

بررسی تغییرات پالئوآکولوژیکی در رسوبات هولوسن دریای عمان (منطقه سیریک) بر اساس نانوپلانکتونهای آهکی

الهام مجتهدین^{۱*}، فاطمه هادوی^۲، راضیه لک^۳

۱- دانشجوی دکتری چینه شناسی و فسیل شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۲- استاد گروه زمین شناسی، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

۳- استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

*پست الکترونیک: e.mojtahedin@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۶

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۴

چکیده

تعدادی از نمونه‌های رسوبات سطحی بستر دریای عمان (منطقه سیریک) انتخاب و پس از آماده سازی و عکس برداری از نانوپلانکتونهای آهکی آنها، مورد مطالعه قرار گرفت. برای اولین بار تعداد ۱۷ جنس و ۲۹ گونه از منطقه مورد مطالعه معرفی گردید. در این منطقه تعدادی از گونه‌های نانوپلانکتونها از نظر فراوانی غالب هستند و برخی از گونه‌ها به صورت نادر در نمونه‌ها حضور دارند که در این میان می‌توان گونه‌های *Florisphaera profunda*، *Braarudosphaera bigelowii* و *Gephyrocapsa ericsonii* را نام برد. همچنین در نمونه‌های مورد مطالعه تعداد زیادی گونه‌های حمل شده که غالباً به سن ثوژن می‌باشند، دیده می‌شود. ارتباط بین ۴ عنصر Cu، Zn، Ba و Si و نحوه گسترش نانوپلانکتونها و تغییرات محیطی نیز در نمونه‌های منطقه مذکور مورد بررسی قرار گرفت. عناصر Cu، Zn، Ba به طور مستقیم با پروداکتیویتی نانوپلانکتونها ارتباط داشته و در نمونه‌های تقریباً نزدیک به ساحل فراوان بودند. عنصر Si مانع از رشد و گسترش نانوپلانکتونها می‌شود و میزان آن در نمونه‌های تقریباً نزدیک به ساحل با فراوانی نانوپلانکتون رابطه معکوس دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که دریای عمان (منطقه سیریک)، به ویژه در مناطق تقریباً نزدیک به ساحل، برای رشد و گسترش نانوپلانکتونها بسیار مساعد بوده و این حوضه یک دریای حاشیه‌ای است.

واژه‌های کلیدی: پالئوآکولوژی، نانوپلانکتونهای آهکی، پروداکتیویتی، دریای عمان، سیریک.

مقدمه

شرقی دریای عرب تا جنوب، توسط برآمدگی Murray به طول ۴۲۰ کیلومتر جدا می‌شود. این حوضه اقیانوسی کوچک باقی مانده حوضه گسترده تیس است که اندازه آن

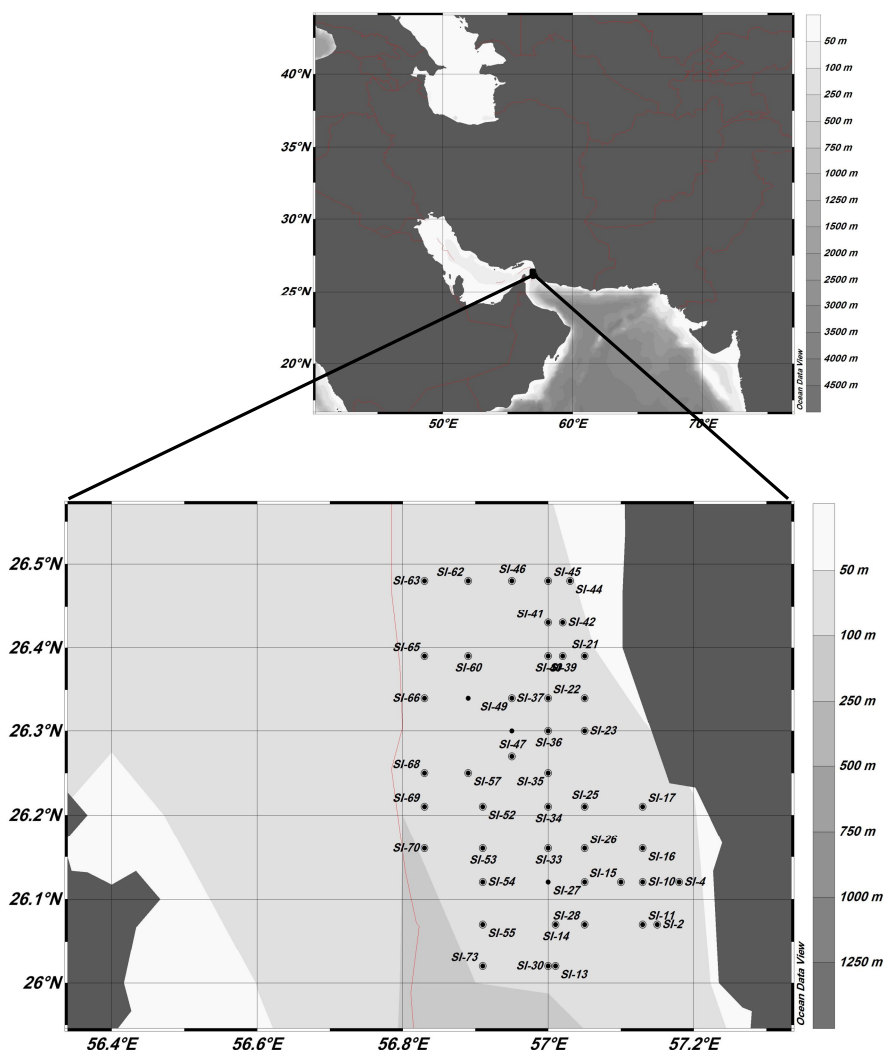
دریای عمان یک حوضه اقیانوسی کوچک به عمق ۳۴۰۰ متر بین جنوب ایران، جنوب پاکستان و عمان است و از شمال غرب به خلیج فارس محدود می‌شود. این حوضه از بخش

در اثر برخورد پلیت عربی با اوراسیا و چرخشها و برخورد های بین خردقاره های عربی و اوراسیا کاهش یافته است. دریای عمان آفریده فرورانش پوسته اقیانوسی ورقه عربی به زیر پوسته قاره ای اوراسیا است. شروع این فرورانش به اواخر کرتاسه یا اوایل تشریری باز می گردد (White, 1982). پوسته دریای عمان دارای ماهیتی اقیانوسی است که حدود شش کیلومتر ضخامت دارد و بر روی آن حدود هفت کیلومتر رسوبات متراکم قرار گرفته است. این رسوبات، به طور عمده شامل بخش پایینی با حدود ۴ کیلومتر ضخامت موسوم به توریدایتهای هیمالیا و بخش بالایی با حدود ۳ کیلومتر ضخامت معروف به ماسه های مکران است. بر روی رسوبات موسوم به ماسه های مکران، پوشش نازکی از رسوبات عهد حاضر قرار گرفته است. منطقه سیریک با مختصات جغرافیایی $13^{\circ}28' 13''$ طول شرقی $57^{\circ} 6' 54''$ عرض شمالی در بخش شرقی تنگه هرمز قرار دارد. در این مطالعه پراکندگی و گسترش نانوپلانکتونهای آهکی در رسوبات سطحی و ساحلی منطقه سیریک مورد بحث قرار گرفته است. هدف از این بررسی، ارتباط بین نحوه گسترش نانوپلانکتونهای آهکی و بازسازی شرایط اکولوژیکی می باشد.

روش آماده سازی و مطالعه

۴۸ نمونه رسوب سطحی و آنالیزهای مربوط به برخی عناصر (ICP) نمونه های سیریک توسط بخش زمین شناسی دریایی سازمان زمین شناسی کشور در اختیار قرار گرفته است. نمونه های مذکور توسط میکروسکپ نوری و الکترونی مورد مطالعه قرار گرفتند (شکل ۱). در این مطالعه، برای رؤیت نمونه ها با میکروسکپ نوری از روش اسمیراسلاید استفاده شده است، زیرا از سرعت و دقت بالایی برخوردار است (Bown & Young, 1998) و جهت شمارش گونه ها که برای مطالعات آماری و زیست محیطی به کار می روند، بسیار مفید است. در این روش، ابتدا بخش کوچکی از نمونه را انتخاب

نموده و سطوح آن را توسط کاردک مخصوص که قبلاً شسته و خشک شده است، تراشیده تا سطوح هوازده آن برداشته شود. سپس مقدار کمی از نمونه را تراشیده تا به صورت پودر در آمده و روی لامل قرار گیرد (نمونه های سخت باید در هاون کوبیده شوند). یک قطره آب مقطر توسط قطره چکان روی لامل می ریزیم که در این حالت محلول نسبتاً غلیظی ایجاد می شود. محلول فوق را به وسیله یک خلال دندان که در دو طرف مسطح است، روی لامل پخش می کنیم. لامل مذکور باید به سرعت روی اجاق برقی با حرارت ملایم خشک شود. یک لام را شماره گذاری کرده، لامل را واژگون روی لام قرار می دهیم و به وسیله چسب مخصوص می چسبانیم، در این حالت با کمی فشار بر روی لامل، حبابهای هوا را خارج می سازیم. سپس توسط الکل یا استون، اسلاید را تمیز کرده، آن را در زیر میکروسکپ نوری قرار داده و با یک قطره روغن ایمرسیون مشاهده می نمایم. نمونه های آماده شده توسط میکروسکپ نوری پلاریزان الیمپوس BH2 با بزرگنمایی ۱۰۰۰ و مجهز به دوربین عکاسی شناسایی و عکس برداری شدند (پلیتهای ۲ و ۳). در این راستا جهت تفکیک برخی از گونه ها از قبیل *Emiliana huxleyi* و *Calcidiscus leptoporus* از تیغه کمکی ژیپس استفاده گردید (هادوی، ۱۳۹۰). گونه های مورد مطالعه در هر نمونه تا تعداد ۳۰۰ عدد شمارش گردیدند که نمودارهای مربوطه جهت تفاسیر زیست محیطی ترسیم شده اند. همچنین به منظور مطالعه با میکروسکپ روبشی الکترونی (SEM) از فیلتر پلی کربنات به منظور دست یافتن به اندازه مناسبی از رسوب استفاده می شود. این فیلتر پس از خشک شدن توسط پمپ خلأ بر روی یک پایه فلزی (stub) قرار گرفته و به وسیله نوار چسب دوطرفه چسبانده شده و سپس با ورقه نازکی از طلا پوشانده، سپس با بزرگنماییهای مختلف که در پلیت ۱ مشخص شده است، عکس برداری شده اند.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مطالعات پیشین

