نشریه علمی ـ پژوهشی رخساره‌های رسوبی
بهاروتابستان ۱۳۹۷، ۱۱ (۱): ۱-۱۴

Sedimentary Facies
Spring & Summer 2018, 11 (1): 1-14
DOI: 10.22067/sed.facies.v11i1.59559

اولین گزارش از لوله‌های زیستی کرم‌های حلقوی پلی‌کیت (پرتاران) ائوسن از ناودیس سراکه (منطقه سُه، شمال غرب اصفهان ــ ایران مرکزی)

علی بهرامی*[۱]، مهدی یزدی[۲]، صفوره صدری[۳]، مرجان خداوردی حسن‌وند[۴]

۱ـ دانشیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۲ـ استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۳ـ کارشناسی ارشد چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
۴ـ دانشجوی دکتری چینه نگاری و دیرینه شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

*پست الکترونیک: a.bahrami@sci.ui.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۵/۷/۲۵ **تاریخ پذیرش: ۹۶/۵/۹**

چکیده

مطالعه نهشته‌های کربناته و مارنی دارای بقایای لوله‌های زیستی کرم‌های حلقوی پلی‌کیت در منطقه سُه اصفهان (ناودیس سراکه) به شناسایی گونه *Rotularia spirulaea* از خانواده کرم‌های سرپولید منجر گردید. به طورکلی *Rotularia* در محیط‌هایی که به هم ریختگی لایه‌ها توسط موجودات زنده زیاد باشد و در محیط‌های با انرژی متوسط تا بالا به طور فراوان یافت می‌شود. بسیاری از کرم‌های *Rotularia* قسمت یا تمامی طول عمر خود را در لوله‌های آهکی یا سیمانی ترشح شده گذرانیده‌اند. این کرم حلقوی اغلب از زمان ژوراسیک تا پالئوژن در دریاهای کم‌عمق (ائوسن) وجود داشته و در مرز ائوسن ـ الیگوسن منقرض شده است. کرم‌های *Rotularia* به همراه بقایایی از قطعات خرچنگ، شکم‌پا و روزن‌داران کف‌زی گویای شرایط دریایی کم‌عمق در زمان تشکیل نهشته‌های مورد مطالعه بوده است.

واژه‌های کلیدی: ائوسن؛ کرم‌های حلقوی پلی‌کیت؛ ناودیس سراکه؛ سرپولید؛ *Rotularia*.

مقدمه

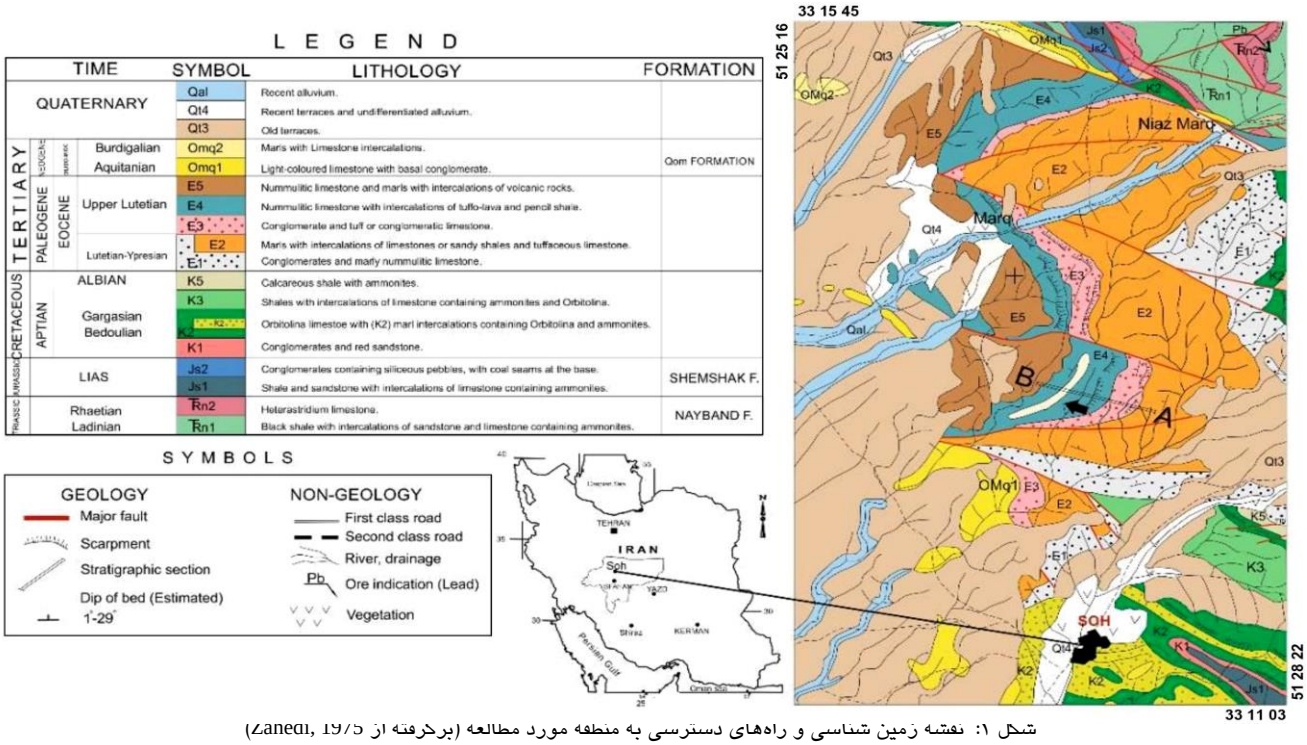
پرتاران عهدحاضر از متداول‌ترین بی‌مهرگان کف‌زی دریاهای کم‌عمق هستند که به سطوح سخت و نرم می‌چسبند (Fauchald & Jumars, 1979؛ Ruppert *et al.*, 2004). این جانوران که گسترش وسیعی از زمان پروتروزوئیک داشته‌اند حرکات کرم مانند داشته و بعضی از آن‌ها نیز به صورت حفار و شناگر می‌باشند (Howell, 1962). تقریباً تنها چیزی که از این کرم‌ها به صورت فسیل باقی می‌ماند لوله آن‌ها است که جانور در طی حیات خود در آن زندگی می‌کند، اما به آن لوله متصل نبوده است. لوله که یک ویژگی مشترک در تمامی خانواده کرم‌های سرپولید است از دو لایه آهکی تشکیل شده است. لایه داخلی محیط دایره‌ای شکل دارد و از درون صاف است. لایه خارجی که قسمت بیرونی لوله را تشکیل می‌دهد، مقاومت متفاوتی دارد و ممکن است دارای تزیینات متفاوتی باشد (Nielson, 1931). جنس لوله در سرپولیدها از کربنات کلسیم متبلور و ماتریکس موکوپلی‌ساکارید است که از غدد موجود در یقه ترشح می‌شوند (Hove & Kupriyanova, 2009). حضور و فراوانی ناگهانی لوله‌های فسیل شده این کرم در ستون چینه شناسی معمولاً به این دلیل است که این جانور فرصت طلب بوده و از شرایط

خاصی که در محیط ایجاد شده، استفاده می‌نماید (Macellari, 1984؛ Sørensen & Surlyk, 2010؛ کمالی سروستانی و همکاران، ۱۳۹۰). جنس *Rotularia* از جانوران متداول دریاهای کم‌عمق ژوراسیک تا اوایل پالئوژن بوده و در مرز ائوسن ـ الیگوسن منقرض شده است. *Rotularia* عموماً در رسوبات با آشفتگی زیستی بالا و اغلب در رسوبات نرم مانند رس، مارن، سیلت یا ماسه یافت می‌شود. ارتباطی بین درصد بالای رسوبات لوتایت (رس + سیلت)، آشفتگی زیستی و فراوانی این جنس وجود دارد که نشان می‌دهد احتمالاً این جنس گل خوار بوده است (Macellari, 1984). *Rotularia* در دوره جوانی به بسترهای کوچک متصل می‌شود و طی مراحل انتوژنی به صورت خوابیده بر روی بسترهای نرم در یک محیط با انرژی متوسط تا بالا قرار می‌گیرد (Ball, 1960؛ Wilckens, 1910). *Rotularia* مربوط به شاخه کرم‌های بندبند یا حلقوی[1] و رده Polychaeta است. افراد این رده بندبند بوده و در سطح بندها یا حلقه‌ها تار یا خار وجود دارد. بیشتر آن‌ها قسمتی از عمرشان را به صورت کف‌زی‌های متحرک یا چسبیده به کف بستر سپری می‌کرده‌اند و برخی دیگر قسمت یا تمامی طول عمر خود را در لوله‌های مترشحه آهکی و یا از مواد سیمانی گذرانیده‌اند. آن‌ها دارای بدنی نرم و ماهیچه‌های ضعیف بوده‌اند. خارها یا تارهای ویژه در تغییر موقعیت، جابه‌جایی و یا ثابت نگاه داشتن موجود درون لوله‌اش مؤثر واقع می‌شود. حرکت در داخل لوله معمولاً به وسیله عملکرد آرام دودی شکل بدن و یا توسط حرکت خارها انجام می‌شود. لوله‌های پلی‌کیتها نقش حفاظتی خود را جهت حمایت از بدن نرم کرم‌ها و همچنین در حفظ جهت گیری مناسب آن‌ها نسبت به بستر، ایفا می‌کند. اندازه فسیل‌ها از چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متراست (Moore, 1969). ترکیب اصلی لوله‌های پلی‌کیتها از کلسیت است و دیواره آن از یک لایه نازک داخلی و یک لایه ضخیم لاملار بیرونی تشکیل شده است (Wrigley, 1951؛ Schmidt, 1955؛ Şuraru & Şuraru, 1967؛ Macellari, 1984). در پژوهش حاضر، افق کلیدی دارای کرم *Rotularia spirulaea* (Lamarck, 1818) در بخش زیرین نهشته‌های ائوسن برش سُه (شمال غرب اصفهان) مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

