاخر (۱۹۶۷) شناسایی شد و زیست‌آشفستگی با بهره‌گیری از روش تیلور و گلدترینگ (۱۹۶۷) تعیین گردید.

برای شناسایی رخساره‌های سنگی تعداد ۹۰ برش نازک و ۳۵ نمونه شیلی شسته شده، مطالعه شد. سنگ‌های سیلیسی آواری به روش فولک (۱۹۸۰) و سنگ‌های کربناته به روش امبری و کلوان (۱۹۷۱) نام‌گذاری شدند. برای شناسایی درصد فراوانی دانه‌های آواری از نمودارهای مقایسه‌ای باسل و بسلینی (۱۹۶۵) و فلوگل (۲۰۱۰) بهره‌گیری شد.

یادداشت‌برداری شدند. همچنین بررسی ویژگی‌های سنگ‌شناسی لایه میزبان و مطالعه میکروسکوپی نمونه‌های سنگی برداشت شده از برش‌های چینه‌شناسی نیز انجام پذیرفت. اثر فسیل‌ها در روی زمین به صورت سامان‌مند شناسایی گردید و اطلاعاتی مانند شکل، اندازه و ابعاد، نوع حفظ‌شدگی نسبت به سطوح لایه‌بندی، حضور آستر بندی یا دیوار، نوع دیواره، ساخت‌های پس ریز، بود یا نبود انشعاب، ویژگی بافتی رسوبات پرکننده حفرات و مقایسه آن با رسوبات سنگ میزبان و سایر داده‌های مورد نیاز از روی اثر فسیل‌ها به دست آمد و اثر رخساره‌ها به منظور پی بردن به محیط تشکیل آن‌ها با



شکل ۱. جایگاه جغرافیایی برش‌های مورد بررسی سازند آیتامیر

رخساره سنگی ماسه‌سنگ با لامیناسیون مورب سطح (Sp)

رخساره سنگی Sp در واحدی به ضخامت ۲ متر شناسایی شده که دارای گسترش جانبی بالا است و همبری آن با رخساره‌های زیرین و بالایی تدریجی است. آشفستگی‌های زیستی شامل تالاسینوئیدس به صورت پراکنده وجود دارد و دارای ساخت رسوبی لامیناسیون مورب سطح زاویه‌دار (شکل ۲ A) است که این رخساره سنگی همراه

نتایج و بحث

رخساره‌های سنگی

رخساره‌های سنگی سازند آیتامیر به دو گروه آواری و کربناته تقسیم شده است (جدول ۱). رخساره‌های سنگی آواری شامل دو دسته ماسه‌سنگی و گل‌سنگی به شرح زیر است:

گلاکونیت‌های درجازا (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳) نیز نشانگر محیط دریایی کم‌عمق پرنرزی است (چافتز و رید، ۲۰۰۰ و چانگ و همکاران، ۲۰۰۸) فراوانی کم اثرهای فسیلی هم می‌تواند ناشی از انرژی بالای محیط باشد (سلی، ۱۹۹۶). اثر فسیل عمودی تا مایل تالاسینوئیدس نیز در محیط حاشیه ساحل و ساحل تشکیل می‌شود (فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶). لایه بندی مورب از نوع ترف نیز می‌تواند نشان از محیط پرنرزی باشد (العذابی و العربی، ۲۰۰۵). شواهد نشان‌دهنده محیط پرنرزی سدی یا بخش بالایی حاشیه ساحل است.

رخساره سنگی ماسه‌سنگ با چینه‌بندی افقی (Sh)

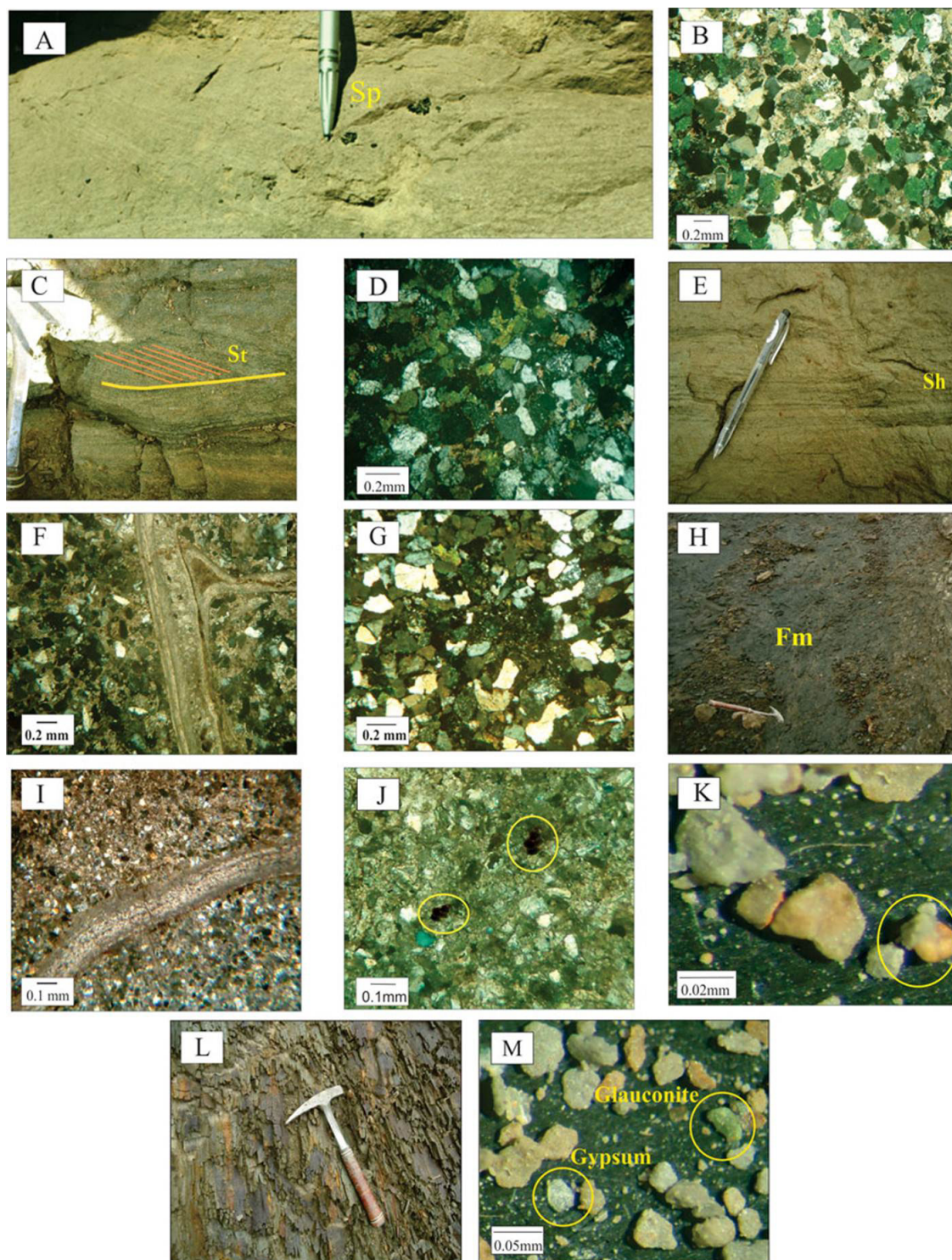
در رخساره سنگی Sh طبقات ماسه‌سنگی با ضخامت‌های مختلف و همراه لامیناسیون و لایه‌بندی افقی (شکل ۲ E) هستند که جزء فراوان‌ترین رخساره‌های موجود در نهشته‌های مورد بررسی است که به طور پراکنده از ابتدا تا انتهای سازند وجود دارد. همبری زیرین و بالایی آن در بعضی نقاط مشخص و در برخی موارد تدریجی است. این رخساره در بعضی لایه‌ها دارای اثر فسیل‌های *Cylinderichnous concentricus* و *Palaeophycus tubularis*. *Thalassionoides* و *isp. Arenicolites*. *Palaeophycus heberti* و *Ophiomorpha* *isp.* است. این رخساره سنگی شامل پتروفاسیس SS_2 است. وجود ۷-۱۰ درصد خرده اسکلتی ایستر و سایر دوکفه‌ای‌ها و جورشدگی نسبتاً کم و رسیدگی بافتی کمتر (نیمه رسیده) این پتروفاسیس را از پتروفاسیس SS_1 جدا می‌کند (شکل ۲ F). این رخساره که از ماسه‌سنگ‌های گلاکونیتی دانه‌ریز تا متوسط دارای خرده‌های فسیلی دوکفه‌ای تشکیل شده، دارای جورشدگی کم است و در محیط دریایی کم عمق نهشته شده است (آموروسی، ۱۹۹۷ و چانگ و همکاران، ۲۰۰۸). اثر فسیل‌های افقی تا مایل *Thalassionoides* و *Palaeophycus concentricus*. *Cylinderichnous concentricus*. *isp.* و *Ophiomorpha* *isp.* و *Arenicolites* *isp. tubularis* مربوط به ایکنوفاسیس کروزیانا و نشانگر انرژی متوسط تا پایین در حاشیه ساحل هستند (فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶). این ناحیه دارای سطح انرژی پایین‌تری نسبت به محیط سدی بوده و دانه‌های تشکیل‌دهنده رسوبات در این ناحیه دانه ریزتر هستند.

با رخساره ماسه‌سنگی St مشاهده شد. این رخساره سنگی از پتروفاسیس SS_1 تشکیل شده که دارای ۴۵٪ کوارتز، ۵٪ فلدسپات و ۸٪ خرده‌سنگ چرتی است، همچنین به طور میانگین شامل ۲۰-۳۰ درصد گلاکونیت و ۱٪ میکا و کانی‌های سنگین است. اجزای سازنده توسط ۱۵-۲۰٪ سیمان کلسیتی به یکدیگر متصل شده‌اند. ماسه‌سنگ‌های گلاکونیتی پتروفاسیس SS_1 از نوع ساب آرکوز تا ساب لیت‌آرنایت، دانه متوسط، بدون رس با جورشدگی خوب و دانه‌های خوب گردشده هستند (شکل ۲ B) که نشان از یک دریای کم‌عمق با انرژی متوسط تا زیاد است. حضور گلاکونیت درجازا (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳) که از محیط‌های دریایی کم‌عمق پرنرزی گزارش شده‌اند نیز دلیل دیگری بر تشکیل این ماسه‌سنگ‌ها در محیط دریایی کم عمق و پرنرزی است (آموروسی، ۱۹۹۷) گلاکونیت‌های نیمه‌برجا با آثار شکستگی و خوردشدگی نیز مشاهده شد (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۲) که از جابجایی محلی و محدود در بستر حوضه تشکیل شده است (آموروسی، ۱۹۹۷). حضور اثرهای فسیلی عمودی تالاسینوئیدس نیز نشانگر محیط حاشیه ساحل و ساحل هستند که زیر تاثیر موجودات حفار ایجاد شدند (فورزیش، ۲۰۰۶) تنوع کم اثر فسیل‌ها و همچنین پراکندگی آن‌ها می‌تواند دلیل بر انرژی بالای محیط باشد (فورزیش، ۲۰۰۶) چنان‌که گفته شد در این ماسه‌سنگ‌ها لامیناسیون مورب مسطح نیز مشاهده شد. شواهد نشان‌دهنده محیط پرنرزی سدی یا بخش بالایی حاشیه ساحل است.