Martini (1971) برای اولین بار مطالعه‌ای را بر روی کولیتوفورهای خلیج فارس انجام داده است و بسیاری از گونه‌هایی را که دارای اندازه کوچک بودند توصیف کرده و تنها به معرفی تعداد کمی از گونه‌ها بسنده می‌کند. Kassler (1971) تکامل ساختاری - ریختاری حوضه خلیج فارس را به صورت جامع بررسی و از نانوپلانکتونهای آهکی به عنوان فسیل غالب در رسوبات نرم و دانه‌ریز مارنی هولوسن نام برده که به طور عمده در رسوبات بستر و در مناطقی که میزان کربنات بالا بوده حضور داشتند. Al-Saadi *et al.* (1978) تعداد ۱۰ گونه از نانوپلانکتونهای

آهکی را در حوضه خلیج فارس گزارش نمودند. Hulburt *et al.* (1981) به معرفی فیتوپلانکتونهای بخش ایرانی خلیج فارس می‌پردازند. اگرچه دیاتومه‌ها در تجمعات مذکور فراوان بوده‌اند، اما گونه‌های *Gephyrocapsa oceanica* و *Emiliania huxleyi* در این مجموعه‌ها یافت شده‌اند. Okada (1983) نمونه‌های زنده و عهد حاضر نانوپلانکتونهای آهکی را که در نواحی مختلف سواحل متمرکز شده بودند، مطالعه کرد و نتیجه گرفت دو گونه *Florisphaera profunda* و *Gephyrocapsa oceanica* نشان دهنده دریا‌های حاشیه‌ای‌اند. گونه اول متعلق به عرضهای جغرافیایی پایین بوده و گونه دوم خاص عرضهای

Andruleit *et al.* (2005) منشأ و نوسان کوکولیتوفورها را در شمال دریای عرب بررسی کردند. نوسان کوکولیتوفورها در لامینه‌های رسوباتی که به طور فصلی نهشته شده‌اند، تغییر می‌کند و در این مطالعه ارتباط بین تغییرات فصلی رسوب‌گذاری و فراوانی گونه‌های شاخص و تغییرات کلسیتی شدن آنها بررسی گردیدند. هادوی (۱۳۹۰) به منظور بررسی تنوع کوکولیتوفورهای خلیج فارس و بررسی پالئوآکولوژی حوضه، نمونه‌هایی در عرضهای جغرافیایی مختلف از شمال غرب تا جنوب شرق این حوضه را مطالعه کرده است. متعاقباً مطالعاتی بر روی عوامل محیطی رسوبات خلیج فارس انجام شده است (Pouresmaeil, 2012؛ ۱۳۹۱).

نانوپلانکتونهای آهکی

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، نانوپلانکتونهای رسوبات سطحی از نقاط پراکنده در ناحیه سیریک مطالعه گردید که عموماً در تمامی نمونه‌ها از حفظ شدگی بسیار خوبی برخوردار می‌باشند. در این بررسی برخی گونه‌ها با فراوانی نسبی بالا و تعدادی از گونه‌های نانوپلانکتونی با فراوانی نسبی بسیار پایین و تعداد زیادی گونه‌های حمل شده که غالباً متعلق به نئوژن هستند وجود داشتند. نحوه گسترش و فراوانی نسبی برخی از گونه‌ها در شکل ۲ و جدولهای ۱ و ۲ نمایش داده شده است. فراوانترین گونه کوکولیتوفور *Gephyrocapsa oceanica* بود که در تمام نمونه‌ها با درصد بالای فراوانی نسبی (۱۷/۶۶٪) حضور داشت. از گونه‌های کوکولیتوفور فراوان دیگر با درصد فراوانی نسبتاً بالا می‌توان به گونه‌های *Pseudoemiliana lacunosa* (۶/۴۴۶٪)، *Emiliana huxleyi* (۴/۳۷٪)، *Coccolithus pelagicus* (۳/۸۲۶٪)، *Gephyrocapsa parallela* (۳/۱۰۷۸٪)، *Helicosphaera carteri* (۲/۷۳۱٪)، *Helicosphaera sellii* (۱/۳۲۳٪) و *Gephyrocapsa*

جغرافیایی بالا می‌باشد. وی گونه *Florisphaera profunda* را شاخص عمق زیاد (منطقه زیرین زون نوری) معرفی کرده و اظهار می‌کند تعداد این گونه با افزایش عمق، افزایش می‌یابد. Andruleit (2000) نانوپلانکتونهای شمال شرقی دریای عرب را بررسی کرد و نتیجه گرفت که پروداکتیویتی در مونسون جنوب شرقی که در فصل تابستان می‌وزد، زیاد است و باعث ایجاد پدیده فراچاهش (upwelling) و افزایش موادغذایی در ساحل عمان می‌شود. بر اساس مطالعه Andruleit *et al.* (2000) گونه‌های *Florisphaera*، *Gephyrocapsa oceanica*، *Emiliana huxleyi* و *profunda* در نمونه‌های شمال شرقی دریای عرب فراوان بودند و باروری آنها طی وزش بادهای مونسون جنوب غربی و شمال شرقی افزایش می‌یافت.

Andruleit & Rogalla (2002) گزارش کردند که گونه‌های *Florisphaera*، *Gephyrocapsa oceanica*، *Emiliana huxleyi* و *profunda* از مهمترین و فراوانترین گونه‌های این مطالعه بوده‌اند. با استفاده از ۳ گونه مذکور شرایط و گرادانهای محیطی بررسی گردیده‌اند. *Gephyrocapsa oceanica* شاخص محیطی که شامل فراچاهش با موادغذایی فراوان، *Florisphaera profunda* شاخص شرایط الیگوتروفیک و گونه *Emiliana huxleyi* شاخص نواحی ساحلی و کم عمق قاره‌ای است. Andruleit *et al.* (2003) نمونه‌های شمال دریای عرب را مطالعه کرده است. در این بررسی گونه‌های *Gephyrocapsa oceanica*، *Emiliana huxleyi*، *Florisphaera profunda*، *Calcisolenia antillarum* و *Oolithus murrayi* از مهمترین گونه‌های گزارش شده بودند و با استفاده از فراوانی مطلق برخی گونه‌ها که شاخص عمق می‌باشند، شرایط اقیانوس شناسی شمال دریای عرب را بازسازی کردند.

را به آتمسفر طی کلسیتی شدن آزاد می کنند (Schiebel, 2002).

توازن بین ورود کربن به کف اقیانوس و آزاد شدن دی اکسید کربن به اتمسفر عامل مهمی در تغییرات جهانی آب و هوایی است (Sarmiento & Le Quere, 1996). انتشار کولیتوفورها به توده های آب و محدودیت غذایی آنها مربوط می شود و بقایای فسیلی آنها در بازسازی اقیانوس شناسی و آب و هوای قدیمه مفید است (Wells & Okada, 1997).

بر اساس مطالعات کنونی، گونه *Gephyrocapsa oceanica* با فراوانی بالایی در تمام نمونه ها حضور دارد. این گونه متعلق به آب های گرم است و زندگی در دریاهای حاشیه ای را ترجیح می دهد. Winter (1982) اعتقاد دارد که این گونه در محیط های نریتیک و محیط هایی که مقدار تولید (productivity) بالاست، مشاهده می شود. Prell (1980) این گونه را به آب های گرم نسبت می دهند. با توجه به اینکه گونه مذکور با فراوانی بالا در نمونه های یاد شده وجود دارد، می توان نتیجه گرفت منطقه مذکور در عرض های جغرافیایی پایین قرار داشته و جزو دریاهای حاشیه ای و مناطق کم عمق بوده است. گونه *Gephyrocapsa muelleriae* متعلق به عرض های جغرافیایی بالا و آب و هوای سرد می باشد و با توجه به این که گونه مذکور در نمونه های مورد مطالعه به مقدار کم یافت شده است، می توان نتیجه گرفت که حوضه مورد مطالعه متعلق به عرض های جغرافیایی پایین و آب و هوای گرم می باشد. Well & Okada (1997) فراوانی گونه *Coccolithus leptoporus* را با شرایط آب و هوایی گرم تطابق داده اند. از آن جا که گونه مذکور در نهشته های مورد مطالعه نسبتاً فراوان است، می توان نتیجه گرفت منطقه مورد مطالعه در شرایط آب و هوایی گرم قرار داشته است (شکل ۵).

Coccolithus muelleriae (۱/۱۳۹) و *leptoporus* اشاره کرد. برخی گونه ها مانند *Coronosphaera mediterranea* (۱/۵۰۲)، *Florispheera profunda* (۰/۲۶۵)، *Gephyrocapsa ericsonii* (۰/۱۱۴) و *Braarudosphaera bigelowii* (۰/۰۶۷) بسیار نادرند. همچنین تعدادی از گونه های انتقال یافته که غالباً متعلق به نوژن می باشند، در غالب نمونه ها حضور داشتند و از آن جمله می توان به گونه های *Sphenolithus abies*، *Reticulofenestra ciproensis*، *Reticulofenestra pseudumbilica*، *umbilica*، *Sphenolithus moriformis*، *Sphenolithus radians*، *Discoaster deflandrei*، *Reticulofenestra minuta*، *Watznaueria barnesae*، *Discoaster brouweri* و *Eiffellithus eximius*، *Cyclicargolithus floridanus* و *Eiffellithus gorkae* اشاره کرد. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است حداکثر فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی در نمونه های ۲۶، ۳۶، ۳۰ و ۳۴ بالاست که نمونه های مذکور نزدیک به ساحل می باشند. بر اساس شکل ۴، درصد فراوانی گونه های *Gephyrocapsa oceanica* در نمونه ۳۵، *Helicosphaera carteri* در نمونه ۳۴، *Pseudoemiliana lacunosa* در نمونه های ۳۴ و ۵۴ و *Gephyrocapsa parallela* در نمونه های ۴۰، ۳۲ و ۵۴ بالاست و این نمونه ها در نواحی تقریباً نزدیک به ساحل قرار دارند.

