

تحلیل ساختاری اثرفسیل *Zoophycos* با تلفیق داده‌های ریزرخساره‌ای در سازند روته (پرمین)، برش باغ دره، کوه‌های سلطانیه، شمال باختری ایران

نصرائه عباسی^{۱*}، رقیه بیرامی ایورقی^۲، رحیم شعبانیان^۳

۱- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور مرکز تبریز، تبریز، ایران

۳- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام نور مرکز تبریز، تبریز، ایران

*پست الکترونیک: abbasi@znu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۱۲

تاریخ دریافت: ۹۱/۵/۳

چکیده

سازند روته در برش باغ دره، واقع در کوه‌های سلطانیه (شمال غرب ایران) با ۴۳ متر ضخامت از سنگ آهک بایوکلاستیک و مارن تیره تشکیل شده است. بر پایه میکروفسیلهای روزن‌داران سن سازند روته در این برش مرغابین است. لایه‌های سنگ آهکی این سازند به ترتیب فراوانی دارای اثرفسیل‌های *Planolites*، *Chondrites*، *Zoophycos*، *Rhizocorallium* می‌باشند. با وجود این فراوانی اثرفسیل‌های *Rhizocorallium*، *Planolites* و *Chondrites* بسیار اندک و جزئی است و اثرفسیل اصلی و فراوان در این سازند، *Zoophycos* می‌باشد. مطالعات نشان می‌دهد که رسوبات سازند روته در این برش مشکل از ۱۰ ریزرخساره است که در قالب ۳ کمربند رخساره‌ای داخلی، میانی و بیرونی یک رمپ کربناته هموکلینال نهشته شده‌اند. با توجه به این داده‌ها، اثرفسیل *Zoophycos* در محیط دریای باز-رمپ بیرونی با شرایط کم اکسیژن و آرام رسوبی و در زیر سطح امواج طوفانی ایجاد شده است. گسترش *Zoophycos* به گونه‌ای است که در ژرفای بیشتر، اندازه *Zoophycos*، قطر دهلیز حفاری و شدت به هم ریختگی زیستی رسوبات افزایش یافته است. همچنین ریخته‌های بدون لوب در منطقه غالب بوده که نشانگر فراوانی مواد آلی رسوبات در هنگام تشکیل اثرفسیل *Zoophycos* است.

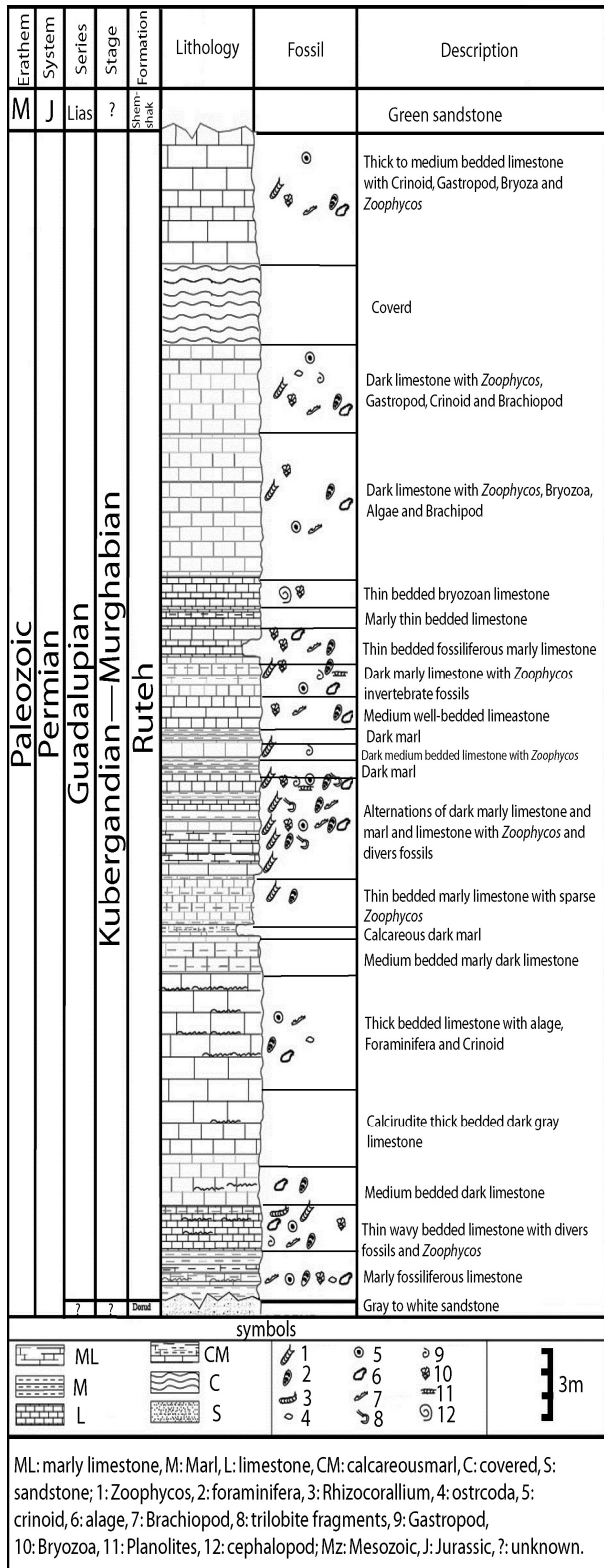
واژه‌های کلیدی: ریزرخساره، ایکنولوژی، سازند روته، کوه‌های سلطانیه، *Zoophycos*

مقدمه

متفاوت جانداران در محیط است و به دلیل برجا بودن و عدم جابه‌جایی این ساختارها پس از تشکیل در تحلیل و بازسازی شرایط رسوبی گذشته از اهمیت زیادی برخوردارند (Bromley, 1996). اثرفسیل غالب در لایه‌های سازند روته، *Zoophycos* است که از مناطق مختلف، مانند کبودرآهنگ

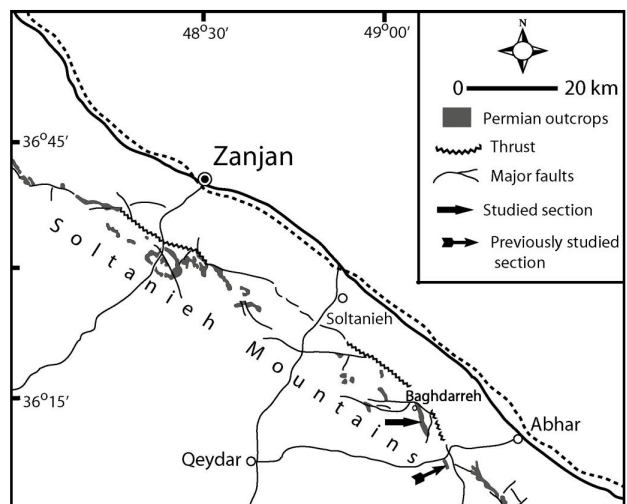
در بررسی محیط رسوبی نهشته‌های سازند روته علاوه بر ریزرخساره‌ها، از اثرفسیل‌ها نیز بهره گرفته شده است. اثرفسیل‌ها، آثار باقی‌مانده جانداران در رسوبات بوده و شامل حرکت، استراحت، تغذیه و سایر فعالیت‌های زیستی هستند؛ به عبارتی ساخت‌های زیست‌زادی (Biogenic) حاصل رفتارهای

زیر سازند شمشک (ژوراسیک) قرار می گیرد (شکل ۲). سن سازند روته در برش باغ دره با وجود میکروفسیلیهای روزن داران، مرغابین (Murghabian) تعیین شد.



شکل ۲: ستون چینه شناسی سازند روته در برش باغ دره

(Bolourchi, 1979) و تکاب (Alavi et al., 1982) گزارش شده است. به طور کلی می توان گفت، این اثر فسیل توسط جانور کرم مانندی ایجاد می شود که ضمن دفع پلت مدفوعی خود درون دهلیزها، به منظور استراحت و تغذیه از سیستم حفاری درون رسوبی (endichnia) استفاده کرده است (Miller, 1991; Simpson, 1970).
توالیهای دوره پرمین در کوههای سلطانیه دارای بیرون زدگی بوده و از پایین به بالا، به سازندهای درود و روته تقسیم می شوند (Stöcklin & Eftekhar-Nezhad, 1969). برش چینه شناسی مورد مطالعه از سازند روته در بخش خاوری برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ خدابنده - سلطانیه، یعنی بخش جنوب خاوری کوههای سلطانیه و در مجاورت روستای باغ دره قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و رخنمون رسوبات پرمین (سازندهای درود و روته) در کوههای سلطانیه (برپایه نقشه ۱:۲۵۰۰۰ زمین شناسی چهارگوش زنجان توسط Stöcklin & Eftekhar-Nezhad, 1969). پیکان ساده موقعیت برش مورد مطالعه در جنوب خاوری روستای باغ دره را نشان می دهد و پیکان دنباله دار برش مطالعه شده در عباسی (۱۳۷۸) است.