رخساره سنگی ماسه‌سنگ با لامیناسیون مورب

ناودانی (St)

رخساره سنگی St دارای ساخت رسوبی لامیناسیون مورب ناودانی است و در واحدی سبز زنگ به ضخامت ۲ متر (شکل ۲ C) و همراه با آشفستگی زیستی تالاسینوئیدس و رخساره Sp مشاهده شد. این رخساره در واحد زیرین توالی قرار دارد که همبری آن با رخساره‌های زیرین و بالایی تدریجی است. رخساره سنگی St نیز از پتروفاسیس SS_1 تشکیل شده است که رسیدگی بافتی خوب، نبود رس با جورشدگی خوب و دانه‌های خوب گردشده (شکل ۲ D)، می‌تواند دلیلی بر تشکیل این رخساره در محیط پرنرزی در دریای کم‌عمق باشد.



شکل ۲. تصویرهای رخساره‌های رسوبی، A: رخساره سنگی Sp، B: تصویر میکروسکوپی رخساره Sp (XPL)، C: رخساره St، D: تصویر میکروسکوپی رخساره سنگی St (XPL)، E: رخساره Sh، F: تصویر میکروسکوپی رخساره Sh (XPL)، G: تصویر میکروسکوپی رخساره ماسه‌سنگ سیلتی رخساره Sm (XPL)، H: رخساره سنگی Fm، I: تصویر میکروسکوپی سیلتستون دارای خرده اسکلتی دوکفه‌ای رخساره Fm (XPL)، J: تصویر میکروسکوپی خرده‌های فسیلی هتروهلپکس در سیلتستون رخساره Fm (XPL)، K: تصویر میکروسکوپی خرده فسیلی گلوبروتالیا در شیل‌های شسته شده رخساره Fm، L: رخساره سنگی Fm، M: تصویر میکروسکوپی سیلتستون شسته شده دارای ژیبس و گلاکونیت رخساره Fm

سیلستون ماسه‌ای Z_3 نیز هست که دارای گلاکونیت، خرده اسکلتی دوکفه‌ای و اثر فسیل *Cylindrichnous concentricus* است. این اثر فسیل در شرایط انرژی متوسط تا پایین در محدوده بخش میانی تا پایینی حاشیه ساحل یافت می‌شود (چانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶).

رخساره سنگی سیلستون و گل‌سنگ لامینه (FI)

رخساره سنگی FI شامل شیل و سیلستون‌هایی است که دارای لامیناسیون هستند (شکل ۲ L) و با ضخامت‌های کم و زیاد و به رنگ‌های سبز تا خاکستری در بخش‌های زیرین و بالایی سازند یافت می‌شود. در این رخساره ژپس (شکل ۲ M) و مقادیر اندکی گلاکونیت‌های نوظهور (سبز کمرنگ) (شکل ۲ H) نیز مشاهده شد. رخساره سنگی FI شامل پتروفاسیس‌های Sh_1 و Z_1 است. در این رخساره شیل و سیلستون‌های خاکستری همراه با مقدار زیادی ژپس و بدون گلاکونی و خرده‌های اسکلتی یا مقادیر اندکی گلاکونیت‌های سبز کمرنگ مشاهده شد (شکل ۲ F). وجود ژپس بالا نشان‌دهنده شرایط رسوب‌گذاری کم انرژی، کم‌عمق و درجه شوری به نسبت بالا است. شوری بالا و میزان اکسیژن متغیر منجر به کاهش میزان موجودات در محیط لاگون شده است. از طرفی نبود فسیل در این رخساره نشان‌دهنده نبود چرخش آب و شرایط مناسب برای زیست موجودات است (وارن، ۲۰۰۰). نبود گلاکونیت و مقادیر اندک آن به دلیل نبود شرایط لازم برای تشکیل گلاکونیت است. شوری عادی، چرخش کافی آب برای تامین یون‌های آهن و پتاسیم و هم‌چنین وجود بستر مناسب از رسوبات، از جمله شرایط لازم برای تشکیل گلاکونیت‌ها هستند که در محیط‌های لاگون این شرایط فراهم نمی‌شود (چانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و دیاز و همکاران، ۲۰۰۲). با توجه به این ویژگی‌های رسوبات در شرایط محیطی آرام با چرخش کم آب برجای گذاشته شده‌اند (دیاز و همکاران، ۲۰۰۲).

رخساره‌های کربناته

این مجموعه شامل ۳ رخساره C_1 ، C_2 و C_3 است که از سمت دریا به خشکی عبارتند از:

رخساره سنگی ماسه‌سنگ توده‌ای (Sm)

این رخساره به رنگ سبز و سبز-خاکستری در نهشته‌های مورد بررسی گسترش زیادی دارد و از لحاظ ساختاری هیچ‌گونه ساختمان رسوبی غیر زیستی در آن مشاهده نمی‌شود و به صورت فشرده و توده‌ای هستند. در این رخساره اثر فسیل‌های *Paleophycus tubularis*، *Cylindrichnous concentricus* و *Thalassinoides isp.* خرده‌های فسیلی دوکفه‌ای مشاهده شد. این رخساره سنگی از پتروفاسیس SS_3 تشکیل شده است که شامل ماسه‌سنگ سیلتی در اندازه ماسه ریز و سیلت هستند. این پتروفاسیس دارای جورشدگی کم (شکل ۲ G) و رسیدگی بافتی نیمه رسیده تا نارس است که از نظر ترکیبی مشابه پتروفاسیس SS_1 و از نوع ساب لیت‌آرنایت تا ساب آرکوز است که گاهی در این پتروفاسیس خرده‌های اسکلتی تا ۵٪ مشاهده می‌شود. ماسه‌های دانه‌ریز در بخش‌های عمیق‌تر حاشیه ساحل نهشته می‌شوند (تاکر، ۲۰۰۱) اثر فسیل *Cylindrichnous concentricus* نیز در شرایط انرژی متوسط تا پایین در محدوده بخش میانی تا پایینی حاشیه ساحل یافت می‌شود (چانگ و همکاران، ۲۰۰۶ و فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶). از طرفی اثر فسیل‌های افقی مشاهده شده مربوط به ایکنوفاسیس کروزیانا و نشانگر انرژی نسبتاً پایین در حاشیه ساحل هستند (آکوئیر و همکاران، ۲۰۱۰) بر پایه شواهد زیر این رخساره سنگی در محیط حاشیه ساحل نهشته شده است.

رخساره سنگی سیلستون و گل‌سنگ توده‌ای (Fm)

رخساره سنگی Fm شامل شیل و سیلستون‌های سبز تا خاکستری و توده‌ای هستند (شکل ۲ H) که با ضخامت زیاد و بیش‌تر در بخش‌های بالایی برش‌های مورد بررسی مشاهده شد. این رخساره سنگی شامل پتروفاسیس‌های شیلی Sh_2 و سیلستون‌های Z_2 هستند که دارای گلاکونیت‌های نیمه‌برجا و دوکفه‌ای (شکل ۲ I) و خرده‌های فسیلی پلانکتون (عمدتاً هتروهللیکس) (شکل ۲ J) و گلوبروتالیا (شکل ۲ K) هستند. خرده‌های فسیلی پلانکتون (عمدتاً هتروهللیکس) در شیل و سیلستون‌ها نشانگر محیط دریای باز هستند (چانگ و همکاران، ۲۰۰۸). این رخساره سنگی شامل پتروفاسیس

۱۲ درصد براکیوپود و کمتر از ۱۰ درصد سایر خرده‌های اسکلتی بریوزوئر، گاستروپود و جلبک قرمز است. اکثر دوکفه‌ای‌ها به صورت خرد شده دیده می‌شوند. گلاکونیت‌ها به دو صورت برجا و نابرجا با فراوانی ۵-۲۰ درصد و اجزای آواری در اندازه ماسه ریز تا متوسط در حدود ۱۰-۱۵ درصد مشاهده شد که در زمینه‌ای از سیمان کلسیتی و گل‌آهکی قرار دارند. این رخساره با نبود سوگیری پوسته‌های فسیلی، خردشدگی و سایش نسبتاً بالا و فشرده‌گی نسبتاً بالای قالب‌های فسیلی نشان از حمل دوباره خرده‌های اسکلتی و رسوب‌گذاری سریع به وسیله جریان‌های با انرژی متوسط تا بالا است. در این بخش فراوانی نوسانات انرژی هیدرودینامیکی داخل حوضه و تاثیر مداوم آن بر روی افق‌های زیستی موجب می‌شود زمینه دانه ریز مادستونی آن به طور غالب حمل شده و زمینه دانه درشت‌تر پکستونی- گرینستونی با آرایش چگال قالب‌های فسیلی باقی بماند. بنابراین رخساره کربناته C₂ در محیط حاشیه ساحل تشکیل شده است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳).

رودستون دارای دوکفه‌ای، براکیوپود و خرده‌های اسکلتی (C₃)

رخساره C₃ به صورت افق آهکی به ضخامت ۲/۵ متر با خردشدگی و سایش بالا است (شکل ۳ E) که ساخت‌های رسوبی مانند لایه بندی مورب مسطح بزرگ مقیاس و عدسی و اثر فسیل‌های *Thalassinoides* در آن مشاهده شد. این رخساره سنگی شامل میکروفاسیس رودستون دارای دوکفه‌ای، براکیوپود و سایر خرده‌های اسکلتی است که ۳۵ تا ۴۰ درصد آن دوکفه‌ای، ۱۵ درصد براکیوپود و کمتر از ۸ درصد جلبک قرمز، اکتینودرم و بریوزوئراست که به صورت دانه‌پشتیبان در زمینه‌ای از سیمان کلسیتی قرار دارند (شکل ۳ F). مقدار گلاکونیت در این رخساره حدود ۲-۳ درصد و دانه‌های آواری آن حدود ۳ درصد است. ساخت‌های رسوبی لایه بندی مورب مسطح (شکل ۳ G) و لایه بندی مورب عدسی (شکل ۳ H) و اثر فسیل‌های عمودی تا مایل *Thalassinoides*، *Paleophycus* نشان از رسوب‌گذاری در محیط با انرژی متوسط تا زیاد دارد (فوزیش و همکاران، ۲۰۰۶). نبود گل بیان‌گر حمل و نقل دانه‌های رسوبی

فلوتستون ماسه‌ای دارای دوکفه‌ای و براکیوپود (C₁)