بحث

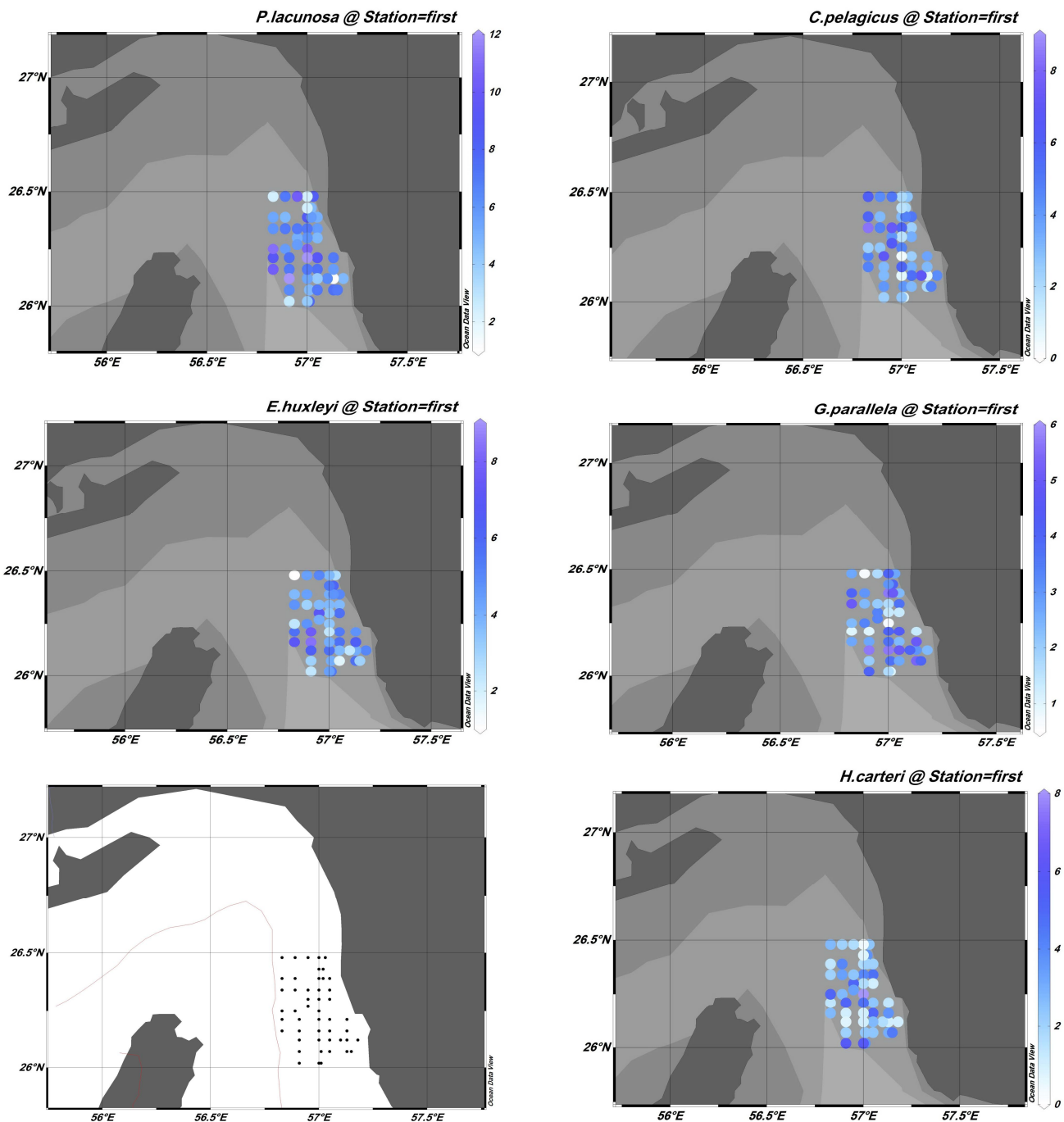
کولیتوفورها یکی از مهمترین تولید کنندگان در اقیانوس هستند و قطعات آهکی ترشح شده توسط آنها، کولیت نامیده می شود. این موجودات نقشی حیاتی در عملکرد پمپهای بیولوژیکی دارند و بدین صورت کربن را به کف اقیانوس می برند و مانند یک پمپ غیر آلی دی اکسید کربن

جدول ۱: درصد فراوانی نسبی نانوپلانکتونهای آهکی در نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک)

Station	Longitude	Latitude	<i>Braarudosphaera abigelowii</i>	<i>Coccolithus leptoporus</i>	<i>Coccolithus pelagicus</i>	<i>Coccolithus mediterraneae</i>	<i>Coccolithus floridanus</i>	<i>Discoaster brouweri</i>	<i>Discoaster deflandrei</i>	<i>Emiliana eximius</i>	<i>Emiliana gorkae</i>	<i>Emiliana huxleyi</i>	<i>Florisphaera profunda</i>	<i>Gephyrocapsa ericsonii</i>	<i>Gephyrocapsa muelleri</i>	<i>Gephyrocapsa oceanica</i>
SI-4	57.18	26.12	0	1.33	4.33	0	0	0	0	0	0	5	1	0.66	0.66	34.66
SI-21	57.05	26.39	0	4	5	0	1	0	0.33	0.66	0.66	5	0	2.66	1	34.66
SI-22	57.05	26.34	0	2	2.33	0	1	0.33	1	0	0	3.66	0	0.66	2.33	24.33
SI-44	57.03	26.48	0	0.33	2.66	0	0	1	0	0	0	2.66	0	2.33	2.33	24.33
SI-42	57.02	26.43	0	0.33	2	1.66	0	0	0.33	0	0.33	6	0	0.66	0.66	37.33
SI-17	57.13	26.21	0.33	1.66	3.66	0	0	0	0	0	0.33	4.66	0.66	0.66	0	38.66
SI-11	57.13	26.07	0	1	2	0	0	0	0	0.33	0	5.66	0	2.66	0	26.33
SI-23	57.05	26.3	0	0.66	3.33	0	0	1	0.66	0	0	5.66	0.66	1.66	1	38.33
SI-40	57	26.39	0.33	0.33	3	1.66	0	0	0	0	0	4	0.33	2.66	1	25.66
SI-45	57	26.48	0	0	2	0	1	0	0	0.66	0	3.66	0.33	0.33	0.66	36.33
SI-2	57.15	26.07	0.33	0.66	4.66	1.66	0	0	0	0	0	3	0.66	1.33	1.33	21.66
SI-10	57.13	26.12	0	0	0.66	0	0.66	0	0.33	0.33	0	4	0	2.33	0.66	24
SI-15	57.1	26.12	0	2.33	7	0	0	2.33	1.33	0	0	2.33	0	0.66	0	39
SI-16	57.13	26.16	0	1	3	0	0	0	0	0	0	6.33	0	2.66	0.66	28
SI-37	57	26.34	0.33	0	5.66	1.66	0.33	1.33	0	0	0	3.66	0.66	2	1	42.33
SI-39	57.02	26.39	0	1	4.66	2.66	1	0.33	1	0.33	0	4.66	0	3.66	1.33	29.66
SI-41	57	26.43	0	0.33	1.66	0	0	0	1	0	0	5.33	0.33	0.66	0.66	41.33
SI-13	57.01	26.02	0	1.33	1	0	0.33	0.66	1	0	0.66	5.33	0	2.33	3	36.33
SI-14	57.01	26.07	0	0.33	4	0	0	0	0	0	0.33	4	0	1.33	2.66	32
SI-26	57.05	26.16	0	2.33	3.33	0	1.33	1	1.33	0	1	5.66	1.33	4	1.66	34.33
SI-25	57.05	26.21	0	1.33	2.33	0	0.33	0	0	0	0	5.33	0	1.33	0	33
SI-35	57	26.25	0	4.33	4.66	0	0	0	0.33	0	0	3.33	0	1.66	0	37.66
SI-36	57	26.3	0	0.66	1.66	0	0	0.66	0	0.33	0.33	3.33	0.66	1.66	1.33	21.33
SI-28	57.05	26.07	0	0.66	3	0	0	0.33	1.33	0.66	0	1.66	0	1	0.66	37.33
SI-27	57.05	26.12	0.33	1.33	5.33	0	1	1	1.33	0	0	3.66	0.33	0.66	0	38.33
SI-30	57	26.02	0	2	2.66	0	0	0.33	0	0	0.33	4.33	0	1	1	29.66
SI-32	57	26.12	0	0	0.66	2	0.33	0.33	0	0.66	0	5.66	0.66	4	3.66	31.66
SI-33	57	26.16	0	1	5.66	0	0	0.66	0.33	0.33	0	4	0	1.33	0.33	32.33
SI-34	57	26.21	0	0.33	0.33	0	0	0	0.33	0	0.33	2.33	0	0.66	1.66	26
SI-50	56.95	26.3	0	3.66	4	0	0	0.33	0	0	0	7	0	1.66	2.33	43.66
SI-49	56.95	26.34	0	1	7.33	0	1	0.33	0	0.66	0	3.66	0	1.66	1.66	42.33
SI-47	56.95	26.27	0	0.66	6.33	0	0	0	0.33	0.33	0	4	0.33	0.66	0.66	37
SI-46	56.95	26.48	0	1.66	5	0	0	0.66	1.66	0	0	5	0.66	1.66	1	33.66
SI-62	56.89	26.48	0	1.33	4.33	0	0.33	0	0	0	0	4.33	1.66	0	1.66	38
SI-60	56.89	26.39	0	0	3	4	0	0.33	0.33	0	0	4.33	0.33	1.66	0	49
SI-57	56.89	26.25	0	0.33	2.66	0	0	0.33	0.66	0	0	4.66	0	0.66	0	47
SI-52	56.91	26.21	0	1.66	7	0	0	0	0.66	0.33	0	7.66	0.33	1	0.66	38
SI-53	56.91	26.16	0	0.66	3	0	0	0.33	0.33	0	0	8.33	0.33	2.33	2.33	41.66
SI-54	56.91	26.12	0	0.33	3	0	0	0	0	0	0	6.33	0	2	1	48.66
SI-55	56.91	26.07	0	0	4	0	0	0	1	0.33	0.33	3	0.33	1.33	1	37.33
SI-73	56.91	26.02	1	1	2.33	4	0.33	0	0	0	0	2.33	0.66	2	4.33	52.33
SI-70	56.83	26.16	0	0.66	4.66	0	0.33	1	0.33	0	0	7	0.33	1	0	37
SI-69	56.83	26.21	0	0	4.66	0	0	1.33	1.33	0.33	0	5.66	0	2.66	0.33	39
SI-68	56.83	26.25	0.66	1	2.33	0	0	0	0	0	0	2.33	0	2.33	5	56
SI-59	56.89	26.34	0	2	4.66	1.66	0	1.33	0.66	0.33	1	3	0	1.33	0.66	39.66
SI-66	56.83	26.34	0	1	8.33	0	0.33	0.33	0.66	0	0	4.66	0	1.66	0.33	42.66
SI-65	56.83	26.39	0	0.33	5.66	3.66	0	1	0.66	0	0	3.66	0	1	0	34
SI-63	56.83	26.48	0	0	6	0	0	1.33	1	0	0	1	0	1	1.66	17.66