سازند روته یکی از پرفسیل ترین واحدهای سنگی پرمین البرز - آذربایجان می باشد که در نقاط مختلف دارای ضخامت متغیر است. این سازند در برش مورد نظر با ناپوستگی فرسایشی به صورت هم شیب بر روی سازند درود (پرمین پیشین) و به صورت ناپوستگی دگرشیب در

روش مطالعه

در این پژوهش ۵۴ نمونه از رسوبات سازند روته برداشت و از تمامی آنها برای مطالعه ریزرخساره (microfacies) برش نازک میکروسکوپی تهیه شد. ۲۷ نمونه از این ۵۴ نمونه نیز برای تعیین تغییرات ایکنوفابریک اثرفسیل *Zoophycos*، در اندازه اسلب برش داده شدند و مقاطع نازکی در اندازه ۷×۹ تا ۱۰×۱۵ سانتی‌متر تهیه گردید. نوع و فراوانی ذرات بایوکلاست، لیتوکلاست و میکروفسیلها در همه مقاطع نازک تشخیص داده شدند. این نمونه‌ها به روشهای Dunham (1962) و Folk (1962) نام‌گذاری شده و ریزرخساره‌های آنها با استفاده از الگوهای رایج (Wilson, 1975; Flügel, 2010) معین شد. تغییرات اثرفسیل *Zoophycos* بررسی و میزان کمی به هم ریختگی زیستی لایه‌ها با وجود این اثرفسیل مشخص شد و ایکنوفابریک یا همان میزان به هم ریختگی زیستی هر نمونه بر پایه ایکنوفابریکهای استاندارد (Droser & Bottjer, 1989) تعیین شد. به سخن دیگر، تمامی فابریکهای زیست‌زادی لایه‌های رسوبی شامل اثرفسیلهای منفرد و لایه‌های کاملاً زیست‌آشفته را که اثرفسیل آنها قابل تشخیص نیست، ایکنوفابریک گویند (Crimes & Droser, 1992). جهت نمایش میزان ایکنوفابریک لایه‌ها، فابریکهای استاندارد تحت عنوان اندیسهای ایکنوفابریکی (ichnofabric indexes) که به اختصار با (ii) بیان می‌شوند؛ پیشنهاد شده است. این اندیسها از طریق اندازه‌گیری درصد فابریک اولیه لایه‌های رسوبی که تحت زیست‌آشفستگی قرار گرفته‌اند بیان می‌شود و از شش واحد تشکیل شده‌اند. هر یک از این اندیسها دارای نمودارهای نمایشی هستند که میزان زیست‌آشفستگی را از صفر تا صد درصد نشان می‌دهند. از بررسی نمونه‌هایی که از آنها اسلب تهیه شده است دیده شد که برخی از اسلبها دارای به هم ریختگی زیستی زیاد، برخی دارای به هم ریختگی زیستی کم و برخی اصلاً فاقد به

هم ریختگی زیستی هستند. میزان به هم ریختگی زیستی هر یک از شاخصهای ایکنوفابریک (ii) در زیر به اختصار ذکر شده است (Droser & Bottjer, 1989).

(ii1) لایه‌هایی که هیچ گونه به هم ریختگی زیستی نداشته و تمام ساختهای رسوبی اولیه همچون لایه‌بندی در آنها محفوظ است.

(ii2) لایه‌هایی که دارای اثرفسیلهای مجزا، فاصله دار و منفردند که بیش از ۱۰ درصد لایه بندی اولیه در آنها زیست‌آشفته شده است.

(ii3) لایه‌هایی که بین ۱۰ تا ۳۰ درصد از لایه بندی اولیه در آنها زیست‌آشفته شده است. حفرات زیستی معمولاً جدا هستند ولی در برخی نقاط هم‌پوشانی دارند.

(ii4) آثار لایه‌بندی اولیه قابل تشخیص نیست و تقریباً بین ۴۰ تا ۶۰ درصد از لایه‌ها دچار به هم ریختگی زیستی شده‌اند. حفرات زیستی هم‌پوشانی داشته و اغلب به خوبی قابل تشخیص نیستند.

(ii5) لایه‌ها به طور کامل زیست‌آشفته شده‌اند ولی هنوز در برخی نقاط حفرات زیستی از هم مجزا هستند.

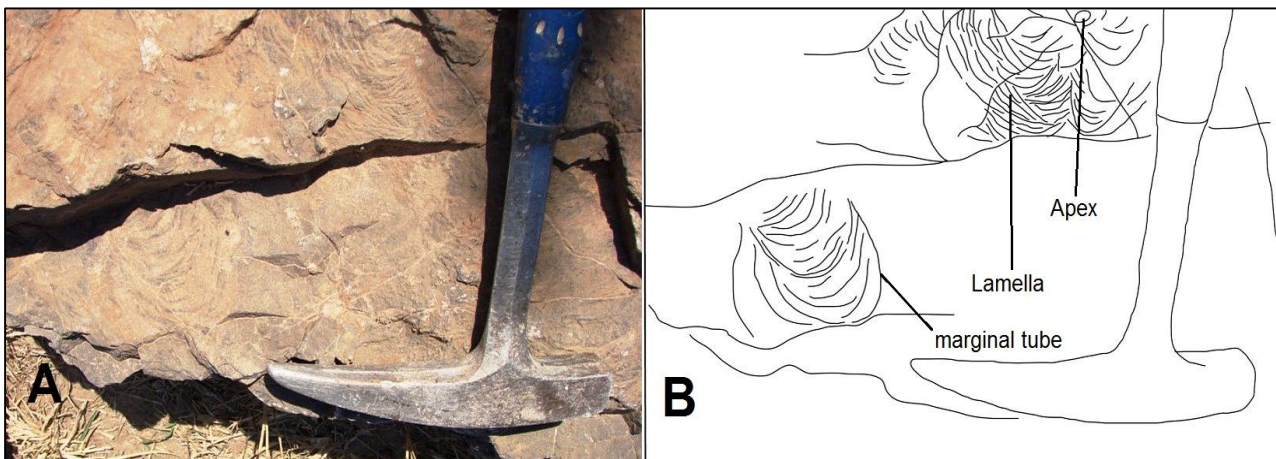
(ii6) لایه‌بندی کاملاً در اثر به هم ریختگی زیستی همگن (homogenized) شده است. برای این ایکنوفابریک نمودار نمایشی در نظر نمی‌گیرند زیرا کل لایه‌بندی دارای فابریک یکنواختی است.

با رسم نمودارهای تغییرات پارامترها، نسبت به تجزیه و تحلیل آنها اقدام گردید. با تعیین درصد هر یک از عناصر اسکلتی، غیر اسکلتی، سیمان و ماتریکس در هر برش نازک با استفاده از نمودارهای مقایسه‌ای (Flügel, 2004) نوع محیط و کمربند ریزرخساره‌ای در سنگهای کربناته توالی سازند روته در برش باغ‌دره تشخیص داده شدند.

اثر فسیل *Zoophycos*

Zoophycos در محیط دریایی کربناته سازند روتنه در پرمین میانی برش باغ دره به فراوانی یافت می‌شود که اشکال مسطح و ساده‌ای دارند. با توجه به بحثهایی که در پی خواهد آمد، *Zoophycos* سازند روتنه در این برش، در محیط دریایی ژرف در یک سیستم رمپ هوموکلینال (homoclinal) برجای گذاشته شده‌اند. در نمونه‌های بررسی شده، ساختارهای لایه‌بندی ریز هلالی پیچیده و بدون حاشیه چین دار (lobe) در آنها دیده می‌شود، به طوری که حاشیه‌ای گرد تا بیضی شکلی را نشان می‌دهند (شکل ۳).

Zoophycos از رسوبات دریایی کامبرین تا هولوسن و در گستره‌ای از محیطهای رسوبی تحت کرانه‌ای (sublittoral) تا عمیق دریایی (bathyal) گزارش شده است (Ekdal & Lewis, 1991). اثر فسیلهای *Zoophycos* پالئوزوئیک در قسمت کم عمق و عمیق رسوبات دریایی (Bottjer et al., 1988) و فرمهای متعلق به مزوزوئیک و سنوزوئیک در قسمت عمیقتر رسوبات دریایی وجود داشته‌اند (Olivero, 2003; Knaust, 2004; Seilacher, 2007).



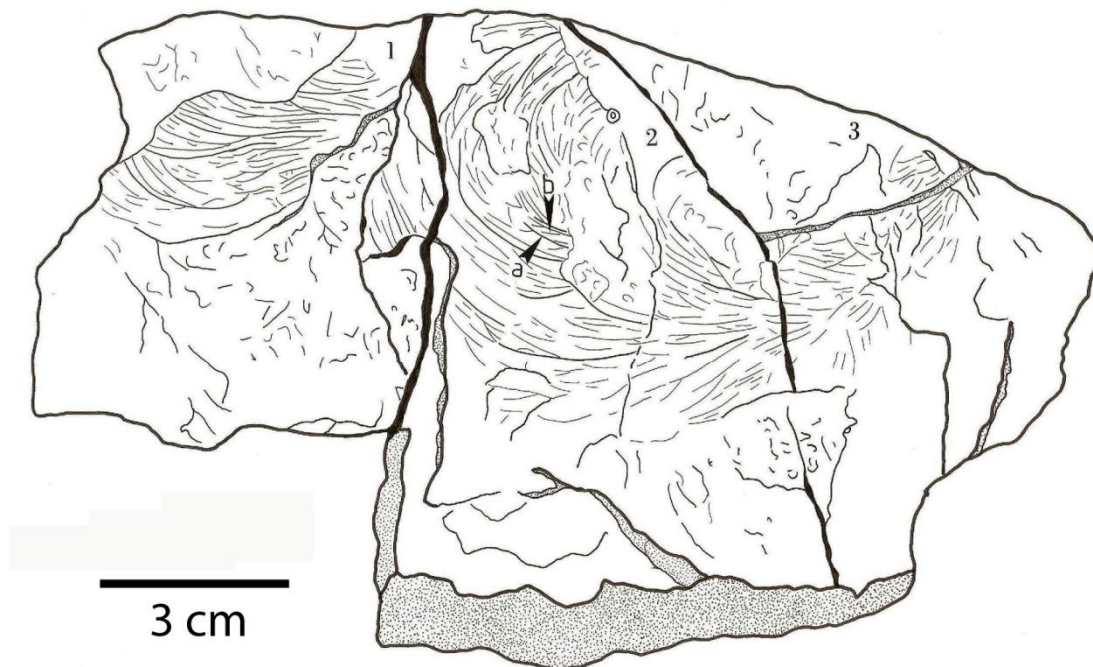
شکل ۳: A- ساختار اثر فسیل *Zoophycos* در یکی از لایه‌های بخش بالایی برش مورد مطالعه، B- شکل ترسیمی از *Zoophycos* شکل A برای نمایش ساختار اثر فسیل، مقیاس چکش برابر شکل A.