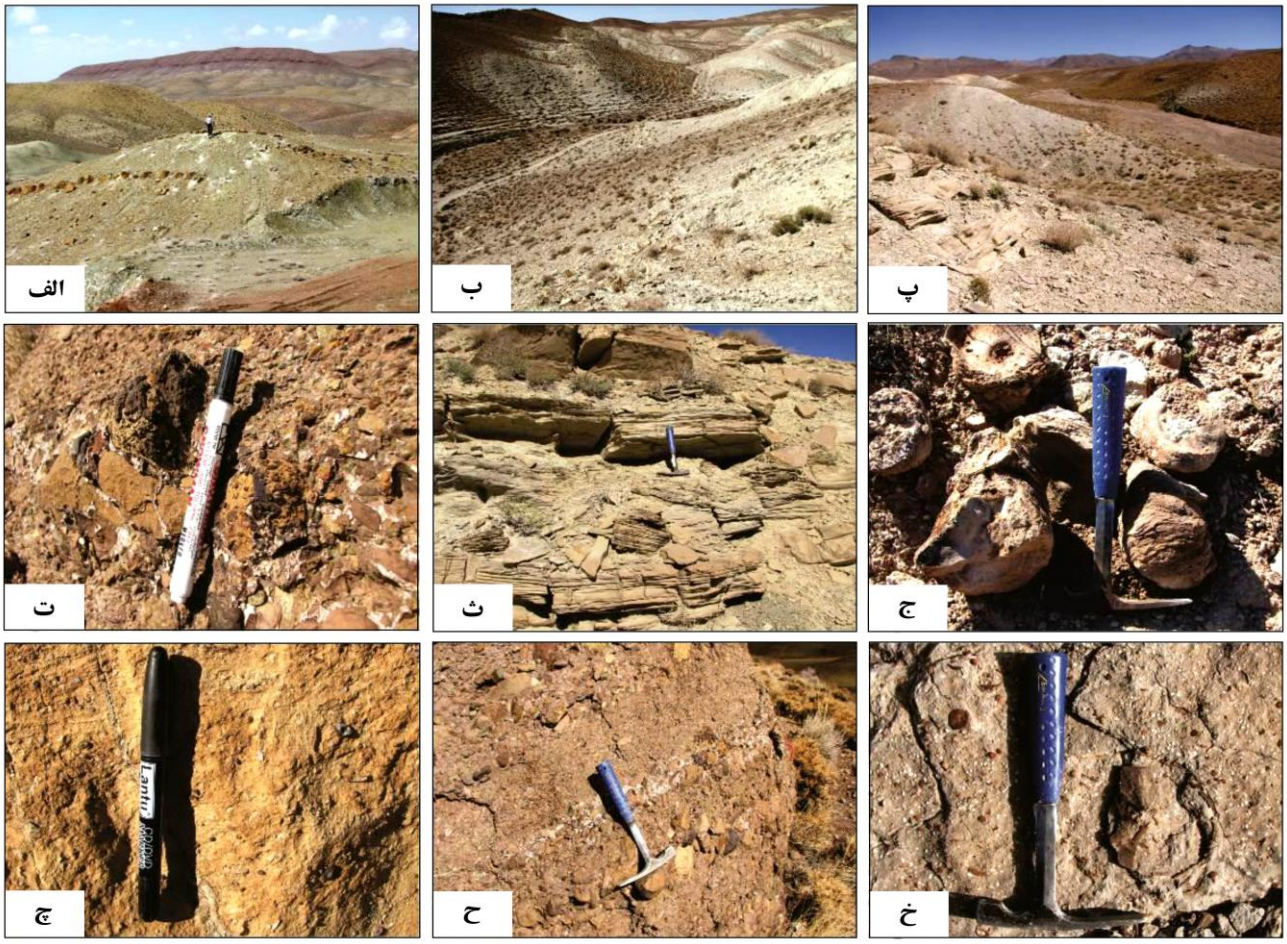
جایگاه زمین شناسی

برش مورد مطالعه در ناودیس سراکه، در نزدیکی روستای سُه، در ۹۰ کیلومتری شمال غرب اصفهان در بخش جنوب غربی ایران مرکزی واقع شده است (شکل ۱). رسوبات تشکیل دهنده این حوضه شامل واحدهای قاره‌ای و دریایی کم‌عمق هستند. در اواخر کرتاسه تا اوایل ائوسن این منطقه تحت تأثیر حوادث معادل با رویداد لارامین قرارگرفته که با چین‌خوردگی، فرسایش و پس‌روی دریا مشخص می‌شود. رسوبات ائوسن نیز به طور دگرشیب بر روی لایه‌های مختلف کرتاسه و لیاس قرارگرفته‌اند (Zahedi, 1973؛ Mannani & Yazdi, 2009؛ Yazdi *et al*., 2010؛ Sadri, 2011؛ Janssen *et al*., 2013؛ Khodaverdi Hassan-vand *et al*., 2016). توالی مورد مطالعه به طور عمده شامل افق‌های مارن، سنگ آهک‌های مارنی و مارن با میان‌لایه‌های سنگ آهک با ضخامتی در حدود ۳۵۴ متر است و با ناپیوستگی بر روی لایه‌های مختلف کرتاسه جای دارد (شکل ۲). افق‌هایی که در زیر رسوبات مورد مطالعه قرارگرفته‌اند (شکل ۳) حاوی فسیل‌های اوربیتولینید و میگو *Huhatanka iranica* و شامل تناوبی از کنگلومرا،

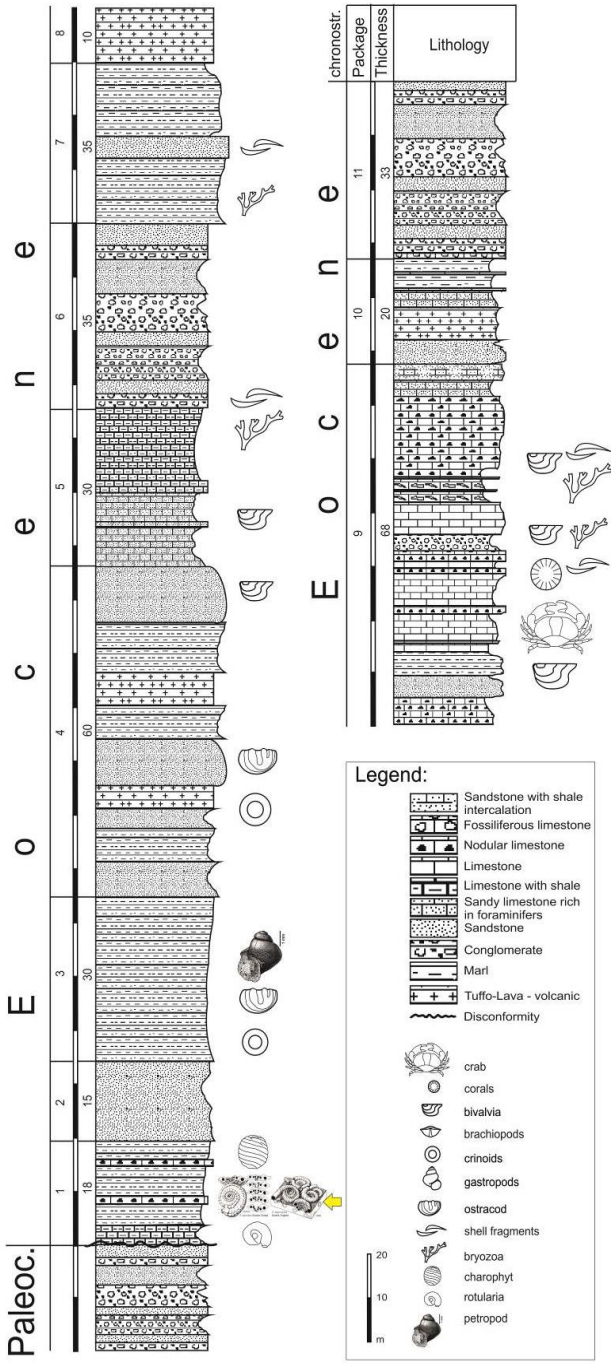
1- Annelida



شکل ۱: نقشه زمین شناسی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه (برگرفته از Zaneol, 1975)