جدول ۲: درصد فراوانی نسبی نانوپلانکتونهای آهکی در نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک)

Station	Longitude	Latitude	<i>Gephyrocapsa arallela</i>	<i>Helicosphaera carteri</i>	<i>Helicosphaera sellii</i>	<i>Pseudoemiliania lacunosa</i>	<i>Reticulofenestra minuta</i>	<i>Reticulofenestra pseudumbilica</i>	<i>Reticulofenestra umbilica</i>	<i>Sphenolithus abies</i>	<i>Sphenolithus ciproensis</i>	<i>Sphenolithus moriformis</i>	<i>Sphenolithus radians</i>	<i>Umbilicosphaera tenuis</i>	<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	<i>Watznaueria barnesae</i>	<i>Watznaueria biporta</i>
SI-4	57.18	26.12	2.33	1	1.33	4.66	2.33	6.33	9	10.66	8.33	3.33	1.33	1.33	0	0.66	0.66
SI-21	57.05	26.39	2.33	2	0.33	5	4	1	2.33	6	8.66	4	6.33	0	1.33	0	1.66
SI-22	57.05	26.34	3.66	4.66	1.33	5.66	1.33	6	10.33	14	7	3	3.66	0	0	0.66	1
SI-44	57.03	26.48	2.66	2.33	1.33	8.33	2.66	10.33	4	4	20.33	5.33	0	0.33	0.66	0	0.66
SI-42	57.02	26.43	4	3.66	0.33	4.66	3	4.33	5	7.66	11.33	0.66	5	0	0.66	0	0.33
SI-17	57.13	26.21	1.33	1.33	1.66	7	2.33	5	7.33	6.33	4.66	3.33	4.66	0	1	0.33	3.33
SI-11	57.13	26.07	5.33	3	1	7.33	3	4	7	6	13	5.33	4	0	0.66	1	1.33
SI-23	57.05	26.3	1.33	1	3	4.66	3	7	3	10.33	5.33	1.66	4	1	0.33	0	1.33
SI-40	57	26.39	5.66	1.66	1.33	8.66	3	7.66	9	10.33	4	3	1.66	0.66	1.33	0.66	2.33
SI-45	57	26.48	4	0.33	0.66	2.33	2	3	9	7.33	11.66	4	8.66	0.66	0	1	0.33
SI-2	57.15	26.07	4	4.33	0.66	7	4.33	7	9	4.66	9	5	7	0.66	0	1	2.33
SI-10	57.13	26.12	3	1	0	1	1	5	4	31	8.33	3.33	4	0.66	0	0.66	1.66
SI-15	57.1	26.12	4	1.66	3.33	6.33	1	4	3.33	13.66	5.33	1	0.33	0	0.66	0	0
SI-16	57.13	26.16	5	3.66	1	5.66	2.33	7	3.66	8	6.33	8.66	3.33	0	1	1.66	1
SI-37	57	26.34	1.66	4	1	7	1	3.66	5.66	10.33	2.33	0	3.66	0	0.33	0	0.33
SI-39	57.02	26.39	5	2	1	5.66	0.66	8.33	7	4.33	9.66	4	0	0	0	0.33	1.66
SI-41	57	26.43	3	0.66	0.33	2.33	2.33	3.66	5.66	18.33	7.33	4	0.33	0	0.33	0	0.33
SI-13	57.01	26.02	1	3.66	0	7.66	2	3.66	5.66	20.33	1.66	1	1	0	0.33	0	0
SI-14	57.01	26.07	3.66	2.33	0.33	4.66	4	5.66	5.33	3.33	9.66	4.33	8.33	0.66	0	1.66	2.66
SI-26	57.05	26.16	2.33	5	0.66	7.33	1	3.66	6.33	7.33	8.33	4	3.66	0	0	0	1
SI-25	57.05	26.21	4.33	2.33	2.33	9	6	3.66	4.33	2	7.33	4.66	8.33	0	1.66	0	0.33
SI-35	57	26.25	0.66	8	4.33	10.66	3	0	4	9	8	0.33	0	0	0	0	0
SI-36	57	26.3	1.33	1.66	1	6	6.33	2.66	4.66	29.66	12.33	2	3	0.33	0.33	0.66	2
SI-28	57.05	26.07	2.66	2.33	1	7	1	4.33	3.66	17	7.33	5	1.33	0	0	0.66	0.33
SI-27	57.05	26.12	5	2.66	1	4	1.33	2	3.66	7.33	8.33	4	3.66	0	0	0	1
SI-30	57	26.02	1.66	5.66	1.33	4	5.33	2.66	4	30.66	4.33	2.33	1.66	0	0	1.66	3.33
SI-32	57	26.12	5.66	1	0.33	5.33	2.33	3	0.66	18.66	4.66	4	3.66	0	0.66	0.33	0.66
SI-33	57	26.16	3.66	1	1.33	7	3.33	5	4.33	2.33	11.66	3.66	3	0	1.66	0.33	0.66
SI-34	57	26.21	4	4.66	2.33	12	3.66	3.66	9	8.66	17.66	2	4	0	0.66	0.66	1.66
SI-50	56.95	26.3	3.33	5	0.66	5	1.33	3	5.66	8.33	4.66	0.33	1.66	0.33	0.33	0	0
SI-49	56.95	26.34	2	2.33	3.33	7	3.66	0.33	3	5.33	5.66	2.66	0.33	0	0	1	3.66
SI-47	56.95	26.27	3.33	3.33	1.66	5.66	3.33	3.33	6	7	7.33	1	6.33	0	0	0	1.33
SI-46	56.95	26.48	1.66	1.66	0.66	10.33	1.33	5.66	3.66	11.66	5.33	3.33	3.66	0	0	0	0
SI-62	56.89	26.48	0.66	2	0.66	7	2.66	7	14	5	2	1	1	0	0	0.66	4.66
SI-60	56.89	26.39	3	4	1.66	4.66	4	2.33	0.66	5.66	6.33	3.33	0.66	0	0	0.66	0
SI-57	56.89	26.25	3.33	2.66	2	5.66	2.66	1.33	8.33	6.33	8.33	0.33	0.66	0	0	0	0.33
SI-52	56.91	26.21	1	5	1.33	7.33	3	0.33	5.66	3.33	5.33	1.66	3.66	1	1.66	0.33	2.33
SI-53	56.91	26.16	2.66	1	1.66	7	2.66	1.66	5.33	8.33	0.66	3.33	5.66	0	0	0	0.66
SI-54	56.91	26.12	5.66	0.66	0	12	1	5.66	3.33	3.66	5	0.66	0.66	0	0	0	0.33
SI-55	56.91	26.07	2	2	0.66	6.33	4.33	8	4	10.66	4	6.33	1.33	0	0	0.66	1
SI-73	56.91	26.02	4	5.66	1.33	2.66	1	0.66	3	2.66	1.33	1	1.66	0	0.66	0	0.33
SI-70	56.83	26.16	2.66	2.66	1.66	10.33	1.66	4.33	4.66	4	10.33	0.66	0	1	0.66	0.66	2.33
SI-69	56.83	26.21	1	1.33	1.33	9	1.66	4	5.33	4.33	3.33	6.33	4	0.33	0	1	1.66
SI-68	56.83	26.25	2.33	5	1.33	11	1	1	1.33	3.66	2.33	0	0.66	0.33	0.33	0	0
SI-59	56.89	26.34	2.33	3.33	0.66	7	5	2	3.66	7	8.66	0.33	2.33	0	0.66	0	1.33
SI-66	56.83	26.34	5	2	0.33	6	2.66	2	3.66	7	3	3.66	2.33	0	0.66	0.33	1.33
SI-65	56.83	26.39	4	1.33	3.33	5.33	1	4	9	12.33	4	1	3	0	0	0	0
SI-63	56.83	26.48	2.66	2.66	1.66	2.33	6.33	4.33	14	26.33	7	0	1.66	0	0	0	1.33



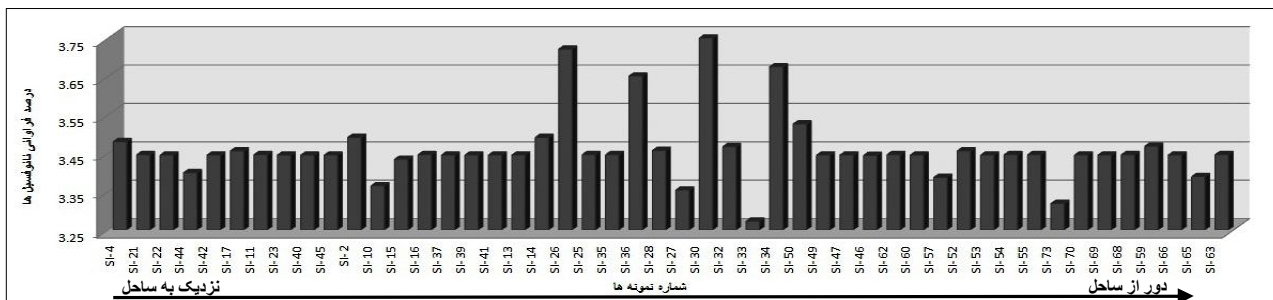
شکل ۲: مقایسه پراکنندگی گونه‌های *Pseudoemiliana lacunosa*, *Emiliana huxleyi*, *Coccolithus pelagicus*, *Gephyrocapsa parallela* و *Helicosphaera carteri* در نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک). پراکنندگی نمونه‌های رسوبات سطحی مورد مطالعه در نمودار پایین، سمت چپ نشان داده شده است. راهنمای طیف رنگی در سمت راست نمودارها نشان دهنده حداقل و حداکثر فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی در رسوبات مورد مطالعه می‌باشد.

