

دیرینه بوم‌شناسی استراکودهای سازند قم در خاور سیرجان و جنوب باختری کاشان (حوضه پیش کمان سندج-سیرجان)

ابراهیم محمدی^۱ و محمدجواد حسنی^۲

استادیار، گروه اکولوژی، پژوهشگاه علوم و فناوری پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۹/۱۷

چکیده

در این مقاله دیرینه بوم‌شناسی استراکودهای سازند قم در برش‌های بوجان و ورکان مطالعه گردیده است. سن برش‌ها بر اساس روزنه‌بران روپلین - شاتین (برش بوجان) و روپلین (برش ورکان) تعیین گردیده است. از برش‌های بوجان و ورکان به ترتیب ۴۴ و ۳۳ گونه استراکود شناسایی گردیده است. گونه‌های جنس *Cytheridea* فراوان‌ترین و غالب‌ترین استراکودهای برش بوجان هستند. با این حال، در بخش پایینی برش بوجان، در کنار گونه‌های جنس *Cytheridea*، گونه‌های مختلف جنس *Cytherella* نیز وجود دارند که به سمت بالا از فراوانی *Cytherella* کاسته شده و جنس‌های *Neonesidea*، *Cytheridea* و *Bairdia* غالب می‌گردند. استراکودهای پودوکوپید در روپلین ۷۶٪ و در شاتین ۸۶٪ جامعه استراکودی برش بوجان را تشکیل می‌دهند. گونه‌های *Paracypris sapperti*، *Paracypris pandyai*، *Paracypris pseudoreniformis*، *Bythocypris*، *Neonesidea elegans* و *Paracypris naalunensis* استراکودهای غالب برش ورکان بوده که همگی پودوکوپید بوده و ۷۷٪ جامعه استراکودی را تشکیل می‌دهند. بالا بودن میزان استراکودهای پودوکوپید در هر دو برش حاکی از شرایط دیرینه بوم‌شناسی مساعد و فراوانی اکسیژن بوده با این تفاوت که در برش ورکان شرایط بوم‌شناسی یکسان بوده ولی در برش بوجان به سمت بالای برش شرایط به حالت نرمال دریایی نزدیک‌تر و میزان اکسیژن نیز بیشتر شده است.

کلیدواژه‌ها: سازند قم، سندج-سیرجان، دیرینه بوم‌شناسی، استراکود، پودوکوپید.

***نویسنده مسئول:** محمدجواد حسنی

E-mail: mjhassani887@gmail.com

۱- پیش‌نوشتار

سازند قم از توالی ضخیمی از مارن‌های دریایی، سنگ‌های کربناته، ژئیس و نهشته‌های سیلیسی آواری تشکیل شده و رسوبگذاری آن در حوضه‌های سندج-سیرجان، ارومیه-دختر و ایران مرکزی صورت گرفته است (Schuster and Wielandt, 1999; Reuter et al., 2009; Mohammadi et al., 2013). رسوبگذاری سازند قم در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر از ۲۷° ۳۴° شمالی، در هر سه حوضه سندج-سیرجان، ارومیه-دختر و ایران مرکزی در روپلین آغاز گردیده به طوری که رسوبات شاتین تا عرض جغرافیایی ۳۵° شمالی ادامه داشته و در عرض‌های جغرافیایی بالاتر، سازند قم در میوسن پیشین شروع به رسوبگذاری نموده است، بنابراین پیشروی دریای قم از جنوب خاور آغاز شده و به تدریج به سمت شمال باختر ادامه یافته است (Mohammadi et al., 2013; Mohammadi, 2019, 2020 a,b).

در این مطالعه، با توجه به اینکه روزنه‌بران نسبت به استراکودها ابزار بسیار دقیق‌تری برای تعیین سن هستند، علاوه بر استراکودها، روزنه‌بران موجود در سازند قم نیز مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته و سعی شده تا علاوه بر شناسایی استراکودها، گستره سنی آنها بر پایه سن به‌دست‌آمده از مطالعه روزنه‌بران نیز مشخص گردد.

علی‌رغم وجود مطالعات متعدد بر روی روزنه‌بران و محیط رسوبی سازند قم، مطالعات نسبتاً معدودی روی استراکودهای این سازند انجام گرفته است که جدیدترین آنها شامل حسنی کبوترخانی (۱۳۸۵)، دریسی (۱۳۸۷)، حسینی‌پور و همکاران (۱۳۸۸)، ترک‌زاده ماهانی و همکاران (۱۳۸۹)، عظیمیان قلعه‌حسن (۱۳۸۹)، وادونی (۱۳۸۹)، احسانی (۱۳۹۰)، اسماعیلی دهج (۱۳۹۰)، محسن بیگی (۱۳۹۰)، غیاثوند و همکاران (۱۳۹۱)، حسنی کبوترخانی (۱۳۹۱)، طریقتی (۱۳۹۱)، ابراهیمی (۱۳۹۲)، دانشیان و اکرمی (۱۳۹۲)، صفری و همکاران (۱۳۹۲)، محمدی و همکاران (۱۳۹۳)، مغفوری مقدم (۱۳۹۳)، دانشیان و گودرزی (۱۳۹۶)، کیانی اصل (۱۳۹۵)، زنگنه و همکاران (۱۳۹۸) و (Hassani and Hosseini-pour, 2018) می‌باشند.

۲- موقعیت زمین‌شناسی و جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

هر دو برش مورد مطالعه بر اساس مطالعات پیشین (Reuter et al., 2009; Mohammadi et al., 2013) در حوضه رسوبی پیش کمان اصفهان سیرجان (شکل ۱- A) و گستره ایران مرکزی واقع گردیده‌اند. برش بوجان در ۴۰ کیلومتری خاور شهرستان سیرجان (حدوداً ۷ کیلومتری شمال باختری بلورد)، در نزدیکی روستای بوجان واقع گردیده و مختصات جغرافیایی آن "۲۶° ۲۹' ۰۴" عرض شمالی و "۵۹° ۵۹' ۲۷" طول خاوری بوده و از طریق جاده سیرجان به بلورد و بافت قابل دسترسی می‌باشد (شکل ۱- B). برش ورکان در مختصات جغرافیایی "۲۹° ۴۱' ۳۳" عرض شمالی و "۵۴° ۴۱' ۵۱" طول خاوری در ۷۵ کیلومتری جنوب باختر کاشان (۵ کیلومتری جنوب خاور روستای ورکان و در خاور روستای آرنجن) واقع شده و از طریق جاده اصفهان-دلیجان و همچنین جاده کاشان-گلپایگان قابل دسترسی می‌باشد (شکل ۱- C).

۳- روش مطالعه

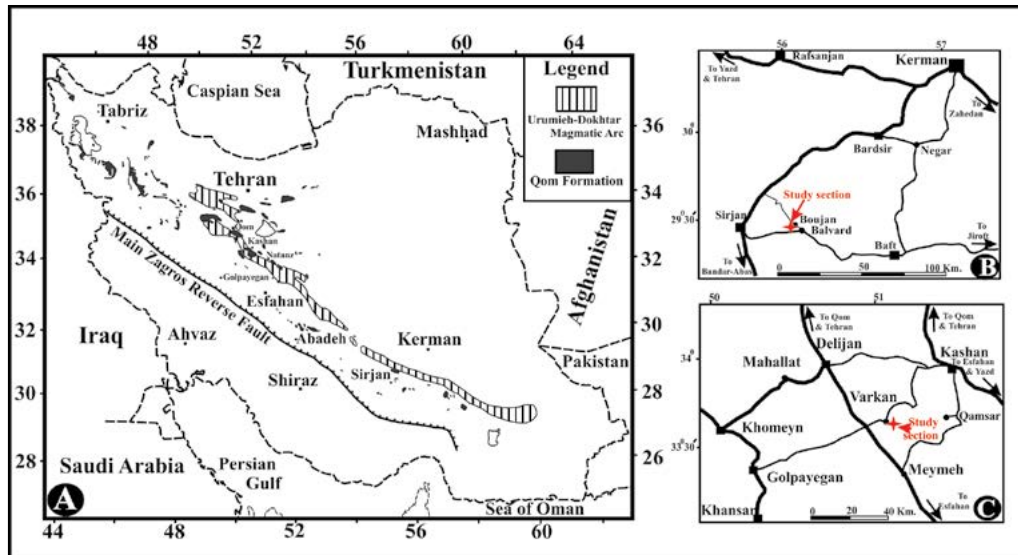
به‌منظور بررسی استراکودهای نهشته‌های الیگو-میوسن سازند قم در مناطق سیرجان و کاشان، برش چینه‌شناسی بوجان در خاور سیرجان (به ضخامت ۱۵۶ متر) و برش چینه‌شناسی ورکان در جنوب باختری کاشان (به ضخامت ۱۹۰ متر) انتخاب گردیدند و از آنها به ترتیب ۹۹ و ۱۲۷ نمونه به‌طور سیستماتیک و بر اساس تغییرات رخساره‌ای و بافتی برداشت گردید. نمونه‌های نرم مورد گل‌شویی قرار گرفته و استراکودها و روزنه‌بران آن جدا و شناسایی گردید. از نمونه‌های سخت مقاطع نازک تهیه گردیده و روزنه‌بران آنها شناسایی و مطالعه گردیده‌اند. سن برش‌های مورد مطالعه بر پایه روزنه‌بران شناسایی شده ارائه شده و جهت بررسی دیرینه بوم‌شناسی استراکودها از منابع مهمی که در متن مقاله ذکر شده‌اند، استفاده شد.

۴- بحث

۴-۱. زیست‌چینه‌نگاری برش‌های مورد مطالعه

در زمینه تعیین سن از منابع و زون‌بندی‌های موجود برای نهشته‌های الیگو-میوسن (Laursen et al., 2009; Van Buchem et al., 2010) و مطالعات محققین قبلی (Mohammadi, 2015; Mohammadi, 2021) استفاده شده است.

با توجه به اهمیت تعیین سن در مطالعات دیرینه‌شناسی، در این مطالعه سن برش‌ها و استراکودها بر اساس روزنه‌بران کف‌زی موجود در آنها تعیین گردیده است.



شکل ۱- نقشه پراکندگی برونزدهای سازند قم و همچنین کمان ماگمایی ارومیه-دختر در ایران (با اصلاحات از Mohammadi et al., 2013). (B) برش بوجان و راه‌های دسترسی به آن؛ (C) موقعیت برش ورکان و راه‌های دسترسی به آن (سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۸۸).

۴-۱-۱. زیست‌چینه‌نگاری برش بوجان بر اساس روزنه‌بران بنتیک

در این برش بر اساس پراکندگی روزنه‌بران می‌توان دو تجمع زیستی غیر رسمی به شرح زیر تعیین نمود:

تجمع ۱: این تجمع از قاعده برش تا ارتفاع ۹۷ متری گسترش داشته که از تناوب مارن و آهک تشکیل شده است. نمونه‌های B1 تا B59 متعلق به این تجمع می‌باشند که در آنها فسیل‌های *Amphistegina* sp., *Archaias* sp., *Austrotrillina howchini*, *Borelis pygmaea*, *Dendritina rangi*, *Elphidium* sp., *Eulepidina dilatata*, *Eulepidina elephantina*, *Heterostegina* sp., *Nephrolepidina tournoueri*, *Nummulites fichteli*, *Nummulites vascus*, *Operculina complanata*, *Peneroplis tomasi*, *Pyrgo* sp., *Quinqueloculina* sp., *Rotalia viennoti*, *Sphaerogypsina globules*, *Textularia* sp., *Triloculina tricarinata*, *Triloculina trigonula* شناسایی گردیده‌اند. با توجه به این که آخرین حضور جنس *Nummulites* در نمونه B59 (ضخامت ۹۷ متری) بوده، به ۹۷ متر آغازین این برش بر اساس حضور *N. vascus* و *N. fichteli* (Laursen et al., 2009; Van Buchem et al. 2010; Mohammadi, 2015; Mohammadi, 2020b).