شکل ۲: تصاویر زمین شناسی افق‌های مورد مطالعه: الف، پ، ث) افق‌های دارای کرم سپیولید بخش زیرین (واحد ۱)؛ ب) افق‌های مارنی و میان لایه‌های سنگ آهک مارنی (واحدهای۲ و ۳)؛ ت، ح) افق‌های کنگلومرایی و تخریبی واحد ۶ دارای قلوه سنگ‌های حاوی اربیتولینیدهای سیلیسی شده (رسوب‌گذاری مجدد)؛ چ، خ) سنگ آهک نومولیت‌دار واحد ۸ (بعضاً سیلیسی شده)؛ ج) افق دارای اویسترهای بزرگ (بخش بالای واحد ۹).



شکل ۳: ستون سنگ چینه ای برش مورد مطالعه

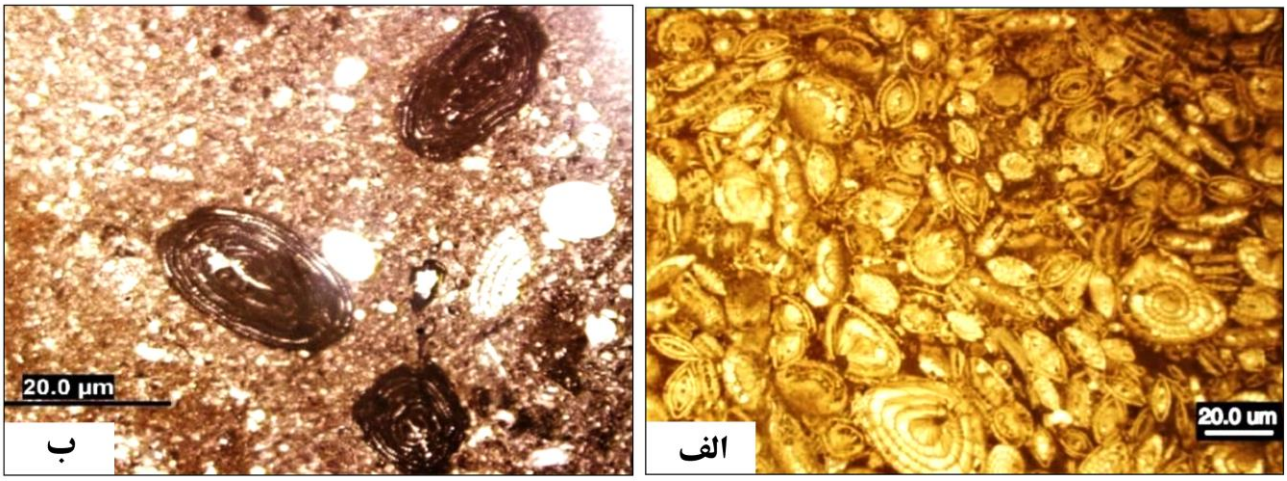
ماسه‌سنگ و سیلت‌سنگ‌های قرمز تا قهوه‌ای رنگ متعلق به زمان آپتین تا آلبین و در برخی از بخش‌ها تورونین هستند (Yazdi *et al.*, 2010). بعد از کوه‌زایی لارامین با پیش‌روی دریای کم‌عمق به تدریج شرایط دریایی حاکم شده و باعث نهشته شدن توالی کربناته ـ مارنی و ایجاد شرایط زیست مناسب دریایی، گسترش و تنوع موجودات محیط کم‌عمق در این منطقه شده است. در توالی مورد مطالعه اولین لایه‌های دریایی با ترکیب مارن سفید رنگ به همراه بقایای زیستی ائوسن در بخش‌های پایینی به ضخامت حدود ۱۸ متر (واحد ۱) با شیب °۳۵ به سمت شمال شرق، غنی از قطعات خرچنگ و فسیل‌های کرم سرپولید *Rotularia spirulaea* همراه با فسیل‌های روزن‌داران (*Nummulites*، *Assilina*، *Alveolina*، Miliolid و ...)، دوکفه‌ای‌ها (اویستر، پکتن و *Glycymeris*) و خارپوستان و بقایای جلبک کاروفیت می‌باشد (شکل ۲). بر روی این واحد ۱۵ متر ماسه سنگ با میان لایه‌های نازک مارنی زرد رنگ قرار دارد (واحد ۲). واحدهای ۳ تا ۵ به ضخامت ۱۵۰ متر تناوبی از سنگ آهک‌های نازک تا متوسط لایه به سمت بالا ضخیم شونده، لایه‌های نازکی از ماسه‌سنگ‌های با چینه‌بندی متقاطع و سیلت‌سنگ‌های توفی دارند و غنی از فسیل‌های شکم‌پایان، خارپوستان، استراکدها و دوکفه‌ای‌های بزگ هستند. صدری (۱۳۹۰) با مطالعه روزن‌داران این چهار واحد و شناسایی میکروفسیل‌های ایزوله و مقاطع نازک سن ایپرزین تا بارتونین (ائوسن پیشین ـ میانی) را برای نهشته‌های مذکور پیشنهاد نموده است (شکل ۴). وی با شناسایی میکروفسیل‌های *Assilina exponens*، *Elphidium* sp.، *Marginolina wetherelli*، *Nodosaria Catesbyi*، *Nodosaria scalaris*، *Nummulites globules*، *Oolina* sp.، *Spirolina cylinracea* و *Vaginulinopsis* sp. سن واحدهای ۲ و ۳ را ائوسن میانی (لوتسین) تعیین نموده است. به همراه میکروفسیل‌های مذکور در این واحدها ماکروفسیل‌های *Natilus cimomia*، *Ostrea latimarginata*، *Ostrea* sp.، *Pinna* cf. *deltodus* و *Velates preversus* قابل مشاهده می‌باشند.

Janssen *et al*. (2013) با مطالعه شکم‌پایان افق‌های کمی بالاتر از واحدهای دارای کرم سرپولید و معرفی پنج گونه جدید *Altaspiratella tavianii*، *Limacina aryanaensis*، *Limacina perforate*، *Limacina yazdii* و *Texacuvierina hodgkinsoni* از شکم‌پایان در برش سُه ناودیس سراکه، سن افق‌های مذکور را ائوسن پیشین ـ میانی تعیین نموده‌اند. واحد ۶ و ۱۱ هرکدام متشکل از حدود ۳۵ متر کنگلومرای سیلیسی، ماسه‌سنگ و میان لایه‌های نازک سنگ آهک فسیل‌دار است. واحدهای ۷ تا ۱۰ تناوبی از سنگ آهک و مارن‌های خاکستری تا زرد فسیل‌دار حاوی بریوزوئر، خرچنگ، کرینوئید و اویستر به همراه ۲ واحد تراکی‌آنذزیتی و بازالتی می‌باشند (Khodaverdi Hassan-vand *et al*., 2016) (شکل ۳).