فراوانی کم این گونه نانوپلانکتون در محل مورد مطالعه می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که منطقه مذکور احتمالاً دارای شوری بالاتر از این محدوده است.

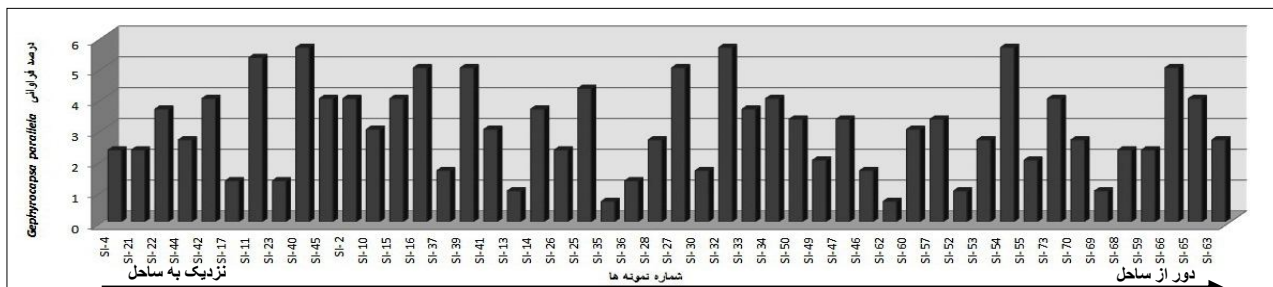
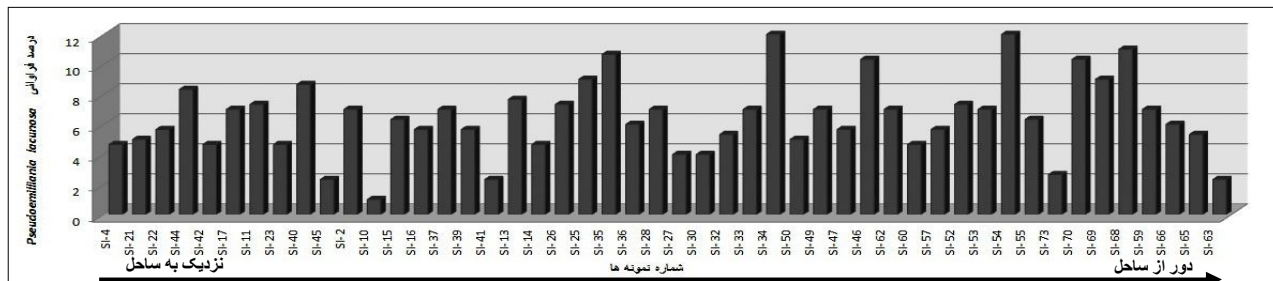
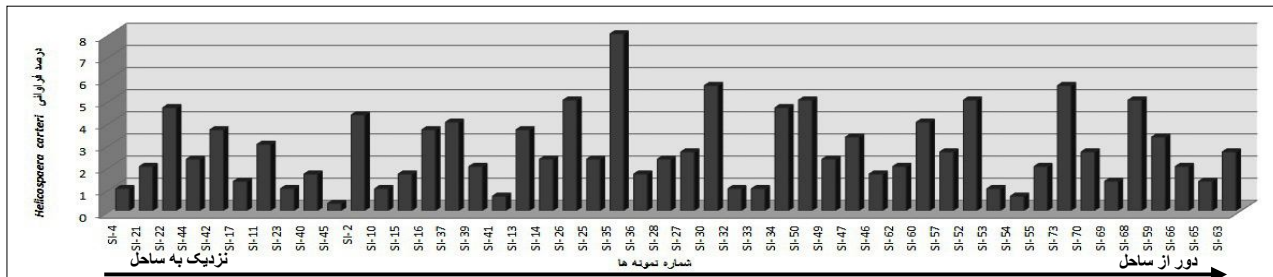
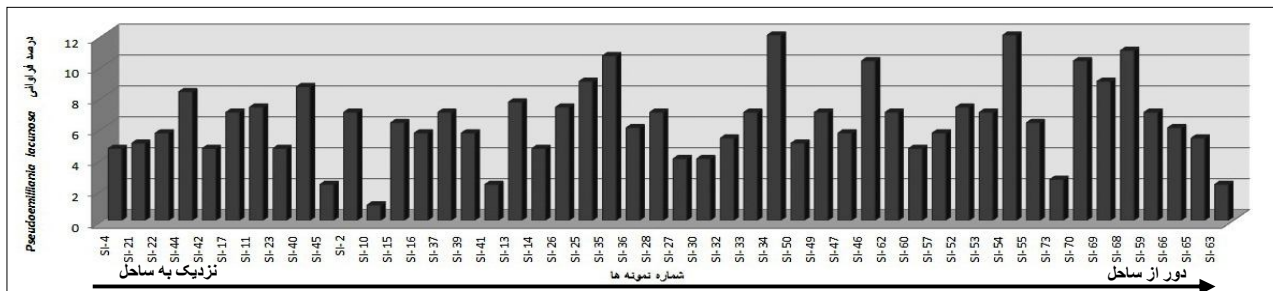
گونه *Braarudosphaera bigelowii* با جریان‌ات توریدیتی و آبهای کم‌عمق در ارتباط است. همچنین این گونه از آبهایی با شوری کمتر از ۱۷ در هزار مشاهده شده است (Bukry et al., 1970; Bukry, 1974). با توجه به

فراچاهندگی قرار داشته و مواد غذایی فراوان بوده است. افزایش میزان تمرکز عنصر Ba در آبهای اقیانوسی با افزایش میزان کربن آلی، افزایش تمرکز Zn و افزایش باروری در طی فراچاهش ارتباط مستقیم دارد (Sirocko *et al.*, 2000). میزان تمرکز این عنصر در نمونه‌های نزدیک به ساحل نسبتاً بالا می‌باشد و با گسترش و افزایش فراوانی نانوپلانکتونها در این بخش از منطقه مورد مطالعه انطباق دارد. به طور کلی بخش اعظم تمرکز عنصر Si در اقیانوسها در دیاتومه‌ها (۸۰٪)، رادیولرها (۵٪ تا ۱۰٪)، اسفنجهای سیلیسی (۱٪ تا ۵٪) و اسپیکول اسفنجها (۱٪) است و گسترش دیاتومه‌های سیلیسی عاملی منفی و بازدارنده در رشد و گسترش نانوپلانکتونها می‌باشند (Mortlock & Froelich, 1989). میزان تمرکز این عنصر در نواحی ساحلی تقریباً بالا می‌باشد (جدول ۳) و به طور مستقیم با تمرکز کوارتز در رسوبات ارتباط دارد (Sirocko *et al.*, 2000). با توجه به این که تاکنون دیاتومه‌ها که از رقابت کنندگان اصلی با نانوپلانکتونهای آهکی به شمار می‌آیند، از این منطقه گزارش نشده‌اند و همچنین افزایش میزان کوارتز در نمونه‌های مورد مطالعه که از خلیج فارس به دریای عمان حمل شده‌اند (Sirocko *et al.*, 2000)، می‌توان نتیجه گرفت افزایش فراوانی SiO₂ در نمونه‌های رسوبات سطحی دریای عمان به عنوان عامل بازدارنده بر فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی تأثیر به‌سزایی نداشته است. بنابراین با وجود درصد فراوانی بالای SiO₂ در نمونه‌های رسوبات سطحی دریای عمان (منطقه سیریک)، نانوپلانکتونها در این بخش از منطقه مورد مطالعه از توسعه بالایی برخوردارند و بخش اعظم SiO₂ در نمونه‌های مورد مطالعه به صورت کوارتز از خلیج فارس به دریای عمان حمل شده است.

در مطالعات کنونی، تأثیر عناصر Cu، Zn، Ba و Si بر گسترش و فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳ و شکل ۶). شایان ذکر است در نقاطی که میزان عناصر Cu، Zn و Ba بالاست فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی نیز بالا می‌باشد و این نقاط در نواحی تقریباً نزدیک به ساحل منطقه مورد مطالعه قرار دارند. Broecker & Peng (1982) نشان دادند که تمرکز Cu در آبهای اقیانوسی با عمق آب و مواد غذایی در آبهای اقیانوسی مرتبط است و این ارتباط در ترکیب شیمیایی پلانکتون‌ها منعکس می‌شود (Collier & Edmond, 1984). همچنین این عنصر در آبهای با فراچاهش و افزایش تمرکز مواد غذایی مشاهده می‌گردد. از آنجا که میزان تمرکز این عنصر در مناطق نزدیک به ساحل زیاد است و این افزایش با فراوانی نانوپلانکتونهایی مانند *Emiliania huxleyi*, *Gephyrocapsa oceanica*, *Helicosphaera carteri*, *Pseudoemiliania lacunosa* و *Coccolithus pelagicus* که در مناطق نزدیک به ساحل فراوانتر بودند، انطباق دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت منطقه مذکور احتمالاً تحت تأثیر فراچاهش قرار داشته و مواد غذایی برای توسعه نانوپلانکتونها فراوان بوده است. میزان تمرکز عنصر Zn با میزان تمرکز بالای مواد بیوژنیک، نواحی با فراچاهش و افزایش مواد غذایی مرتبط است. همچنین تمرکز این عنصر در آبهای سطحی بسیار بالاست و ارتباط بسیار نزدیکی با میزان فراوانی عنصر Cu دارد (Sirocko *et al.*, 2000). میزان این عنصر در نمونه‌های مورد مطالعه در مناطق نزدیک به ساحل بالا بود که با فراوانی برخی گونه‌ها مانند *Gephyrocapsa oceanica*, *Pseudoemiliania lacunosa*, *Emiliania huxleyi* که *Coccolithus pelagicus* و *Helicosphaera carteri* در مناطق نزدیک به ساحل فراوانتر بودند، منطبق است. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که منطقه مذکور تحت تأثیر