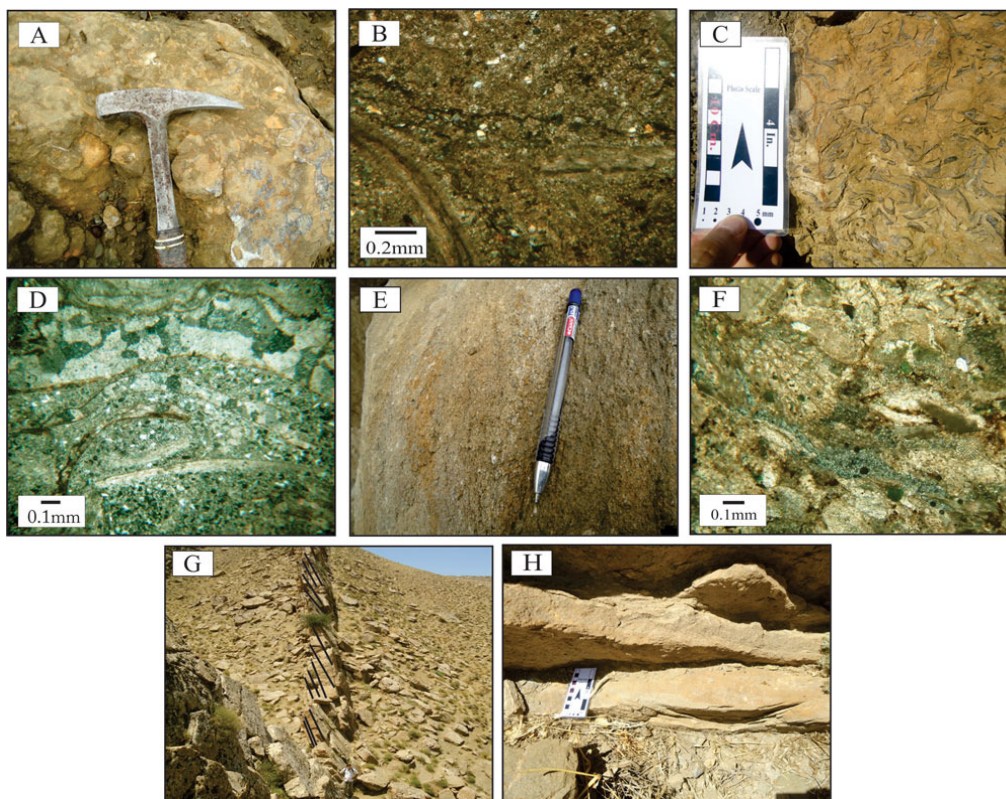
این رخساره به صورت لایه‌هایی به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر با فشرده‌گی پایین از خرده‌های اسکلتی تقریباً سالم و جهت‌یافته با درجه پایین از سایش و خردشدگی (شکل ۳ A) هستند. این رخساره شامل فلوتستون ماسه‌ای دارای دوکفه‌ای و براکیوپود است که دارای ۱۰ تا ۲۰ درصد دوکفه‌ای و ۲-۵ درصد براکیوپود است که در زمینه‌ای از گل‌آهکی و مقدار اندکی سیمان کلسیتی قرار دارند. مقدار گلاکونیت در آن حدود ۱-۲ درصد و دانه‌های آواری حدود ۱۲-۱۵ درصد است (شکل ۳ B) و دوکفه‌ای‌ها به صورت سالم هستند. سوگیری، حفظ‌شدگی خوب، درجه پایین سایش و خردشدگی خرده‌های اسکلتی که به دلیل حمل و نقل کوتاه و باقی ماندن خرده‌های اسکلتی در نزدیکی محل زیست آن‌ها است نشانگر محیط دریای باز می‌باشد (خلیفه و همکاران، ۲۰۰۶). هم‌چنین وجود زمینه‌ای از گل، حضور فسیل فرامینفرهای پلاژیک و فسیل‌های جانداران سازگار با شوری عادی دریا مانند براکیوپود نشان‌دهنده رسوب‌گذاری در محیط دریای باز است (لئونید و همکاران، ۲۰۱۲ و محبوبی و همکاران، ۲۰۱۰). کاهش در اندازه خرده‌های اسکلتی و بالا رفتن نسبت ماتریکس در این رخساره می‌تواند مرتبط با کاهش سطح انرژی در واحدهای دور از ساحل باشد. زمینه این رخساره دارای دانه‌هایی در اندازه ماسه ریز و سیلت هستند که به احتمال زیاد از بخش‌های پراثرژی ساحلی حمل شده است. نبود فرسایش زیستی و پوشش زیستی بر روی قالب‌های فسیلی نشان از تدفین سریع و عدم باقی ماندن قالب‌های فسیل در بستر رسوبی برای زمان طولانی است. بر این اساس این رخساره در محیط دریای باز تشکیل شده است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳).

رودستون ماسه‌ای دارای دوکفه‌ای، براکیوپود، خرده‌های اسکلتی و گلاکونیت (C₂)

ضخامت این افق‌ها ۲۵-۳۰ سانتی‌متر است و خرده‌های اسکلتی دارای فشرده‌گی نسبتاً بالا، بدون سوگیری و دارای خردشدگی، سایش و جورشدگی متوسط (شکل ۳ C) هستند. این رخساره سنگی شامل رودستون ماسه‌ای دارای دوکفه‌ای، براکیوپود، خرده‌های اسکلتی و گلاکونیت است (شکل ۳ D). اجزای اسکلتی رخساره C₂ شامل حدود ۳۰ درصد ایستر و سایر دوکفه‌ای‌ها، ۱۰ تا

در توالی مورد مطالعه و رخساره‌های همراه و ویژگی‌های ذکر شده این نهشته‌ها در بالای خط اثر امواج در سدهای نزدیک به ساحل در زمان پیشروی و بالا آمدن سطح آب دریا تشکیل شده‌اند (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳).

تحت تاثیر جریان‌های پرانرژی در محیط رسوب‌گذاری است (العذابی و العربی، ۲۰۰۵). بافت دانه پشتیبان نیز می‌تواند نشان‌دهنده انرژی متوسط تا زیاد محیط باشد (فورنیر و همکاران، ۲۰۰۴). بر پایه موقعیت این رخساره



شکل ۳. تصویرهای صحرایی رخساره‌های کربناته A: رخساره C₁، B: تصویر میکروسکوپی رخساره C₁ (XPL)، C: رخساره C₂. D: تصویر میکروسکوپی رخساره C₂ (XPL)، E: رخساره C₃، F: تصویر میکروسکوپی رخساره C₃ (XPL)، G: ساخت رسوبی لایه بندی مورب مسطح، H: ساخت رسوبی لایه بندی مورب تراف

اثر فسیل‌ها

در این بخش نمونه‌های اثر فسیل‌های سازند آیتامیر توصیف می‌شوند. برای پرهیز از افزایش حجم نوشتار، تنها به شرح نمونه و در صورت نیاز به بحث کوتاه پرداخته می‌شود.

Arenicolites sp: آرنیکولیتس اثر اسکان جانوران تغذیه کننده از مواد معلق در آب است (پیکریل و همکاران، ۱۹۸۴). در این مجموعه اندازه، قطر، فاصله شاخه‌های لوله و عمق حفاری در نمونه‌های مختلف متفاوت است و حفرات آرنیکولیتس قطر متغیر میان ۱۰ تا ۱۳ میلی‌متر دارند. فاصله لوله‌های عمودی از ۱۰ تا ۳۰ میلی‌متر متغیر است و حفاری بدون آستر و U شکل قائم در برش طولی و مدور در برش عرضی است (شکل ۴A). در برش عرضی

این آثار به صورت منقذهای مزدوج با حالت فرورفته در سطح بالایی رسوب دیده می‌شوند. در بعضی موارد حفرات از ماسه‌های ریز یا گل پر شده و قابل جدایش از رسوبات دانه درشت‌تر سنگ میزبان هستند. این اثر فسیلی در برش‌های مورد بررسی مربوط محیط‌های با انرژی بالا و کم عمق ساحلی است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳).

Cylindrichnus concentricus این اثر فسیلی توسط جانوران تغذیه کننده از رسوبات تخریبی احتمالاً توسط کرم‌ها ایجاد شده است (اکوئیر و همکاران، ۲۰۱۰). در برش‌های مورد بررسی اثر فسیل *Cylindrichnus concentricus* به صورت حفاری‌های قوسی شکل افقی و مایل به قطر ۵ تا ۸ میلی‌متر که توسط لامینه‌های گلی

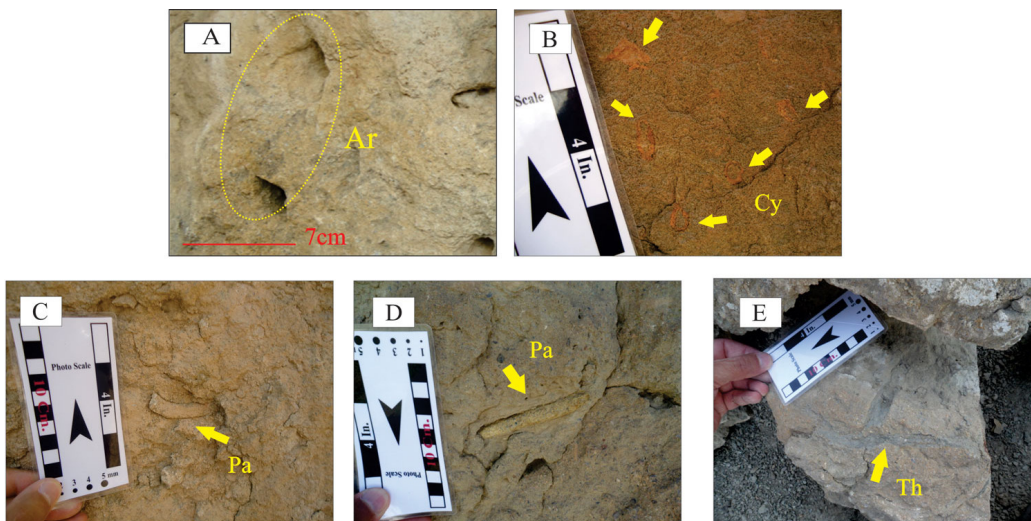
اندازه دانه درشت‌تر و جورشدگی بهتری نسبت به سنگ میزبان دارد.

Palaeophycus tubularis به طور کلی پالئوفیکوس به عنوان اثر حاصل از کرم‌های حلقوی تغذیه کننده از مواد معلق شناخته می‌شود (پاترا و سینق، ۲۰۱۵). *Paleophycus tubularis* به صورت حفره‌های استوانه تا نیمه استوانه، صاف و بدون تزئینات با قطر متغیر هستند (شکل D۴). این اثر فسیل به صورت موازی تا نیمه موازی نسبت به سطح لایه بندی و مسیرهای مستقیم تا کمی موج و به ندرت با حالت منشعب نامنظم دیده می‌شود. سنگ‌شناسی پرشدگی حفره‌ها همسان با سنگ میزبان است و قطر این اثر گونه در نمونه‌های شناسایی شده بین ۵ تا ۱۰ میلی‌متر است. در مواردی که اختلاف سنگ‌شناسی رسوبات لایه زیرین با لایه بالایی وجود داشته باشد، پرشدگی حفره‌های پالئوفیکوس متفاوت از سنگ میزبان می‌شود (پمبرتون و فری، ۱۹۸۲). چنین حالتی را می‌توان به تغییر در شرایط محیط‌رسوبی از لایه زیرین (دارای جاندار سازنده اثر فسیل) به لایه بالایی (منشأ رسوب پرکننده حفره‌های لایه زیرین) مرتبط دانست، که موجب اختلاف در جنس رسوبات لایه‌های زیرین و بالایی و در نهایت تفاوت سنگ‌شناسی در رسوبات پرکننده حفره‌ها با سنگ میزبان می‌شود (پمبرتون و فری، ۱۹۸۲).

هم‌مرکز احاطه و در مرکز توسط ماسه پر شده‌اند دیده می‌شود (شکل B۴). این اثر فسیل در شرایط انرژی متوسط تا پایین در محدوده بخش میانی تا پایینی حاشیه ساحلی گزارش شده است (آکوئیر و همکاران، ۲۰۱۰).