بحث

در بین کرم‌های پلی‌کیت فقط خانواده‌های Serpulidae، Spirorbidae، Sabellidae و Cirratulidae لوله‌های آهکی دارند (Perkins, 1991؛ Fischer *et al*., 2000). در این میان اکثر سرپولیدها به طورکامل یا ناقص و با بخشی از لوله به سطح میزبان چسبیده‌اند، اما جنس *Rotularia* به طور مشخص فاقد چسبندگی به میزبان است که همین عامل مهمی در تشخیص این جنس از سایر جنس‌های سرپولیدها است. جنس *Rotularia* از ژوراسیک پسین (Ball, 1960؛ Stevens, 1967) تا ائوسن (Savazzi, 1995) گزارش شده است و گسترش جهانی دارد (Wrigley, 1951؛ Ball, 1960؛ Keen, 1961؛ Regenhardt, 1961؛ Howell, 1962؛ Stevens, 1967؛ Chiplonkar & Tapaswi, 1973؛ Ware, 1975؛ Lommerzheim, 1979؛ Macellari, 1984؛ Jager, 1983). به علت شکل ویژه تروکواسپیرال *Rotularia*، در گذشته این گروه تحت عنوان شکم‌پایان توصیف می‌شدند (Bronn, 1827؛ Schauroth, 1865؛ Stoliczka, 1868؛ Whitfield, 1890؛ Rovereto, 1904؛ Cossmann, 1912؛ Doncieux, 1926؛ Rutsch, 1939؛ Wenz, 1943)، اما Savazzi (1995) و Accorsi Benini & Ungaro (1989) با بررسی ساختار داخلی و خارجی لوله به طور مشخص آن‌ها را به *Rotularia* منتسب نمودند. بررسی ساختار سلولی *Rotularia spirulaea* مشخص نموده لوله کرم از دو لایه داخلی و خارجی تشکیل گردیده است. لایه خارجی با ضخامت‌های متفاوت ۱/۶ میلی‌متر در بخش پشتی دهانه و ۰/۶۷ میلی‌متر در بخش جانبی دهانه لوله یافت می‌شود (Carter *et al*., 1990). جنس دیواره خارجی لوله از بلورهای مورّب کلسیتی با اندازه ۷ تا ۳۰ میکرومتر است. لایه داخلی دیواره‌ای با ضخامت ۰/۱۸ میلی‌متر و ساختار فیبروز لایه‌ای دارد (Savazzi, 1995). بین دو لایه داخلی و خارجی از بلورهای منشوری کلسیتی تشکیل شده است. در نمونه‌های مطالعه شده، پوسته در یک سطح پیچش تروکواسپیرال دارد. اندازه طول آن‌ها ۳ تا ۵ میلی‌متراست. دهانه دایره‌ای و طول قطرآن در نمونه‌های بزرگتر به ۱/۵ میلی‌متر می‌رسد. این نمونه‌ها به نام *Rotularia spirulaea* معرفی شده‌اند (Mikuz, 2008). بر اساس موقعیت چینه‌شناسی، تجزیه و تحلیل زیست‌چینه‌نگاری و محتوای روزن‌داران کف‌زی (*Alveolina* و *Nummulites*) نمونه‌های فسیل شده، متعلق به زمان ائوسن میانی (لوتسین) (Wynd, 1965) می‌باشند. *Rotularia* گونه‌های فراوان و مختلفی دارد و از لحاظ جغرافیایی و چینه شناسی به طور وسیع در مناطق مختلف جهان توزیع شده است. به طور مثال *Rotularia spirulaea* از ائوسن ترکیه گزارش شده که دارای همان ویژگی‌ها است، اما ابعاد کوچکتری دارد (Hosgor & Okan, 2006). همچنین گونه‌های مختلفی از شمال ایتالیا (Rovereto,1904)، از ائوسن انگلستان

(Karagiuleva, 1964) و از جنوب فرانسه (Cossmann & Pissarro, 1911) گزارش شده‌اند. مجموعه فسیل‌های یافت شده، وجود شرایط دریایی گرم و کم‌عمق در اواسط ائوسن میانی در این مناطق را نشان می‌دهند. محیط دیرینه مناسب و مساعد برای توسعه کرم‌های سرپولید مناطق گرم و کم‌عمق دریایی است. فراوانی کرم‌های پلی‌کیت و بقایای خرچنگ‌ها در برش مورد مطالعه حاکی از زیست همزمان آن‌ها است (Walker & Ward, 1992).



شکل ۴: الف) *Nummulites globules*, (Leymerie, 1846) و *Assilina exponens* (Heim, 1908) در برش محوری؛ ب) *Alveolina* sp. و *Nummulites* sp. در برش محوری

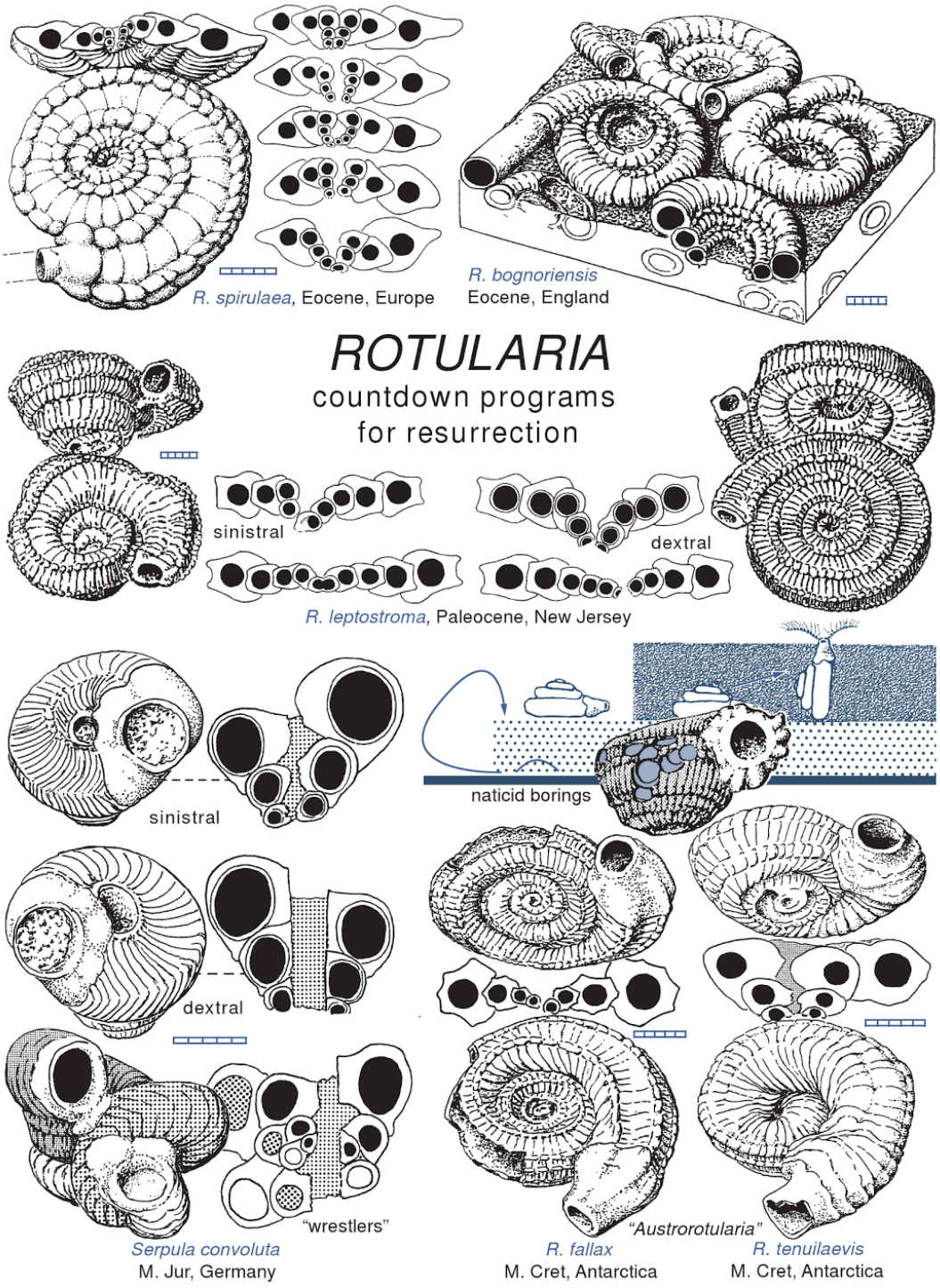
دیرینه شناسی سیستماتیک

ویژگی‌های توصیفی برای مشخصات کرم حلقوی *Rotularia*، برگرفته از (Benini *et al.*, 1988؛ Chamberlin, 1919) و به شرح زیر است:

Phylum: Annelida Lamarch, 1809
Class Polychaeta Grube, 1850
Order: Sabellida Fauchald, 1977
Family: Serpulidae Burmeister, 1837
Subfamily: Spirorbinae Chamberlin, 1919
Genus: *Rotularia* Defrance, 1827
***Rotularia spirulaea* (Lamarck, 1818)**
Plate 1, 1-35; Plate 2, 1-30

