

بررسی رخساره‌های رسوبی هولوسن و تعیین نرخ رسوب‌گذاری در شمال خاور خلیج فارس (مطالعه موردی: جنوب بندرعباس)

راضیه لک^{۱*} و مجتبی تقی‌زاده^۲

^۱ استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

^۲ دکترا، شرکت پتروگرهر فراساحل کیش، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۵/۱۸

چکیده

خلیج فارس با مساحت حدود ۲۴۰ هزار کیلومتر مربع، شمالی‌ترین بخش از حرکت پادساعت‌گرد صفحه عربی را تشکیل می‌دهد و به عنوان یک نمونه امروزی محیط رسوبی کربناتی با آب‌وهوای خشک هولوسن در نظر گرفته می‌شود. حجم این حوضه با توجه به میانگین ژرفای آن (۳۶) متر، حدود ۸۷ هزار کیلومتر مکعب برآورد می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی تغییرات سطح آب دریا و تعیین نرخ رسوب‌گذاری دوره هولوسن در شمال خاور خلیج فارس صورت گرفت. یک مغزه کامل و دست نخورده از رسوبات هولوسن در محدوده کم ژرفای ساحلی و زیر حد جزرومدی جنوب بندر شهید رجایی در استان هرمزگان به طول ۱۰۷۰ سانتی‌متر تهیه شد. پس از توصیف دقیق مغزه‌ها بر پایه مشاهدات عینی، ۵۲ نمونه بر پایه جدایش رخساره‌ای برداشت شد و مورد آزمایش‌های رسوب‌شناسی و ژئوشیمیایی قرار گرفت. تجزیه‌های دانه‌بندی، کانی‌شناسی به روش XRD، تعیین درصد فراوانی عناصر با دستگاه ICP-OES و پلاروگراف، تعیین درصد ماده آلی با دستگاه Rock Eval و تعیین درصد کربنات‌ها با دستگاه کلسی‌متر خودکار برای همه نمونه‌ها انجام و ۱۰ نمونه بر روش ایزوتوپی C14-AMS تعیین سن شد. نتایج دانه‌بندی نشان می‌دهد رسوبات بیشتر از نوع گل دارای ماسه و گراول هستند، ذرات گراولی بیشتر مرتبط با خرده‌های اسکلتی است. میزان کربنات در رسوبات میان ۱۷ تا ۸۴ درصد متغیر است. نتایج کانی‌شناسی نشان از آن است که کانی‌های آواری سازنده رسوبات، شامل کوارتز، فلدسپار، مسکوویت، پیروکسن و کانی‌های رسی کائولینیت، کلریت، مونتوریلونیت، ایلیت، پالیگورسکیت است. کانی‌های شیمیایی و بیوشیمیایی بیشتر شامل کلسیت، دولومیت و آراگونیت است. میزان ماده آلی سازنده رسوبات میان ۰/۰۲ تا ۰/۱۳ درصد متغیر است. منحنی تغییرات دو عنصر کلسیم و استرانسیم که معرف رسوبات درون حوضه‌ای است در تلفیق با نشانه‌های عینی، اندازه ذرات، نوع رسوبات، مقدار ماده آلی، بافت و ساخت رسوبات، منطبق با تغییرات سطح آب دریا است. فراوانی بیشتر عناصر به‌ویژه آلومینیم، منیزیم، منگنز، کروم، باریوم که منشأ قاره‌ای دارند، با تغییرات سطح آب دریا ارتباط وارون دارند. همچنین دو فاز مهم پیشروی و بالا آمدن سریع سطح آب دریا در میان ۶۸۰۰ تا ۳۷۰۰ و نیز میان ۹۳۰۰ تا ۷۹۰۰ سال پیش وجود داشته است. نتایج سن‌سنجی نشان می‌دهد میانگین نرخ رسوب‌گذاری در محدوده مورد مطالعه نزدیک به ۱ میلی‌متر در سال (۰/۹۶۶ mm/ka) است.