تجمع ۲: این تجمع از ارتفاع ۹۷ متری تا رأس برش را در برگرفته و شامل آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و گاهی نیز توده‌ای می‌باشد. این تجمع دربرگیرنده روزنه‌برانی همچون *Amphistegina* sp., *Archaias* sp., *Austrotrillina howchini*, *Borelis pygmaea*, *Elphidium* sp., *Eulepidina dilatata*, *Eulepidina elephantina*, *Haplophragmium* sp., *Heterostegina* sp., *Nephrolepidina tournoueri*, *Operculina complanata*, *Pyrgo* sp., *Quinqueloculina* sp., *Rotalia viennoti*, *Sphaerogypsina globules*, *Textularia* sp., *Triloculina tricarinata*, *Triloculina trigonula*, *Valvulina* sp. بوده و نمونه‌های B60 تا B99 از توالی‌های دربرگیرنده این تجمع برداشته شده است. با توجه به عدم حضور *Nummulites fichteli*, *N. intermedius*, *N. vascus* (شاخص روپلین)، *Borelis melo curdica* (شاخص بوردیگالین) و *Miogypsina* (شاخص شاتین‌انتهایی و اکتیانین) و همچنین بر اساس موقعیت چینه‌شناسی آن در بالای تجمع ۱ (با سن

روپلین)، می‌توان سن شاتین را برای این تجمع در نظر گرفت (Mohammadi, 2015; Mohammadi, 2021).

۴-۱-۲. زیست‌چینه‌نگاری برش بوجان بر اساس استراکودها

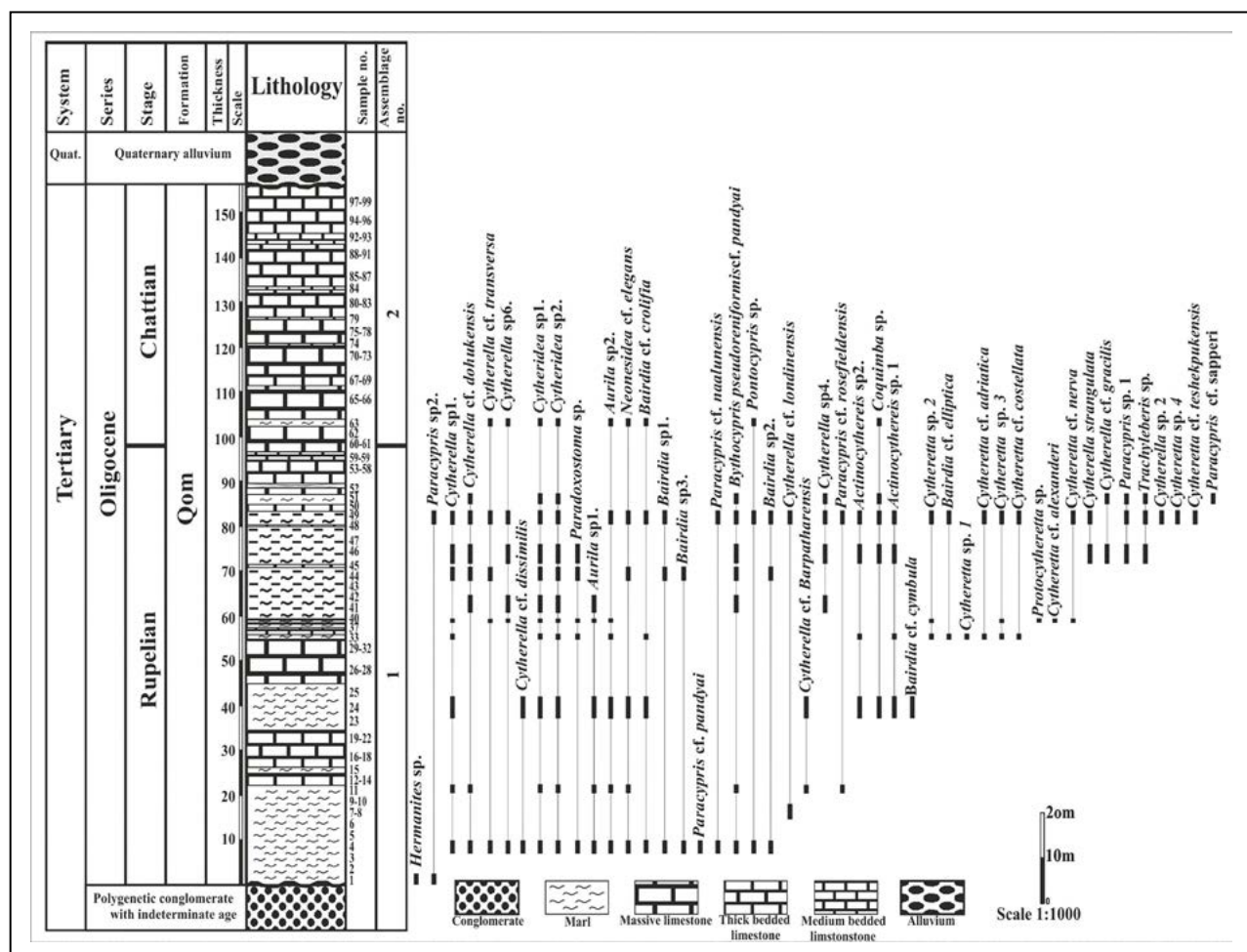
در برش بوجان تعداد ۴۴ گونه استراکود شامل *Actinocythereis* sp. 1, *Actinocythereis* sp. 2, *Aurila* sp. 1, *Aurila* sp. 2, *Bairdia crolifai*, *Bairdia cymbula*, *Bairdia elliptica*, *Bairdia* sp. 1, *Bairdia* sp. 2, *Bairdia* sp. 3, *Bythocypris pseudoreniformis*, *Coquimba* sp., *Cytherella barpatharensis*, *Cytherella dissimilis*, *Cytherella dohukensis*, *Cytherella gracilis*, *Cytherella londonensis*, *Cytherella* sp. 1, *Cytherella* sp. 2, *Cytherella* sp. 4, *Cytherella* sp. 6, *Cytherella strangulate*, *Cytherella transversa*, *Cytherella adriatica*, *Cytherella alexanderi*, *Cytherella costellata*, *Cytherella* sp. 1, *Cytherella* sp. 3, *Cytherella* sp. 4, *Cytherella teshekpukensis*, *Cytheridea* sp. 1, *Cytheridea* sp. 2, *Hermanites* sp. 2, *Neonesidea elegans*, *Paracypris rosefieldensis*, *Paracypris naalunensis*, *Paracypris pandyai*, *Paracypris sappari*, *Paracypris* sp. 1, *Paracypris* sp., *Paradoxostoma* sp., *Pontocypris* sp., *Protocytheretta* sp. شناسایی گردیده که پراکندگی آنها در طول ستون چینه‌شناسی در شکل ۲ ترسیم شده است. از آشکوب روپلین به دلیل وجود طبقات مارنی بیشتر تعداد بیشتری استراکود به‌دست آمده است. همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، تمامی استراکودهای موجود در آشکوب شاتین در آشکوب روپلین حضور داشته و به عبارت دیگر تمامی گونه‌های موجود در تجمع ۲، در تجمع ۱ ظاهر شده‌اند.

۴-۱-۳. زیست‌چینه‌نگاری برش ورکان بر اساس روزنه‌بران بنتیک

در این برش بر اساس پراکندگی روزنه‌بران ۱ تجمع زیستی غیر رسمی تشخیص داده شده که در سرتاسر برش گسترش دارد. این تجمع زیستی شامل *Amphistegina* sp., *Archaias* sp., *Borelis* sp., *Cibicides* sp., *Dendritina rangi*, *Elphidium* sp., *Eulepidina dilatata*, *Eulepidina elephantina*, *Haplophragmium*

شامل آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و توده‌ای و آهک‌های مارنی می‌باشد. نمونه‌های V1 تا V127 از توالی‌های دربرگیرنده این تجمع برداشت شده است. بر اساس حضور *Nummulites vascus* در سرتاسر برش ورکان، سن این برش تماماً به راپلین نسبت داده شده است (Laursen et al., 2009; Van Buchem et al., 2010; Mohammadi, 2015; Mohammadi, 2020b).

sp., *Heterostegina* sp., *Nephrolepidina tournoueri*, *Nummulites fichteli*, *Nummulites vascus*, *Operculina complanata*, *Peneroplis tomasi*, *Pyrgo* sp., *Quinqueloculina* sp., *Rotalia viennoti*, *Sphaerogypsina globules*, *Textularia* sp. می‌باشد. سنگ‌شناسی غالب توالی‌های دربرگیرنده این تجمع در ۷۰ متر پائینی عمدتاً شامل آهک‌های متوسط تا ضخیم لایه و مارن و در ۱۲۰ متر باقیمانده عمدتاً



شکل ۲- پراکندگی استراکودها در طول ستون چینه‌شناسی برش بوجان.

۴-۱-۴- زیست‌چینه‌نگاری برش ورکان بر اساس استراکودها

در این برش تعداد ۳۳ گونه از استراکودها شامل *Aurila* sp. 2, *Bairdia* cf. *dohukensis*, *Bairdia* cf. *transversa*, *Cytherella* sp. 6, *Cytherella* sp. 1, *Cytherella* sp. 2, *Cytherella* sp. 1, *Cytherella* sp. 2, *Cytherella* sp. 4, *Cytherella* sp. 5, *Cytherella* sp. 6, *Cytherella* sp. 7, *Cytherella* cf. *strangulate*, *Cytherella* cf. *transversa*, *Cytherella* cf. *vulgata*, *Hermanites* sp. 1, *Hermanites* sp. 2, *Neonesidea* cf. *elegans*, *Paracypris* cf. *rosefieldensis*, *Paracypris* cf. *naalunensis*, *Paracypris* cf. *panduyai*, *Paracypris* cf. *sapperi*, *Paracypris* sp. 2, *Pontocypris* sp., *Protocytheretta* sp. شناسایی گردیده‌اند که پراکندگی آنها در طول ستون چینه‌شناسی در شکل ۳ نشان داده شده است.