Ophiomorpha isp.: اثر فسیل *Ophiomorpha* توسط سخت‌پوستان حفار یا تغذیه کننده ایجاد می‌شود (فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶). در سازند آیتامیر این اثر فسیل به صورت لوله‌های مایل تا عمودی ساده و بدون انشعاب با قطر حدود ۱۵ میلی‌متر است (شکل D ۶). سطح خارجی دیواره حفاری به صورت غده‌ای و ناهموار اما سطح داخلی صاف است. در برش‌های مورد بررسی افیومورفا مربوط به نهشته‌های دریایی کم عمق و حاشیه دریایی پرنرزی نواحی ساحلی است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳).

Paleophycus heberti: تزئینات خارجی در آستر *Palaeophycus heberti* باعث تفکیک آن از *Palaeophycus tubularis* می‌شود. اثر گونه *Palaeophycus heberti* به صورت حفره‌های استوانه‌ای، دارای انشعاب یا بدون آن با حالت مستقیم تا انحنادار و با دیواره صاف بدون تزئینات هستند (شکل C ۴). قطر آستر در *Palaeophycus heberti* دارای ستبرای بیشتری نسبت به *Palaeophycus tubularis* است. پرشدگی حفره‌ها همسان با رسوب سنگ میزبان است. آستر در این گونه به صورت رسوبات آگلوتینه است که



شکل ۴. A: اثر فسیل‌ها *Arenicolites isp.*; B: اثر فسیل *Cylindrichnus concentricus*; C: اثر فسیل *Palaeophycus tubularis*; D: اثر فسیل *Paleophycus heberti*; E: اثر فسیل *Thalassinoides isp.*

تا ۵ همراه با اثر فسیل‌های *Cylinderichnous concentricus* و *Thalassionoidesisp*.

و *Palaeophycusheberti* وجود دارد که مربوط به اثر رخساره کروزیانا هستند. در این لایه اثر فسیل پالئوفیکوس فراوانی بالاتری داشت. در یک لایه ماسه‌سنگی دیگر به مقدار فراوان‌تر اثر فسیل *Cylinderichnous concentricus* و به مقدار کم‌تر اثر فسیل *Palaeophycus heberti* دیده شد که اندیس زیست‌آشفته‌گی این لایه ۲ تا ۳ است. در لایه ماسه‌سنگی دیگری که دارای ساخت‌های رسوبی لایه بندی مورب مسطح و لایه بندی مورب ناودانی است به میزان کمی و با درجه زیست‌آشفته‌گی ۱ تا ۲ اثر فسیل تالاسینوئیدس یافت شد. در بخش‌های میانی‌تر برش مورد مطالعه در آرتنج اثر فسیل‌های *Thalassionoides isp.* و *Palaeophycusheberti.isp.* در لایه کربناته دارای لایه بندی مورب مسطح تا ناودانی بزرگ مقیاس هستند که اندیس زیست‌آشفته‌گی در این لایه ۴ تا ۵ می‌باشد و اثر فسیل تالاسینوئیدس از فراوانی بسیار بالایی برخوردار است. اثر فسیل‌ها فقط در بخش پایینی برش‌های مورد مطالعه مشاهده شدند، در حالی که در بقیه رخساره‌ها آشفته‌گی زیستی کم و یا اصلاً وجود ندارد. در بخش پایین برش قرقره لایه ضخیم ماسه سنگی دانه متوسط تا دانه‌ریز با درجه زیست‌آشفته‌گی ۵ تا ۶ و همراه با اثر فسیل‌های *Cylinderichnous isp.* و *Ophiomorpha.concentricus*، *Thalassionoidesisp* قرار دارد که اثر فسیل‌های *Palaeophycus tubularis* و *Cylinderichnous concentricus*، فراوانی بالایی برخوردار هستند. سایر رخساره‌های شیلی و آهکی در برش آرتنج و قرقره بدون اثر فسیل بودند ولی در رخساره سیلتستون ماسه‌ای مربوط به حاشیه ساحل در برش قرقره اثر فسیل *Cylinderichnous concentricus* با درجه زیست‌آشفته‌گی ۰ تا ۱ مشاهده شد. در همه موارد یادشده ارتباط نزدیک بین اثر فسیل‌ها، ساخت‌های رسوبی و لیتولوژی وجود دارد. در برش آرتنج لایه‌های ماسه‌سنگی ضخیم‌تر و بیش‌تر و اندازه دانه‌ها نیز درشت‌تر است. در این برش تنوع و فراوانی اثر فسیل‌ها بیش‌تر است و اکثر واحدهای ماسه‌سنگی دارای زیست‌آشفته‌گی هستند و تحرک بستر بیش‌تر است.

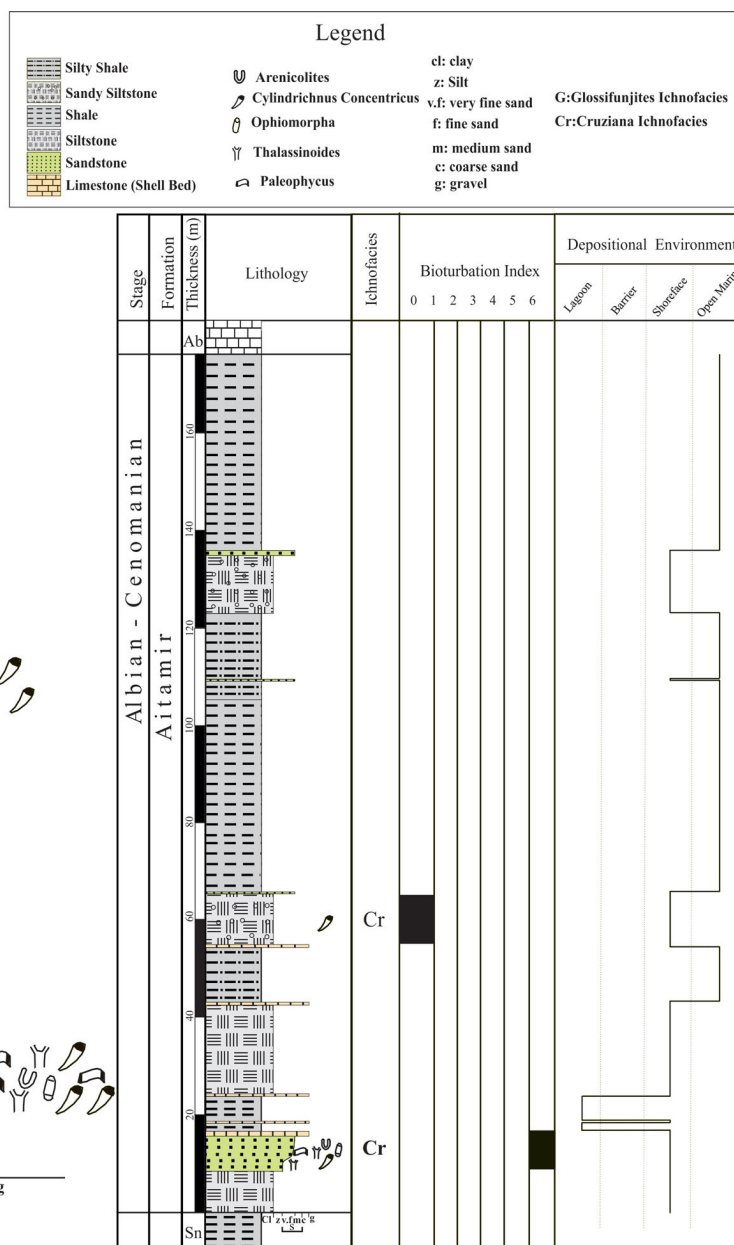
Thalassinoidesisp: این اثر فسیل به صورت حفاری‌های لوله‌ای شکل انشعابی است که روی سطح لایه‌بندی گسترش دارند و به صورت قالب در سطوح زیرین لایه‌بندی حفظ شده‌اند و در برخی مناطق انشعابات قائم نیز دارد. رسوبات پرکننده حفاری‌ها هم‌جنس با سنگ میزبان می‌باشند. انشعابات حفاری به صورت شاخه‌ای Y شکل و پیچیده و شاخه‌های کمی انحنادار با قطرهای متفاوت دهلیزهای ۱ تا ۱۰ سانتی‌متر دیده می‌شود (شکل ۴ E). حفاری‌ها در برش عرضی دایره‌ای تا بیضی شکل هستند. سطح بیرونی برخی حفاری‌ها به صورت صاف و هموار است و برخی داری برجستگی‌ها و فرورفتگی‌هایی است که شکل نامنظمی به سطح بیرونی دهلیزها داده‌اند. شدت سیمان‌شدگی اثر فسیل بیش‌تر از سنگ میزبان است. تالاسینوئیدها هم‌چنین به صورت شبکه‌ای^۱ با قطرهای نامنظم و بیش از ۳۰ میلی‌متر به صورت کاملاً برجسته در سطح لایه‌های ماسه‌سنگی دیده می‌شوند (شکل C۵). برش عرضی باروها در این تالاسینوئیدها نیز به صورت دایره‌ای و بیضی هستند. در قاعده یک لایه کربناته شدیداً حفاری شده، حفظ‌شدگی خوب تالاسینوئیدهای شبکه‌ای با برجستگی مثبت و درجه زیست‌آشفته‌گی بالا و هم‌چنین در سطح طبقات با برجستگی منفی می‌تواند نشان‌دهنده دوره‌های نبود رسوب‌گذاری در طی کلونی شدن و توسعه بستر سفت^۲ در موقعیت حاشیه ساحل باشد (مالپاس و همکاران، ۲۰۰۵). تالاسینوئید در برش‌های مورد بررسی نشانگر محیط‌های حاشیه دریایی کم عمق و پرنرزی است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳).