کلیدواژه‌ها: رسوب‌شناسی، هولوسن، تغییرات سطح دریا، نرخ رسوب‌گذاری، خلیج فارس

*نویسنده مسئول: راضیه لک

E-mail: lak_ir@yahoo.com

۱- پیش‌گفتار

ریخت‌شناسی خلیج فارس توسط زمین‌ساخت پیلو- پلیوستوسن شکل گرفته است، گرچه فرایندهای فرسایش و رسوب‌گذاری، این عوارض سطحی را تعدیل کرده است (Kassler, 1973). برای نمونه، کاهش سطح آب دریا تا حدود ۱۲۰- متری در طی پلیوستوسن و آخرین دوره یخچالی (LGM) یعنی حدود ۱۸ تا ۲۱ هزار سال پیش، سبب شد که همه خلیج فارس رخنمون یابد و رودخانه‌ها در دامنه‌هایشان به حفر کانال‌های خود بپردازند (Kassler, 1973; Weijermars, 1999). پس از LGM سطح آب دریا به سوی حوضه پیشروی کرد و در حدود ۴ تا ۶ هزار سال پیش به بیشینه سطح آن یعنی به‌طور تقریبی ۱ تا ۳ متر بالاتر از سطح کنونی خود رسید (شکل ۱) (Al-Asfour, 1978; Felber et al., 1978; Uchupi et al., 1996; Lambeck, 1996).

۲- مواد و روش پژوهش

مغزه‌ای به طول ۱۰۷۰ سانتی‌متر به مختصات ۲۹۹۹۷۰۰ و ۴۱۲۱۰۰ (UTM) در جنوب بندر شهید رجایی به‌روش مغزه‌گیری دورانی توسط دستگاه حفاری دورانی که می‌تواند از ژرفای زیاد نمونه تهیه کند و روی بارج نصب شده بود، تهیه شد (شکل ۲). برای حفظ بافت رسوبات و سالم ماندن مغزه‌ها از روش فشار هیدرولیک و با استفاده از core barer ویژه (ufer) که لوله پلیکا درون آن قرار می‌گرفت، استفاده شد و بر پایه فشار هیدرولیکی دستگاه، مغزه‌ها به‌صورت سالم و ضمن حفظ بافت رسوبات، در طول یک متری و در مجموع به طول ده متر برداشت شد (شکل ۳). مغزه‌ها توسط دستگاه core cutter در امتداد طولی و تیغه استنلس استیل به دو

خلیج فارس، شمالی‌ترین بخش از حرکت پادساعت‌گرد صفحه عربی را تشکیل می‌دهد و به‌عنوان یک نمونه امروزی رمپ کربناتی با آب‌وهوای خشک هولوسن در نظر گرفته می‌شود (Ghazban, 2007) همه محدوده رسوبی خلیج فارس روی فلات قاره‌ای امتداد یافته که حاشیه و شیب آن در خلیج عمان قرار دارد (Al-Ghadban et al., 1998). میانگین ژرفای آن ۳۶ متر است (Purser & Seibold, 1973; Reynolds, 1993; Al-Ghadban et al., 1998).