۴-۲- دیرینه بوم‌شناسی

استراکودها به دلیل شرایط مختلف زیستی و فیزیولوژیکی به شدت به تغییرات فاکتورهای زیستی همچون شوری، دما، عمق، جنس کف بستر، اکسیژن و آشفتنگی آب حساس هستند (Grosset et al., 2013; Iwatani et al., 2014). همین حساسیت

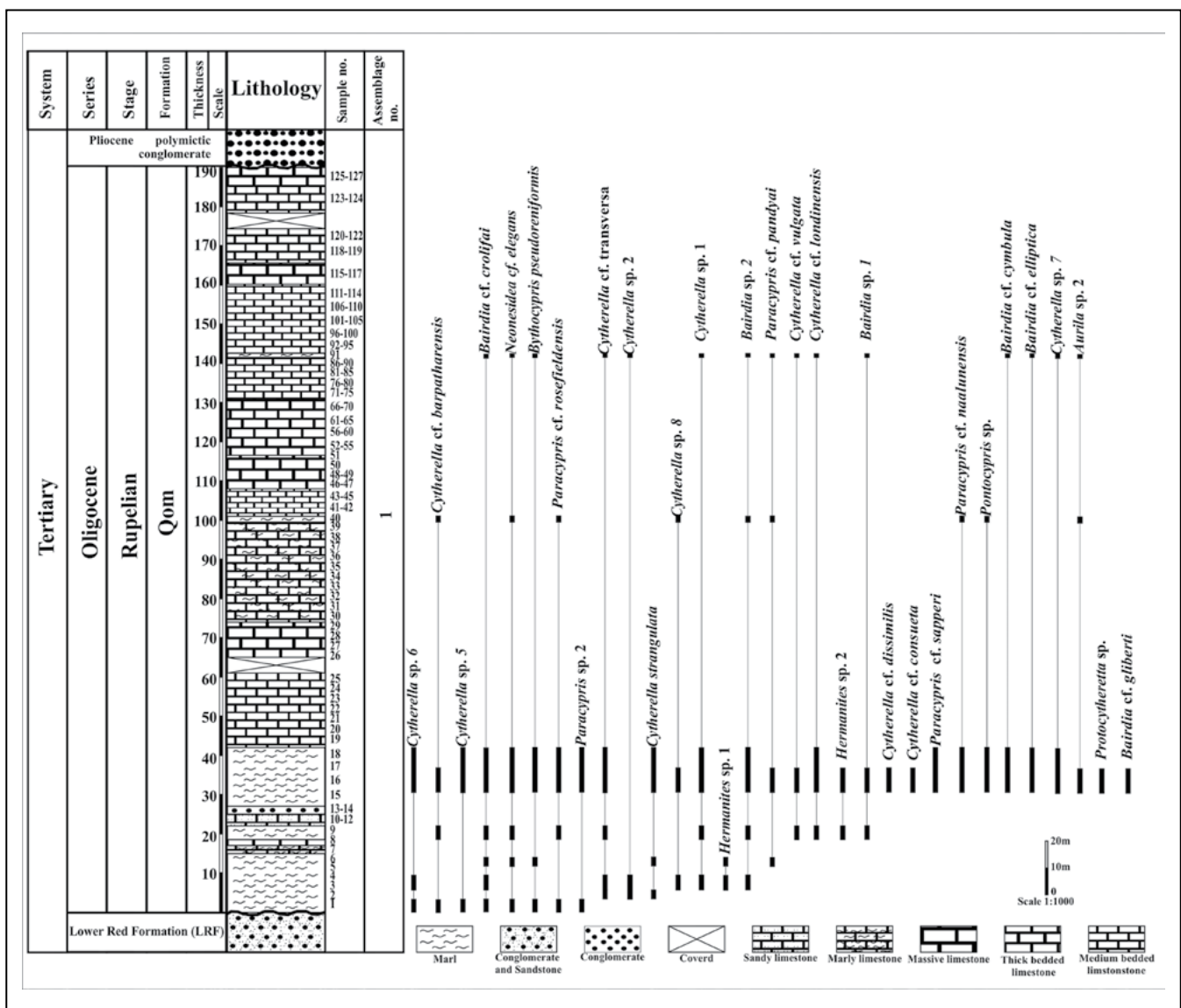
باعث گردیده تا از این موجودات در بازسازی بوم‌شناسی دیرینه محیط‌های گذشته استفاده گردد (Bergue and Nicolaidis, 2012; Bergue et al., 2013; Wilson et al., 2014; Hassani and Hooeinipour, 2018). از مطالعه تغییرات جمعیتی استراکودها همچنین می‌توان به بازسازی حوادث در طول تکامل یک حوضه رسوبی پرداخت (Bonaduce and Barra, 2002; Casier et al., 1996; Hassani and Hooeinipour, 2018). محققین مختلفی با دقت در انواع خصوصیات ریخت‌شناسی و تزئینات (Alexander, 1932; Becker, 2005)، اندازه جثه (Aiello et al., 2007; Yamaguchi et al., 2014)، رده‌بندی تاکسونومیک (De Deckker, 2002; Aiello et al., 2007; Almeida, 2011; Ayress et al., 2004; Brandão et al., 2013; Whatly, 1990, 1991; Zarikian et al., 2009; Zarikian, 2015) و فراوانی و نسبت افراد بالغ به جوان (Zarikian et al., 2009; Zarikian, 2015) به بازسازی جزئیات شرایط دیرینه بوم‌شناسی پرداخته‌اند. در مطالعه حاضر، از استراکودهای شناسایی شده در سطح جنس برای بازسازی شرایط دیرینه بوم‌شناسی استفاده گردیده است. در این رابطه خصوصیات مطلوب زیست برای هر جنس با استفاده از منابع گوناگون به‌دست آمده‌اند که در جدول ۱ خلاصه گردیده‌اند.

بالا بودن میزان اکسیژن در محیط‌های کم عمق مانند محیط تشکیل سازند قم به معنی باز بودن محیط و ارتباط موثر محیط زیست جانداران با آب‌های آزاد می‌باشد.

۴-۲-۱. دیرینه بوم‌شناسی برش بوجان بر اساس استراکودها

در برش بوجان، مقدار تنوع استراکودها در طول ستون از ۱ گونه در نمونه B8 تا حداکثر ۴۰ گونه در نمونه B49 متغیر بوده به‌طوری که می‌توان گفت که میزان تنوع در تجمع شماره ۱ نسبتاً زیاد بوده و نوساناتی را نیز نشان می‌دهد. در تجمع شماره ۲ (به سن شاتین) تنها یک نمونه مارنی (B63) وجود داشته که تنوع استراکودهای آن برابر با ۹ می‌باشد.

توجه در الگوی پراکندگی استراکودهای موجود در هر دو برش نشان می‌دهند که علی‌رغم سنگ‌شناسی نسبتاً یکسان افق‌های مارنی، در جمعیت استراکودهای شناسایی شده همواره تغییرات معنی‌داری در نسبت انواع استراکودهای پلاتی کوپید به پودوکوپید رخ داده است. با توجه به یکسان بودن سنگ‌شناختی و موارد ذکر شده در جدول ۱، بنظر می‌رسد که تغییرات میزان اکسیژن و مواد غذایی مهمترین عوامل اثرگذار بر تغییرات جمعیت استراکودها بوده‌اند. از این میان از تغییر در نسبت استراکودهای پلاتی کوپید به پودوکوپید به عنوان ابزاری جهت تعیین مقدار اکسیژن آب استفاده شده است (جدول ۲) (Whatley et al., 2003). در این رابطه بایستی دقت نمود که



شکل ۳- پراکندگی استراکودها در طول ستون چینه‌شناسی برش ورکان.

جدول ۱- شرایط بوم‌شناختی مهمترین جنس‌های حاضر در برش‌ها

ردیف	تاکسون	شرایط بوم‌شناسی مطلوب	مهمترین منابع
1	Actinocythereis	آب‌های کم عمق با شوری کم؛ بسترهای ماسه‌ای دانه ریز و نسبتاً سخت و غنی از مواد مغذی	Ozawa & Kamiya, 2001; Yamada et al, 2005; Bergue and Nicolaidis, 2012; Hassani & Hosseini pour, 2018
2	Aurila	شاخص آب‌های گرم و کم عمق، با شوری کم؛ زندگی بر روی بسترهای ماسه‌ای و گیاهان دریایی	Szczechura & Abd-Elshafy, 1988; Aiello et al., 2006; Hassani & Hosseini pour, 2018
3	Bairdia	سازگار با محیط‌های متنوع با حد اکثر شکوفایی در بخش‌های با عمق متوسط و بسترهای غنی از مواد غذایی دانه ریز ماسه‌ای	Kondo et al., 2005; Sato & Kamiya 2006; Hassani & Hosseini pour, 2018
4	Bythocypris	سازگار با محیط‌های متنوع با حد اکثر شکوفایی در بخش‌های با عمق متوسط و بسترهای غنی از مواد غذایی دانه ریز ماسه‌ای	Kondo et al., 2005; Sato & Kamiya 2006;
5	Cytherella	عمق متغیر، سازگار با محیط‌های کم اکسیژن و فقیر از مواد غذایی	Szczechura and Abd-Elshafy, 1988; Whatley & Maybury 1990; Whatley, 1991; Boomer & Whatley, 1992; Elewa, 2004; Tanaka and Nomura, 2009; Hassani & Hosseini pour, 2018
6	Cytheretta	بومی آب‌های گرم و کم عمق و بسترهای ماسه‌ای غنی از مواد غذایی با شوری نرمال	Aiello et al., 2006
7	Cytheridea	محیط دریایی کم عمق با شوری نرمال دریایی	McKenzie et al, 1989; Hassani & Hosseini pour, 2018
8	Hermanites	بومی آب‌های گرم، آرام، نسبتاً عمیق و بسترهای نرم دانه ریز و غنی از مواد غذایی و شوری نرمال	Hassani & Hosseini pour, 2018
9	Neoneceidea	اعماق کم و در زون نورانی آب‌های گرم با شوری کم تا نرمال، ساکن بسترهای ماسه‌ای نسبتاً سخت بر روی گیاهان دریایی،	Aiello et al., 2006; Kondo et al., 2005; Sato & Kamiya 2006
10	Paracypris	شاخص آب‌های نسبتاً عمیق با شوری نرمال دریایی	Tesakova, 2010
11	Paradoxostoma	اعماق کم و در زون نورانی آب‌های گرم با شوری کم تا نرمال، ساکن بسترهای ماسه‌ای نسبتاً سخت بر روی گیاهان دریایی،	Aiello et al., 2006
12	Pontocypris	بومی آب‌های گرم با شوری نرمال و نسبتاً عمیق با بستر دانه ریز و غنی از مواد غذایی	Zhao & Whatley 1997; Sartori & Coimbra 2010
13	prothocytheretta	بومی آب‌های گرم و کم عمق با شوری نرمال و بسترهای ماسه‌ای غنی از مواد غذایی با شوری نرمال	Aiello et al., 2006
14	Trachyleberis	بومی آب‌های گرم، آرام، کم عمق تا عمق متوسط و بسترهای نرم دانه ریز و غنی از مواد غذایی و شوری نرمال	Van den Bold, 1970; Dall'Antonia, 2003a, b