که به صورت تناوبی پی در پی از رسوبات دانه درشت بایو کلاستیک روشن و رسوبات ریز دانه پلوئیدی تیره رنگ است (شکل ۵). این وضعیت نه تنها تناوب فعالیت جانور سازنده اثر فسیل *Zoophycos* را برای جست و جو یا دفع مواد زاید نشان می‌دهد، بلکه به نوعی جورشدگی زیست-زادی (biogenic sorting) را در پی داشته است. محور دهلیز اصلی نمونه‌های *Zoophycos* سازند روتنه رو به بالا و به سمت سطح آب-رسوب است و با جابه‌جایی این دهلیز لوله‌ای است که ساختار لاملاها و لامیناها ایجاد شده‌اند. در بررسی و مطالعات برش باغ دره دیده شد که تقریباً همه اثر فسیلهای *Zoophycos* به خوبی حفظ شده‌اند و تغییرات

لاملاهای اصلی (main lamella) در درون نمونه‌های مطالعه شده کمانی شکل بوده و دور از مرکز شکل گرد اثر فسیل قرار دارند؛ در حالی که لامیناها (lamina) به شکل پیچشی اطراف محور مرکزی گردی *Zoophycos* قرار گرفته‌اند. این لامیناها در دو دسته بزرگ و کوچک هستند. لامینای بزرگ در واقع حاصل جابه‌جایی لوله اصلی (main tube) ایجاد کننده *Zoophycos* است و با حفاری مورب به سمت داخل سیستم توسط جانور *Zoophycos* ساز از مسیر لوله اصلی، لامیناهای فرعی ایجاد می‌گردند (شکل ۴). در راستای سطوح لایه‌بندی، لامیناهای *Zoophycos* به صورت ساختار لایه‌بندی ریز هلالی (spreiten) دیده شد

آهسته و محتوای بالای مواد آلی در رسوبات کربناته نشان می‌دهند.

ساختاری چندانی را نشان نمی‌دهند. رخساره سنگی و میکروسکوپی همراه اثر فسیل *Zoophycos* یک محیط دریایی زیر سطح امواج طوفانی با میزان رسوب گذاری

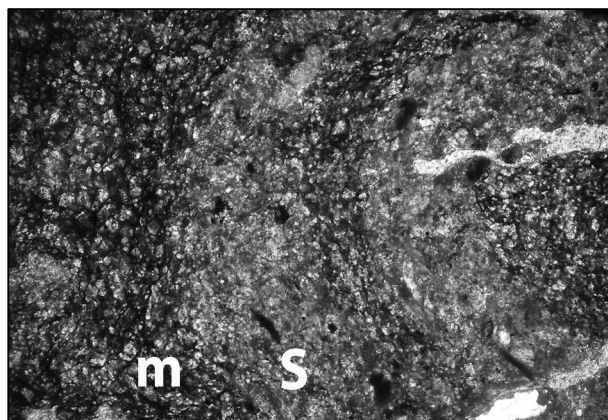


شکل ۴: ساختار *Zoophycos* در یکی از نمونه‌های سازند روته در برش جنوب باختری ابهر که از روی عکس ترسیم شده است. شماره‌ها به ترتیب سه لاملای روی هم قرار گرفته *Zoophycos* را نشان می‌دهند: a- لامینای بزرگ و b- لامینای کوچک هستند (عباسی ۱۳۷۸).

ایجاد کننده *Zoophycos* است (Savary et al., 2004) که این ساختار از میانه‌های ژوراسیک به سمت کرتاسه فراوان شده‌اند (Olivero, 2003; Savary et al., 2004). لذا در رسوبات برش مورد نظر هنگام نهشته شدن، مواد آلی کافی و ضروری برای تغذیه جانور در دسترس بوده و جانور فضای زیادی را برای یافتن غذا حفاری نکرده است.

ریزرخساره‌ها (Microfacies)

در سنگهای کربناته سازند روته، در برش باغ دره بر پایه تغییرات جانبی ریزرخساره‌ها و اجزای تشکیل دهنده آنها سه مجموعه رخساره‌ای بیرونی، میانی و داخلی یک سیستم رمپ هوموکلینال تشخیص داده شدند که از مناطق عمیق به کم عمق بر اساس قانون والتر (Walther's Law) به شرح زیر هستند.



شکل ۵: ساختار اسپریت *Zoophycos* در نمونه‌های مورد مطالعه؛ تناوب پی‌درپی رسوبات بایوکلاستیک دانه درشت، جورشده و روشن (s) با رسوبات ریز دانه پلوئیدی تیره (m) (۴۰×).

ریخته‌های فاقد حاشیه چین دار در شرایطی تشکیل می‌شوند که مواد آلی کافی در دسترس است و لایه‌ها به اندازه کافی مستحکم هستند (Giannetti & McCann, 2010). در مقابل ریخته‌های دارای حاشیه چین دار نشانگر تغذیه بتتیک جانور

پایین نهشته شده و محتوای گل در آنها معمولاً بالاست (Reading, 1996).

الف -۲) پکستون پلوئیدی زیست آشفته *Bioturbated Pelloidal Packstone*

نام سنگ شناسی این نمونه‌ها در روش فولک پل میکرایت و در روش دانهام پکستون است. در این ریزرخساره اثر حفاری *Zoophycos* در برشهای نازک دیده شد، به طوری که دارای زیست آشفته‌گی شدید است و معادل ایکونوفابریک استاندارد ۵ (Droser and Bottjer, 1986) می‌باشد. در نمونه‌های دستی سنگ آهکهای تیره رنگ با ذرات بایو کلاستیک است و به خوبی اثر حفاری *Zoophycos* در سطوح لایه بندی یا در ضخامت هر لایه دیده می‌شود. اجزای زیستی سازنده این ریزرخساره شامل خرده‌های خارداران، بازوپایان، بریوزوا، روزن‌داران به عنوان اجزای اصلی است (شکل ۶-۶C). اجزای فرعی آن تریلوبیت، شکم‌پا و دیتروپا (*Ditrupea*) می‌باشند. فراوانی بایو کلاستها کم است. اجزای غیرزیستی آن شامل دانه‌های غیراسکلتی پلوئید است (شکل ۶-۶D) که به صورت فراوان در برشهای نازک دیده شدند و بیشتر در درون لایه‌بندی ریز هلالی *Zoophycos* حضور دارند. زمینه این ریزرخساره میکرایتی است و در برخی جاها ما بین پلتها سیمان شفاف اسپارایتی وجود دارد. در تعدادی از نمونه‌ها، دولومیتها در داخل صدفهای بزرگ به صورت دروزی رشد کرده‌اند. پدیده تبلور مجدد، دولومیتی شدن، انحلال فشاری و پرشدگی ترکها توسط کلسیت و دولومیت در بیشتر نمونه‌ها دیده شد. انباشت اکسید آهن در بیشتر موارد در حاشیه حفاریها و در درون لایه‌بندی ریز هلالی است.

تفسیر: این ریزرخساره در محیط دریای باز و زیر خط اثر امواج طوفانی (SWB-storm weather base) در محیط کم انرژی نهشته شده است. ذرات سازنده این ریزرخساره دارای جورشدگی ضعیف می‌باشند. تمرکز اکسید آهن در

الف) رخساره رمپ بیرونی - دریای باز (Outer Ramp-Open Marine Facies)

الف -۱) وکستون پلوئیدی زیست آشفته *Bioturbated Pelloidal Wackstone*

نام سنگ‌شناسی این ریزرخساره در روش فولک (Folk, 1962) پل میکرایت و در روش دانهام (Dunham, 1962) وکستون است. در برداشتهای صحرایی به صورت سنگ آهکهای میکرایتی ریزدانه هستند که انباشته از اثر لایه بندیهای ریز *Zoophycos* می‌باشند. اجزای زیستی (Organic) سازنده این ریزرخساره شامل خرده‌های خاردار، روزن‌داران، بازوپایان و خرده‌های جلبک است که در متن گل آهکی و درون حفاریها پراکنده شده‌اند. اکثر بایو کلاستها به ویژه روزن‌داران ریز، انحلال یافته‌اند. پدیده به هم ریختگی زیستی با وجود *Zoophycos*، شدید است و میزان به هم ریختگی زیستی معادل ایکونوفابریک استاندارد ۵ (Droser & Bottjer, 1986) می‌باشد. با وجود خرده‌های صدف در لایه بندیهای ریز هلالی، به نظر می‌رسد خردشدگی صدفها حاصل جابه‌جایی توسط حفاری جانور *Zoophycos* ساز باشد. ذرات سازنده این ریزرخساره دارای جورشدگی ضعیف می‌باشند. دانه‌های غیر اسکلتی شامل پلوئید است که به مقدار فراوان در برشهای نازک دیده شد (شکل ۶-۶A, B). تبلور دوباره، دولومیتی شدن، انحلال فشاری، و پرشدگی رگه‌ها با کلسیت و دولومیت از پدیده‌های سنگ زایی این ریزرخساره هستند.

تفسیر: اندازه ذره‌های تشکیل دهنده این ریزرخساره در حد ذرات دانه ریز است و نتیجه گرفته می‌شود که این ریزرخساره در محیط دریای باز و زیر خط اثر امواج طوفانی (storm weather base) نهشته شده است و فراوانی گل کربناته نشانگر رسوب‌گذاری در محیطی با انرژی پایین است. این ریزرخساره در شلف دریای باز در ژرفترین بخش حوضه رسوبی ایجاد شده و یک محیط رسوب‌گذاری کم انرژی است. رسوبات دریای باز اغلب در محیطی با انرژی

را زیاد دانست. این ریزرخساره در بخش زیر سطح امواج طوفانی قرار دارد و در بخش‌های کم ژرفای رمپ بیرونی جای دارد.

الف - ۴) پکستون بیوکلاستیک *Bioclastic Packstone*

این ریزرخساره دارای محتوای روزن داران زیاد است، اجزای اسکلتی آن شامل روزن داران، بریوزوا، کراینوئید، جلبک، استراکود، قطعات تریلوبیت و دیتروپاست (شکل ۶-۶- F, G) اجزای غیراسکلتی آن شامل پلوئید و اینتراکلاست بوده که در یک زمینه میکرایتی و به طور پراکنده، سیمان اسپاریتی واقعند. شدت به هم ریختگی زیستی لایه‌ها بسیار کم است و حتی بعضی از نمونه‌ها فاقد زیست‌آشفستگی می‌باشند که این میزان معادل ایکونوفابریک استاندارد ۱ تا ۲ است. اثر فسیل *Chondrites* نیز در لایه‌های این ریزرخساره مشاهده شد. پدیده استیلولیتی و دولومیتی شدن در مقاطع وجود دارد. جورشدگی ذرات ضعیف است و بعضی از صدف‌ها کریستالیزه شده‌اند. نام این ریزرخساره در طبقه‌بندی فولک بایومیکرایت و در طبقه‌بندی دانهام پکستون است.