بررسی‌های انجام‌شده در زمینه ویژگی‌های فیزیکی خلیج فارس نشان از آن دارد که بیشینه ژرفای آن مربوط به شمال خاوری‌ترین بخش آن، یعنی کرانه ایرانی تنگه هرمز با ژرفای میان ۹۰ تا ۱۳۰ متر است (Teller et al., 2000). کمینه پهنای خلیج فارس در تنگه هرمز به میزان ۵۶ کیلومتر و بیشینه پهنای آن ۳۶۰ کیلومتر گزارش شده است. درازای سواحل شمالی این خلیج از فاو تا بندرعباس ۱۳۷۵ کیلومتر و مساحت آن حدود ۲۴۰،۰۰۰ کیلومتر مربع است که با توجه به میانگین ژرفای آن یعنی ۳۶ متر، حجم متوسط این حوضه $8/7 \times 10^3$ کیلومتر مکعب برآورد می‌شود. محور طولی خلیج فارس حاصل گسترش دره رودخانه‌های دجله و فرات به سوی جنوب خاور در زمان خشک بودن خلیج فارس در اوائل هولوسن و به‌طور کلی‌تر متأثر از ریخت‌شناسی زاگرس به‌سن پیلو- پلیوستوسن است (Kassler, 1973). کف حوضه از دید زمین‌ساختی فعال است و سوی ایرانی آن پر شیب (۱۷۵ سانتی‌متر به‌ازای هر کیلومتر) ولی سوی عربی آن که ثبات بیشتری هم دارد دارای شیب کف ملایم‌تر (۳۵ سانتی‌متر به‌ازای هر کیلومتر) است.

تغییر سو می‌دهند و سپس به موازات سواحل عربی، یعنی جایی که به‌وسیله بادهای جنوب باختری ادغام می‌شوند، جریان می‌یابند. این بادهای جنوب باختری از سوی دریای سرخ می‌آیند (Teller et al., 2000). داده‌های اقلیمی از وب سایت سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه بندرعباس به‌عنوان نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی به منطقه گرفته شد. پردازش داده‌ها نشان می‌دهد که میانگین بارش سالانه برای سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۸۸ حدود ۱۵۲ میلی‌متر بر سال، میانگین درجه حرارت میان ۲۲ تا ۲۷ درجه سلسیوس متغیر است.

۴- اقیانوس‌شناسی

جزرومد یکی از جریان‌های مهم خلیج فارس است. تغییرات جزرومد در کل حوضه مقادیر بزرگی دارد. این تغییرات در رأس خلیج فارس بیش از ۳ متر و در دیگر مناطق آن، به‌نسبت کمتر و تا حدود یک متر گزارش شده است (Lehr, 1993). برای نمونه محدوده جزرومد در کشور قطر ۰/۴ تا ۰/۷ متر است (Emery, 1956).

میزان شوری آب خلیج فارس به علت تبخیر بالای آن، به دلیل قرار گرفتن در ناحیه با فشار بالا و حاره‌ای، بالاست (Barth & Yar Khan, 2008) و میانگین نرخ تبخیر به ۲ متر در سال می‌رسد (Kampf & Sadrinassab, 2006; Meshal & Hassan, 1986; Hastenrath & Lamb, 1979; Privett, 1956). میانگین شوری آب خلیج فارس ۳۹ تا ۴۰ گرم در هزار است و در لاگون‌ها و سبخاها تا بیش از ۱۰۰ گرم در هزار هم می‌رسد (آدابی، ۱۳۸۳). دمای آب سطحی خلیج فارس در بخش رو به دریای باز آن معمولاً از ۲۰ درجه سلسیوس در فوریه تا ۳۴ درجه سلسیوس در آگوست متفاوت است (Emery, 1956).

به دلیل محصور بودن، اثر اقیانوس بر خلیج فارس بسیار ناچیز است و از همین رو، سرعت جریان‌های زیرین و افقی آن بسیار کم و حدود ۱۰ سانتی‌متر در ثانیه است. شوری بیشتر خلیج فارس نسبت به اقیانوس، موجب پیدایش جریان آبی از اقیانوس هند به خلیج فارس می‌شود. این جریان به موازات سواحل ایران و در سوی پاد ساعت گرد است.