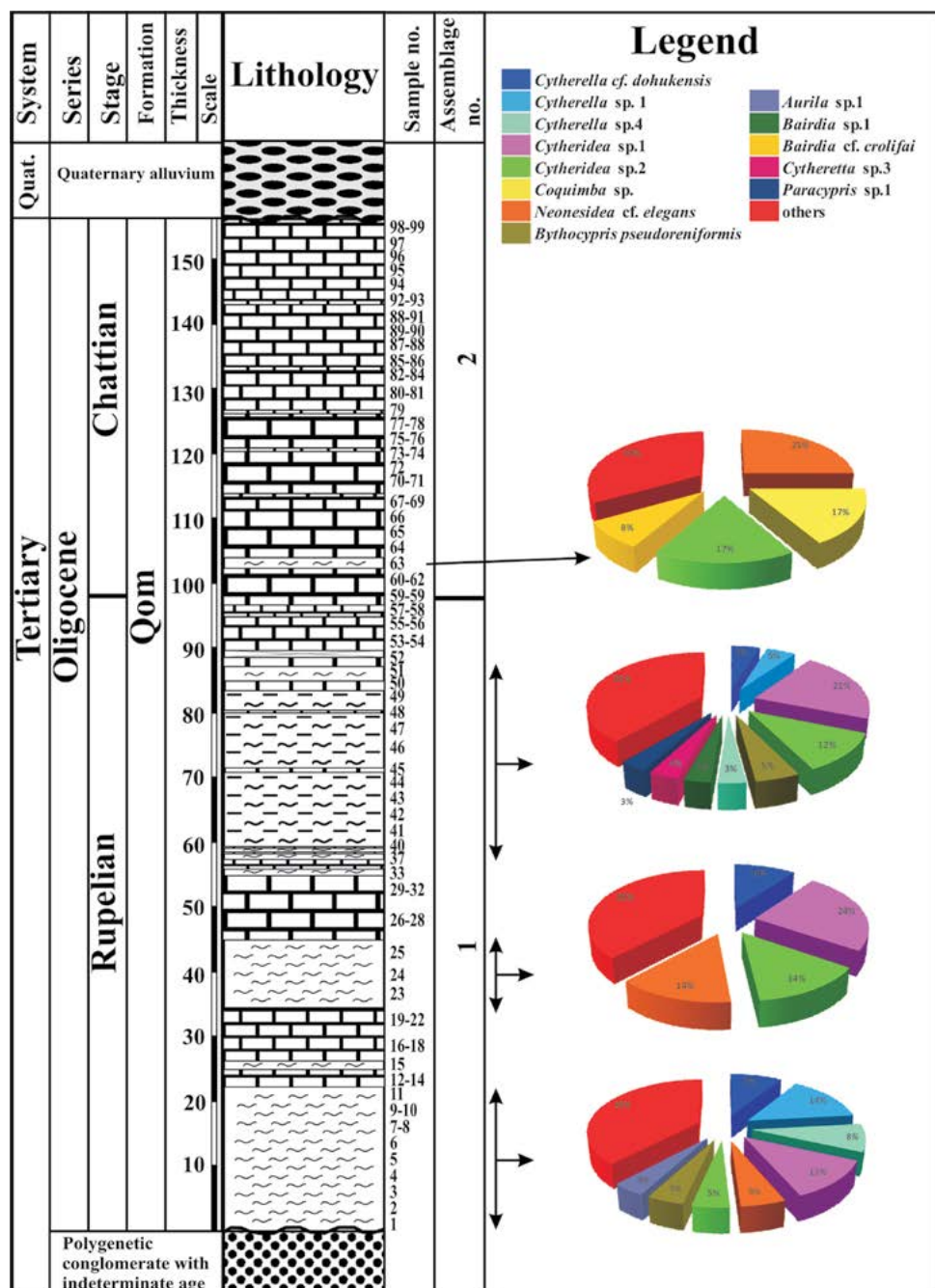
میزان اکسیژن (ml/l)	میزان نسبی اکسیژن	درصد پلاتیکوپیدها
۵	Very high Oxygen	<۲۰
۵-۴	High Oxygen	۲۰-۴۰
۴-۳	Medium Oxygen	۴۰-۶۰
۳-۲	Low Oxygen	۶۰-۸۰
۲-۱	Very Low Oxygen	۸۰-۹۰

جدول ۲- میزان نسبی اکسیژن محیط بر حسب درصد فراوانی پلاتی کوپید به بودوکوپید (Friedrich, 1965).

شده و جنس‌های *Neonesidea*، *Cytheridea* و *Bairdia* غالب می‌گردند. فراوانی استراکودهای موجود در تنها نمونه مارنی موجود در تجمع شماره ۲ برش بوجان (نمونه B63) به میزان ۱۶ بوده و گونه‌های *Neonesidea elegans*، *Cytheridea* sp. 2 و *Coquimba* sp. و *Bairdia crolifai* فراوانی قابل توجهی نشان می‌دهند.

به‌طور کلی استراکودهای این برش از فراوانی نسبتاً زیادی برخوردار بوده که میزان آن از ۰ تا ۲۴۵ متغیر بوده و بیشترین میزان فراوانی در نمونه B49 بوده است (شکل ۴). همان‌طور که در شکل ۴ نشان داده شده، در مارن‌های بخش پایین تجمع شماره ۱ برش بوجان گونه‌های مختلف جنس *Cytherella* و همچنین جنس *Cytheridea* غالب بوده که به سمت بالا از فراوانی *Cytherella* کاسته

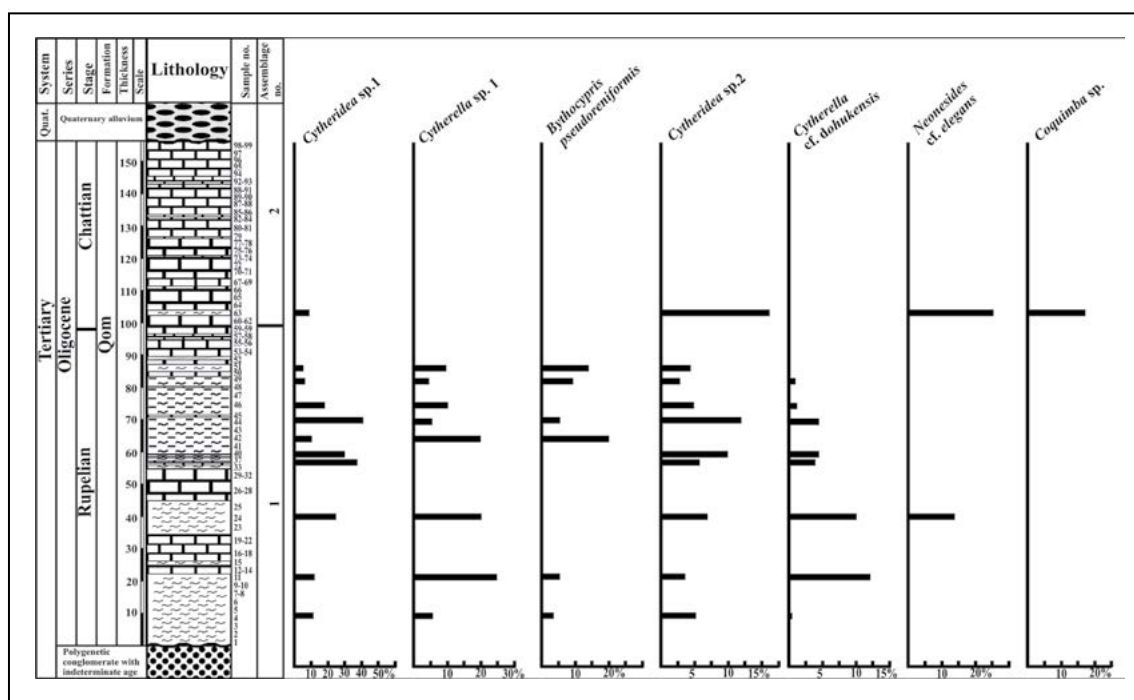
شکل ۴- نمودار متوسط درصد فراوانی استراکودها در مارن‌های برش بوجان (جهت مشاهده علائم به شکل ۲ رجوع شود).



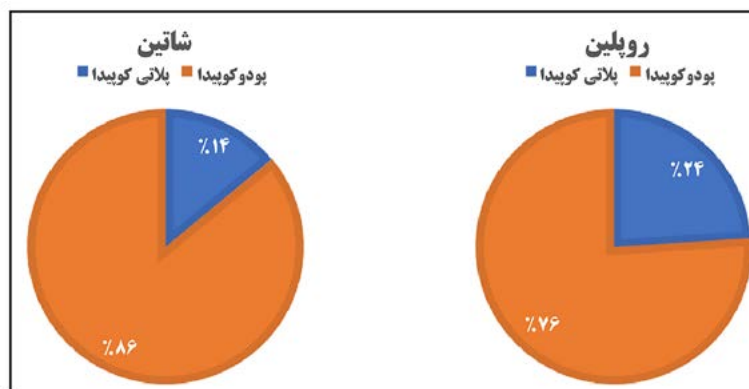
فاکتور بوم‌شناختی که باعث غلبه انواع پلاتی کوپید نسبت به پودوکوپیدا می‌گردد میزان اکسیژن محیط بوده بطوری که بر اساس شکل ۴ و جدول ۲ می‌توان محیط بوم شناختی نهشته‌های قاعده برش بوجان را محیطی با اکسیژن پایین تعیین نمود. با پیشروی بیشتر دریا، به سمت بالای برش، میزان تنوع افزایش یافته و به تدریج جنس‌های پودوکوپید در جمعیت استراکودها با فراوانی بیشتر غلبه پیدا می‌نمایند. این امر نشان‌دهنده بهبود شرایط بوم‌شناختی به سمت بالای برش می‌باشد. با توجه به این که استراکودهای حاضر در برش بوجان همگی با شوری نرمال و آب‌های گرم سازگاری دارند (جدول ۱) می‌توان گفت که شرایط شوری و دمایی محیط بوم‌شناسی برش بوجان مطابق با آب‌های گرم نواحی حاره‌ای تا نیمه حاره‌ای با شوری نرمال و عمق کم تا متوسط بوده است. استراکودهای غالب موجود در این برش (شکل ۵) نیز نشان می‌دهند که بستر محیط زیست استراکودها غالباً ماسه‌ای دانه ریز و نسبتاً تحکیم یافته بوده به طوری که شرایط برای تغذیه استراکودهای گیاه دوست (phytophile) و دیگر انواع استراکودها فراهم بوده است. همچنین در جمعیت استراکودهای برش بوجان بین افراد جوان و بالغ تعادل وجود داشته و افراد بالغ با اندازه‌های غیر طبیعی نیز به چشم نمی‌خورند که خود مؤید شرایط بوم‌شناختی مناسب و متعادل دریایی نرمال است.

در برش بوجان گونه‌های *Bythocypris pseudoreniformis*, *Cytheridea* sp. 1, *Cytheridea* sp. 2, *Cytherella dohukensis*, *Cytherella* sp. 1 استراکودهای غالب بوده (شکل ۵)، به طوری که گونه *Cytheridea* sp. 1 فراوان‌ترین و غالب‌ترین استراکود برش بوجان است. از نکات جالب توجه در این زمینه کاهش میزان استراکودهای پلاتی کوپید و افزایش فراوانی انواع پودوکوپید به سمت بالای برش می‌باشد.