پراکنش اثر فسیل‌ها

در برش‌های مورد مطالعه تمرکز اصلی اثر فسیل‌ها در بخش زیرین است (شکل‌های ۵ و ۶). در برش آرتنج اثر فسیل‌ها در رخساره‌های ماسه‌سنگی متوسط تا ریز دانه و رخساره کربناته مشاهده شدند. در قسمت پایین سازند اثر فسیل‌های *Cylinderichnous heberti* و *Thalassionoides.concentricus*، *Palaeophycus tubularis* یافت شدند که در بعضی لایه‌ها همراه با خرده‌های فسیل هستند. در قاعده، لایه ماسه‌سنگی ضخیم با اندیس زیست‌آشفته‌گی ۴

¹ Box-work

² Firm ground



شکل ۵. ستون چینه‌شناسی سازند آیتامیر در برش فرقره به همراه تغییرات اثرهای رخساره‌ای، اثرهای فسیلی و زیست‌آشفته‌گی با بهره‌گیری از روش تیلور و گلدینگ (۱۹۶۷)

اثر رخساره‌ها و اهمیت محیطی آن‌ها

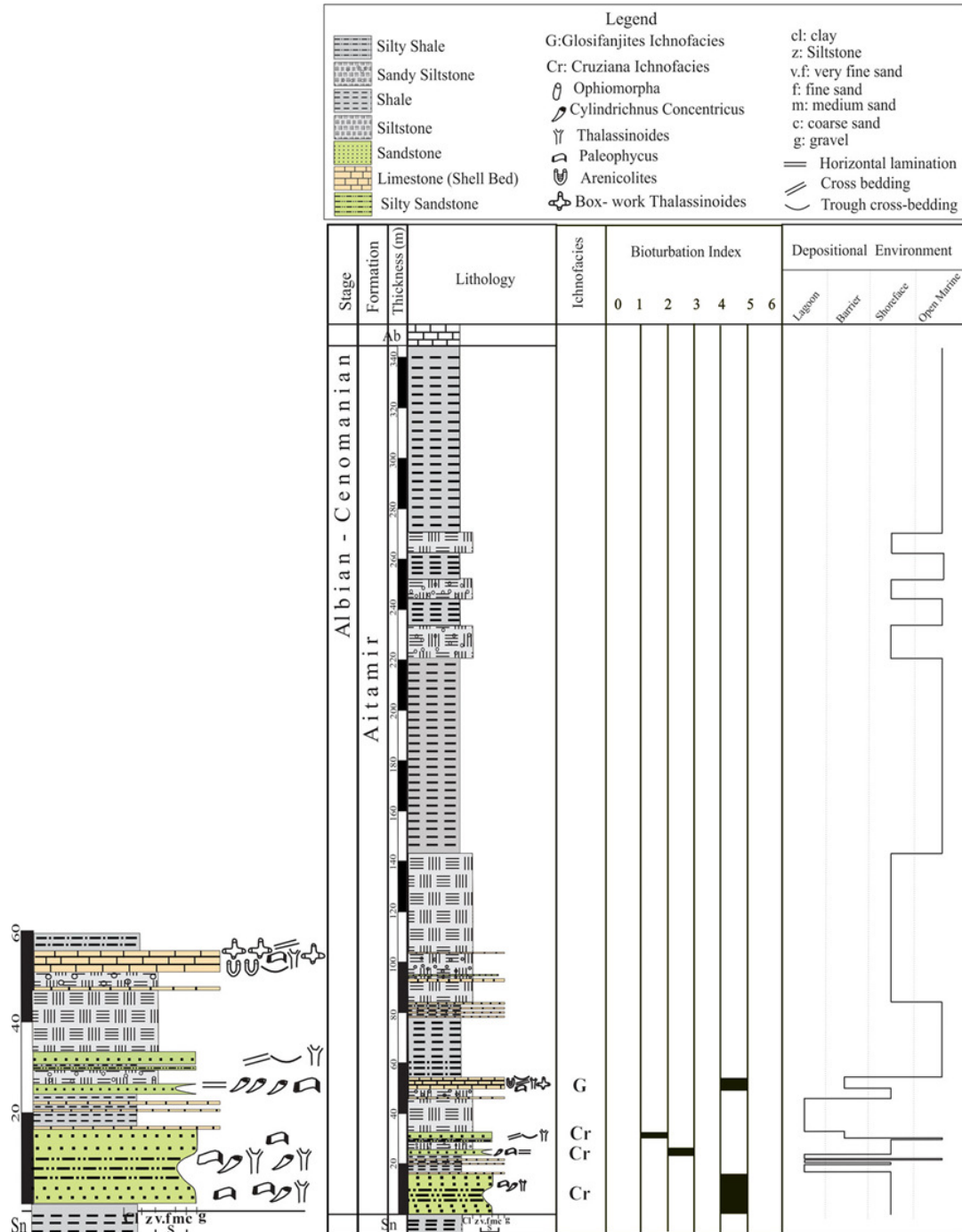
تحلیل اثر فسیل‌ها ابزار خوبی برای شناخت فرآیندهای دیرینه بوم‌شناسی در طی رسوب‌گذاری حوضه است به ویژه هنگامی که ساخت‌های غیر زیستی اولیه رسوبی از بین رفته باشد (مالپاس و همکاران، ۲۰۰۵). از آنجا که اثر فسیل‌ها اطلاعات خوبی در مورد ژرفاسنجی، سطح انرژی، شرایط غذایی، میزان اکسیژن، یکنواختی بستر رسوبی، نرخ رسوب‌گذاری، فرسایش و چینه‌نگاری

سکانسی ارائه می‌دهند (گینگراس و همکاران، ۲۰۰۱ و سیلاخر، ۲۰۰۶) ابزارهای مناسبی برای بازسازی محیط دیرینه هستند.

در رسوبات سازند آیتامیر در برش‌های مورد بررسی، تعداد پنج اثر فسیلی *Cylinderichnus concentricus*، *Arenicolites*، *Thalassinoides* isp.، *tubularisPalaeophycus* isp.، *Ophiomorpha* isp. و *Palaeophycus heberti* شناسایی شدند. اثر فسیل‌های شناسایی شده در سازند آیتامیر بیش‌تر دریایی بوده و

آرتنج و قرقره مورد بررسی قرار گرفته است. با بررسی اثر فسیل‌های موجود در سازند آیتامیر دو اثر رخساره کروزیانا و گلوسی فانجیتس شناسایی شدند.

محدوده خط ساحلی تا نواحی دور از ساحل را شامل می‌شود. با توجه به قابلیت اثر فسیل‌ها در تفسیر محیط رسوبی و با توجه به وجود فسیل‌های پیکری به همراه ویژگی‌های سنگ‌شناسی و رسوب‌شناسی، کاربرد اثر فسیل‌ها در بررسی محیط رسوبی آیتامیر در برش‌های



شکل ۶. ستون چینه‌شناسی سازند آیتامیر در برش آرتنج به همراه تغییرات اثرهای رخساره‌ای، اثرهای فسیلی و زیست‌آشفتگی با بهره‌گیری از روش تیلور و گلدترینگ (۱۹۶۷)

اثر رخساره گلوسی فانجیتس

اثر رخساره گلوسی فانجیتس در بخش پایین برش آرتنج در بستری از سنگ‌های کربناته به ضخامت ۲/۵ متر مشاهده شد. درجه خردشدگی، سایش در این لایه کربناته متنوع و در برخی بخش‌ها بسیار بالا است و ساخت‌های رسوبی لایه بندی مورب مسطح بزرگ مقیاس و لایه بندی مورب ناودانی مشاهده شدند. سنگ‌های کربناته در این اثر رخساره دارای دانه‌های گلاکونیت در جازا و سیمان کلسیتی با محتوای فونی شامل دوکفه-ای، براکیوپود، گاستروپود، اکینودرم، روزن‌داران و جلبک قرمز هستند (شکل C۸). اثر رخساره گلوسی فانجیتس در سازند آیتامیر شامل اثر فسیل‌های *isp. Thalassionoides* (شکل‌های AV و BV)، *Palaeophycus tubularis* (شکل CY) و *Arenicolites isp.* (شکل DV) در سطح زیرین و بالایی لایه کربناته است که تالاسینوئیدها فراوان‌تر هستند و به شکل شبکه‌ای و Y شکل مشاهده شدند. تجمعات گلی در قسمت زیرین لایه به طور ناپیوسته به وسیله چینه‌های کربناته در بالای سطح فرسایش پوشانده شدند. اثر فسیل‌ها نیز دارای تنوع پایین و درجه زیست‌آشفستگی متوسط هستند که عمدتاً به صورت مایل و عمودی نسبت به سطح افق قرار گرفتند.

اثر رخساره گلوسی فانجیتس شاخص محیطی نمی‌باشد و از لحاظ چینه‌نگاری سکانشی بسیار مهم است (مک کراکن و همکاران، ۲۰۰۷). کاربرد اثر رخساره گلوسی فانجیتس در تحلیل چینه‌نگاری سکانشی اساساً مرتبط با پیشروی سریع آب دریا یا سطح TS است (کریست و همکاران، ۲۰۱۲؛ اسپوارز و بوآتیس، ۲۰۱۲ و یانگ و همکاران، ۲۰۰۹). انواع چندگانه ناپیوستگی‌های فرسایشی از قبیل سطوح پشروی فرسایشی، مرزهای سکانشی و سطوح فرسایشی پیشروی و هم‌چنین مرزهای سکانشی مختلط و سطوح سیلابی دریایی است و به ندرت به سطوح غیرفرسایشی مربوط می‌شود (اکونی و همکاران، ۲۰۱۶). اثر رخساره گلوسی فانجیتس نشان‌دهنده تشکیل در شرایطی با بستر نیمه سفت هستند و اکثراً شامل گل بدون آب و به صورت کمیاب‌تر در ماسه‌های فشرده نشده و سنگی نشده است و هم‌چنین در بسترهای کربناته نیز تشکیل می‌شوند (مک ایکن و همکاران، ۲۰۰۷) که انعکاسی از فرآیندهای فرسایشی آلژنیک می‌باشد (بوآتیس و مانگانو، ۲۰۰۹).

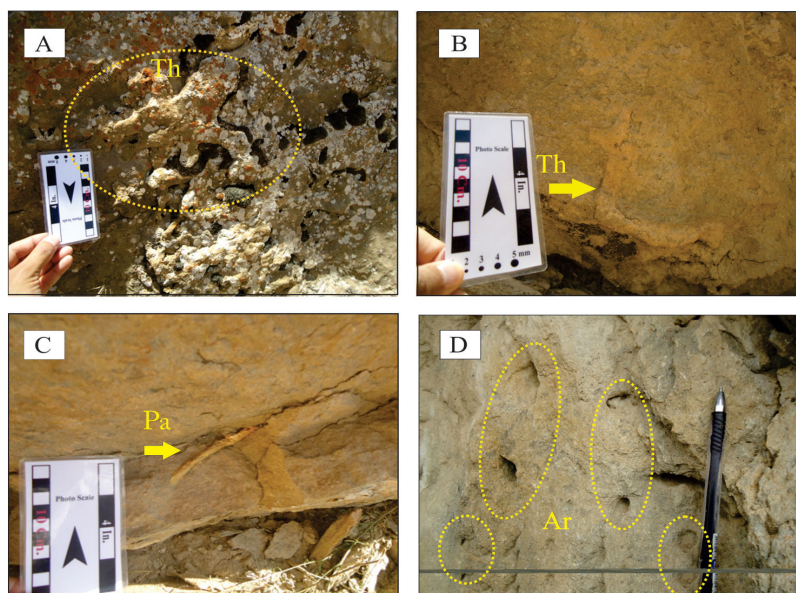
این اثر رخساره‌ای در محدوده محیطی گسترده از محیط‌های حاشیه دریایی تا دریایی کم عمق تشکیل می‌شود (توار و همکاران، ۲۰۰۷). اثر رخساره گلوسی فانجیتس در طول هیاتوس که محدود بینیک رویداد فرسایشی که عامل رخنمون بستر نیمه سفت و نهشته شدن رسوبات جوان‌تر بالایی است گسترش می‌یابد (داسگوپتا و بوآتیس، ۲۰۱۲).