1820 *Serpulites nummularius* - Schlotheim, 97, Taf. 29, Fig. 11
1848 *Serpula spirulaea* Lamarck - D'archiac, 452
1863 *Serpula spirulaea* Lamarck - Schafhäutl, Taf. 53, Figs. 1a-c, 2a-c
1895 *Serpula* (*Rotularia* Defr.) *spirulaea* Lamarck - Zittel, 205, Fig. 404 h
1901 *Serpula* (*Rotularia*) *spirulaea* Lamarck - Oppenheim, 277, Taf. 18, Fig. 15
1906 *Serpula spirulaea* Lamarck - Felix, 96, Fig. 250
1909 *Serpula* (*Rotularia*) *spirulaea* Lamarck - Toniolo, 256
1918 *Serpula spirulaea* Lamarck - Toula, 426, Taf. 25, Fig. 32.
1949 *Serpula spirulea* - Petkovi, 156, Tab. 26b, sl. 1
1952 *Serpula spirulaea* Lamarck - Roger, 184, Fig. 21 1955 *Rotularia spirulaea* (Lamarck) - Schmidt, 75, Taf. 8, Figs. 15-19
1957 *Seripula spirulaea* Lamarck - Petkovi, 237, Tab. 42, sl. 2
1964 *Burtinella spirulaea* (Lamarck) - Karagjuleva, 143, Tabl. 41, Figs. 11a-11b
1964 *Serpula* (*Rotularia*) *spirulaea* - Kochanskydevidé, 198, Fig. 261.
1968 *Vermetus spiruleus* (Lamarck, 1802) - Zelinskaja, Kulienko, Makarenko & Soroan, 32
1980 *Tubulostium spirulaeum* (Lamarck), 1818 - Kecskeméti-Körmendy, 46, 155, Táb. 13, Figs. 1-11
1988 *Rotularia spirulaea* (Lamarck) - Hagn & Schmid, 62, Taf. 9
1990 *Tubulostium spirulaeum* (Lamarck) - Malaroda, 219, Fig. 248 a1-a2
1992 *Rotularia spirulaea* (Lamarck) - Hagn, Darga & Schmid, 144, Taf. 33
1996 *Rotularia spirulae* (Lamarck) - MOOSLEITNER, Tafel Paz 2, Fig. 9
1998 *Rotularia spirulea* (Lamarck) - Schultz, 24, Taf. 4, Fig. 1
2000 *Serpula spirulaea* Lamarck - KLEPA~, 257- 258
2003 *Rotularia spirulaea* (Lamarck, 1818) - Klepa, 504-505, Figs. 146 A-C.

توصیف: این لوله‌های زیستی به صورت پیچش مخروطی و مسطح، عموماً چپ‌گرد و گاهی راست‌گرد هستند که در نمونه‌های کامل معمولاً بخش نهایی لوله مستقیم و با سطح مقطع دایره‌ای است. در مراحل ابتدایی رشد کرم‌های پلی‌کیت به صورت چسبیده به سطوح سخت می‌باشند. سپس در مراحل بلوغ و پس از آن در محیط‌های نرم مارنی و ماسه‌ای توسعه می‌یابند (شکل ۵).

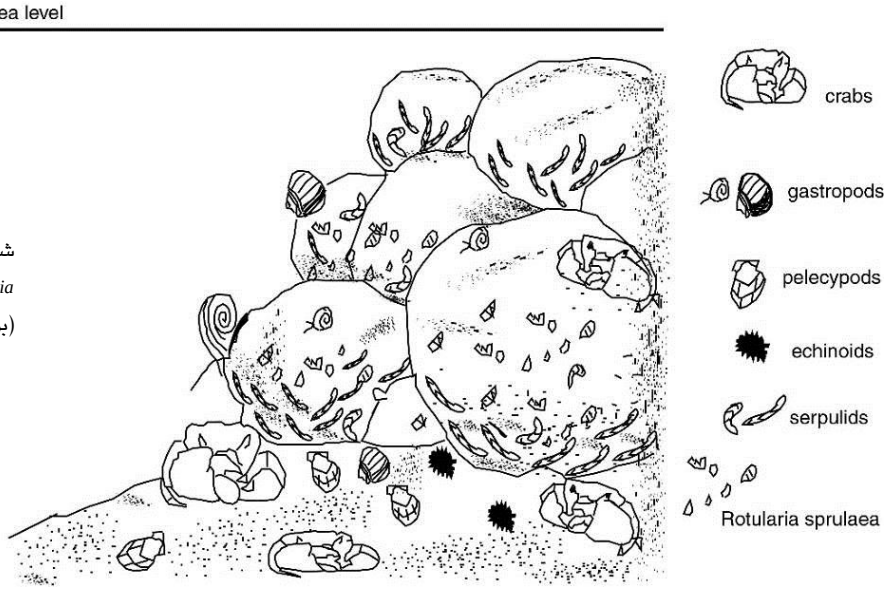


شکل ۵: ریخت شناسی و شکل پیچش در *Rotularia* و تغییرات تکاملی آن از ژوراسیک تا ائوسن (برگرفته از Seilacher & Gishlick, 2014)

انتشار چینه شناسی و جغرافیایی: *Rotularia* از اواخر لیاس تا اوایل الیگوسن وجود داشته‌اند. از لحاظ جغرافیایی گسترش وسیع دارند و در سراسر جهان توزیع شده‌اند (Suraru & Suraru, 1967)، اما گونه *Rotularia spirulaea* به طور مشخص از ژوراسیک پسین تا ائوسن می‌زیسته و در مرز ائوسن ـ الیگوسن منقرض شده است.

دیرینه بوم شناسی: *Rotularia* در ابتدای رشد به زیر لایه‌های محیط زندگی می‌چسبد و در مرحله بعدی رشد،

به صورت کف‌زی به رسوبات نرم تکیه می‌کند. در محیط‌های با انرژی متوسط تا بالا ساکن می‌شود (Macellari, 1984). محیط دیرینه مناسب و مساعد برای توسعه کرم‌های سرپولید مناطق گرم و کم‌عمق دریایی می‌باشد (Walker & Ward, 1992). به طور کلی *Rotularia* در محیط‌هایی که به‌هم ریختگی لایه‌ها توسط موجودات زیاد باشد و در محیط‌های با انرژی متوسط تا بالا به طور فراوان یافت می‌شود (Hosgor & Okan, 2006). مجموعه‌ای از آن‌ها به صورت منظم و غیرمتصل به هم در کنار یکدیگر قرار می‌گرفته‌اند و بسیاری از آن‌ها بر روی موجودات دیگر زندگی می‌کرده‌اند (Vega & Perilliat, 1995) (شکل ۶).



شکل۶: بازسازی فون جانوری *Rotularia* در حوضه کم عمق ائوسن (برگرفته از Hosgor & Okan, 2006)

نتیجه‌گیری

افق کلیدی در این تحقیق دارای لوله‌های زیستی کرم سرپولید *Rotularia spirulaea* (Lamarck, 1818)، می‌باشد. کرم حلقوی *Rotularia* گسترش جغرافیایی وسیع دارد و اغلب از زمان ژوراسیک تا اوایل پالئوژن در دریاهای کم‌عمق (ائوسن) وجود داشته است. کرم‌های *Rotularia* به همراه بقایایی از قطعات خرچنگ، شکم‌پایان و روزن‌داران کف‌زی گویای شرایط دریایی کم‌عمق در زمان تشکیل نهشته‌های مورد مطالعه بوده‌اند. *Rotularia* گونه‌های فراوان و مختلفی دارند و از لحاظ جغرافیایی و چینه شناسی به طور وسیع در مناطق مختلف جهان توزیع شده‌اند. به طور مثال از ائوسن ترکیه، شمال ایتالیا، ائوسن انگلستان و از جنوب فرانسه نیز گزارش شده‌اند. مجموعه فسیل‌های یافت شده، وجود شرایط دریایی گرم وکم‌عمق در اواسط زمان ائوسن میانی در این مناطق را نشان می‌دهد. محیط دیرینه مناسب و مساعد برای توسعه کرم‌های سرپولید، مناطق گرم و کم‌عمق دریایی می‌باشد. فراوانی کرم‌های پلی‌کیت و بقایای خرچنگ‌ها در برش مورد مطالعه حاکی از همزیستی آن‌هاست. این نزدیکی در مناطق ذکر شده حاکی از اهمیت این گروه از کرم‌ها در تطابق زیست جغرافیای دیرینه است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان از آقایان پروفسور Yavuz Okan (دانشگاه آنکارا) و پروفسور Alexi Ippiliotov (انجمن زمین شناسی روسیه) به جهت همکاری در بررسی و شناسایی نهایی نمونه‌ها تشکر می‌نمایند.