نمودار دایره‌ای نسبت درصد استراکودهای پلاتی کوپید به پودوکوپید در آشکوب‌های روپلین و شاتین در مارن‌های برش بوجان در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل نشان داده شده، در مارن‌های این برش هم در روپلین (۷۶٪) و هم در شاتین (۸۶٪) استراکودهای پودوکوپید غالب می‌باشند. بعنوان جمع‌بندی شرایط بوم‌شناسی دیرینه استراکودها در برش بوجان، می‌توان گفت که همان‌گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است، استراکودهای حاضر در لایه‌های ابتدایی برش اغلب از انواع پلاتی کوپید بوده که بر اساس مطالعات انجام شده (Szczechura and Abd-Elshafy, 1988; Whatley and Maybury, 1990; Whatley, 1991; Boomer and Whatley, 1992; Elewa, 2004; Tanaka and Nomura, 2009; Hassani and Hosseinipour, 2018) در محیط‌هایی که از لحاظ بوم‌شناسی پرتنش محسوب می‌گردند به شکوفایی می‌رسند. مهمترین



شکل ۵- نمودار درصد فراوانی استراکودهای غالب در برش بوجان (جهت مشاهده علائم به شکل ۲ رجوع شود).



شکل ۶- نمودار نسبت درصد استراکودهای پلاتی کوپید به پودوکوپید در برش بوجان

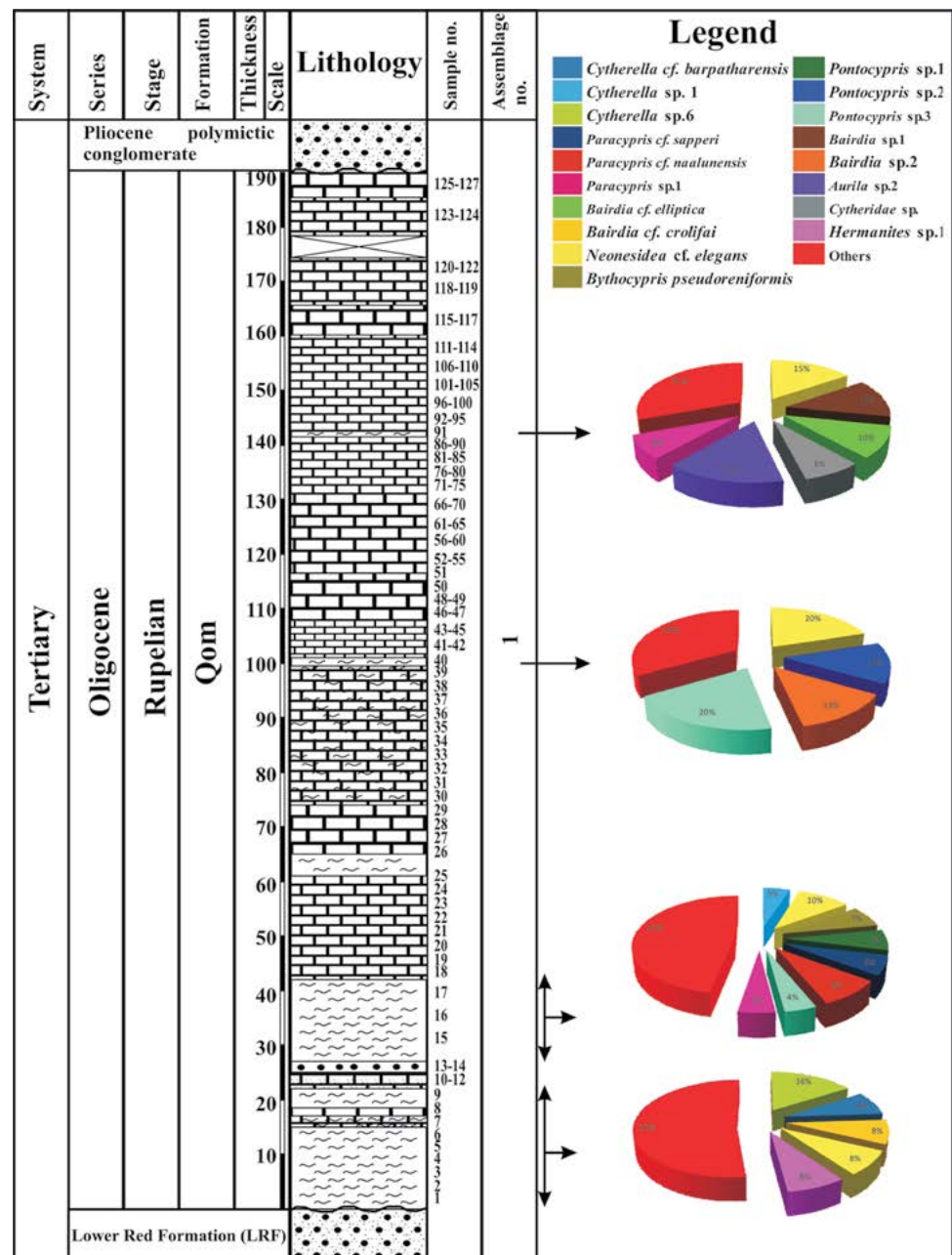
۴-۲-۲. دیرینه بوم‌شناسی برش ورکان بر اساس استراکودها

علی رغم تنوع نسبتاً بالای استراکودها در این برش (شکل ۷)، استراکودهای غالب این برش (گونه‌های *Bythocypris pseudoreniformis*, *Neonesidea elegans*, *Paracypris naalunensis*, *Paracypris pandyai* و *Paracypris sappari*) فراوانی بالایی نداشته و فراوانی هیچ کدام از آنها در هیچ افقی به ۲۰٪ نرسیده و تنها در افق‌های ۷۹، ۷۵، ۷۹، ۷۱۶، ۷۴۰، ۷۱۶ و ۷۹۱ از فراوانی قابل توجهی برخوردارند (شکل ۸). میزان فراوانی استراکودهای این برش بین ۰ تا ۵۶۲ متغیر بوده ولی به‌طور کلی فراوانی پایینی داشته و معمولاً بیش از ۵۰ نمی‌باشند. بیشترین فراوانی (۵۶۲) مربوط به افق ۷۱۶ بوده و افق‌های ۷۱۷ و ۷۹۱ نیز از فراوانی نسبتاً زیادی برخوردارند. در مجموع، به‌استثنای افق‌های ۷۱۶، ۷۱۷، ۷۹۱ و ۷۱۶، دیگر افق‌ها فراوانی نسبتاً پایینی داشته و منحنی تغییرات فراوانی، در طول ستون تغییرات چندانی نشان نمی‌دهد.

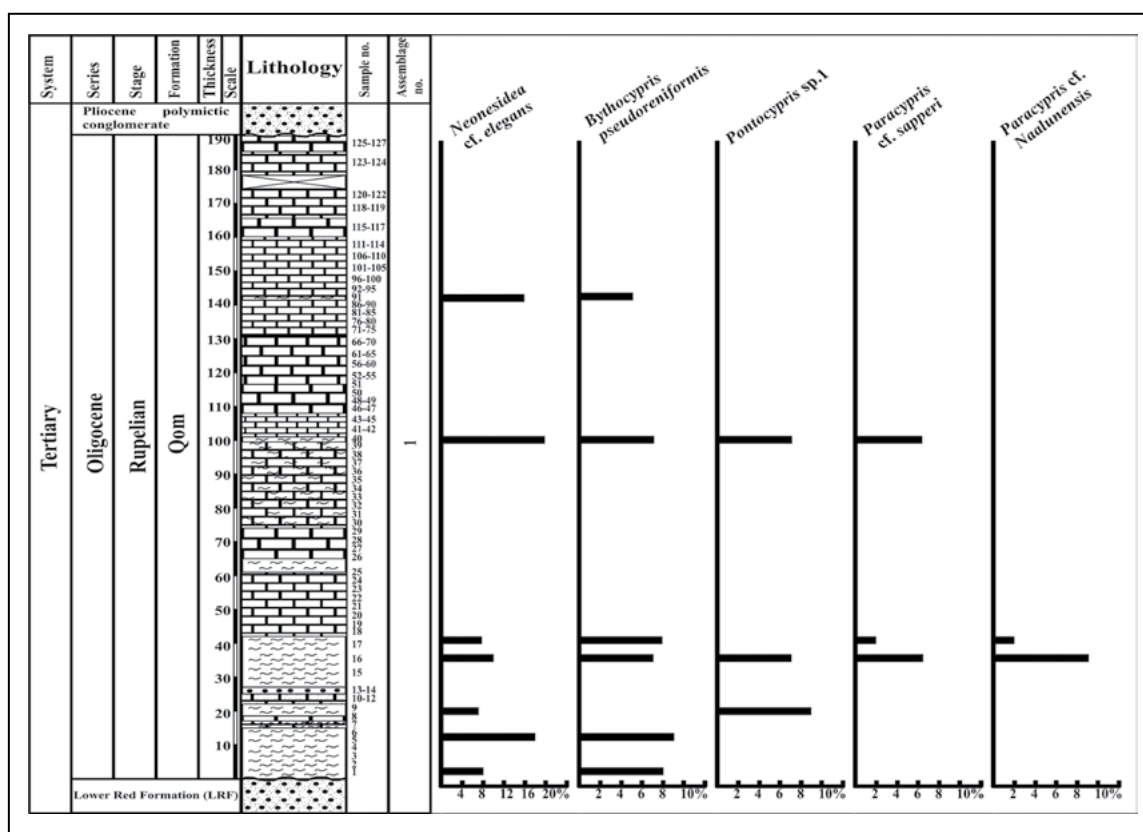
نمودار دایره‌ای نسبت درصد استراکودهای پلاتی کوپید به پودوکوپید در آشکوب روپلین در مارن‌های برش ورکان در شکل ۹ نشان داده شده است. در مارن‌های برش ورکان استراکودهای پودوکوپید غالب بوده و ۷۷٪ جامعه استراکودی را تشکیل می‌دهند. در مارن‌های این برش گونه‌های *Neonesidea*

elegans، *Bythocypris pseudoreniformis*، *Pontocypris sp.*، *Paracypris 1 sappari* و *Paracypris naalunensis* از پودوکوپیدها فراوانی قابل ملاحظه‌ای دارند. درصد بالای استراکودهای پودوکوپید در مارن‌های این برش بیانگر این است که محیط رسوبی در زمان نهشته شدن مارن‌ها فاقد تنش‌های اکولوژیکی و پر اکسیژن بوده است (جدول ۲). متعادل بودن جمعیت افراد بالغ و جوان، نبودن افراد با اندازه‌های غیر طبیعی و وجود گونه‌های ساکن آبهای آرام تایید کننده تعادل وضعیت بوم‌شناختی و همچنین مساعد بودن آن می‌باشند.