شکل ۳: نمودار تغییرات درصد فراوانی نانوفسیلها در نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک)



شکل ۴: نمودار تغییرات فراوانی نسبی گونه‌های *Pseudoemiliania lacunosa*, *Helicosphaera carteri*, *Gephyrocapsa oceanica* و *Gephyrocapsa parallela* در نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک)

نتیجه گیری

قرار گرفت. تعداد ۱۷ جنس و ۲۹ گونه برای اولین بار از منطقه مورد مطالعه معرفی شدند. با توجه به مطالب بحث

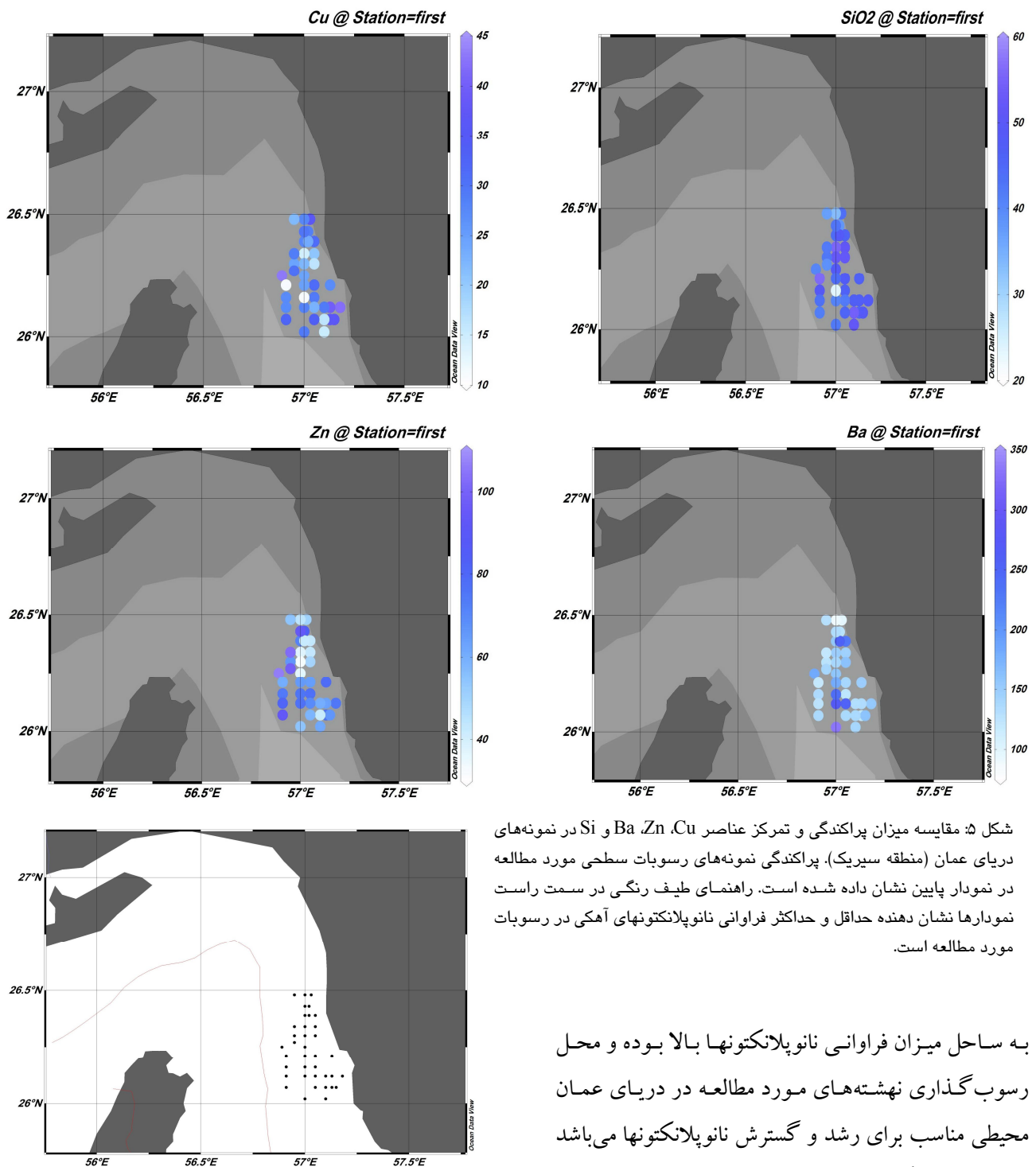
در این مطالعه نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک) انتخاب و پس از آماده سازی، مورد مطالعه و عکس برداری

جدول ۳: میزان فراوانی عناصر در برخی نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک)

Station	Longitude	Latitude	SiO ₂ (%)	Ba (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
Si-4	57.18	26.12	47.57	152	41.85	74.7
Si-21	57.05	26.39	45.85	227	31.11	43
Si-22	57.05	26.34	51.3	144	20.37	43
Si-44	57.03	26.48	43.54	96	36.42	50
Si-42	57.02	26.43	37.83	126	28.23	83
Si-17	57.13	26.21	46.2	147	26.82	78
Si-11	57.13	26.07	44.5	121	37.55	76
Si-23	57.05	26.3	51.58	159	16.08	49
Si-40	57	26.39	43.88	154	27.54	71
Si-45	57	26.48	32.96	88	27.27	44
Si-2	57.15	26.07	47.93	158	36.48	66
Si-10	57.13	26.12	47.02	133	39.7	63
Si-15	57.1	26.12	46.36	131	28.96	60
Si-37	57	26.34	55.36	147	14.18	37
Si-39	57.02	26.39	48.1	254	23.44	42
Si-41	57	26.43	42.6	133	29.49	94
Si-13	57.1	26.02	51.45	139	15.01	61
Si-14	57.1	26.07	54.32	136	16.08	42
Si-26	57.05	26.16	46.3	122	28.96	77
Si-25	57.05	26.21	47.43	138	31.11	64
Si-35	57	26.25	47.94	155	24.21	36
Si-36	57	26.3	52.36	139	21.88	32
Si-28	57.05	26.07	45.25	136	33.26	58
Si-27	57.05	26.12	41.63	251	22.52	69
Si-30	57	26.02	41.82	331	29	54
Si-32	57	26.12	40.63	269	27.89	76
Si-33	57	26.16	23.2	239	10.66	75
Si-34	57	26.21	43.84	179	24.4	65
Si-50	56.95	26.3	42.41	125	24.17	66
Si-49	56.95	26.34	41.93	119	28.65	102
Si-47	56.95	26.27	38.68	139	30.11	98
Si-46	56.95	26.48	36.7	129	21.72	54
Si-57	56.89	26.25	40.15	181	42.9	106
Si-52	56.91	26.21	55.91	118	11.12	60
Si-53	56.91	26.16	48.63	134	27.07	74
Si-54	56.91	26.12	43.34	124	27.1	80
Si-55	56.91	26.07	41.23	135	32.09	93

معکوس بین حضور Si با رشد و فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی، می‌توان نتیجه گرفت در نقاط تقریباً نزدیک به

شده و فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی، رابطه‌ای مستقیم بین عناصر Zn، Cu و Ba با مقدار تولید نانوپلانکتونها و رابطه



شکل ۵: مقایسه میزان پراکندگی و تمرکز عناصر Cu, Zn, Si و Ba در نمونه‌های دریای عمان (منطقه سیریک). پراکندگی نمونه‌های رسوبات سطحی مورد مطالعه در نمودار پایین نشان داده شده است. راهنمای طیف رنگی در سمت راست نمودارها نشان دهنده حداقل و حداکثر فراوانی نانوپلانکتونهای آهکی در رسوبات مورد مطالعه است.

به ساحل میزان فراوانی نانوپلانکتونها بالا بوده و محل رسوب گذاری نهشته‌های مورد مطالعه در دریای عمان محیطی مناسب برای رشد و گسترش نانوپلانکتونها می‌باشد و این حوضه یک دریای حاشیه‌ای است که در عرضهای جغرافیایی پایین و مناطق کم عمق تشکیل شده است.