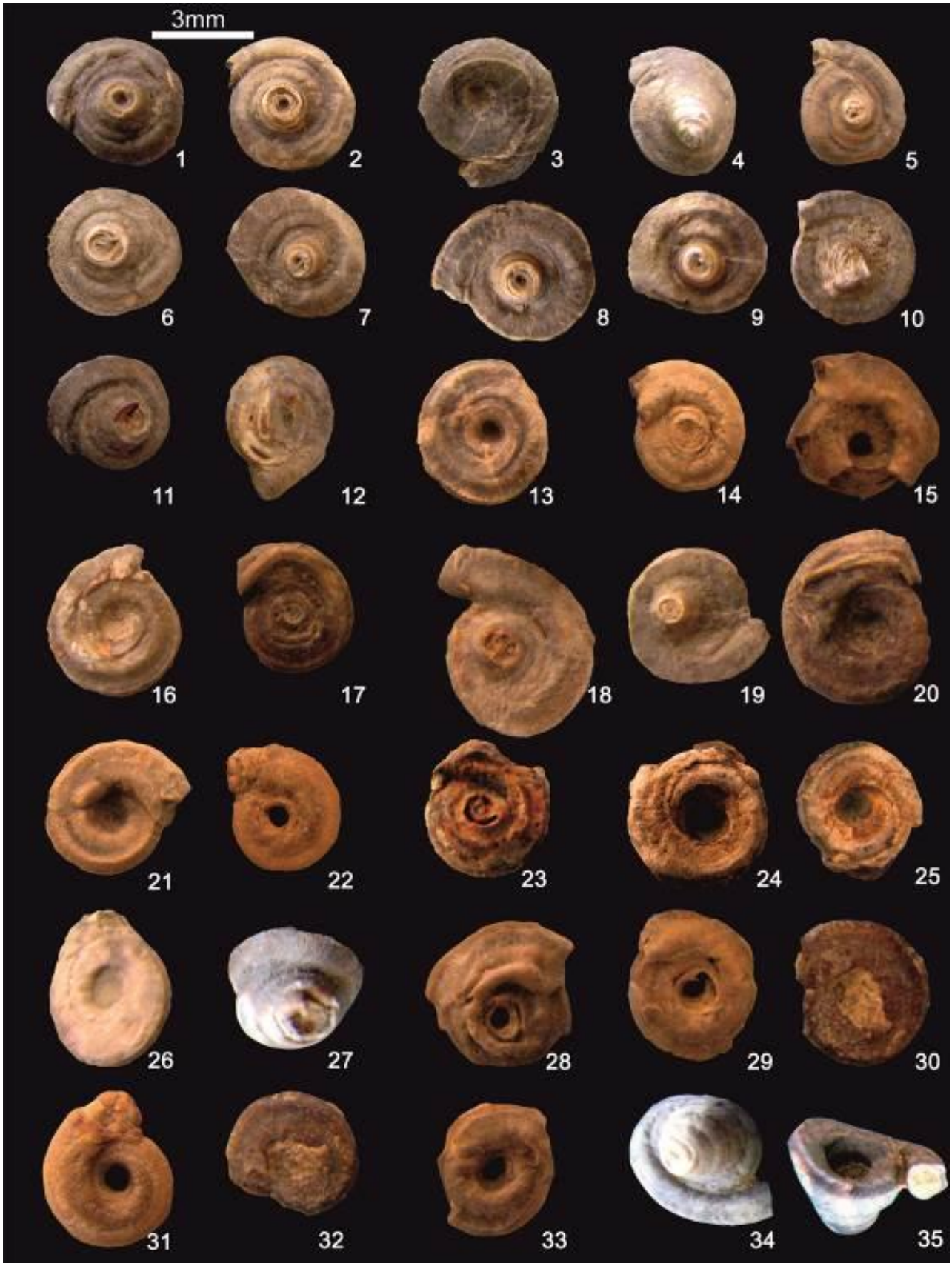


Plate 1

1-35: *Rotularia spirulaea* Lamarck, 1818, dorsal, apertural and umbilical views; Soh area (NW Isfahan), Sarakeh Syncline, Rock unit 1, 18 meters far from the base of the Eocene deposits (All figured specimens are housed at the Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan under acronyms of EUIC).

Plate 2
1-30: *Rotularia spirulaea* Lamarck, 1818, dorsal, apertural, umbilical and cross section views; Soh area (NW Isfahan), Sarakeh Syncline, Rock unit 1, 18 meters from the base of the Eocene deposits.

منابع

صدری، ص.، ۱۳۹۰. زیست چینه نگاری و سنگ چینه نگاری رسوبات ائوسن در شمال غرب اصفهان (سنکلینال منطقه سُه) براساس ماکروفسیل و میکروفسیل. *پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان*، ۱۰۹ ص.

کمالی سروستانی، ح.، صادقی، ع.، آدابی، م.ح.، موسویان، س. م.، ۱۳۹۰. معرفی لوله‌های زیستی کرم‌های پرتاران در سازند دبرسو (ایران مرکزی). *پژوهش‌های چینه نگاری و رسوب شناسی*، ۲۷ (۴): ۲۱-۳۰.

Accorsi benini, C., & Ungaro, S., 1989. Le comunitie a *Rotularia spirulaea* lamarck: analisi paleoecologica di un affiramento Priaboniano presso Nanto (Collini Berici). Atti 3 Simposio di Ecologia e Paleontologia delle Comunite Bentoniche, *Catania-Taormina*.

Ball, H.W., 1960. Upper Cretaceous Decapoda and Serpulidae from James Ross Island, Graham Land. *Scientific Reports of the Falkland Islands Dependencies Survey*, 24: 1-30.

Benini, A.C., Braga, G., & Ungaro, S., 1988. Analisi paleosinecologica di una comunità di un livello a *Rotularia spirulaea* Lamarck (Polichete serpulide) presso Sossano (Monti Berici, Vicenza). *Memorie di Scienze Geologische*, 40: 413-437.

Bronn, H.G., 1827. Verzeichnis der vom Heidelberger Mineralien-Komptoir verka¨uflichen Konchylien-Planzenthier-und anderen Versteinerungen. *Zeitschrift fu¨r Mineralogie*, 2: 529-544.

Burmeister, H., 1837. Handbuch der Naturgeschichte. Part 2, *Enslin*, Berlin, 369-858.

Carter, J.G.K., Bandel, V., DE Buffre´ NIL, V.S.J., Carlson, J., Castanet, M.A., Crenshaw, J.E., Dalingwater, H., Francillion-Vieillot, J., GE´ Radie, F.J., Meunier, H., Mutvei, A., De Riqle`s, J.Y., Sire, A., Smith, B., Wendt, J., Williams, A., & Zylberberg, L., 1990. Glossary of skeletal biomineralization. *In:* Carter, J.G., (ed.), Skeletal Biomineralization: *Patterns, Processes and Evolutionary Trends*, 1: 609-671

Chamberlin, R.V., 1919. The Annelida Polychaeta of the Albatros Tropical Pacific Expedition, 1891-1905. *Memoirs of the Museum of Comparative Zoology, Harvard University press*, 48: 1-514.

Chiplonkar, G.W., & Tapaswi, P.M., 1973. Fossil polychaetes from the Upper Cretaceous rock formations of South India. Pt. 2, *Proceedings of the Indian Academy of Science*, B77: 202-213.

Cossmann, M., 1912. Essais de pale´oconchologie. *compare´e*, 9: 215.

Cossmann, M., & Pissarro, G., 1911. Inoconographie complete des coquilles fossiles de l'Eocene des environs de Paris, 45 p.

D'archiac, A., 1848. Description des fossiles du groupe nummulitique recueillis par M. S. P. Pratt et M. J. Delbos aux environs de Bayonne et de Dax. *Mémorie Society Géology*, 2e séries, Tome 3, Mémorie (Paris) 6: 397-456.

Defrance, J.M.L., 1827. Manuel de Malacologie et de Conchyliologie. *Levrault*, Paris, 647 p.

Doncieux, L., 1926. Catalogue descriptif des fossiles nummulitiques de l'Aude et de l'He´rault. Deuxie`me partie, fascicule III. *Corbie`res septentrionales. Annales de l'Universite´ de Lyon, Nouvelle Se´rie*, 1: 1-80.

Fauchald, K., 1977. The Polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County, *Science Series*, 28: 1-190.

Fauchald, K., & Jumars, P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 17: 193-284.

Fischer, R., Pernet, B., & Reitner, J., 2000. Organomineralization of cirratulid annelid tubes. Fossil and recent examples. *Facies*, 42: 35-50.