تفسیر: این ریزرخساره در بخش‌های پایینی شیب جلوی سد بایوکلاستی در نزدیکی دریای باز ایجاد شده که یک محیط رسوب‌گذاری کم انرژی زیر سطح تأثیر امواج طوفانی یا موجسارهای آرام است. کم عمق‌ترین ریزرخساره در کمربند رمپ بیرونی مربوط به این ریزرخساره است. هرچند در ژرفایی است که تحت تأثیر امواج پرنرژی طوفانی نیست ولی نسبت به ریزرخساره‌های قبلی بر فراوانی و اندازه ذرات بایوکلاستیک افزوده شده است.

ب) رخساره رمپ میانی *Mid-Ramp facies*

ب - ۱) گرینستون بایوکلاستیک *Bioclastic Grainstone*

نام این ریزرخساره در طبقه‌بندی فولک بایواسپارایت و در طبقه‌بندی دانهام گرینستون است. اجزای این ریزرخساره شامل پلت فراوان، روزن‌داران، بریوزوا، بازوپایان، کراینوئید و خرده‌های جلبکی است. هر چند که این اجزای تبلور

حاشیه حفاریها و در درون لایه‌بندی ریز هلالی می‌تواند ناشی از تجمع مواد آلی در دیواره‌ها و در محل لایه بندیهایی ریز هلالی باشد. آهن جذب شده توسط مواد آلی، در طی فرآیندهای دیاژنزی به صورت اکسید در این محلها باقی مانده است (Brenchley, 1998). این ریزرخساره در شلف ژرف، ولی در عمق کمتر از رخساره قبلی ایجاد شده و یک محیط رسوب‌گذاری کم انرژی است. به علت عمق کم این ریزرخساره نسبت به ریزرخساره قبلی در عمق کمتری ایجاد شده است با این حال تا آن حد نیست که تحت تأثیر جریانهای ناشی از آب و هوای طوفانی قرار گیرد.

الف - ۳) پکستون پلوئیدی *Pelloidal Packstone*

نام این ریزرخساره در طبقه‌بندی فولک پل میکرایت و در طبقه‌بندی دانهام پکستون است. به هم ریختگی زیستی *Zoophycos* در این نوع ریزرخساره بسیار کم و در حد ایکونوفابریک ۲ تا ۳ استاندارد است، به طوری که اثر لایه بندیهایی ریز هلالی *Zoophycos* به طور پراکنده هستند. ضخامت لایه بندی این ریزرخساره به طور نسبی کمتر است. میزان خرده‌های روزن‌داران زیاد به همراه کراینوئید، بازوپایان، بریوزوا و خرده‌های تریلوبیت می‌باشد. اجزای غیر اسکلتی آن شامل پلوئید است (شکل ۶-۶-E). در بیشتر برش‌های میکروسکوپی صدف‌های بی مهرگان به صورت انتخابی تبلور دوباره یافته‌اند. در برخی از مقاطع زمینه میکرایتی در اثر فرآیندهای سنگ‌زایی (*Diagenesis*) شروع به تبلور نموده و به صورت میکروسپارایت درآمده است. پدیده‌های استیلولیتی شدن و دولومیتی شدن در این ریزرخساره دیده شدند. در این مقاطع اندازه ذرات در حد ریز است.

تفسیر: در این ریزرخساره بر میزان فراوانی ذرات افزوده می‌شود و اندازه نسبی آنها نیز بیشتر است. هر چند جریانهای پرنرژی در این ریزرخساره تأثیری نداشته است، ولی با وجود خردشدگی ذرات، می‌توان جابه‌جایی و حمل ذرات

دوباره یافته‌اند (شکل ۶-I, H) ولی بر اساس اندازه، ساختار و بقایای بافتی نوع ذرات قابل تشخیص هستند. هیچ گونه پدیده زیست‌آشفته‌گی در این ریزرخساره وجود ندارد. در نمونه‌های دستی به صورت سنگ آهک بایو کلاستیک خاکستری است که با سطوح لایه بندی نامنظم و لابندی مورب هوموکی است. پدیده انحلال فشاری مشاهده شد.

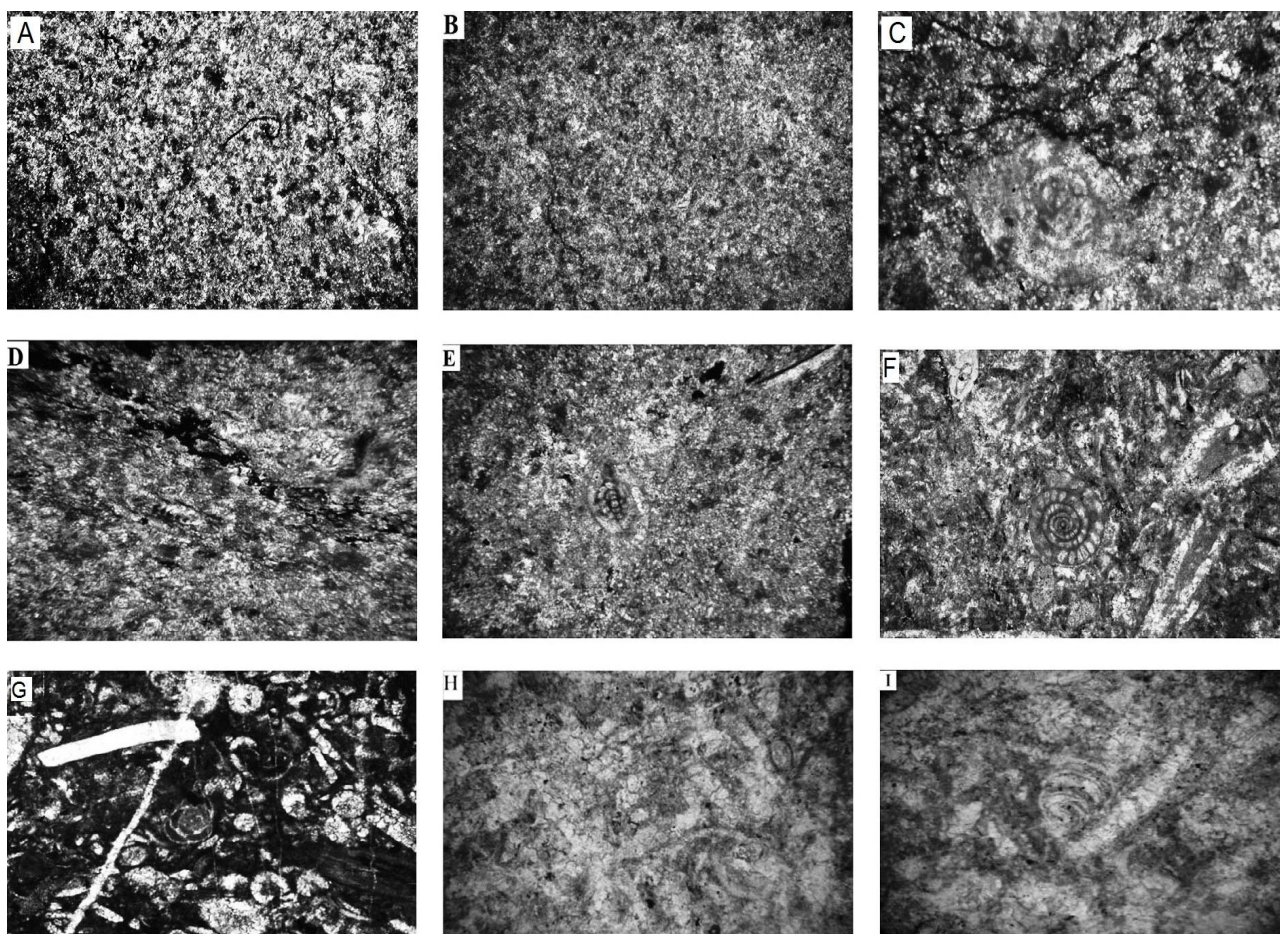
تفسیر: جابه‌جایی، خردشدگی زیاد ذره‌ها و افزایش اندازه ذرات در یک زمینه اسپارایتی نشان دهنده تأثیر جریانهای پرانرژی تر بر این رسوبات است. این جریانات می‌توانند به طور مقطعی مؤثر باشند. لایه بندی مورب هوموکی، دانه بندی تدریجی، مرز تحتانی ناگهانی، سطوح چینه بندی بریده شده (braided)، قطعات درون سازندی، مخلوط شدن فسیلهای مختلف از جمله معیارهای تشخیص نهشته‌های طوفانی هستند (شاگری و اخروی ۱۳۷۹). در توالی مورد مطالعه ملاک و مدارک کافی برای نسبت دادن این ریزرخساره به شرایط طوفانی به دست نیامد ولی می‌توان با وجود سطوح لایه بندی نامنظم و خرد شدگی ذرات، این رسوبات را به یک محیط پرانرژی نسبت داد. این ریزرخساره تبلور دوباره یافته است و این تغییر به صورت فرآیندی تدریجی است و می‌توان به صورت تغییر دیاژنتیکی ناشی از قرارگیری گلهای کربناتی رخساره میکروسکپی دریای باز در معرض هوا و از دست دادن رطوبت در یک محیط پر تلاطم دانست (Mazzullo & Birdewid, 1989 در پرتوآذر، ۱۳۷۴). این ریزرخساره مشخص کننده محیطهای جلوی سد بایو کلاستی است و به بخش میانی رمپ نسبت تعلق دارد؛ جایی که بالای سطح SWWB و زیر سطح امواج FWWB قرار دارد.

ب- ۲) گریستون بایو کلاستیک حفاری شده با ذرات پوششی
Boring Bioclastic Grainstone with Coated Grains

نام این ریزرخساره در طبقه بندی فولک بایواسپارایت و در طبقه بندی دانهام گریستون بایو کلاستیک است. اجزای اسکلتی آن شامل جلبک فراوان، بریوزوا، روزن داران، شکمپا، خرده‌های تریلوپیت، کرینوئید و به مقدار کمتر Ditropa می‌باشد (شکل ۷-J، شماره گذاری حرفی شکل در ادامه شکل ۶ است). اجزای غیر اسکلتی آن شامل ذرات پوششی و اینتراکلاست و پلت است (شکل ۷-K). زیست‌آشفته‌گی حاصل از وجود *Zoophycos* در این نوع ریزرخساره دیده نشد ولی به مقدار زیاد حفاری بدنه سخت (Boring) در دیواره ذرات جلبک وجود دارد. گردشدگی و جورشدگی ذرات خوب است. پدیده دولومیتی شدن و استیلولیتی شدن در این ریزرخساره مشاهده شده و فراوانی خرده‌های اسکلتی و سیمان اسپارایتی نشان می‌دهد محیط تشکیل این رخساره سد یا بار است.