تالاسینوئیدها با حفاری‌های شبکه‌ای و Y شکل، برجسته، مرزهای شارپ و حفظ‌شدگی خوب، مشاهده شد که منعکس کننده شرایط بستر نیمه سفت شده، سیمانی شدن اولیه، رسوب‌گذاری خیلی آرام یا نبود رسوب‌گذاری (توار و همکاران، ۲۰۰۷) و پایداری بستر (فورزیش، ۱۹۸۰) در حاشیه ساحل هستند (مالپاس و همکاران، ۲۰۰۵). تالاسینوئیدهای شبکه‌ای معمولاً یک بستر سفت، نبوده‌های رسوبی با سطوح فرسایش یافته را نشان می‌دهند (گینگراس و همکاران، ۲۰۰۱) که این مشخصات ارتباط حفاری‌ها را با اثر رخساره گلوسی فانجیتس نشان می‌دهد، برای نمونه رسوبات سازند آیتامیر در باختر کپه‌داغ (شرفی و همکاران، ۲۰۱۲). اثر رخساره گلوسی فانجیتس مشاهده شده به طور کلی در مرز بین سنگ‌های گلی زیر و رسوبات دانه درشت بالا حفظ و چنین حفاری‌هایی با رسوبات دانه درشت‌تر پر شدند که به دلیل این که سرعت فشرده‌گی دانه‌های رس برای رسیدن به حالت تحکیم بیش‌تر از رسوبات دانه درشت است بنابراین برای رسیدن به بستر سفت رسی، فرسایش با عمق کم کافی است ولی بسترهای دانه درشت نیاز به فرسایش بیش‌تری دارند (بوآتیس، ۲۰۱۲). حضور اثر رخساره گلوسی فانجیتس نتیجه نرخ رسوب‌گذاری آرام و زمان کافی برای کلونی شدن جانداران اثر ساز است. مشخصات این لایه با وجود محتوای کم گلاکونی، باروهای شبکه‌ای تالاسینوئید، محتوای خرده‌های فسیلی و سیمانی شدن شدید نشان دهنده نرخ رسوب‌گذاری پایین و عدم رسوب‌گذاری است. رخساره کربناته سطح پیشروی به ضخامت ۲/۵ متر است که به شدت فرسایش یافته و خرد شده و همراه با جهت‌یابی تصادفی است. این لایه کربناته گلاکونیت‌دار به عنوان لایه پر فسیل پیشرونده در قاعده سیستم تراکت پیشروی اولیه است. باروهای پر شده با برجستگی مثبت و

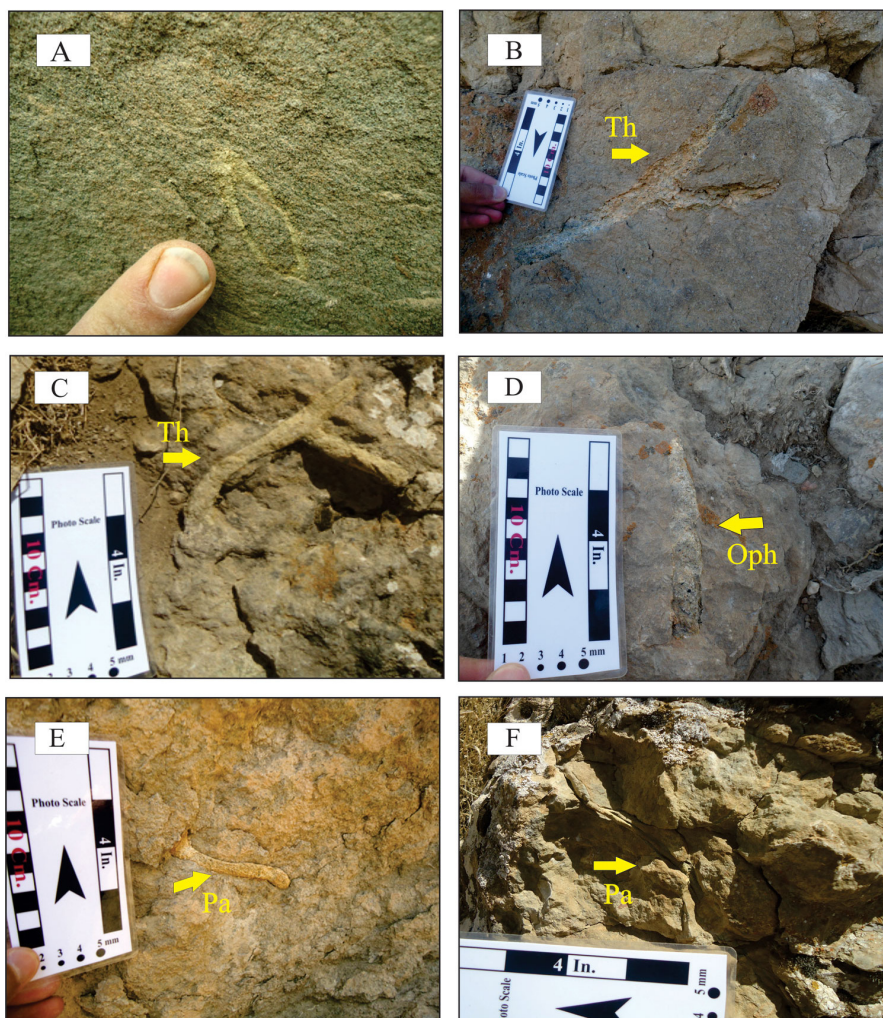
فسیل‌های معلق خوار آرنیکولایتس و پالئوفیکوس در این لایه نشانگر انرژی بالای اثر رخساره گلوئی‌فانجیتس است. حضور دانه‌های سبز گلاکونی درجازا (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۲) نیز نشانگر تشکیل ماسه‌سنگ‌ها در محیط دریای کم عمق و پرانرژی است (چافتز و رید، ۲۰۰۰) از طرفی نیز حضور ساخت‌های رسوبی لایه بندی مورب مسطح و تراف در این افق می‌تواند نشان‌دهنده انرژی بالای محیط باشد (لئونید و همکاران، ۲۰۱۲). نبود گل نیز بیان‌گر حمل و نقل دانه‌های رسوبی زیر تاثیر جریان‌های پرانرژی در محیط رسوب‌گذاری است (العذابی و العربی، ۲۰۰۵). بافت دانه‌پشتیبان با فراوانی روزن‌داران، جلبک قرمز، اکینودرم و دوکفه‌ای که در مقاطع میکروسکوپی مشاهده شد نیز نشان‌دهنده انرژی متوسط تا زیاد محیط است (فورنیر و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به مطالب یادشده در بالا، حضور ساخت‌های رسوبی لایه بندی مورب مسطح و تراف، وجود سیمان کلسیتی و گل بسیار کم در زمینه، گلاکونی‌های درجازا و با توجه به اینکه اثر فسیل‌ها عمدتاً به صورت مایل تا عمودی در سطح بالایی و زیرین لایه قرار گرفته‌اند محیط تشکیل اثر رخساره گلوئی‌فانجیتس در سدهای نزدیک به ساحل در زمان پیشروی و بالا آمدن سطح آب دریا و در شرایطی با انرژی بالا است.

تمرکز گلاکونی، در طول مرحله فرسایشی که نتیجه کاهش رسوبات است تولید شده‌اند. احتمالاً تولیدکنندگان اثر فسیل تالاسینوئید در طول مرحله‌ای که نرخ رسوب‌گذاری صفر است عمل می‌کنند (قبائود و همکاران، ۱۹۹۶). در طول این مرحله باروها به عنوان حبس‌کنندگان گلاکونی عمل می‌کنند. پایین رفتن و وقفه رسوب‌گذاری به دلیل از دست دادن آب و سیمانی شدن باعث افزایش چسبندگی بستر و گسترش بستر نیمه سفت می‌شود (تاوور و همکاران، ۲۰۰۶). زمانی که در آن کف دریا رخنمون می‌یابد ممکن است مهم‌ترین احتمال برای گسترش کف بستر نیمه سفت باشد. به طور خلاصه بستر نیمه سفت مرتبط با سطوح پیشرونده در سازند آیتامیر است که به وسیله دیواره‌های شارپ، برجسته، تالاسینوئیدهای شبکه‌ای که درون آن افق‌های سیمانی شده با گلاکونی بالا و خرده‌های شدیداً فرسایش و سایش یافته هستند مشخص می‌شود.

تنوع کم اثر فسیل‌ها در اثر رخساره گلوئی‌فانجیتس می‌تواند دلیلی بر انرژی بالای محیط رسوبی باشد، برای مثال (فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶ و پیرسون و همکاران، ۲۰۱۲). اثر جنس‌های بسترهای نیمه سخت شده، می‌توانند توسط جانداران تغذیه کننده از مواد معلق در آب در نواحی پر انرژی محیط رسوبی ایجاد شوند (مک ایگرن و همکاران، ۲۰۰۷) که فراوانی کم و حضور اثر



شکل ۷. مجموعه اثر فسیل‌ها در اثر رخساره گلوئی‌فانجیتس، A اثر فسیل شبکه‌ای *Thalassinoides isp.* در برش آرتنج، B اثر فسیل Y شکل *Thalassinoides isp.* در برش آرتنج، C اثر فسیل *Paleophycus Tubularis* در برش آرتنج، D اثر فسیل *Arenicolites isp.* در برش آرتنج



شکل ۸. مجموعه اثر فسیل‌ها در اثر رخساره کروزیانا، A اثر فسیل *concentricus Cylindrichnus* در برش قرقره، B اثر فسیل *Thalassinoides isp.* با برجستگی مثبت در برش قرقره، C اثر فسیل *Thalassinoides isp.* با برجستگی منفی در برش قرقره، D اثر فسیل *Ophiomorpha isp.* در برش قرقره، E اثر فسیل *Paleophycus heberti* در برش قرقره، E اثر فسیل *Paleophycus tubularis* در برش قرقره

اثر رخساره کروزیانا

اثر رخساره کروزیانا برای نخستین بار توسط سیلاخر (۱۹۶۷) معرفی شد و تنوع گونه‌ها در این ایکنوفاسیس نسبتاً بالا و از حفظ‌شدگی خوبی برخوردار است. اثر رخساره کروزیانا در برش‌های مورد مطالعه شامل اثر فسیل‌های *Cylindrichnus Concentricus* (شکل ۸A)، *Thalassinoides isp.* (شکل‌های ۸B)، *Ophiomorpha isp.* (شکل ۸C)، *Paleophycus heberti* (شکل ۸D)، *Paleophycus tubularis* (شکل ۸E) و *Arenicolites isp.* (شکل ۸F) است که در قسمت پایینی برش‌های مورد بررسی و عمدتاً به صورت افقی، مایل و در موارد اندک نیز به صورت عمودی نسبت به

سطح افق با زیست‌آشفستگی بالا دیده شدند. در برش آرتنج تعداد بیش‌تری از لایه‌های ماسه‌سنگی دارای اثر فسیلی بودند. *Paleophycus* و *Thalassinoides* از فراوان‌ترین اثر فسیل‌ها در هر دو برش به شمار می‌رود. اثر فسیل تالاسینوئید به شکل Y است. بسترهایی که اثر رخساره کروزیانا در آن مشاهده شد از ماسه‌سنگ‌های دانه متوسط تا دانه‌ریز با جورشدگی متوسط و گاهی با حضور کمی خرده‌های اسکلتی از نوع دوکفه‌ای و هتروهلکس هستند. ساخت رسوبی لامیناسیون موازی نیز در این ماسه‌سنگ‌ها مشاهده شد. در مطالعات میکروسکوپی زمینه این سنگ‌ها از سیمان کلسیتی

لامیناسیون موازی مشاهده شده در ماسه‌سنگ‌های مورد بررسی در سرعت‌های پایین و بالای جریان آب حاصل می‌شود (لی و چوئاق، ۲۰۰۶) که رخساره‌های سنگی دارای اثر فسیل‌هایی مانند *Thalassinoides*، *Ophiomorpha* و *Paleophycus*، مربوط به ایکنوفاسیس کروزیانا و نشانگر انرژی متوسط و مواد غذایی فراوان در بخش‌های پایینی تا میانی حاشیه ساحل هستند، برای مثال رسوبات پلیوسن زیرین جنوب‌باختر اسپانیا (آکوئیر و همکاران، ۲۰۱۰) و رسوبات ژوراسیک زیرین سازند شمشک در کوه‌های جنوب‌خاور البرز (فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶). وجود اثر فسیل *Cylindrichnous concentricus* در ماسه‌سنگ‌ها نیز نشان از محیط حاشیه ساحل است (چانگ و همکاران، ۲۰۰۸ و فورزیش و همکاران، ۲۰۰۶) حضور خرده‌های فسیل دوکفه‌ای و هتروهلیکس با حفظ‌شدگی کم در بین دانه‌های سیلیسی آواری نیز نشان از وجود دوره‌های با جریان‌های انرژی بالا می‌باشند (خلیفه و همکاران، ۲۰۰۶) که باعث حمل خرده‌های فسیلی به سوی حاشیه ساحل شده است.