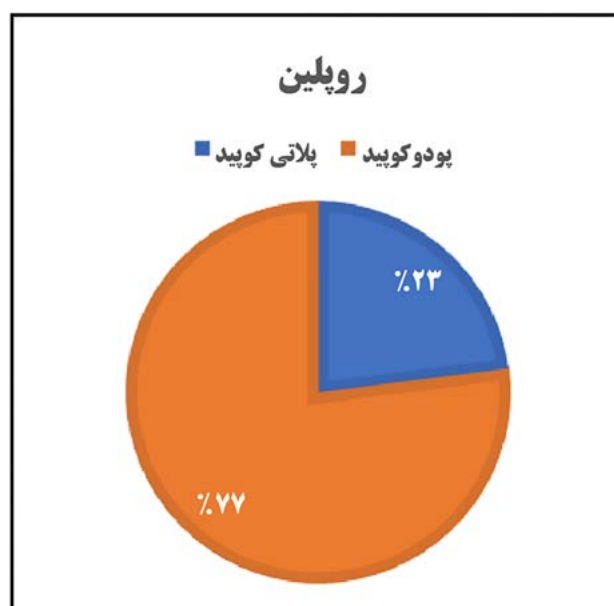
بعنوان جمع‌بندی شرایط بوم‌شناسی دیرینه استراکودهای برش ورکان می‌توان بیان نمود که با توجه به حضور پررنگ استراکودهای پودوکوپید در جامعه که نسبت به انواع پلاتی کوپید تنوع زیست بومی بیشتری نشان می‌دهند (Matzke-Karasz et al., 2007) محیط زیست استراکودها در این برش محیطی پایدار و متنوع بوده بطوری که باعث گردیده تا جنس‌های مختلف استراکودها بتوانند در محیط به شکوفایی برسند. شرایط زیست محیطی این برش را می‌توان بطور خلاصه محیطی پر اکسیژن، با عمق کم تا متوسط، دارای اکسیژن کافی، شوری نرمال و بستری ماسه‌ای و تحکیم یافته معرفی نمود.



شکل ۷- نمودار متوسط درصد فراوانی استراکودها در مارن‌های برش ورکان (جهت مشاهده علائم به شکل ۳ رجوع شود).



شکل ۸- نمودار درصد فراوانی استراکودهای غالب در برش ورکان (جهت مشاهده علائم به شکل ۳ رجوع شود).



شکل ۹- نمودار نسبت درصد استراکودهای پلاتی کوپید به پودوکوپید در برش ورکان.

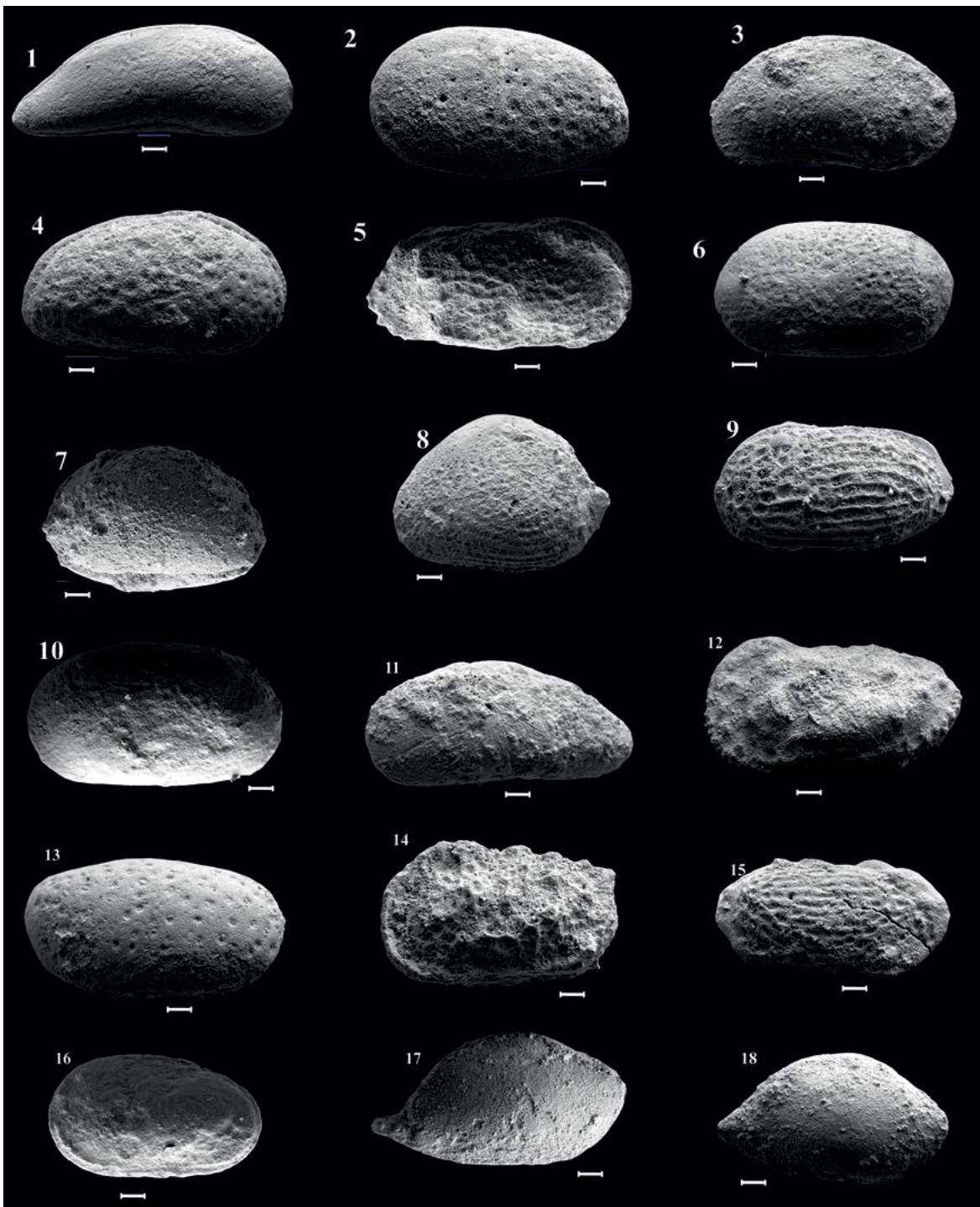
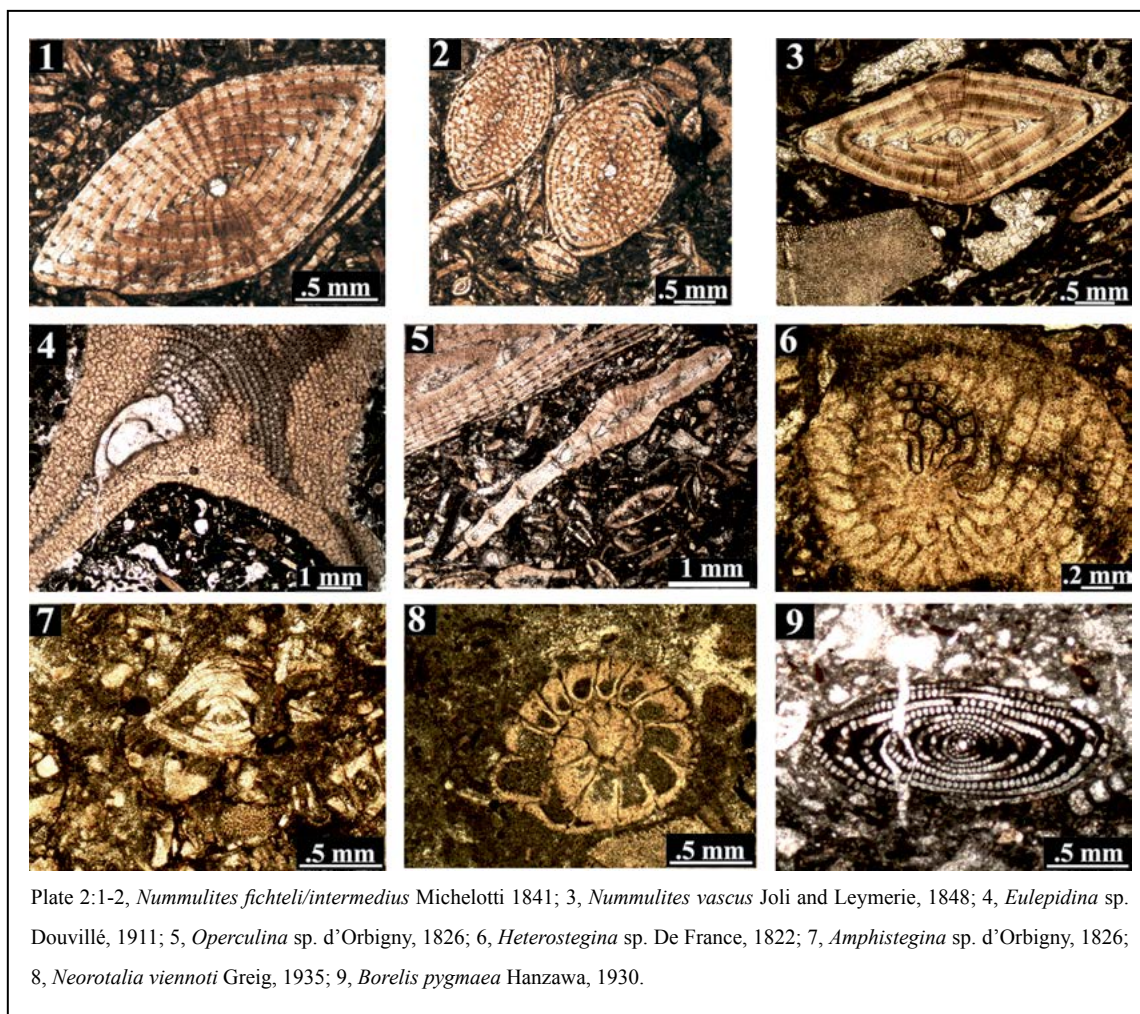


Plate 1: 1, *Paracypris naalunensis* Morsi 2003, right valve; 2, *Cytheridea* sp. 1 Bosquet, 1852, left valve; 3, *Bythocypris pseudoreniformis* Khalaf, 1984, right valve; 4, *Cytheridea acuminata acuminata* Bosquet 1952, right valve; 5, *Coquimba hanaii* Ohmert, 1968, right valve; 6, *Cytherella* sp. 1 Jones, 1849, left valve; 7, *Bairdia crolifai* Morsi, 2003, left valve; 8, *Aurila* sp. 1 Pokorny, 1955, left valve; 9, *Cytheretta* sp. 3 Müller, 1894, left valve; 10, *Cytherella dohukensis* Khalaf, 1984, right valve; 11, *Pontocypris* sp. Sars, 1866, left valve; 12, *Actinocythereis* sp. 1 Puri, 1953, left valve; 13, *Paradoxostoma* sp. Fischer, 1855, right valve; 14, *Trachyleberis* sp. Brady, 1898, left valve; 15, *Cytheretta nerva* Müller, 1894, right valve; ; 16, *Cytherella barpatharensis* Neale and Singh, 1985, left valve; 17, *Bairdia cymbula* Deltel, 1964, right valve; 18, *Bairdia rafidainensis* Khalaf, 1984, right valve. All scale bars represent 100 μ m.



۵- نتیجه گیری

مطالعه استراکودهای سازند قم در خاور سیرجان (برش بوجان) و جنوب باختری کاشان (برش ورکان) به نتایج زیر منجر شد:

تعداد ۴۴ و ۳۳ گونه استراکود به ترتیب در برش های بوجان (با سن روپلین - شاتین و ۱۵۶ متر ضخامت) و ورکان (با سن روپلین و ۱۹۰ متر ضخامت) شناسایی شد. گونه های مختلف جنس *Cytheridea* فراوان ترین و غالب ترین استراکودهای برش بوجان را تشکیل می دهد. با این حال، در بخش قاعده ای برش بوجان گونه های مختلف جنس *Cytherella* در کنار گونه های جنس *Cytheridea* از استراکودهای غالب بوده، ولی به سمت بالا از فراوانی *Cytherella* کاسته شده و جنس های *Neonesidea*، *Cytheridea* و *Bairdia* غالب می گردند.