Grube, A.E., 1850. Die Familien der Anneliden. *Archiv für Naturgeschichte*, 16: 249-364.

Hagn, H., & Schmid, R., 1988. Fossilien von Neubeuern. Neubeuern am Inn. Bilder aus der geologischen Vergangenheit. *Institut für Paläontologie und historische Geologie* (München): 1-109.

Hagn, H., Darga, R., & Schmid, R., 1992. Erdgeschichte und Urwelt im Raum Siegsdorf. Fossilien als Zeugen der geologischen Vergangenheit. *Gemeinde Siegsdorf (München)*: 1-241.

Heim, A., 1908. Die Nummuliten-und Flyschbildungen der Schweiz eralpen. Versuch zu einer Revision der alpinen EocaenStratigraphie. *Abhandlungen der Schweizerischen Paläontologischen Gesellschaft*, 35: 1-301.

Hoşgör, İ., & Okan, Y., 2006. The annelid polychaete *Rotularia spirulaea* Lamarck, 1818 from the Early Middle Eocene (middle-late Cuisian) of Çankırı Basin (Central Anatolia, Turkey). *Journal of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe Universitiy*, 27: 173-179.

Hosgor, I., & Okan, Y., 2006. The annelid polychaete *Rotularia spirulaea* Lamarck, 1818 from the early Middle Eocene (middle-late Cuisian) of Çankırı Basin (Central Anatolia, Turkey). *Journal of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University*, 27 (3): 173-179

Hove, H.A., & Kupriyanova, E.K., 2009. Taxonomy of Serpulidae (Annelida, Polychaeta): the state of affairs. *Zootaxa*, 2036: 1-126.

Howell, B.F., 1962. Worms. *In*: Moore, R.C., (ed.), Treatise on Invertebrate Paleontology. *Part W (Miscellanea), Lawrence, Kansas*, W144-W177.

Jäger, M., 1983. Serpulidae (Polychaeta Sedentaria) aus der norddeutschen höheren Oberkreide - Systematik, Stratigraphie, Ökologie. *Geologisches Jahrbuch*, A68: 3-219.

Janssen, A.W., Jagt, J.W.M., Yazdi, M., Bahrami, A., & Sadri, S., 2013. Early-middle Eocene faunal assemblages from the Soh Area, north-central Iran, Introduction and pteropods (Mollusca, Gastropoda, Thecosomate). *Cainozoic Research*, 10 (1-2): 23-34.

Karagiuleva, J.D., 1964. Les Fossiles de Bulgarie Paleogene Mollusca. *Academie des Sciences de Bulgarie*, 270 p.

Karagjuleva, J.U.D., 1964. Iskopaemaja fauna Bolgarii, VI a, Paleogen Molljuski. *In*: Cankov, V., (ed.), Fosilite na B'lgarija, VI a, Paleogen. *Izdanie na B'lgarskata Akademija na naukite* (Sofija): 1-279.

Kecskeméti-körmendy, A., 1980. Az ÉszakkeletiBakony eocén medence fáciesének puhatestú faunája. (La faune des Mollusques du facies de bassin éocéne du Bakony nord-oriental). *Annales instructions Geology Public Hungarici* (Budapest), 63 (3): 1-227.

Keen, A.M., 1961. A proposed reclassification of the gastropod family Vermetidae. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, 7: 183-213.

Khodaverdi Hassan-vand, M., Bahrami, A., Yazdi, M., Osso, A., Safari, A., Martinez, J.L., & Vega, F.J., 2016. Occurrence of *Retrocypoda almelai* Via Boada, 1959 (Decapoda: Retroplumidae) in the Eocene of Central Iran. *Paleontología Mexicana*, 5 (1): 21-31.

kochansky-devidé, V., 1964. Paleozoologija. *kolska knjiga* (Zagreb): XI+1-451.

Lamarck, J.B., 1818. Histoire Naturelle des Animaux sans Vertebres, 5: Paris.

Leymerie, A., 1846. Tezr. aNumm. Des Corbieres et Montagno Noire. *Mémoires de la Société géologique de France*, (2) 1.

Lommerzheim, A., 1979. Monographische Bearbeitung der Serpulidae (Polychaeta sedentaria) aus dem Cenoman (Oberkreide) am Su¨dwestrand des Mu¨nsterla¨nder Beckens. *Decheniana*, 132: 110-195.

Macellari, C.E., 1984. Revision of Serpulids of the genus *Rotularia* (Annelida) at Seymour Island (Antarctic Peninsula) and their value in stratigraphy. *Journal of Paleontology*, 58 (4): 1098-1116.

Mannani, M., & Yazdi, M., 2009. Late Triassic and early Cretaceous sedimentary sequences of northern Isfahan Province (central Iran): stratigraphy and paleoenvironment. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62: 207-211.

Mikuz, V., 2008. The serpulid worm Rotularia spirulaea from Eocene beds near Gracisce in Istria, Croatia. *Geologija*, 51 (2): 161-168.

Moore, R.C., 1969. Treatise on Invertbrate paleontology. *Geological society of American INC*, The University of Kansas, 1: 1224 p.

Nielsen, K.B., 1931. Serpulidae from the Senonian and Danian deposits of Denmark. *Meddelelser fra Dansk Geologisk Forening-København*, 8: 71-113.

Oppenheim, P., 1901. Die Priabonaschichten und ihre Fauna im Zusammenhange mit gleichalterigen und analogen Ablagerungen. *Palaeontographica* (Stuttgart), 47: 1-348.

Perkins, T.H., 1991. *Calcisabella piloseta*, a new genus and species of Sabellinae (Polychaeta: Sabellidae). *Bulletin of Marine Science*, 48: 261-267.

Petkovi, K.V., 1949. Kratak kurs istoriske geologije. Nau~na knjiga (Beograd), 1-212.

Regenhardt, V.H., 1961. Serpulidae (Polychaeta sedentaria) aus der Kreide Mitteleuropas, ihre ökologische, taxonomische und stratigraphische Bewertung. *Mitteilungen aus dem Geologischen Staatsinstitut in Hamburg*, 30: 5-115.

Roger, J., 1952. Classe des Chaetopodes (Chaetopoda Blainville 1815). *In*: Piveteau, J., (ed.), Traité de Paleontologie, Tome II. Brachiopodes, Chétognathes, Annélides, Géphyriens, Mollusques. *Masson et Cie* (Paris), 167-202.

Rovereto, G., 1904. Contributio allo studio dei Vermeti fossili. *Bolletino della Societa Paleontologica Italiana*, 23: 67-83.

Ruppert, E.E., Fox, R.S., & Barnes, R.D., 2004. Invertebrate Zoology, a Functional Evolutionary Approach. *Thomson- Brooks/Cole, Belmont*, USA, 963 p.

Rutsch, R., 1939. Die Gattung Tubulostium im Eocene der Antillen. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 32: 231-244.

Savazzi, E., 1995. Morphology and mode of life of the polychaete *Rotularia*. *Palaeontologische Zeitschrift*, 69 (1-2): 73-85.

Schafhäutl, K., 1863. Süd-Bayerns Lethaea Geognostica. Der Kressenberg und die südlich von ihm gelegenen Hochalpen geognostich betrachtet in ihren Petrefacten. (Leipzig): XVII+1- 487, Taf. 1-86.

Schauroth, C.F.Von., 1865. Verzeichnis der Versteinerungen im Herzoglichen Naturaliencabinet zu Coburg. XV, 327 p. Dietz, Coburg.

Schmidt, W., 1955. Der stratigraphische Wert der Serpulidae im Tertiar. *Palaontologische Zeitschrift*, 29: 38-45.

Seilacher, A., & Gishlick, A.D., 2014. Morphodynamics. *CRC press*, 551 p.

Sørensen, A.M., & Surlyk, F., 2010. Palaeoecology of tube-dwelling polychaetes on a Late Cretaceous rocky shore, IvöKlack (Skåne, Peninsula) and their value in stratigraphy. *Cretaceous Research*, 31: 553-566.

Stevens, G.R., 1967. Upper Jurassic fossils from Ellsworth Land, West Antarctica, and notes on Upper Jurassic biogeography of the South Pacific Region. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 10: 345-393.

Stoliczka, F., 1868. The Cretaceous fauna of southern India. The Gastropoda. *Palaeontologia Indica*, 2: 1-498.

Şuraru, N., & Şuraru, M., 1967. Rotularia spirulacea (Lamarck) (Vermes) im Eozan des siebenbürgischen Beckens. *Palaontologische Zeitschrift*, 41 (1-2): 111-117.

Toniolo, F., 1909. L'Eocene dei dintorni di Rozzo in Istria e la sua fauna. *Palaeontographia Italica* (Bologna) 15: 237-295.