تفسیر: بیشترین اجزای اسکلتی حمل شده مربوط به این محیط می‌باشد. بافت گریستون وجود دانه‌هایی مانند اینتراکلاست، دانه‌های پوشش دار و جورشدگی نسبتاً خوب، حاکی از تشکیل در یک محیط پر انرژی است (Flügel, 2004; Reolid et al., 2007). ذرات پوشش دار ممکن است در بخش مختلف یک رمپ یافت شوند (مثلاً Azerêdo, 1998)، ولی تشخیص موقعیت هر یک از این نوع ذرات در سیستم رمپ نیاز به بررسی نوع ذره، نوع پوشش و نوع سایر ذرات همراه را دارد. ممکن است، ذرات پوشش دار از منشأ رسوبات سد (shoal) بوده و توسط جریانات طوفانی جابه‌جا شده باشند (Török, 1998).

این ریزرخساره مشخص کننده محیطهای جلوی سد بایو کلاستی است. جریانهای پر انرژی باعث جابه‌جایی و انتقال رسوبات بایو کلاست از بدنه سد به این کمربند می‌شوند.



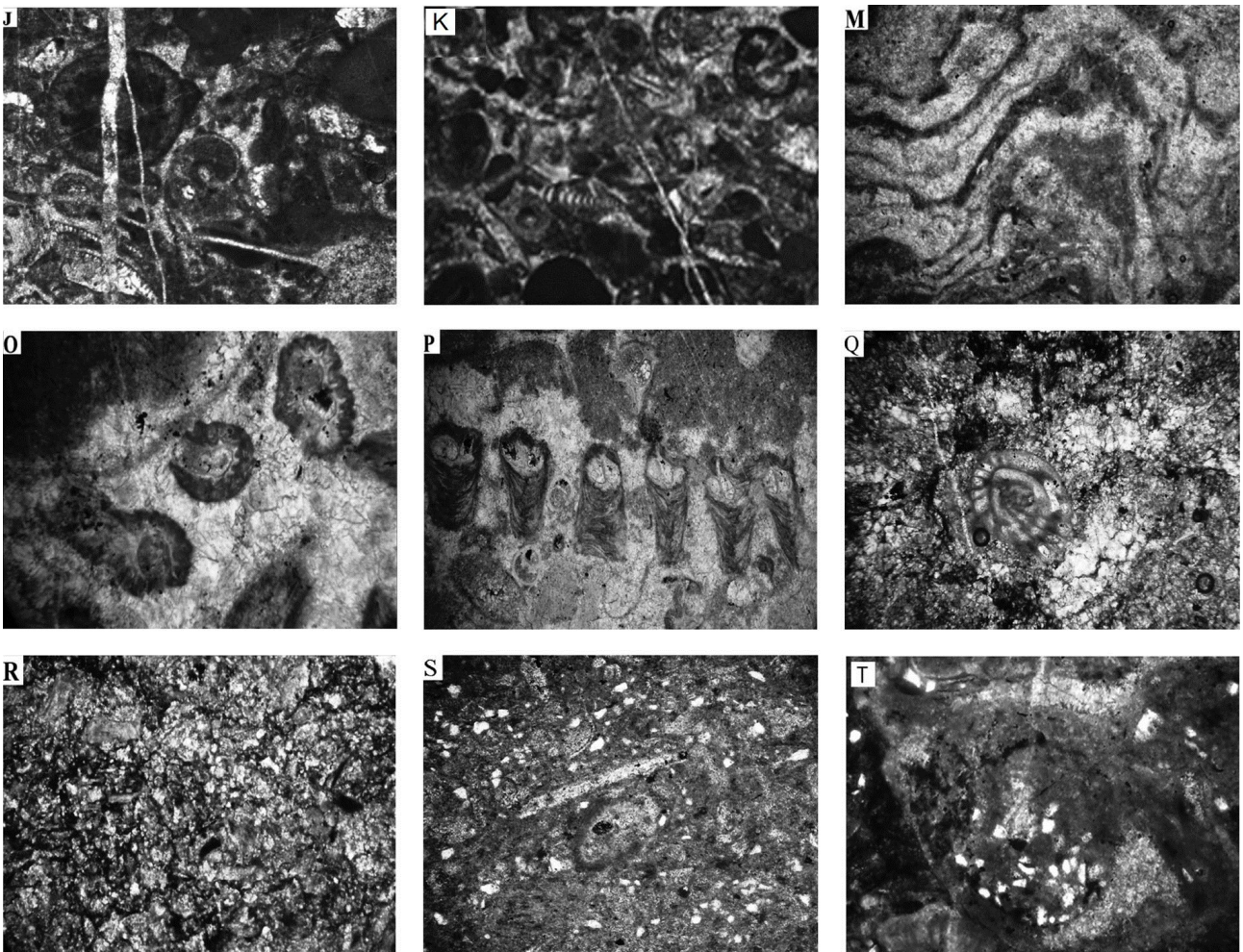
شکل ۶: انواع ریزرخساره‌های سازند روته در برش باغ دره؛ محیط رمپ بیرونی: (A) پلت در زمینه میکرایتی در ریزرخساره وکستون پلتی زیست آشفته ($40\times$). (B) وکستون پلتی زیست آشفته ($40\times$). (C) فراونی پلت و روزن‌داران در زمینه میکرایتی در ریزرخساره پکستون پلتی زیست آشفته ($100\times$). (D) پکستون پلتی زیست آشفته ($40\times$). (E) فسیل روزن‌داران همراه با پلت در زمینه میکرایتی در ریزرخساره پکستون پلتی ($40\times$). (F و G) فسیل روزن‌داران و جلبک در زمینه میکرایتی در ریزرخساره پکستون بیوکلاستیک ($40\times$). محیط رمپ میانی: (H و I) ریزرخساره بایوکلاستیک گرینستون ($100\times$).

شدگی را نشان می‌دهد. با وجود این در بین قطعات جلبکی ذرات میکرایتی یا بایوکلاستی ریز دانه نیز وجود دارند. تفسیر: این ریزرخساره متعلق به بخش رمپ داخلی است، جایی که ذرات بایوکلاستیک به ویژه جلبک خرد شده تجمع یافته و ضمن جورشدگی، به صورت گرینستون باقی مانده‌اند. همچنین وجود جور شدگی نسبتاً خوب، نشانگر تشکیل این زیر رخساره در یک محیط پراثری است که متأثر از امواج آب و هوای عادی است. این ریزرخساره را می‌توان متعلق به بدنه سد بخش رمپ داخلی دانست.

پ) رخساره رمپ داخلی

پ-۱) گرینستون جلبکی *Algal Grainstone*

این ریزرخساره در طبقه‌بندی فولک بایولیتایت جلبکی و در طبقه‌بندی دانهام بایندستون است که ذره اصلی و فراوان آن جلبک است. جلبکها در این مقاطع بیش از هشتاد درصد از ذرات را به خود اختصاص می‌دهند (شکل ۷-M). در نمونه‌های صحرایی به صورت آهکهای متوسط لایه با سطوح چینه‌بندی نامنظم هستند. ذرات جلبک به رنگ تیره اغلب خرد شده هستند ولی جورشدگی خوبی را نشان می‌دهند. اجزای اسکلتی فرعی آن شامل روزن‌داران، شکم‌پا، بازوپا، استراکد، بریوزوا، کراینوئید می‌باشند و بیشترین میزان سیمان



شکل ۷: انواع ریز رخساره های سازند روته در برش باغ دره؛ محیط رمپ داخلی: (J و K) گرینستون بیوکلاستیک (۴۰×). (M) بایندستون جلبکی (۴۰×). (O) رشد برجای بریوزوا در کرینستون بریوزوئردار (۱۰۰×). (P) رشد برجای بریوزوا در کرینستون بریوزوئردار (۴۰×). محیط جزرومدی: (Q) دولوپکستون (۱۰۰×). (R) دولو پکستون (۴۰×). (S) پکستون ماسه‌ای (۴۰×). (T) حفاری پرشده با کوارتز و میکرایت در ریز رخساره پکستون ماسه‌ای (۴۰×).

پ-۲) گرینستون بریوزوئردار *Bryozoan Grainstone*

این ریزرخساره در طبقه بندی فولک بایوسپارایت و در طبقه بندی دانهام گرینستون است. این ریزرخساره بیانگر رشد بر جای بریوزوئرمی باشد (شکل P-O)، به گونه‌ای که بریوزوا بیش از هفتاد درصد ذرات را به خود اختصاص داده است. اجزای اسکلتی فرعی متشکل از روزن داران، بازویا، جلبک و کرینوئید است. اجزای غیر اسکلتی آن شامل ذرات پوششی می‌باشد. در این ریزرخساره ذرات سازنده توسط سیمان کلسیت اسپاری به همدیگر چسبیده‌اند. **تفسیر:** دو زیررخساره اخیر به همراه هم بخش سد زیستی رمپ داخلی را تشکیل می‌دهند. بر پایه نوع زیستمدان ایجاد

کننده، بخشهای کم ژرفا تا عمیق‌تر این ریزرخساره توسط جلبکها و بریوزوئرها اشغال می‌شود. این ریزرخساره همراه با ریزرخساره قبلی، بدنه سد بایو کلاستی را ایجاد می‌نمایند.