سپاس‌گزاری

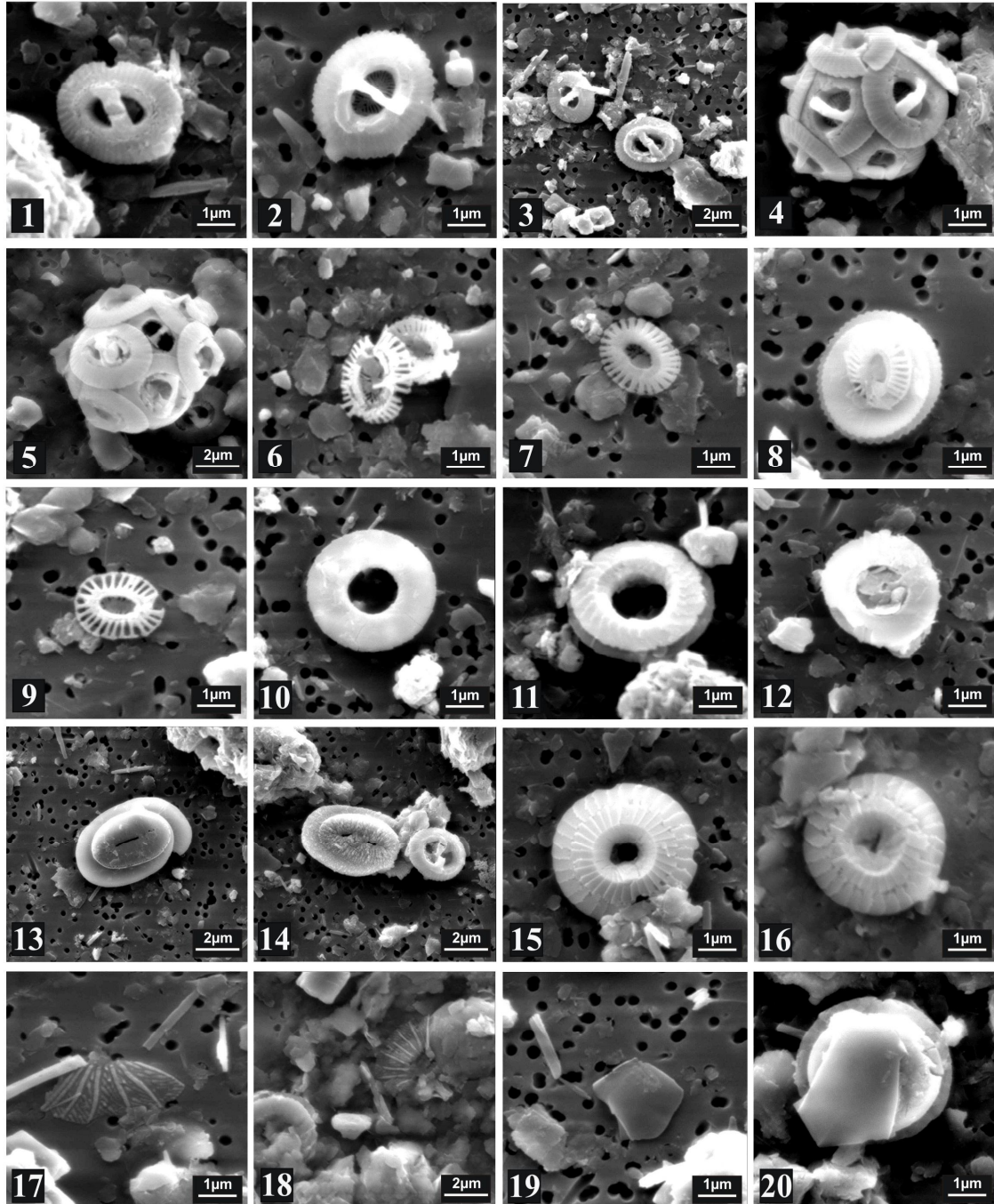
لازم است از آقای علی محمدی و بخش زمین شناسی

دریایی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور به خاطر در اختیار گذاشتن نمونه‌ها و آنالیز عناصر (ICP) و از راهنماییهای مفید آقای دکتر Baumann عضو هیأت علمی دانشگاه Bremen آلمان سپاس‌گزاری شود. همچنین از

با میکروسکپ روبشی الکترونی (SEM) قردرانی می‌شود.

دانشگاه Bremen آلمان به خاطر عکس‌برداری از نمونه‌ها

Plate 1



1-3. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner 1943, 10000X

4-5. Coccosphere of *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner 1943, 10000X

6-9. *Emiliana huxleyi* (Lohman 1902) Hay and Mohler, in Hay *et al.* 1967 var Huxleyi, 10000X

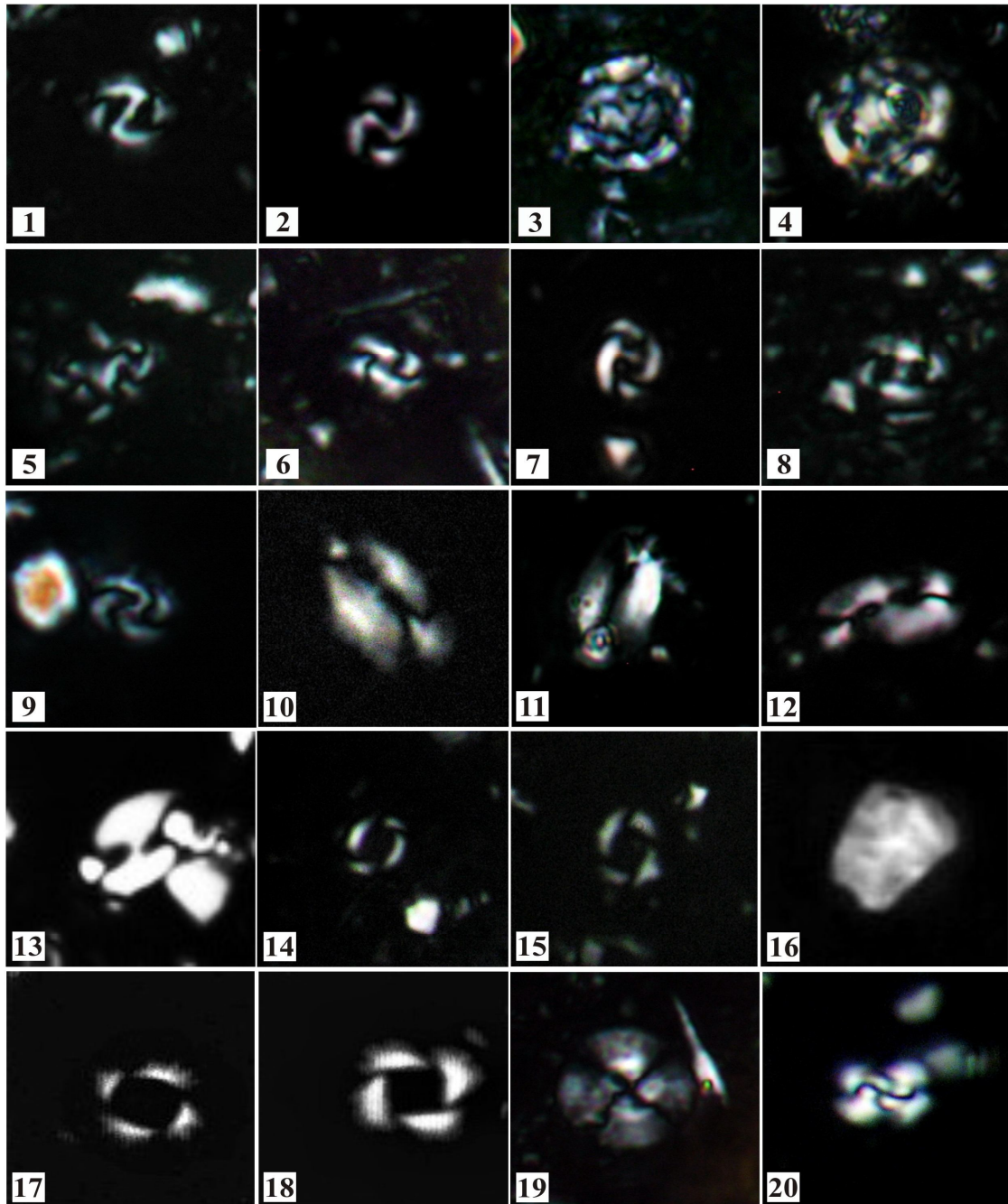
10-12. *Umbilicosphaera sibogae* (Weber-van Bosse 1901) Gaarder 1968, 10000X

13-14. *Calcidiscus leptoporus* (Murray and Blackman 1898) Leoblich and Tappan 1978, 10000X

17-18. *Umbellosphaera tenuis* (Kamptner 1937) Paasche in Markali & Paasche, 1955, 10000X

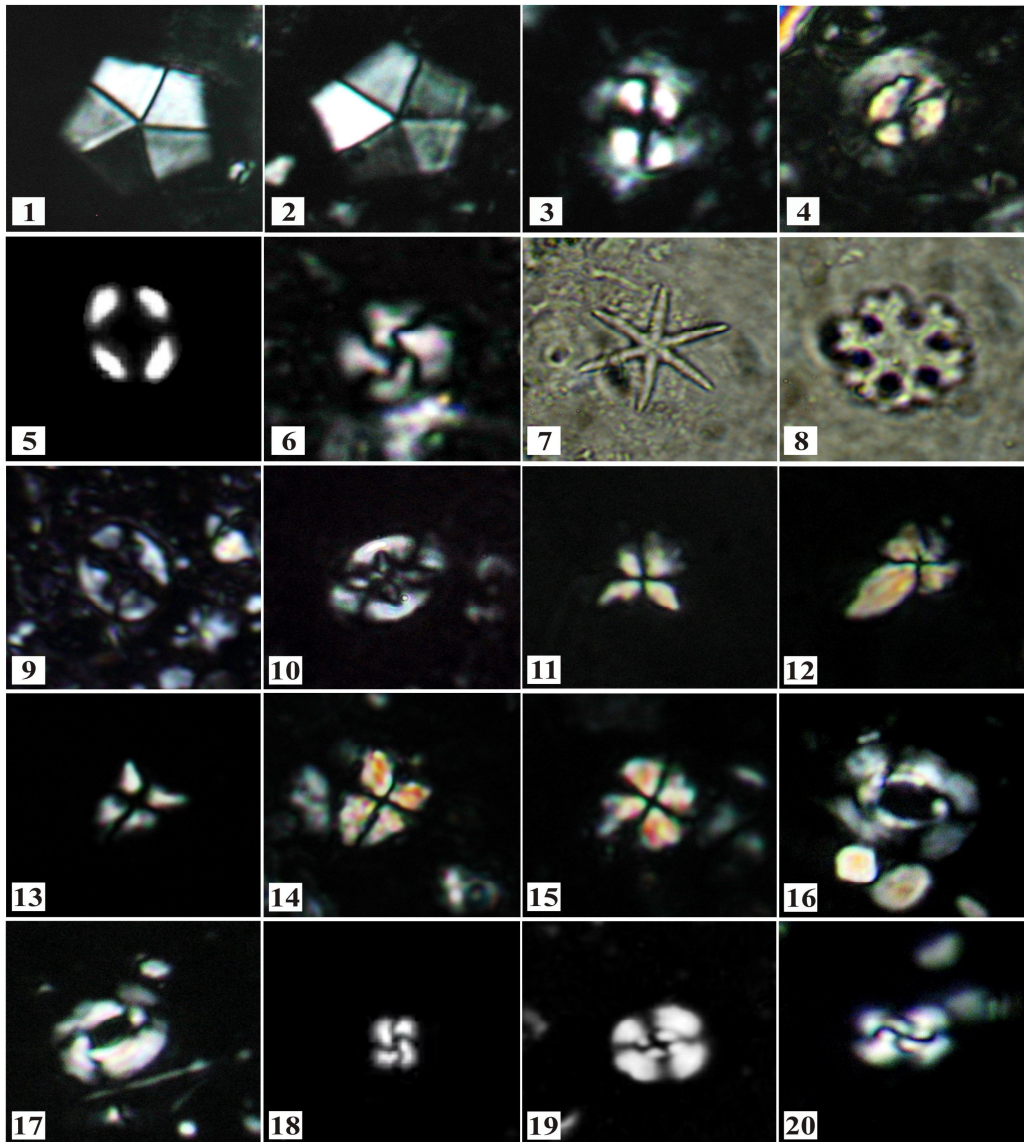
19-20. *Florisphaera profunda* Okada and Honjo 1973, 10000X