Toula, F., 1918. Lehrbuch der Geologie. Ein Leitfaden für studierende. *Alfred Hölder (Wien und Leipzig)*: XI+1-556, Taf. 1-30.

Vega, J., & Perilliat, M.D., 1995. On some Paleocen in verteberates from the Potreillos formation. *Northeastern Mexico*, 69: 862-869.

Walker, C., & Ward, D., 1992. Fossils the visual guide to over 500 fossil genera from around the world. Australia, *Collins and Angust Robertson publishrs*, 320 p.

Ware, W., 1975. British Lower Greensand Serpulidae. *Palaeontology*, 18: 93-116.

Wenz, W., 1943. Gastropoda. Allgemeine Teil und Prosobranchia, 1201-1506. *In:* Schindewolf, O.H., (ed.), *Handbuch der Pala¨ozoologie*, 6 (6).

Whitfield, R.P., 1890. Observations on some Cretaceous fossils from the Beyrut District of Syria, in the collection of the American Museum of Natural History, with descriptions of some new species. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 3: 381-441.

Wilckens, O., 1910. Die Anneliden, Bivalven und Gastropoden der Antarktischen Kreideformation. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Schwedischen Sudpolar-Expedition* 1901-1903, 3 (12): 1-132.

Wrigley, A., 1951. Some Eocene serpulids: *Proceedings of the Geologists Association*, London, 62: 177-202.

Wynd, J.G., 1965. Biofacies of the Iranian oil consortium agreement agrea. *Iranian Offshore Oil Company*, Report No. 1082, 80 p, unpublished.

Yazdi, M., Bahrami, A., & Vega, J., 2010. Addition to Albian (Cretaceous) Crustacea from Iran. *Boletín de la sociedad geológica Mexicana*, 62: 207- 211.

Zahedi, M., 1973. Etude geologique de La region de Soh (W de Iran central). *Geological survey of Iran*, Tehran, 197 p.

Zahedi, M., 1975. Geological map of the Soh area, west centeral Iran, Cartographic Section of *Geological Survey of Iran*, 1:100 000.

Zelinskaja, V.A., Kulienko, V.G., Makarenko, D.E., & Soroan, E.A., 1968. Paleontologieskij spravonik. Tom 2, Brjuhonogie i lopatonogie molljuski paleogena i miocena Ukraini. *Izdatelstvo »Naukova dumka«* (Kiev): 1-280.

Zittel, K.A., 1895. Grundzüge der Palaeontologie (Palaeozoologie). *Druck und Verlag von R. Oldenbourg* (München und Leipzig): VIII+1-971.

The first report of the Eocene annelid worms (Polychaeta) of Sarakeh syncline (Soh area - northwest of Isfahan - Central Iran)

Bahrami, A.[1*], Yazdi, M.[2], Sadri, S.[3], Khodaverdi Hassanvand, M.[4]

1- Associate professor, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2- Professor, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
3- M.Sc. Paleontology and Stratigraphy, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
4-Ph.D. student, Paleontology and Stratigraphy, Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

*E-mail: a.bahrami@sci.ui.ac.ir

Introduction

Generally, the rotularians have high frequency in bioturbated environment in moderate to high water energy. Rotularians were also cemented to the substrate during their earliest growth stage, but they became detached shortly after the formation of first whorls. Tube records of rotularia are known from Mesozoic (Late Jurassic) to Early Tertiary sediments, becoming very common during the Cretaceous and Eocene and also has a global distribution. The fossil species *Rotularia spirulaea* has become extinct close to the end of Eocene - Oligocene time (Howell, 1962; Fauchald & Jumars, 1979; Macellari, 1984; Ruppert *et al*., 2004; Hove & Kupriyanova, 2009; Sørensen & Surlyk, 2010).

Geological settings

Outcrops in the Soh area include the widely distributed Paleozoic (Zahedi, 1973; Adhamian, 2003; Wendt *et al*., 2005; Ghobadipour *et al*., 2013; Bahrami *et al*., 2015) and Mesozoic deposits (Mannani & Yazdi, 2009; Yazdi *et al*., 2010), as well as the Paleocene to Oligo-Miocene deposits, the youngest marine sequences, which start with terrigenous red to white sequence of Paleocene conglomerate and sandstone, continued by Eocene fossiliferous carbonates and marls. The Sabkha deposits at the top of the Oligo-Miocene Qom Formation terminates the depositional cycle of the marine sequence. A thick Eocene succession is widely exposed in the studied region (Sadri, 2011; Janssen *et al*., 2013). The studied section is located near the village of Soh-in Sarakeh Syncline (90 km Northwest of Isfahan) and is accessible by a 35 km unpaved road off the Isfahan - Tehran highway. The section is situated on the right side of a seasonal river valley that is observable from a distance in the plain. Coordinates for the fossil locality are: N 33º28´36″, E 51º27´6″. Structurally, the locality belongs to the Central Iran microplate, which is restricted by the NW-SE Sanandaj-Sirjan metamorphic belt to the West, and by the Great Kavir fault to the East.

Discussion

The studied section is about 354 meters thick. Based on field observation, sedimentological features and fossil contents, 11 lithological packages are discriminated. 18 meters of Marl at the base of the Eocene (Package 1) contains rich with high diversity of marine faunas e.g.: Benthic foraminifers, Crustacean remains, bivalves, Gastropods and Polychaet tube worms (*Rotularia spirulaea).* Fossil rotularia with accompanying fauna: crab remains, gastropods, bivalves and benthic foraminifers are indicatives of warm shallow marine paleoenvironments during the deposition of the studied interval. Specimens are deposited in the Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, 81746, Iran, under acronym EUIC.

Acknowledgment

This study undertaken at the Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan. The financial supports by the Vice Chancellor for Research and Technology, University of Isfahan highly appreciated.

Keywords: Eocene; Annelid worm; Sarakeh synclinal; *Rotularia*; Serpulid.

References

Fauchald, K., 1977. The Polychaete worms. Definitions and keys to the orders, families and genera. Natural History Museum of Los Angeles County, *Science Series*, 28: 1-190.

Fauchald, K., & Jumars, P.A., 1979. The diet of worms: a study of polychaete feeding guilds. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 17: 193-284.

Hove, H.A., ten & Kupriyanova, E.K., 2009. Taxonomy of Serpulidae (Annelida, Polychaeta): the state of affairs. *Zootaxa*, 2036: 1-126.

Howell, B.F., 1962. Worms. *In*: Moore, R.C., (ed.), *Treatise on Invertebrate Paleontology*: *Part W Miscellanea*, (Geological Society of America and University of Kansas Press: Lawrence), W144-W177.

Janssen, A.W., Jagt, J.W.M., Yazdi, M., Bahrami, A., & Sadri, S., 2013. Early-middle Eocene faunal assemblages from the Soh Area, north-central Iran, Introduction and pteropods (Mollusca, Gastropoda, Thecosomate). *Cainozoic Research*, 10 (1-2): 23-34.

Khodaverdi Hassan-vand, M., Bahrami, A., Yazdi, M., Osso, A., Safari, A., Martinez, J.L., & Vega, F.J., 2016. Occurrence of Retrocypoda almelai Via Boada, 1959 (Decapoda: Retroplumidae) in the Eocene of Central Iran. *Paleontología Mexicana*, 5 (1): 21-31.

Macellari, C.E., 1984. Revision of Serpulids of the genus Rotularia (Annelida) at Seymour Island (Antarctic Peninsula) and their value in stratigraphy. *Journal of Paleontology*, 58 (4): 1098-1116.

Mannani, M., & Yazdi, M., 2009. Late Triassic and early Cretaceous sedimentary sequences of northern Isfahan Province (central Iran): stratigraphy and paleoenvironment: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62: 207-211.

Ruppert, E.E., Fox, R.S., & Barnes, R.D., 2004. Invertebrate Zoology, a Functional Evolutionary Approach. *Thomson- Brooks/Cole, Belmont*, USA, 963 p.

Sørensen, A.M., & Surlyk, F., 2010. Palaeoecology of tube-dwelling polychaetes on a Late Cretaceous rocky shore, IvöKlack (Skåne, Peninsula) and their value in stratigraphy. *Cretaceous Research*, 31: 553-566.

Yazdi, M., Bahrami, A., & Vega, J., 2010. Addition to Albian (Cretaceous) Crustacea from Iran. *Boletín de la sociedad geológica Mexicana*, 62: 207- 211.

Zahedi, M., 1973. Etude geologique de La region de Soh (W de Iran central). *Geological survey of Iran*, 197 p.