پ-۳) دولوپکستون *Dolo-Packstone*

این نوع ریزرخساره فاقد زیست آشفستگی *Zoophycos* بوده ولی اثر موجودات حفار در آن دیده شد. پدیده‌های استیلولیتی شدن و دولومیتی شدن شدید در مقاطع وجود دارند (شکل R-Q). ذرات ریز و خرد شده‌اند و شامل روزن داران، جلبک، بازویا، بریوزوا و استراکود در زمینه میکرایتی است. ذرات غیر اسکلتی شامل پلت است این

Planolites و *Rhizocorallium*, *Chondrites*, *Zoophycos* یافت شدند. پراکندگی و فراوانی سه اثرفسیل آخر بسیار اندک است و امکان به کارگیری آنها در تحلیل شرایط حوضه رسوبی در یک سطح قابل اعتماد فراهم نبود. در مقابل اثرفسیل *Zoophycos* به مقادیر قابل توجهی در لایه-های مورد نظر یافت شد. جدول (۱) ارتباط بین گسترش و ویژگی‌های اثرفسیل *Zoophycos* با ریزرخساره‌ها را در توالی مورد مطالعه نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود، اثرفسیل *Zoophycos* تنها در رخساره رمپ بیرونی گسترش دارد. وجود رخساره‌های طوفانی در سازند روته شناخته شده است (شاکری و اخروی، ۱۳۷۹) و به نظر می‌رسد در بخش‌های میانی رمپ کربناته این سازند در برش باغ دره نیز با وجود خردشدگی قطعات زیستی و پوشش دار و جابه‌جایی آنها، تحت تأثیر موج‌های طوفانی بوده است. چنین محیطی برای جانور *Zoophycos* ساز مطلوب نبوده و در چنین رخساره‌ای اثرفسیل *Zoophycos* یافت نشد.

Zoophycos سازند روته اساساً متعلق به رمپ بیرونی یعنی محیط‌های دریای باز، ژرفای نسبی زیاد حوضه و شرایط آرام با اکسیژن کم تا احیایی است. هر چقدر عمق محیط افزایش می‌یابد اندازه حفاری جانور *Zoophycos* نیز افزوده می‌شود. ساختار *Zoophycos* به شکل دسته حفاری زبانی شکل در اندازه بزرگ و در جهت‌های مختلف است. در این حالت عمق نفوذ *Zoophycos* بیشتر و سیستم دهلیزها نزدیک به هم و متراکم هستند. با کاهش ژرفای نسبی آب و از سمت دریای باز به سوی بدنه سد به تدریج از اندازه اثرفسیل *Zoophycos* کاسته شده و ساختار آن به صورت حفاری‌های زبانی شکل کوچک با عمق نفوذ کم و با تراکم دهلیزهای پایین تغییر می‌کند (شکل ۸). این در حالی است که در محیط‌های رمپ داخلی *Zoophycos* دیده نشد و به هم ریختگی زیستی مربوط به سایر اثرفسیلها مانند *Planolites* است که البته میزان آن بسیار اندک است.

ریزرخساره در طبقه‌بندی فولک با یومیکرایت و در طبقه بندی دانه‌ها پکستون می‌باشد.

تفسیر: وجود اثرفسیل‌های پراکنده *Planolites* و دولومیتی شدن در این ریزرخساره به محیط کم ژرفای رمپ داخلی نسبت داده شد. جایی که معمولاً فرآیند تبخیر، دولومیتی شدن را در پهنه‌های سبخایی در پی دارد. محیط ایجاد این ریزرخساره پهنه جزر و مدی رمپ داخلی است.

پ-۴) پکستون ماسه‌ای *Sandy Packstone*

این ریزرخساره شامل خرده‌های اسکلتی خیلی کم از قبیل جلبک، روزن‌داران، خارپوست، بازوپا، بریوزوا، استراکود و تریلوبیت در زمینه میکرایتی است. ذرات آواری تخریبی از قبیل کوارتز در این ریزرخساره در حدود ۲۰ تا ۴۰ درصد ذرات را تشکیل می‌دهد (شکل ۷- S). اندازه ذرات در حد دانه درشت است. جورشدگی موجود در این ریزرخساره در حد ضعیف است. این ریزرخساره در طبقه‌بندی فولک با یومیکرایت و در طبقه بندی دانه‌ها پکستون می‌باشد. پدیده حفاری در این ریزرخساره دیده شده که در درون حفاری، جانور رسوبات را بر اساس ثقل، مرتب کرده است (شکل ۷- T). در این رخساره هیچ‌گونه زیست‌آشفستگی که حاصل فعالیت *Zoophycos* باشد مشاهده نشد. رگه‌های استیلولیتی در این نوع ریزرخساره فراوان است.

تفسیر: بخش‌های کم ژرفای رمپ داخلی متأثر از جریان‌ات قاره‌ای نیز است. این جریانها ممکن است رسوبات تخریبی را به این بخش از رمپ وارد کنند و باعث ته‌نشست رسوبات ماسه به همراه رسوبات کربناته گردند. محیط رسوبی این ریزرخساره بخش کم ژرفای رمپ داخلی است.

ارتباط ریزرخساره‌ها و *Zoophycos*

اجتماع اثرفسیلها معمولاً به وسیله عواملی از قبیل میزان اکسیژن، مواد غذایی و نور کنترل شده است (Wetzel, 1996; Olivero, 1991). در توالی مورد مطالعه اثرفسیل‌های

جدول ۱: ارتباط داده‌های ریزرخساره و *Zoophycos* سازند روته در برش باغ دره، کوه‌های سلطانیه

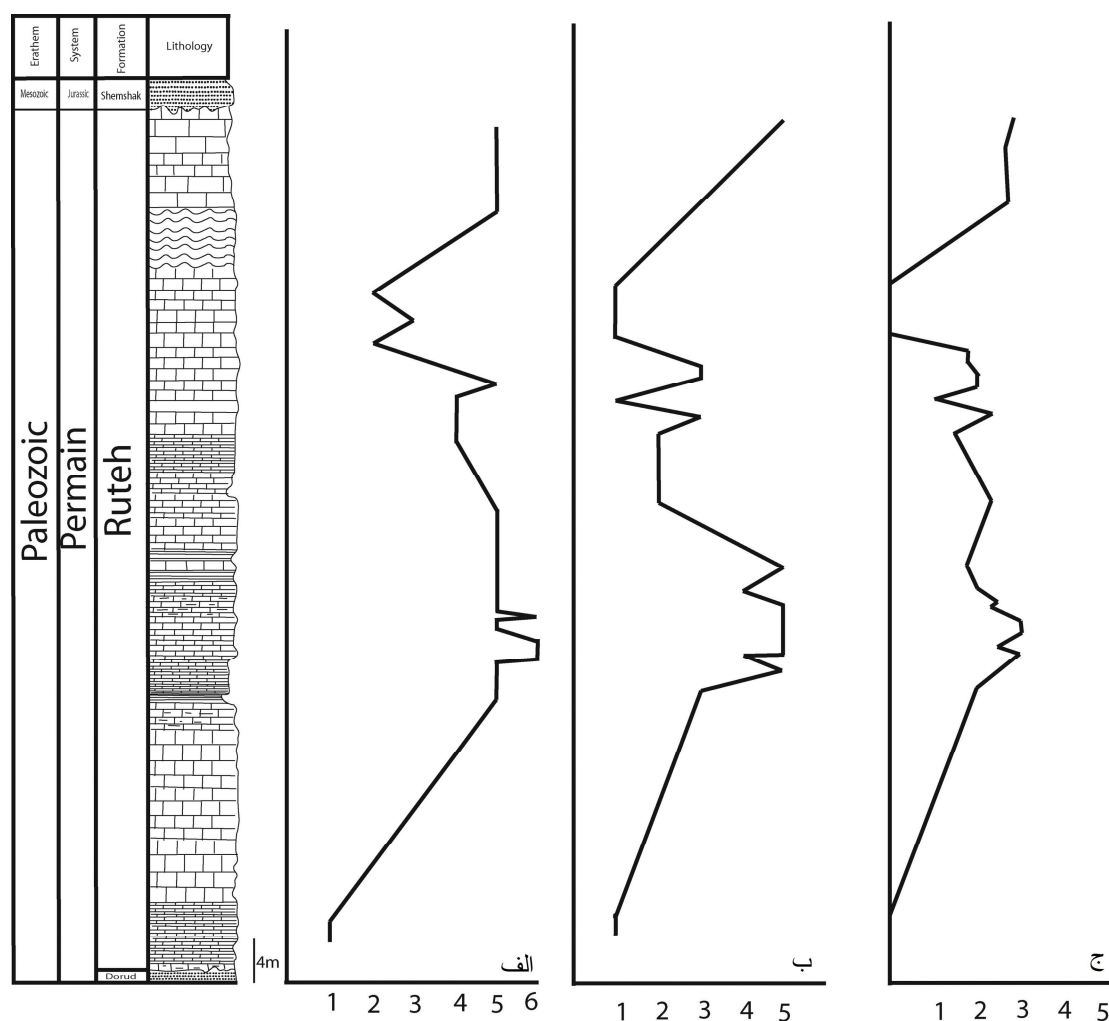
رخساره	ریزرخساره	علامت اختصاری	کمینة و بیشینه اندازه حفاری <i>Zoophycos</i> (cm)	کمینة و بیشینه اندازه لوله حفاری <i>Zoophycos</i> (mm)	کمینة و بیشینه زیست آشفتنگی (ایکنوفابریک)
رمپ بیرونی - دریای باز	وکستون پلونیدی زیست آشفته	OBPW	۹-۶	۳/۲-۲/۲	۵
	پکستون پلونیدی زیست آشفته	OBPP	۹-۶	۳-۱/۵	۵-۴
	پکستون پلونیدی	OPP	۶-۳	۲/۲-۱	۳-۱
	پکستون بایوکلستیک	OBP	۴-۳	۱/۵-۱	۲-۱
رمپ میانی	گرینستون بایوکلستیک	MGB	-	-	-
	گرینستون بایوکلستیک پوششی حفاری شده	MBCG	-	-	-
رمپ داخلی	بایندستون جلبکی	MAB	-	-	-
	گرینستون بریزوثری	MBG	-	-	-
	پکستون ماسه ای	ISP	-	-	-
	دولوپکستون	IDP	-	-	-

جانبی تغییر می‌کنند لذا وضعیت به هم ریختگی زیستی نیز به طور جانبی تغییر می‌کند. درحقیقت زیست‌آشفتنگی فرآیندی زیست‌زادی است که در طی آن ساختمان فیزیکی رسوب اولیه به خصوص چینه بندی به هم می‌ریزد.