Plate 2



- 1-2. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner 1943
3-4. Cocosphere of *G.oceanica* Kamptner 1943
5-6. *Gephyrocapsa ericsonii* McIntyre & Be (1967)
7-8. *Gephyrocapsa parallela* Hay & Beaudry (1973)
9. *Gephyrocapsa muelleriae* Breheret (1978a)
10-11. *Helicosphaera carteri* (Wallich 1877) Kamptner 1954
12-13. *Helicosphaera sellii* Bukry & Bramlette (1969b)
14-15. *Emiliana huxleyi* (Lohmann 1902) Hay and Mohler, in Hay *et al.* 1967 var *huxleyi*
16. *Florisphaera profunda* Okada and Honjo 1973
17-18. *Pseudoemiliana lacunosa* (Kamptner, 1963) Gartner (1969c)
19-20. *Calcidiscus leptoporus* (Murray And Blackman 1898) Leoblich and Tappan 1978

Plate 3



- 1-2. *Braarudosphaera bigelowii* Gran & Braarud, 1935) Deflandre (1947)
- 3-4. *Coccolithus pelagicus* (Wallich, 1877) Schiller (1930)
5. *Coronosphaera mediterranea* (Lohmann, 1902) Gaarder in Gaarder & Heimdal (1977)
6. *Cyclicargolithus floridanus* Roth & Hay in Hay *et al.*, 1967) Bukry (1971a)
7. *Discoaster brouweri* Tan (1927) emend. Bramlette & Riedel (1954)
8. *Discoaster deflandrei* Bramlette & Riedel (1954)
9. *Eiffellithus eximius* (Stover, 1966) Perch-Nielsen, 1968
10. *Eiffellithus gorkae* Reinhardt (1965)
11. *Sphenolithus moriformis* (Bronnimann & Stradner, 1960) Bramlette & Wilcoxon (1967)
12. *Sphenolithus ciperensis* Bramlette & Wilcoxon (1967)
- 13-14. *Sphenolithus radians* Deflandre in Grasse (1952)
15. *Sphenolithus abies* Deflandre in Deflandre and Fert, 1954
16. *Reticulofenestra umbilica* (Levin, 1965) Martini & Ritzkowski, 1968
17. *Reticulofenestra pseudoumbilica* (Gartner, 1967) Gartner (1969c)
18. *Reticulofenestra minuta* Roth (1970)
19. *Watznaueria barnesae* (Black in Black & Barnes, 1959) Perch-Nielsen (1968)
20. *Watznaueria biporta* Bukry (1969)

منابع

- پوراسماعیل، الف.، هادوی، ف.، لک، ر.، ۱۳۹۱. بررسی نانوپلانکتونهای آهکی در رسوبات هولوسن خلیج فارس (بندر شهید رجایی). فصلنامه علوم زمین، زیر چاپ.
- هادوی، ف.، ۱۳۹۰. نانوپلانکتونهای آهکی حوضه خلیج فارس. مجله اقیانوس شناسی، ۵: ۴۱-۴۶.
- Al-Saadi, H.A., Hadi, R.A., & Hug, M.F., 1978. Preliminary studies on phytoplankton of northwest Arab Gulf. (I) related environmental factors, Chlorophyll and phytoplankton species. *Bangladesh Journal of Botany*, 5 (1): 9-21.
- Andruleit, H., & Rogalla, U., 2002. Coccolithophores in surface sediments of the Arabian Sea in relation to environmental gradients in surface waters. *Marine Geology*, 186: 505-526.
- Andruleit, H.A., Rogalla, U., & Stager, S., 2005. From living communities to fossil assemblages: origin and fate of coccolithophores in the northern Arabian Sea. *Micropaleontology*, 50: 5-21.
- Andruleit, H.A., Stager, S., Rogalla, U., & Cepek, P., 2003. Living coccolithophores in the northern Arabian Sea: ecological tolerances and environmental control. *Marine Micropaleontol*, 49: 157-181.
- Andruleit, H.A., Von Rad, U., Bruns, A., & Ittekkot, V., 2000. Coccolithophore fluxes from sediment traps in the northeastern Arabian Sea of Pakistan. *Marine Micropaleontol*, 41: 285-308.
- Bown, P.R., & Young, J., 1998. Techniques. In: Bown, P.R., (ed.), *Calcareous nannofossil biostratigraphy*. Kluwer Academic publisher. London. 16-28.
- Broecker, W.S., & Peng, T.H., 1982. Tracers in the Sea. *Eldigio Press*, New York, 690 p.
- Bukry, D., 1974. Coccoliths as paleosalinity indicators. Evidence from the Black Sea. In: Degens, E.T., & Ross, D.A. (eds.), *The Black Sea: geology, chemistry, and biology*, *American Association of Petroleum Geologists Memoire*, 20: 353-363.
- Bukry, D., King, A.S., Horn, M.K., Manheim, F.T., 1970. Geological significance of coccoliths in fine-grained carbonate bands of postglacial Black Sea sediments. *Nature* 26 (5241): 156-158.
- Collier, R., Edmond, J., 1984. The trace element geochemistry of marine biogenic particulate matter. *Program Oceanography*, 13: 113-199.
- Hulburt, E.M., Mahmoodian, F., Russell, M., Stalcup, F., Lalezary, S., & Amirhor, P., 1981. Attributes of the plankton flora at Bushehr, Iran. *Hydrobiologia*, 79: 51-63.
- Kassler, P., 1971. The structural and geomorphic evolution of the Persian Gulf. In: Purser, B.H., (ed.), *The Persian Gulf: Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow epicontinental sea*. *Springer-Verlag*, Berlin and New York, 11-32.
- Martini, E., 1971. Nannoplankton und lagerungserscheinungen im Persischen Golf und im nördlichen. *Arabischen Meer*, 597-603.
- Mortlock, R.A., & Froelich, P.N., 1989. A simple method for the rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments. *Deep-Sea Research*. 36 (9): 1415-1426.
- Okada, H., 1983. Modern nannofossil assemblage in sediments of coastal and marginal seas along the western Pacific Ocean. *Utrecht Micropaleontology Bulletin*, 30: 171-187.
- Pouresmaeil, A., Hadavi, F., Lak, R., 2012. Calcareous Nannofossils in Holocene Surface Sediments of the Persian Gulf. *Journal of the Persian Gulf*. 3 (8): 35-48.
- Prell, W.L., 1980. Surface circulation of the Indian Ocean during the Last Glacial Maximum, approximately 18,000 yr. *B.R Quaternary Research*, 14 (3): 309-336.
- Sarmiento, J.L., & Le Quere, C., 1996. Oceanic Carbon Dioxide Uptake in a Model of Century-Scale Global Warming. *Science*, 274: 1346-1350.
- Schiebel, R., 2002. Planktic foraminiferal sedimentation and the marine calcite budget. *Global Biogeochemical Cycles*, 16 (4): 1-21.
- Sirocko, F., Schonberg, D.G., Devey, C., 2000. Process controlling trace element geochemistry of Arabian Sea sediments during the last 25000 years. *Global and Planetary change*, 26: 217-303.
- Wells, P., Okada, H., 1997. Response of nannoplankton to major changes in sea-surface temperature and movements of hydrological fronts over Site DSDP 594 (south Chatham Rise, southeastern New Zealand), during the last 130 kyr. *Marine Micropaleontology*, 32 (3-4): 341-363.
- White, R.S., 1982. Deformation of the Makran accretionary sediment prism in the Gulf of Oman (northwest Indian Ocean). In: Leggett, J.K., (ed.), *Trench-forearc Geology: Sedimentation and Tectonic on Modern and Ancient active Plate Margins*. *Geological Society of London, Special Publication*, 10: 357-372.
- Winter, A., 1982. Paleoenvironmental interpretation of Quaternary coccolith assemblages from the Gulf of Aqaba (Elat), Red Sea. *Rev. Esp., Micropaleontol.*, 14: 291-314.

Investigating paleoecological changes in the Oman Sea (Sirik area) Holocene deposits based on calcareous nannoplanktons

Mojtahedin, E.^{1*}, Hadavi, F.², Lak, R.³

1- Ph.D. Student in Stratigraphy & Paleontology, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Assistant Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran

*E-mail: e.mojtahedin@yahoo.com

Abstract

In current study, some surface sediment samples of the Oman Sea (Sirik area) were prepared and photographed for study of calcareous nannoplanktons. For the first time, 17 genera and 29 species introduced from this area. Some nannoplanktons are the dominant taxa and some species are the rare taxa such as *Florisphaera profunda*, *Gephyrocapsa ericsonii* and *Braarudosphaera bigelowii*. In this study, we also observed many reworked species, and mostly of them belong to Neogene age. Relationship between 4 elements Zn, Cu, Ba and Si, distribution of nannoplankton and variational changes are investigated in this area. The Zn, Cu and Ba are directly related to productivity of nannoplankton and the ratio of them were high in the relatively nearshore of Sirik area. The Si prevents growth and distribution of nannoplankton, therefore the ratio of this element in relatively nearshore of Sirik area has negative relationship to abundances of nannoplankton. Thus, we can concluded that the Oman Sea floor, especially in areas close to the nearshore is a suitable environmental for growth and distribution of nannoplankton and the Oman Sea basin is a marginal sea.

Keywords: paleoecology, calcareous nannoplanktons, productivity, elements, Oman Sea, Sirik.