با توجه به مطالب بالا و اثر فسیل‌های شناخته شده و حضور آن‌ها به صورت‌های مایل و تعداد کمتری قائم و افقی نسبت به سطوح لایه‌بندی، لامیناسیون موازی، حضور گلاکونی‌های درجا و نیمه برجا و جورشدگی متوسط تا کم و الگوهای رفتاری متنوع با شاخص زیست‌آشفستگی نسبتاً بالا نشان‌دهنده اثر رخساره کروزیانا با انرژی متوسط در حاشیه ساحل و غنی از مواد غذایی و سرعت رسوب‌گذاری نسبتاً پایین است. از بخش‌های پرنرزی‌تر بالای حاشیه ساحل به سمت دور از ساحل بر فراوانی، تنوع و اندازه اثر فسیل‌ها افزوده شده است. اثر رخساره گلوئی‌فانجیتس در برش‌های مورد بررسی در شرایطی با انرژی بالاتر نسبت به اثر رخساره کروزیانا تشکیل شده است (شکل ۹).

نتیجه‌گیری

در رسوبات آواری- کربناته سازند آیتامیر در برش‌های مورد مطالعه ۵ اثر جنس فسیلی شامل *Thalassinoides*، *Cylindrichnous concentricus*، *isp.*، *Ophiomorpha Arenicolites*، *isp.*، *Paleophycus heberti* و *Paleophycus tubularis* و ۲

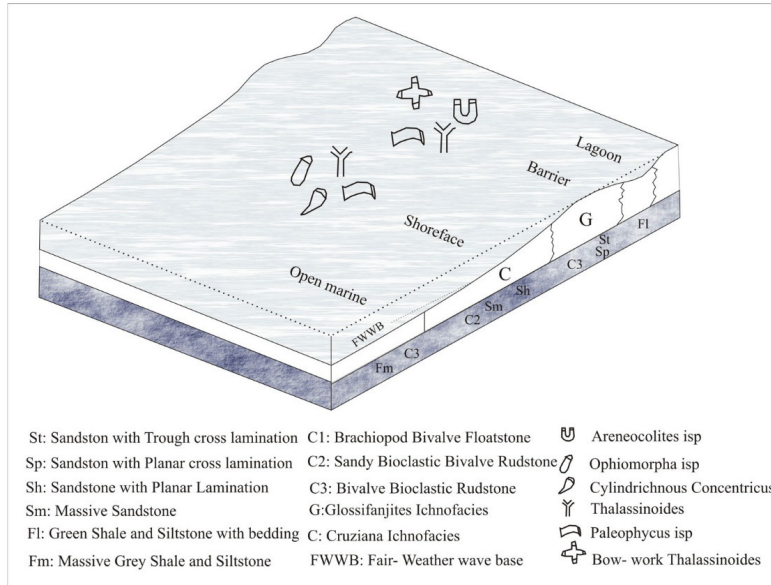
همراه با مقادیر زیادی گلاکونی‌های برجا و نیمه‌برجا و مقدار کمی گل است.

اثر رخساره کروزیانا در موقعیت‌های فروکشندی تا میان کشندی (الونی و همکاران، ۲۰۱۶) و به طور شاخص در حد فاصل بین سطح اساس امواج عادی و سطح اساس امواج توفانی در فلات‌های قاره یا دریا‌های کم عمق تشکیل می‌شود. پژوهش‌هایی هم نشان داده که این رخساره می‌تواند در محیط‌هایی مانند مرداب و خلیج (بروملی، ۱۹۹۰) و در برخی دریاچه‌ها، مرداب‌های پشت سدی و پهنه‌های کشندی نیز گسترش داشته باشد (فری و همکاران، ۱۹۹۰). اثر رخساره کروزیانا به وسیله حضور حفاری‌های افقی، مایل و گاهی عمودی مشخص می‌شوند که دستیابی به مواد غذایی در آن فراوان است (اکونی و همکاران، ۲۰۱۶). اثر فسیل‌ها در ایکنوفاسیس کروزیانا نشان‌دهنده فعالیت جانوران تغذیه کننده از رسوبات و معلق‌خواران در محیط‌های حاشیه ساحلی و دور از ساحل و تیبیک بستر نرم در ماسه‌های ریز تا متوسط دانه است (تیواری و همکاران، ۲۰۱۱). در سازند آیتامیر افزایش در تنوع اثر فسیل‌ها و درجه آشفستگی زیستی بالا نشان‌دهنده محیط حاشیه ساحل با انرژی نسبتاً کم تا متوسط و سرشار از مواد غذایی با نرخ رسوب‌گذاری کم است که زیر شرایط نرمال دریایی گسترش یافته‌اند مانند رسوبات جنوب‌خاور نیجریه (اکونی و همکاران، ۲۰۱۶) و رسوبات پلیوسن زیرین جنوب خاور اسپانیا (آکوئیر و همکاران، ۲۰۱۰).

حضور گلاکونی برجا و نیمه برجا از دیگر ویژگی‌های این ماسه‌سنگ‌ها است (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۲). گلاکونی‌های نیمه‌برجا در سازند آیتامیر با داشتن ویژگی‌هایی مانند حاشیه اکسید آهن در اطراف گلاکونی، حاشیه‌ای از سیمان رشته‌ای اطراف دانه‌های گلاکونی، گردش‌گی و جورشدگی نسبتاً خوب شناخته شده‌اند (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۲) که نشان از محیط حاشیه ساحل هستند (آموروسی، ۱۹۹۷). حضور دانه‌های سبز گلاکونی برجا نیز نشانگر تشکیل این ماسه‌سنگ‌ها در محیط دریای کم عمق و پرنرزی است، برای نمونه رسوبات مرکز تایوان (چانگ و همکاران، ۲۰۰۸). در این اثر رخساره‌های تنوع نسبتاً بالای جانوری سبب ایجاد انواع ساختمان‌های بیوژنیک شده که این امر، در اثر تنوع رفتاری موجودات ایجاد گردیده است.

پرانرژی سدی است. اثر رخساره کروزیانا شامل اثر فسیل‌های شامل *Cylindrichnous concentricus* isp. *Arenicolites* isp. *Thalassinoides* isp. *Ophiomorpha* و *Paleophycus heberti* در بستر ماسه‌سنگی با جورشدگی کم تا متوسط همراه با اثر فسیل‌های افقی و مایل هستند که در شرایط با انرژی پایین‌تر از رخساره گلوسی فانجیتس و در حاشیه ساحل تشکیل شده‌اند.

اثر رخساره کروزیانا و گلوسی فانجیتس شناسایی شده است. اثر رخساره گلوسی فانجیتس با تنوع کم اثر فسیلی و حضور اثر فسیل‌های *Thalassinoides* isp. *Thalassinoides* و تعداد زیادی *Arenicolites* isp. *Paleophycus heberti* اثر فسیل تالاسینوئید شبکه‌ای که در بستری از سنگ‌های کربناته با جورشدگی نسبتاً خوب، اثر فسیل‌های مایل و عمودی همراه با لایه بندی مورب مسطح و تراف قرار دارند که نشان‌دهنده محیط نسبتاً



شکل ۹. مدل رسوبی سازند آیتامیر در برش‌های آرتنج و قرقره بر پایه رخساره‌های سنگی، اثر فسیل‌ها و اثر رخساره‌ها (اقتباس با تغییراتی از عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳)

جدول ۱. ویژگی‌های اثر رخساره‌های سازند آیتامیر در برش‌های آرتنج و قرقره (عقیقی و همکاران، ۱۳۹۳)

| محیط رسوبی اثر رخساره‌ای | اثر فسیلی | محتوای فسیلی | ساخت رسوبی | لیتولوژی | رخساره سنگی |
|--------------------------|---|---|--|---|-------------|
| حاشیه ساحل | Cruziana | دوگفه ای و هترو هلیکس | لامیناسیون موازی و طبقه بندی مسطح | ماسه سنگ های متوسط تا ریز دانه با جورشدگی متوسط | Sh |
| حاشیه ساحل | Cruziana | دوگفه ای | ماسه سنگ های توده ای، متوسط تا ریز دانه با جورشدگی متوسط تا کم | | Sm |
| سد | Thalassinoides | لامیناسیون مورب تراف | ماسه سنگ های متوسط با جورشدگی خوب | | St |
| سد | Thalassinoides | لامیناسیون مورب مسطح | ماسه سنگ های متوسط با جورشدگی خوب | | Sp |
| لاگون | | لایه بندی مسطح | شیل و سیلتستون های سبز تا خاکستری با لایه بندی و دارای پولک های زبیس و گلاکونی های نابالغ | | Fl |
| دریای باز | | دوگفه ای و هترو هلیکس | شیل و سیلتستون های خاکستری با ضخامت زیاد | | Fm |
| دریای باز | | دوگفه ای، براکیوپود و هترو هلیکس | تراکم پایین از خرده های اسکلتی تقریباً سالم با درجه پایین از خوردشدگی و سایش در زمینه گل آهکی | | C1 |
| حاشیه ساحل | | دوگفه ای، براکیوپود، جلبک قرمز و بریوزوئر و گاستروپود | تراکم متوسط از خرده های اسکلتی با سایش و شکستگی متوسط تا زیاد | | C2 |
| سد | Thalassinoides isp, Paleophycus, Glossifunites Arenicolites isp | دوگفه ای، براکیوپود، اکینودرم جلبک قرمز و بریوزوئر | طبقه بندی مورب مسطح در مقیاس تراکم بالا از خرده های اسکلتی فاقد جهت یابی با خوردشدگی و سایش تقریباً بالا و جورشدگی ضعیف تراف | | C3 |