بر اساس پراگندگی استراکودها در برش بوجان، نهشته های قاعده برش در محیطی کم اکسیژن نهشته شده که به سمت بالا با پیشروی بیشتر دریا این شرایط تغییر نموده و شرایط بوم شناختی پایدارتر و مناسب تر گردیده است. بر اساس تغییرات تنوع، فراوانی و نسبت استراکودهای پلاتی کوپید به پودو کوپید می توان گفت که

تشکیلات سازند قم در برش بوجان در آب های گرم و کم عمق تا متوسط با شوری نرمال نهشته شده و بستر محیط نیز ماسه ای دانه ریز و نسبتاً تحکیم یافته بوده است. افزایش استراکودهای پودو کوپید در شاتین نیز نشان دهنده بالاتر بودن میزان اکسیژن و مناسب تر بودن شرایط زیست محیطی در این آشکوب نسبت به آشکوب روپلین می باشد.

گونه های *Paracypris pseudoreniformis*، *Bythocypris elegans*، *Paracypris sappari*، *pandayi* و *Paracypris naalunensis* استراکودهای غالب برش ورکان را تشکیل می دهند.

تغییرات میزان تنوع، فراوانی و استراکودهای غالب در برش ورکان و همچنین درصد بالای استراکودهای پودو کوپید بیانگر این است که محیط رسوبی مارن های برش ورکان فاقد تنش های بوم شناختی و پر اکسیژن بوده است. نهشته های این برش نیز در آب های گرم و نسبتاً کم عمق تا کم عمق نواحی حاره ای در شرایط شوری نرمال نهشته شده و بستر ماسه ای دانه ریز و تحکیم یافته ای را نشان می دهند.

کتابنگاری

- ابراهیمی، م. ح.، ۱۳۹۲- سیستماتیک و پالئوئولوژی میکروفسیل های میوسن پیشین در ناحیه ساردوئیه، کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- احسانی، ن.، ۱۳۹۰- گسترش چینه شناسی استراکودها در عضو C سازند قم در برش چینه شناسی کمرکوه، غرب قم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- اسماعیلی دهج، ا.، ۱۳۹۰- بایوستراتیگرافی و پالئوئولوژی سازند قم بر اساس استراکودا در شمال غرب سمنان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه علوم پایه دامغان.
- ترک زاده ماهانی، ا.، و. وزیری، م. ر.، داستان پور، م.، خسروی، ز. و حسنی، م. ج.، ۱۳۸۹- معرفی استراکدهای میوسن پیشین و پالئوئولوژی آنها در ناحیه جفریز (شمال بافت) کرمان، رخساره های رسوبی، ۳: ص ۵۱-۴۱.
- حسینی کبوترخانی، م. ج.، ۱۳۸۵- بایوستراتیگرافی و پالئوئولوژی نهشته های سازند قم در نواحی جنوب سیرجان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- حسینی کبوترخانی، م. ج.، ۱۳۹۱- بایوستراتیگرافی، پالئوئولوژی و کمواستراتیگرافی نهشته های سازند قم در استان کرمان، پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- حسینی پور، ف. و. وزیری، م. ر. و حسنی، م. ج.، ۱۳۸۸- استراکودهای الیگو-میوسن و پالئوئولوژی آنها در منطقه بوجان (سیرجان). رخساره های رسوبی، ۲: صص ۱۶۳-۱۷۲.
- دانشیان ج. و اکرمی، ز.، ۱۳۹۲- گزارشی از استراکودهای سازند قم (عضو b) در شمال غرب قم، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.
- دانشیان ج. و گودرزی، م.، ۱۳۹۶- بایوستراتیگرافی و پالئوئولوژی عضو C سازند قم بر اساس استراکودها در برش چشمه برون، غرب قم. مجله زمین شناسی ایران، ۴۴: صص ۳۵-۵۴.
- دریسی، م.، ۱۳۸۷- مطالعات بایوستراتیگرافی و پالئوئولوژی استراکودهای الیگو-میوسن در نواحی جنوب و جنوب شرق سیرجان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- زنگنه، م. ص.، لطف آباد عرب، ا.، وزیری، م. ر. و داستانیور، م.، ۱۳۹۸- زیست چینه نگاری، بوم شناسی دیرینه و جغرافیای دیرینه استراکدهای سازند قم در برش گنجان، شرق رابر، کرمان (حوضه درون کماتی ارومیه -دختر). مجله پژوهش های دانش زمین، ۴۰: ص ۱۰۸-۱۳۷.
- سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۸۸- نقشه راه های ایران، ۱: ۲۵۰۰۰۰۰.
- صفری، ا.، عامری، ح.، وزیری، م. ر. و محمدی، ا.، ۱۳۹۲- ریزرخساره ها و محیط رسوبی سازند قم، ناحیه ورکان (جنوب غربی کاشان)، حوضه پیش کمان سندج-سیرجان. نشریه علمی-پژوهشی دیرینه شناسی، جلد ۲: ص ۱۸۷-۲۰۴.
- طریقتی، م.، ۱۳۹۱- گسترش چینه شناسی استراکودها در عضو C سازند قم در کوه دوجاه، شمال غرب قم. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خوارزمی.
- عظیمیان قلعه حسن، ا.، ۱۳۸۹- سیستماتیک و پالئوئولوژی استراکودهای میوسن در جنوب و جنوب غرب کرمان. تز کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- غیاثوند، م.، محتاط، ط.، مجیدی فرد، م.، فراهانی، م. و نریمانی، ح.، ۱۳۹۱- استراکودهای نهشته های مارنی سازند قم در پال جنوبی تاقدیس کمرکوه (جنوب غربی قم) سی و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی کشور.
- کیانی اصل، م.، ۱۳۹۵- بایوستراتیگرافی و پالئوئولوژی استراکودهای عضوهای a و b سازند قم در برش دوجاه، شمال غرب قم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران.
- محسن بیگی، م.، ۱۳۹۰- سیستماتیک و پالئوئولوژی استراکودهای میوسن در ناحیه ساردوئیه، کرمان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان.
- محمدی، ا.، وزیری، م. ر. و داستانیور، م.، ۱۳۹۳- بررسی ریزرخساره ها و بازسازی محیط رسوبگذاری سازند قم در ناحیه سیرجان، جنوب غرب کرمان. مجله پژوهش های چینه نگاری و رسوب شناسی، ۵۵: ص ۳۵-۵۴.
- مغفوری مقدم، ا.، ۱۳۹۳- معرفی مقدماتی استراکودهای میوسن پیشین (سازند قم) در برش چینه نگاری باختر آشتیان، ایران مرکزی. فصلنامه پژوهش های چینه نگاری و فسیل شناختی، ۳: ص ۱۳.
- وادونی، س.، ۱۳۸۹- گسترش چینه شناسی استراکودا در عضو C سازند قم در گوه دو برادر، جنوب شرق قم. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم تهران.

References

- Aiello, G., Barra, D., Coppa, M. G., Valente, A. and Zeni, F., 2006- Recent infralittoral Foraminifera and Ostracoda from the Porto Cesareo Lagoon (Ionian Sea, Mediterranean). *Bollettino-Societa Paleontologica Italiana*, 45(1), 1.
- Aiello, G., Barattolo, F., Barra, D., Fiorito, G., Mazzarella, A., Raia, P. and Viola, R., 2007- Fractal analysis of ostracod shell variability: A comparison with geometric and classic morphometrics. *Acta Palaeontologica Polonica*, 52(3).
- Alexander, C. I., 1932- Sexual dimorphism in fossil Ostracoda. *American Midland Naturalist*, 13(5), 302-311. DOI: 10.2307/2420175.
- Almeida, C. M. D., 2011- Taxonomia, distribuição estratigráfica e paleoecologia de ostracodes do Cretáceo Superior, Coniaciano, ao Mioceno da Bacia de Santos, Margem Continental Sul do Brasil.
- Ayress, M. A., De Deckker, P. and Coles, G. P., 2004- A taxonomic and distributional survey of marine benthonic Ostracoda off Kerguelen and Heard Islands, South Indian Ocean. *Journal of Micropalaeontology*, 23(1), 15-38. DOI:10.1144/jm.23.1.15.
- Becker, G., 2005- Functional morphology of Palaeozoic ostracods: phylogenetic implications. *Hydrobiologia*, 538(1-3), 23-53. DOI:10.1007/s10750-004-4921-0.
- Bergue, C. T. and Nicolaidis, D. D., 2012- The Paleocene-Oligocene ostracodes from DSDP Site 329 (Falkland Plateau): taxonomy and paleozoogeographical remarks. *Paleontological Research*, v. 16(1), p. 47-58. DOI:10.2517/1342-8144-16.1.047.
- Bergue, C. T., Nicolaidis, D. D. and Andrade, K. N., 2013- The Lower Eocene-Lower Oligocene ostracodes from DSDP site 515B, Brazil Basin, southwestern Atlantic Ocean. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 16(1), 27-38. DOI:10.4072/rbp.2013.1.02.
- Bonaduce, G. and Barra, D., 2002- The ostracods in the palaeoenvironmental interpretation of the Late Langhian-Early Serravallian section of Ras il-Pellegrin (Malta). *Rivista italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 108(2): 81-103. DOI:10.13130/2039-4942/5471.
- Boomer, I. and Whatley, R., 1992- Ostracoda and dysaerobia in the Lower Jurassic of Wales: the reconstruction of past oxygen levels. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99(3-4): 373-379. DOI:10.1016/0031-0182(92)90024-Y.