ردیف شدگی (tiering) عمودی اثرفسیلها در داخل رسوبات نشانگر اجتماعات متوالی از گروه‌های مختلف موجودات است. در شرایط کمبود اکسیژن تعداد ردیفها بسیار محدود خواهد بود (Savrda & Bottjer, 1986)، ولی در شرایط با میزان اکسیژن بالا تعداد ردیفها در داخل رسوبات افزایش می‌یابد به طوری که جانداران بدون هیچ گونه مشکلی به حفر رسوبات در اعماق زیاد ادامه می‌دهند. هر چقدر میزان اکسیژن محیط کاهش یابد اثرهای زیستی مختلف پی در پی ناپدید می‌گردند. اکسیژن دار بودن درون لایه‌ها یک عامل مهم در کنترل شرایط زندگی موجود اثر ساز است کمبود اکسیژن باعث کاهش تنوع اثرفسیلها می‌شود (Savrda & Bottjer, 1986). هر چقدر میزان اکسیژن موجود در محیط بیشتر باشد تنوع اثر سازها افزایش می‌یابد؛ همچنین این عامل بر میزان نفوذ اثرسازهای درون رسوب زی نیز مؤثر است (Bromley, 1996).

اندازه موجودات کفزی با کاهش اکسیژن ارتباط دارد و هر چقدر میزان اکسیژن موجود در محیط رسوبی و آبهای کف حوضه کمتر باشد اندازه موجودات کفزی کوچک شده و دالانهای حفر شده توسط موجودات نیز کوچک خواهد بود. دالانهای بزرگ نشانگر موجودات بزرگ و اکسیژن بالا می‌باشد (Savrda & Bottjer, 1986). در برش مورد مطالعه قطر دالانهای حفر شده توسط *Zoophycos* در اندازه کم تا متوسط می‌باشد که نشانگر محیطی با اکسیژن پایین است.

اگر شرایط محیط برای زیست جانوران مناسب باشد فراوانی و تجمع جانوران در محیط بیشتر شده و باعث ایجاد به هم ریختگی زیستی در محیط می‌شود. ایکنوفابریک به عوامل زیست‌شناسی و فیزیکی وابسته است (Ekdale et al., 1984). عوامل زیستی شامل نوع و ماهیت جانور اثرساز، میزان توانایی جانور در حفاری و ایجاد به هم ریختگی زیستی و تعداد آنهاست (Bromley 1996). عوامل فیزیکی شامل میزان رسوب‌گذاری، میزان استحکام، مقاومت و ترکیب لایه‌های رسوبی، وجود رسوب‌گذاری ناگهانی و غیر منتظره، میزان اکسیژن محیط و ژرفای حوضه رسوبی است (Bottjer & Droser, 1994). چون این عوامل به طور

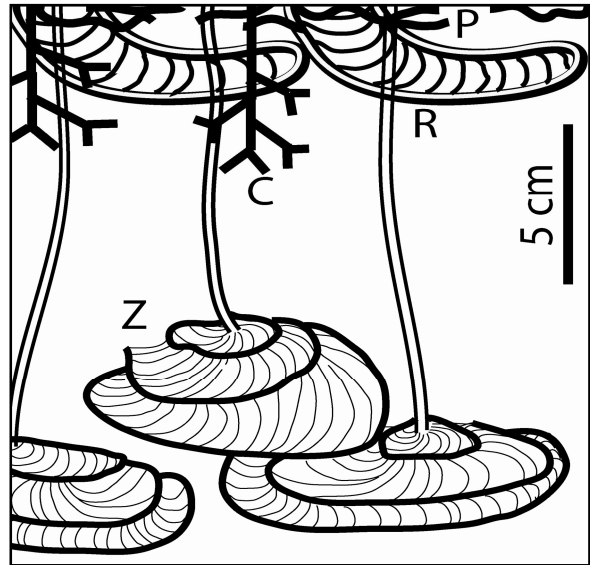


شکل ۸: الف) نمودار مربوط به ریزرخساره‌ها: ۱- پکستون ماسه‌ای ۲- گرینستون بیوکلاستیک ۳- پکستون بیوکلاستیک ۴- پکستون پلوئیدی ۵- پکستون پلوئیدی زیست آشفته ۶- وکستون پلوئیدی زیست آشفته. ب) نمودار مربوط به تغییرات ایکنوفابریک، ۱ تا ۵ اندیسهای ایکنوفابریکی. پ) نمودار مربوط به تغییرات قطر لوله حفاری *Zoophycos* (mm).

اثرفسیل *Zoophycos* بیشترین نفوذ و جای گیری را در لایه‌ها نمایش می‌دهد (شکل ۹). رسوبات کربناته سازند روته که دارای اثرفسیل *Zoophycos* هستند، در شرایط رسوبی آرام با ژرفای نسبی بیشتر و میزان رسوب گذاری پایین نهشته شده‌اند. با پایین بودن سطح اکسیژن و برقراری شرایط احیایی، جانور *Zoophycos* ساز برای تأمین انرژی مورد نیاز، به حفاری ژرف تر روی آورده است. به نحوی که با هم‌زیستی شیمیایی باکتریایی و اکسیداسیون مواد موجود در محیط مانند سولفورها، این انرژی برای جانور *Zoophycos* ساز تأمین شده است.

در لایه‌های مورد مطالعه اثرفسیل *Zoophycos* غالب است و تنها یک مورد اثرفسیل *Rhizocorallium* در لایه پنجم و تعدادی اثرفسیل *Chondrites* کوچک در لایه‌های آخر یافت شدند. اثرفسیل *Planolites* نیز به طور پراکنده در این توالی وجود دارد. علی‌رغم اندک بودن سایر اثرفسیلها، تنها می‌توان با وجود اثرفسیل *Zoophycos* در بازسازی سلسله مراتب ایجاد اثرها نسبت به عمق و زمان ایجاد آنها پرداخت. با عنایت به داده‌های موجود در توالی مورد مطالعه اثرفسیلهای *Planolites*، *Rhizocorallium*، *Chondrites* و *Zoophycos* به ترتیب کمترین میزان نفوذ را در لایه‌ها داشته و این

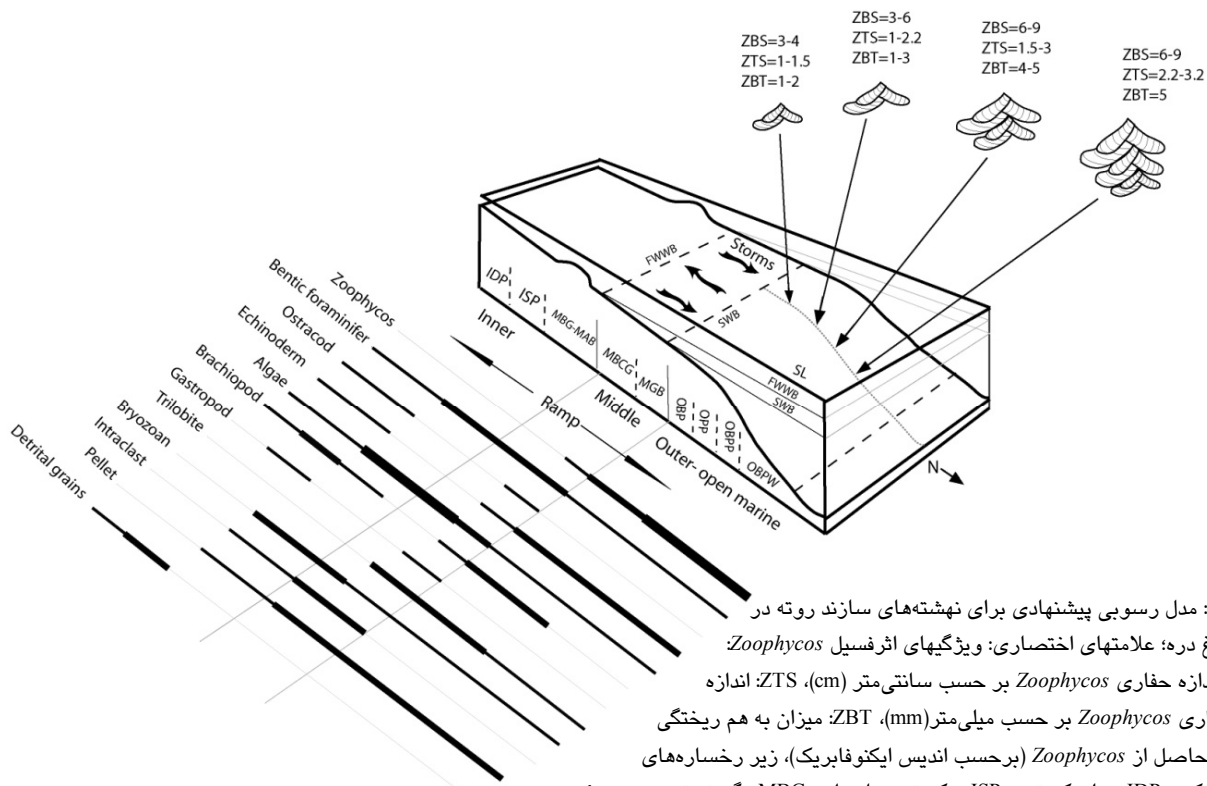
Flügel (2010) مدل رسوبی این سازند در برش مورد مطالعه یک رمپ کربناته هوموکلینال تفسیر شد. ساختارهای سدی در این برش گسترش زیادی دارند و پهنه‌های جزر و مدی دارای گسترش اندکی هستند (شکل ۱۰). در این مدل گسترش و پراکندگی اثرفسیل *Zoophycos* در بخشهای پایین دست رمپ میانی یعنی رمپ بیرونی تا مناطق ژرف‌تر دریای باز و در نظر گرفته شده است. به بیان دیگر *Zoophycos* موجود در این مدل نه تنها زیر سطح موجسار هوای آرام (fair-weather FWWB- wave base) بلکه در زیر سطح امواج طوفانی (SWB-Strom weather base) گسترش دارد. این گسترش به نحوی است که در رمپ بیرونی به سوی دریای آزاد فراوانی اثرفسیل *Zoophycos* بیشتر شده که همراه با افزایش اندازه آن و عمق حفاری جانور *Zoophycos* ساز در رسوب است.



شکل ۹: ترتیب زمانی - مکانی (tiering) ایجاد اثرفسیل‌های سازند روتنه در برش باغ دره، P: Planolites، R: Rhizocorallium، C: Chondrites، Z: Zoophycos؛ راستای افقی بدون مقیاس است.