- Formation, Sydney Basin, Australia in McIlroy, D. (ed), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic Analysis, Lyell Meeting 2003, The Geological Society of London, 228: 179-211.
- Bromley, R.G (1990) Trace fossils: biology and taphonomy, Academic Division of Unwin Hyman Ltd, 280 p.
- Buatois, L.A., Mángano, M.G (2009) Applications of ichnology in lacustrine sequence stratigraphy: potential and limitations, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 272: 127-142.
- Chafetz, H.S., Reid, A (2000) Syndepositional shallow- water precipitation of glauconitic minerals, Sedimentary Geology, 136: 29-42.
- Chang, S.S., Shau, Y.H., Wang, M.K., Ku, C.T., Chiang, P.N (2008) Mineralogy and occurrence of glauconite in central Taiwan, Applied Clay Science, 42: 74-80.
- Christ, N., Immenhauser, A., Amour, F., Mutti, M., Tomas, S., Agar, S.M., Alway, R., Kabiri, L (2012) Characterization and interpretation of discontinuity surfaces in a Jurassic ramp setting (High Atlas, Morocco), Sedimentology, 59: 249-290.
- Dasgupta, S., Buatois, L.A (2012) Unusual occurrence and stratigraphic significance of the Glossifungites ichnofacies in a submarine paleo-canyon- Example from a Pliocene shelf-edge delta, Southeast Trinidad, Sedimentary Geology, 269-270: 69-77.
- Diaz, E., Prasad, M., Gutierrez, M.A., Dvorkin, J., Mavko, G (2002) Effect of Glauconite on the Elastic Properties, Porosity, and Permeability of Reservoirs Rocks, AAPG Annual Meeting, 1-7.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G., Pemberton, S.G (1984) Ichnology: Trace fossils in Sedimentology and Stratigraphy, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Short Course 15, 317pp.
- Ekwenye, O.C., Nichols, G., Okogbue, C.O., Mode, A.W (2016) Trace fossil assemblages in the tide dominated estuarine system: Ameki Group, southeastern Nigeria, African Earth Sciences, 118: 284-300.
- El-Azabi, M.H., El-Araby, A (2005) Depositional facies, environments and sequence stratigraphic interpretation of the Middle Triassic-Lower Cretaceous (pre-Late Albian) succession in Arif El-Naga anticline, northeast Sinai, Egypt, African Earth Sciences, 41: 119-143.
- Embry, A.F., Kloven, J.E (1971) A Late Devonian reef tract on northeastern Banks Island, Northwest Territories, Bulletin Canadian Petroleum Geology, 19: 730-781.
- Flügel, E (2010) Microfacies Analysis of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and
- سپاسگزاری**
- از گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد به خاطر در اختیار گذاشتن امکانات میدانی و آزمایشگاهی سپاسگزاری می‌شود (طرح پژوهشی شماره ۳ کد ۳/۲۳۴۴۸). از همکاری آقای دکتر فورزیش از دانشگاه ولسبورگ و آقای دکتر شرفی از دانشگاه فردوسی که در شناسایی اثر فسیل‌ها و رخساره‌های فسیلی ما را یاری دادند تشکر می‌شود. در پایان از داوران گرامی این مقاله که با نظرات سازنده خود در ارتقای سطح علمی این مقاله کمک کرده‌اند سپاسگزاری می‌شود.
- منابع**
- حسینی‌برزی، م.، بایت‌گل، آ (۱۳۸۹) تحلیل رخساره‌های و محیط رسوبی نهشته‌های سیلیسی آواری- کربناته سازند شیرگشت در بلوک کلمرد ایران مرکزی، رخساره‌های رسوبی، جلد ۲، شماره ۱، ص ۲۴.
- عقیقی، ر.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا.، خانه‌باد، م (۱۳۹۲) بررسی سازوکار تشکیل گلاکونی‌های سازند آیتامیر در ناحیه بزنگان- شرق حوضه رسوبی کپه‌داغ، مجموعه مقالات هفدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۱۲-۱۲۰.
- عقیقی، ر.، موسوی‌حرمی، ر.، محبوبی، ا.، خانه‌باد، م (۱۳۹۳) محیط‌رسوبی و چینه‌نگاری سکانسی نهشته‌های مخلوط سیلیسی آواری کربناته سازند آیتامیر (ناحیه بزنگان- شرق حوضه رسوبی کپه‌داغ)، رخساره‌های رسوبی، جلد ۷، شماره ۲، ۲۴۴-۲۶۷.
- Amorosi, A (1997) Detecting compositional, spatial and temporal attributes of glaucony: a tool for provenance research, Sedimentary Geology, 109: 135-153.
- Aguirre, J., J.M. de., Gibert, A., Puga-Bernabéu (2010) Proximal-distal ichnofabric changes in a siliciclastic shelf, Early Pliocene, Guadalquivir Basin, southwest Spain, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 291: 328 - 337.
- Baccelle, L., Bosellini, A (1965) Diagrammi per la stima visiva della composizione percentuale nelle rocche sedimentary. Annali dell universita di Ferrara, Sience Geologiche Palenotologiche, 3: 59-62.
- Bann, K.L., Fielding, C.R., MacEachern J.A (2004) Differentiation of estuarine and offshore marine deposits using integrated ichnology and sedimentology: Permian Pebbly Beach

- Analysis, Geological Society, London, Special Publication, 228: 179-212.
- Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R., Carpenter, S.J., Aghaei, A., Collins, L.B (2010) Petrographical and Geochemical evidences for paragenetic sequence interpretation of diagenesis in Mixed siliclastic- carbonate sediments: Mozduran Formation (upper jurrasic), south of aaghdarband, NE Iran, Carbonates and Evaporites, 25: 231-246.
- 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: occurrence of glauconite in central Taiwan, Applied Clay Science, 42: 74- 80.
- Patra, A., Singh, B.P (2015) Facies characteristics and depositional environments of the Paleocene- Eocene strata of the Jaisalmer basin, western India, Carbonates and Evaporites, 30: 331-346.
- Pearson, N.J., Mangano, M.G., Buatois, L.A., Casadío, S., Raising, M.R (2012) Ichnology, sedimentology and sequence stratigraphy of outer-estuarine and coastal plain deposits: implications for the distinction between allogenic and autogenic expressions of the Glossifungites ichnofacies, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 333: 192-217.
- Pemberton, S.G., R.W., Frey (1982) Trace fossil nomenclature and the Planolites- Palaeophycus dilemma, Palaeontology, 56: 843-881.
- Pickerill, R., Romano, M., Meléndez, B, (1984), Arenig trace fossils from the Salamanca area, western Spain, Geological Journal, 19:249-264.
- Rodriguez-Tovar, F.J., Perez-Valera, F (2008) Trace fossil Rhizocorallium from the middle Triassis of the Betic Cordillera, southern Spain: characterization and environmental implications, Palaios, 23: 78-86.
- Schwarz, E., Buatois, L (2012) Substrate-controlled ichnofacies along a marine sequence boundary: The Intra-Valanginian Discontinuity in central Neuquén Basin (Argentina), Sedimentary Geology, 277-278: 72-87
- Seilacher, A (1967) Bathymetry of trace fossils, Marine Geology, 5: 413- 428.
- Seilacher, A (2006) Trace Fossil Analysis, Springer, 225p.
- Selley, R.C (1996) Ancient Sedimentary Environments and their Subsurface Diagnosis, Chapman & Hall, London, 300 p.
- Sharafi, M., Ashuri, M., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, R (2012) Stratigraphic application of Thalassinoides ichnofabric in delineating sequence stratigraphic surfaces (Mid-Application, 2nd edition, Springer-Verlag, 984p.
- Folk, R.L (1980) Petrology of sedimentary rocks, Hemphill, Austin, Texas, 182p.
- Fournier, F., Montaggioni, L., Borgomano, J (2004) Paleoenvironments and high-frequency cyclicity from Cenozoic South-East Asian shallow-water carbonates: a case study from the Oligo-Miocene buildups of Malampaya (Offshore Palawan, Philippines), Marine and Petroleum Geology, 21: 1-21.
- Frey, R.W., Goldring, R (1992) Marine event beds and recolonization surfaces as revealed by trace fossil analysis, Geological Magazine, 129: 325-335.
- Frey, R.W., Pemberton, S.G., Saunders, T.D.A (1990) Ichnofacies and bathymetry: a passive relationship, Paleontology, 54:155-158.
- Fürsich, F.T (1998) Environmental distribution of trace fossils in the Jurassic of Kachchh (Western India), Facies, 39: 243-272.
- Fürsich, F.T., Wilmsen, M., Seyed-Emami, K (2006) Ichnology of Lower Jurassic beach deposits in the beach deposits in the Shemshak Formation at Shahmirzad, southeastern Alborz Mountains, Iran, Facies, 52: 599-610.
- Ghibaudo, G., Grandesso, P., Massari, F., Uchman, A (1996) Use of trace fossils in delineating sequence stratigraphic surfaces (Tertiary Venetian Basin, northeastern Italy): Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology, 120: 261-279.
- Gingras, M.K., Pemberton, S.G., Saunders, T.D.A (2001) Bathymetry, sediment texture and substrate cohesiveness: their impact on Glossifungites trace assemblages at Willapa Bay, Washington: Palaeogeography, Palaeoclimatology, and Palaeoecology, 169: 1-21.
- Khalife, M.A., Soliman, H.E., Wanas, H.A (2006) The Cambrian Araba Formation in northeastern Egypt: Facies and depositional environments, Asian Earth Science, 27: 873-884.
- Lee, H.S., Chough, S.k (2006) Lithostratigraphy and depositional environments of the Pyeongan Supergroup (Carboniferous-Permian) in the Taebaek area, mid-east Korea, Asian Earth Sciences, 26: 339-352.
- Leonide, P., Borgomano, J., Masse, J.P., Doublet, S (2012) Relation between stratigraphic architecture and multi-scale heterogeneities in carbonate platforms: the Barmian- Lower Aptian of the Monts de raucluse, SE, France, Sedimentary Geology, 265: 86-109.
- MacEachern, J.A., Bann, K.L., Pemberton, S.G., Gingras, M.K (2007) The ichnofacies paradigm: High-resolution paleoenvironmental interpretation of the rock record. In: McIlroy, D. (ed.), The Application of Ichnology to Palaeoenvironmental and Stratigraphic

- Cretaceous), Kopet-Dagh Basin, northeastern Iran *Palaeoworld*, 21: 202–216.
- Taylor, A.M., Goldring, R (1993) Description and analysis of bioturbation and ichnofabric: *Geological Society (London)*, 150: 141–148.
- Tiwari, P., Chinmoy Rajkonwar, C., Lalchawimawii, Lalnunluanga, P., Malsawma, J., Z Ralte, V.Z., Patel, S.J (2011) Trace fossils from Bhuban Formation, Surma Group (Lower to Middle Miocene) of Mizoram India and their palaeoenvironmental significance, *Earth System Science*, 120: 1127-1143.
- Tovar, F.J.R., Valera, F.P., López, A.P (2007) Ichnological analysis in high-resolution sequence stratigraphy: the Glossifungites ichnofacies in Triassic successions from the Betic Cordillera (southern Spain), *Sedimentary Geology*, 198: 293-307.
- Tucker, M.E (2001) *Sedimentary Petrology: an introduction to the origin of sedimentary rocks*, Blackwell, Scientific Publication, London, 260 p.
- Warren, W.J (2000) Dolomite: Occurrence, evolution and economically important association, *Earth Science Review*, 52:1-18.
- Yang, B.C., Dalrymple, R.W., Gingras, M.K., Pemberton, S.G (2009) Autogenic occurrence of Glossifungites Ichnofacies: Examples from wave-dominated, macrotidal flats, southwestern coast of Korea, *Marine Geology*, 260: 1–58.