- Brandão, S. N., Yasuhara, M., Irizuki, T. and Horne, D. J., 2013- The ostracod genus *Trachyleberis* (Crustacea; Ostracoda) and its type species. *Marine Biodiversity*, 43(4), 363-405. DOI:10.1007/s12526-013-0163-6.
- Casier, J. G., Lethiers, F. and Claeys, P., 1996- Ostracod evidence for an abrupt mass extinction at the Frasnian Famennian boundary (Devils Gate, Nevada, USA). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie ii Fascicule a-sciences de la Terre et des Planetes*, 322(5), 415-422.
- Dall'Antonia, B., 2003a- Deep-sea ostracods as indicators of palaeoceanographic changes: a case history from the middle-late Miocene of southern Italy (Central Mediterranean). *Terra Nova*, 15: 52-60. DOI:10.1046/j.1365-3121.2003.00464.x.
- Dall'Antonia, B., 2003b- Miocene ostracods from the Tremiti Islands and Hyblean Plateau: biostratigraphy and description of new and poorly known species. *Geobios*, 36: 27-53. DOI:10.1016/S0016-6995(02)00105-5.
- De Deckker, P., 2002- Ostracod palaeoecology. *GMS*, 131, 121-134. DOI: 10.1029/131GM06.
- Elewa, A. M., 2004- Quantitative analysis and palaeoecology of Eocene Ostracoda and benthonic foraminifera from Gebel Mokattam, Cairo, Egypt. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211(3): 309-323. DOI: 10.1016/j.palaeo.2004.06.006 .
- Friedrich, H., 1965- *Meeresbiologie*. Borntraeger, Berlin, 435pp.
- Gross, M., Ramos, M. I., Caporaletti, M. and Piller, W. E., 2013- Ostracods (Crustacea) and their palaeoenvironmental implication for the Solimões Formation (late Miocene; western Amazonia/Brazil). *Journal of South American Earth Sciences*, 42, 216-241. DOI:10.1016/j.jsames.2012.10.002.
- Hassani, M. J. and Hosseini-pour, F., 2018- Quantitative analysis, basin evolution and paleoecology of Early Miocene ostracods in the southwest of Kerman, Iran. *Geopersia*, 8 (2): 213-232. DOI:10.22059/GEOPE.2018.224602.648295.
- Iwatani, H., Murai, K., Irizuki, T. and Yasuhara, M., 2014- A paleobathymetric transition during the mid-Pliocene warm period: Ostracode evidence from Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 399, 173-186. DOI:10.1016/j.palaeo.2013.12.034.
- Kondo, H., Toyofuku, T. and Ikeya, N., 2005- Mg/Ca ratios in the shells of cultured specimens and natural populations of the marine ostracode *Xestoleberis hanaii* (Crustacea). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 225:3-13. DOI:10.1016/j.palaeo.2004.05.026
- Laursen, G., Monibi, S., Allan, T., Pickard, N., Hosseiney, A., Vincent, B., Hamon, Y., Van-Buchem, F., Moallemi, A. and Druillion, G., 2009- The Asmari Formation revisited: changed stratigraphic allocation and new biozonation: In: *First International Petroleum Conference and Exhibition*, Shiraz, Iran. DOI:10.3997/2214-4609.20145919.
- McKenzie, K. G., Majoran, S., Emami, V. and Reymont, R. A., 1989- The KRITHE problem—first test of peypouquet's hypothesis, with a redescription of KRITHE PRAETEXTA PRAETEXTA (crustacea, ostracoda). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 74(3-4):343-354. DOI: 10.1016/0031-0182(89)90069-2.
- Matzke-Karasz, R., Martens, K. and Schudack, M. (Eds.), 2007- *Ostracodology-Linking Bio-and Geosciences: Proceedings of the 15th International Symposium on Ostracoda, Berlin, 2005 (Vol. 197)*. Springer Science & Business Media. DOI:10.1007/s10750-007-0719-1.
- Mohammadi, E., 2020a- Sedimentary facies and depositional environments of the Oligocene-early Miocene marine Qom Formation, Central Iran Back-Arc Basin, Iran (northeastern margin of the Tethyan Seaway). *Carbonates and Evaporites*, DOI:10.1007/s13146-020-00553-0.
- Mohammadi, E., 2021- Sedimentary facies and paleoenvironmental interpretation of the Oligocene larger-benthic-foraminifera-dominated Qom Formation in the northeastern margin of the Tethyan Seaway. *Palaeoworld* 30, 356–372 , DOI: <https://doi.org/10.1016/j.palwor.2020.06.005>.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, M., Ghaedi, M., Dehghan, R., Safari, A., Vaziri-Moghaddam, H., Baizidi, C., Vaziri, M. R. and Sfidari, E., 2013- The Tethyan Seaway Iranian Plate Oligo-Miocene deposits (the Qom Formation): distribution of Rupelian (Early Oligocene) and evaporate deposits as evidences for timing and trending of opening and closure of the Tethyan Seaway. *Carbonates and Evaporites*, 28:321-345. DOI:10.1007/s13146-012-0120-7.
- Mohammadi, E., Hasanzadeh-Dastgerdi, Safari, A. and Vaziri-Moghaddam, H., 2019- Microfacies and depositional environments of the Qom Formation in Barzok area, SW Kashan, Iran. *Carbonates Evaporites* 34:1293–1306. DOI:10.1007/s13146-017-0415-9.
- Mohammadi, E., Vaziri, M. R. and Dastanpour, M., 2015- Biostratigraphy of the Nummulitids and Lepidocyclinids bearing Qom Formation based on Larger Benthic Foraminifera (Sanandaj-Sirjan fore-arc basin and Central Iran back-arc basin, Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, 8:403-423. DOI:10.1007/s12517-013-1136-6.
- Ozawa, H. and Kamiya, T., 2001- Palaeoceanographic records related to glacio-eustatic fluctuations in the Pleistocene Japan Sea coast based on ostracods from the Omman Formation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 170:27-48. DOI:10.1016/S0031-0182(01)00225-5.
- Reuter, M., Piller, W. E., Harzhauser, M., Mandic, O., Berning, B., Rogl, F., Kroh, A., Aubry, M. P., Wielandt-Schuster, U. and Hamedani, A., 2009- The Oligo-/Miocene Qom Formation (Iran): evidence for an early Burdigalian restriction of Tethyan Seaway and closure of its Iranian gateways. *International Journal of Earth Sciences*, 98:627–650. DOI:10.1007/s00531-007-0269-9.

- Sartori, L. and Coimbra, J. C., 2010- A new Holocene neritic species of *Australoecia* Mckenzie (Ostracoda, Pontocypridae) from the Brazilian shelf. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 13:115-122. DOI: 10.4072/rbp.2010.2.04.
- Sato, T. and Kamiya, T., 2006. Taxonomy and geographical distribution of recent *Xestoleberis* species (Cytheroidea, ostracoda, crustacea) from Japan. *Paleontological Research*, 11:183-227. DOI:10.2517/1342-8144(2007)11[183:TAGDOR]2.0.CO;2.
- Schuster, F. and Wielandt, U., 1999- Oligocene and Early Miocene coral faunas from Iran: palaeoecology and palaeobiogeography. *International Journal of Earth Sciences*, 88:571–581. DOI:10.1007/s005310050285.
- Szczechura, J. and Abd-Elshafy, E., 1988- Ostracods and Foraminifera from the Middle Miocene of the western coast of the Gulf of Suez, Egypt. *Acta Palaeontologica Polonica*, 33(4):273-344.
- Tanaka, G. and Nomura, S. I., 2009- Late Miocene and Pliocene Ostracoda from the Shimajiri Group, Kume-jima Island, Japan: Biogeographical significance of the timing of the formation of back-arc basin (Okinawa Trough). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 276(1):56-68. DOI: 10.1016/j.palaeo.2009.02.023.
- Tesakova, E. M., 2010- New data on late Santonian and early Maastrichtian ostracodes of the Saratov Region. *Paleontological Journal*, 44(2):168-179. DOI:10.1134/S0031030110020085.
- Van Buchem, F., Allan, T., Laursen, G., Lotfpour, M., Moallemi, A., Monibi, S., Motiei, H., Pickard, N., Tahmasbi, A. and Vedrenne, V., 2010- Regional stratigraphic architecture and reservoir types of the Oligo-Miocene deposits in the Dezful Embayment (Asmari and Pabdeh Formations) SW Iran. *Geological Society, London, Special Publications*, 329:219–263. DOI:10.1144/SP329.10.
- Van den Bold, W. A., 1970- The Genus *Costa* (Ostracoda) in the Upper Cenozoic of the Caribbean Region. *Micropaleontology*, 16:61-75. DOI: 10.2307/1484848.
- Whatley, R. and Maybury, C., 1990- Ostracoda and global events. Chapman and Hall, London, 621 pp.
- Watley, R. 1991- The platycopid signal: a means of detecting anoxic events using ostracoda. *Micropaleontology*, 10: 181-185. DOI: 10.1144/jm.10.2.181.
- Whatley, R. C., Pyne, R. S. and Wilkinson, I. P., 2003- Ostracoda and palaeo-oxygen levels, with particular reference to the Upper Cretaceous of East Anglia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 194(4):355-386. DOI:10.1016/S0031-0182(03)00333-X.
- Wilson, B., Coimbra, J. C. and Hayek, L. A. C., 2014 - Ostracoda (Arthropoda, Crustacea) in a Miocene oxygen minimum zone, Trinidad, West Indies: A test of the Platycopid Signal Hypothesis. *Journal of South American Earth Sciences*, 54:210-216. DOI: 10.1016/j.jsames.2014.06.003.
- Yamada, K., Tanaka, Y. and Irizuki, T., 2005- Paleooceanographic shifts and global events recorded in late Pliocene shallow marine deposits (2.80–2.55 Ma) of the Sea of Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220:255-271. DOI: 10.1016/j.palaeo.2005.01.006.
- Yamaguchi, T., Norris, R. D. and Dockery, D. T., 2014- Shallow-marine ostracode turnover during the Eocene–Oligocene transition in Mississippi, the Gulf Coast Plain, USA. *Marine Micropaleontology*, 106, 10-21. DOI: 10.1016/j.marmicro.2013.11.003.
- Zhao, Q. and Whatley, R. C., 1997- Distribution of the ostracod genera *Krithe* and *Parakrithe* in bottom sediments of the East China and Yellow seas. *Marine Micropaleontology*, 32: 195-207. DOI: 10.1016/S0377-8398(97)00020-0.
- Zarikian, C. A. A., 2015- Cenozoic bathyal and abyssal ostracods beneath the oligotrophic South Pacific Gyre (IODP Expedition 329 Sites U1367, U1368 and U1370). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 419, 115-142. DOI: 10.1016/j.palaeo.2014.07.024
- Zarikian, C. A. A., Stepanova, A. Y. and Grützner, J., 2009- Glacial–interglacial variability in deep sea ostracod assemblage composition at IODP Site U1314 in the subpolar North Atlantic. *Marine Geology*, 258(1-4), 69-87. DOI: 10.1016/j.margeo.2008.11.009.

Paleoecology of the Qom Formation ostracods in eastern Sirjan and southwestern Kashan (Sanandaj-Sirjan Fore-Arc Basin)

E. Mohammadi¹, M. J. Hassani^{1*}

¹ Assistant professor, Department of Ecology, Institute of science, High technology and environmental science, Graduate University of advanced Technology, Kerman, Iran

Received: 2020 April 21

Accepted: 2020 December 07

Abstract

Paleoecology of the Qom Formation ostracods in the Bojan and Varkan sections have been studied. The age of the sections has determined base on foraminifera and is Rupelian-chattian for the Bujan and Rupelian for the Varkan Section. Ostracoda content of the Bujan and Varkan sections include 44 and 33 species respectively. The species of genus Cytheridea are the most abundant and the most dominant ostracods of the Bujan section. In the lower part of the Bujan section, different species of Cytherella and Cytheridea constitute the dominant ostracods, but upward the abundance of Cytherella is declined and Cytheridea, Neonesidea, and Bairdia are dominant. Podocopids constitute 76% and 86% of the Bujan section ostracods during Rupelin and Chattian, respectively. Neonesidea elegans, Bythocypris pseudoreniformis, Paracypris pandyai, Paracypris sappieri and Paracypris naalunensis constitute the dominant ostracods of the Varkan Section. Podocopid ostracods are dominant in the Varkan marls and constitute 77% of the ostracods. The high percentage of podocopid ostracods indicates that the environment was oxygen-rich and without the ecological stresses in both section; while in the Varkan Section, the ecological conditions are stable but in the Bujan section, the oxygen enriches upward and ecological conditions become closer to normal marine basins.

Keywords: Qom Formation, Sanandaj-Sirjan, Paleoecology, Ostracod, Podocopid.

For Persian Version see pages 65 to 78

*Corresponding author: M. J. Hassani; E-mail: mjhassani887@gmail.com