مدل رسوبی سازند روتنه

با توجه به ریزرخساره‌های موجود و دسته‌بندی آنها و با توجه به مدل‌های ارائه شده توسط Wilson (1975) و



شکل ۱۰: مدل رسوبی پیشنهادی برای نهشته‌های سازند روتنه در برش باغ دره؛ علامتهای اختصاری؛ ویژگیهای اثرفسیل *Zoophycos*: ZBS: اندازه حفاری *Zoophycos* بر حسب سانتی‌متر (cm)، ZTS: اندازه لوله حفاری *Zoophycos* بر حسب میلی‌متر (mm)، ZBT: میزان به هم ریختگی زیستی حاصل از *Zoophycos* (برحسب اندیس ایکونوفابریک)، زیر رخساره‌های میکروسکوپی: IDP: دولوپکستون، ISP: پکستون ماسه‌ای، MGB: گرینستون بریوزوئری،

MAB: بایندهستون جلبکی، MBCG: گرینستون بایوکلاستیک پوششی حفاری شده، MGB: گرینستون بایوکلاستیک، OBP: پکستون بایوکلاستیک، OPP: پکستون پلوئیدی، OBPP: پکستون پلوئیدی زیست آشفته، OBPW: وکستون پلوئیدی زیست آشفته، SL: سطح دریای آزاد، FWWB: موج سار هوای آرام، SWB: موج سار هوای طوفانی.

نتیجه‌گیری

Zoophycos به طرف رمپ میانی که انرژی محیط زیاد است رو به کاهش می‌گذارد. با کم شدن آثار حفاری فراوانی پلئوئید نیز در محیط کم می‌شود. در ریزرخساره‌های وکستون و پکستون پلتی رمپ بیرونی میزان به هم ریختگی زیستی رسوبات به علت وجود اثرفسیل *Zoophycos* افزایش یافته است که همراه با افزایش شعاع *Zoophycos* و قطر دهلیز حفاری آن است. در مقابل با کاهش عمق به سمت رمپ میانی به تدریج از شعاع، قطر دهلیز و میزان به هم ریختگی زیستی لایه کاسته می‌شود.

پس از بررسی و برداشتهای صحرایی و آزمایشگاهی مشخص شد که کربناتهای سازند روته در یک محیط رمپ کربناته با شیب ملایم ته نشین شده‌اند و در قالب سه کمر بند رخساره‌ای پهنه جزر ومدی تا سدی (رمپ داخلی)، بایو کلاستیک متأثر از طوفان (رمپ میانی) و دریای باز (رمپ بیرونی) جای دارند. اثرفسیل *Zoophycos* در برش باغ دره غالباً در نواحی رمپ بیرونی تا دریای باز گسترش یافته است و ریخته‌های بدون لوب این اثرفسیل در منطقه غالبند که نشانگر فراوانی مواد آلی در محیط است. فراوانی

منابع

- پرتوآذر، ح.، ۱۳۷۴. زمین شناسی ایران: سیستم پرمین در ایران. سازمان زمین شناسی کشور، شماره ۲۲، ۳۴۰ ص.
- شاکری، ص.، اخروی، ر.، ۱۳۷۹. معرفی رخساره‌های طوفانی سازند روته برش چینه شناسی آرو، البرز مرکزی. نوزدهمین گردهمایی علوم زمین.
- عباسی، ن.، ۱۳۷۸. ایکنولوژی و ایکنوفابریک سازند روته در جنوب غرب ابهر، کوه‌های سلطانیه. سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز.
- Alavi, M.H., Hajian, J., Amidi, M., & Bolourchi, M.H., 1982. Geology of Takab-Saein-Galeh, 1:250000, *Geol. Survey of Iran*, Report No. 50: 99p.
- Azerêdo, A.C., 1998. Geometry and facies dynamics of Middle Jurassic carbonate ramp sand bodies, West-Central Portugal. In V.P. Wright & T.P. Burchette (eds.) Carbonate Ramps. *Geological Society of London*, Special Publication, 149: 281-314.
- Bolourchi, M.H., 1979. Explanatory text of Kabudar Ahang Quadrangle Map, 1:250000. *Geol. Survey of Iran*. Geological Quadrangle D5: 107p.
- Bottjer, D.J., Droser, M.L., & Jablonski, D., 1988. Paleoenvironmental trends in the history of trace fossils. *Nature*, 333: 252-255.
- Bottjer, D.J., & Droser, M.L., 1994. The history of Phanerozoic bioturbation. In Donovan, S. K. (ed). The Palaeobiology of Trace Fossils. *John wiley & Sons publ.*, 155-176.
- Brenchley, P.J., & Harper, D.A.T., 1998. Palaeoecology, Ecosystems, Environments and Evolution. *Chapman and Hall*, London. 402p.
- Bromley, R.G., 1996. Trace fossils: Biology, taphonomy and applications, 2nd edn. *Chapman & Hall*, London, 361p.
- Crimes, T.P., & Droser, M.L., 1992. Trace fossils and bioturbation: the other Fossil record. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 23: 339-360.
- Droser, M.L., & Bottjer, D.J., 1989. Ichnofabric of sandstones deposited in high-energy nearshore environments: measurement and utilization. *Palaios*, 4: 598-604.
- Dunham, R.J., 1962. Classification of Carbonate rocks. *A.A.P.G. Memoir*, 1: 108-121.
- Egenhoff, S., Cassle, C., Maletz, J., Frisk, A., & Ebbestad, O.R., 2010. Sedimentology and sequence stratigraphy of a pronounced Early Ordovician sea-level fall on Baltica. The Bjørkåsholmen Formation in Norway and Sweden. *Sedimentary Geology*, 224, 1-14.

- Ekdale, A., Bromley, R.G., & Pemberton, S.G., 1984. Ichnology: The use of trace fossil in Sedimentology and Stratigraphy. *SEPM*, short course 15: 317p.
- Ekdale, A.A., & Lewis, D.W., 1991. The New Zealand *Zoophycos* revisited: morphology, ethology and paleoecology. *Ichnos*, 1: 183-194.
- Flügel, E., 2004. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. *Springer Verlag*, Berlin, 976p.
- Folk, R.L., 1962. Classification of carbonate rocks. *A.A.P.G.*, M.L., pp.62-84.
- Giannetti, A., & McCann, T., 2010. The Upper Paleocene of the Zumaya Section (Northern Spain): Review of the Ichnological Content and Preliminary Paleoecological Interpretation. *Ichnos*, 17: 137-161.
- Knaust, D., 2004. The oldest Mesozoic nearshore *Zoophycos*: evidence from the German Triassic. *Lethaia* 37: 297-306.
- Miller, M.F., 1991. Morphology and paleoenvironmental distribution of *Spirophyton* and *Zoophycos*: implications for the *Zoophycos* ichnofacies. *Palaios*, 6, 410-425.
- Olivero, D., 1996. *Zoophycos* distribution and sequence stratigraphy Examples from the Jurassic. and Cretaceous deposits of southeastern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 123: 273-287.
- Olivero, D., 2003. Early Jurassic to Late Cretaceous evolution of *Zoophycos* in the French Subalpine Basin (southeastern French). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 192: 59-78.
- Reading, J.G., 1996. Sedimentary environments and facies. *Blackwell Science*. Publ.1, 615P.
- Reolid, M., Giallard, C., & Lathuiliere, B., 2007. Microfacies, microtaphonomic traits and foraminiferal assemblages from Upper Jurassic oolitic-coral limestones: stratigraphic fluctuations in a shallowing-upward sequence (French Jura, Middle Oxfordian). *Facies*, 53: 553-574.
- Savary, B., Olivero, D., & Gaillard, C., 2004. Calciturbidite dynamics and endobenthic colonization: example from a late Barremian (Early Cretaceous) succession in southeastern France. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211: 221-239.
- Savrda, C.E., & Bottjer, J.D., 1986. Trace fossil model for reconstruction of paleo-oxygenation in bottom waters. *Geology*, 14: 3-6.
- Seilacher, A., 2007. Trace Fossil Analysis. *Springer*, Berlin, Germany. 226p.
- Simpson, S., 1970. Notes on *Zoophycos* and *Spirophyton*. In: Crimes, T.P., & Harper, J.C., (eds.), Trace Fossils. *Geological Journal*, Special Issue, 3: 505-526.
- Stöcklin, J., & Eftekhar-nezhad, J., 1969. Explanatory text of the Zanjan Quadrangle map, 1:250000, *Geol. Surv. Iran*, D4: 59p.
- Török, Á., 1998. Controls on development of Mid-Triassic ramps: examples from southern Hungary. In: Wright, V.P., & Burchette, T.P., (eds.) Carbonate Ramps. *Geological Society of London*, Special Publication, 149: 339-367.
- Wetzel, A., 1991. The preservation potential of ash layers in the deep-sea: the example of the 1991-Pinatubo ash in the South China Sea. *Sedimentology*, 56: 1992-2009.
- Wilson, J.L., 1975. Carbonate Facies in Geologic History. *Springer-Verlag*, New York, 471p.

***Zoophycos* construction analysis by combination of microfacies data in the Ruteh Formation (Permian), Baghdarreh section, Soltanieh Mountains, northwest Iran**

Abbasi, N.^{1*}, Beyrami Euoraghi, R.², Shabanian, R.³

1- Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

2- Ms.C. Student, Department of Geology, Payam-e-Nour University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

3- Assistant Professor, Payam-e-Nour University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

***E-mail: abbasi@znu.ac.ir**

Abstract

Ruteh Formation is composed of dark bioclastic limestone and marl layers in the Baghdarreh section, Soltanieh Mountains (northwest Iran). It is about 43 meters in thick. Ruteh Formation is Murghabian in age based on foraminifers' assemblages. Carbonate layers contain *Zoophycos*, *Chondrites*, *Planolites* and *Rhizocorallium* trace fossils, which *Zoophycos* is the main and abundant among other rare trace fossil. Microfacies analysis (10 identified microfacies) shows sediments of Ruteh Formation deposited in three facies belts including inner, middle and outer homoclinal carbonate ramp. *Zoophycos* only present in the outer ramp to open marine microfacies with anaerobic and low tolerances conditions, below storm weather base. Where the depth increased, size of *Zoophycos* and its burrow diameter increases which followed by development of bioturbation. Ruteh Formation's *Zoophycos* have no lobate structure and it formed in organic bearing carbonate sediments.

Keywords: Microfacies, Ichnology, Ruteh Formation, Soltanieh Mountains, *Zoophycos*.