۵- زمین‌ریخت‌شناسی و رسوب‌شناسی

ریخت‌شناسی کنونی خلیج فارس توسط زمین‌ساخت پلیو- پلیوستوسن پدید آمده است، گرچه فرسایش و رسوب‌گذاری‌ها این عوارض سطحی را تعدیل کرده است (Kassler, 1973; Alsharhan & Kendall, 2003). خلیج فارس در عرض‌های با آب‌وهوای گرمسیری قرار دارد و پراکندگی رسوبات آن توسط عوامل مختلفی کنترل می‌شود که شامل آب و هوای خشک، تأثیر موج‌های با انرژی کم و یا زیاد، راستای سواحل نسبت به بادهای شمال باختر (شمال) و بود یا نبود جزایر سدی در بخش دور از ساحل هستند (Wagner & Vander Togt, 1973).

خطوط ساحلی ایران بیشتر خطی و سنگی به همراه خورها و پهنه‌های ساحلی و در ارتباط با رودخانه‌هایی است که از کوه‌های زاگرس سرچشمه می‌گیرند (Purser & Seibold, 1973) و شامل رسوبات تخریبی به‌همراه رسوبات کربناتی است. بیشتر مناطق با ژرفای بیش از ۲۰ متر در خلیج فارس انرژی میانگین تا پایینی دارند و در این مناطق گل کربناتی ریزدانه و رسوبات ماسه کربناتی تجمع یافته‌اند (Houbolt, 1957; Purser & Seibold, 1973; Alsharhan & Kendall, 2003). بررسی رسوبات سطحی بستر خلیج فارس در محدوده کشور ایران توسط لک و همکاران (۱۳۹۲) بیانگر آن است که ذرات ریز دانه بیشتر منشأ آواری دارند و ذرات گراولی و درشت‌دانه مربوط به خرده‌های اسکلتی با منشأ بیوشیمیایی هستند.

خلیج فارس غنی از رسوبات کربناتی و بیشتر غیر آلی است. در بیشتر مناطق خلیج فارس کربنات‌ها دارای مقادیر بیشتری نسبت به رسوبات آواری (بیش از ۵۰ درصد کل رسوبات) هستند (Purser, 1973). افزایش رسوب‌گذاری کربنات‌ها از

نیم تبدیل شدند و سپس ویژگی‌های فیزیکی و ظاهری رسوبات مانند رنگ، ساخت، نوع تماس و محتوای درون رسوبات توصیف و عکس‌برداری صورت گرفت. رخساره‌های رسوبی از یکدیگر تفکیک شدند و ۵۲ نمونه بر پایه نوع رخساره‌ها برای انجام مطالعات آزمایشگاهی و تجزیه‌های مورد نیاز، مانند دانه‌بندی رسوبات، تعیین ویژگی‌های فیزیکی دانه‌ها، بررسی مواد آلی، تجزیه‌های ژئوشیمیایی، کانی‌شناسی به آزمایشگاه فرستاده و تا انجام مرحله آزمایشگاهی درون سردخانه و در دمای میان صفر تا چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. همچنین ۱۰ نمونه پس از انجام مراحل آماده‌سازی شامل قرار دادن نمونه در حمام اولتراسونیک، شستشو با آب مقطر و بیرون کردن ذرات گل و پیک کردن نمونه‌های مناسب با استفاده از دستکش، به‌روش ^{14}C AMS در آزمایشگاه Poznan Radiocarbon Laboratory کشور لهستان تعیین سن شدند. اجزای مورد استفاده برای تعیین سن، روزن‌بران‌های پلاژیک و سالم درون رسوبات بوده است (Paterne et al., 2004).

نمونه‌های رسوبی توسط قاشق پلاستیکی یک بار مصرف از مغزه‌ها و به سبزی حدود یک سانتی‌متر جدا شدند. روش آماده‌سازی نمونه‌ها و چگونگی انجام آزمایش‌ها بر پایه دستورالعمل‌های یادشده انجام شد. سپس نمونه‌های موجود پودر شده و تجزیه‌های XRD برای تعیین کانی‌شناسی و ICP برای تعیین مقادیر عناصر اصلی و فرعی روی آنها انجام شد.

برای دانه‌بندی ذرات بالای ۶۳ میکرون از الک شیکر و برای ذرات زیر ۶۳ میکرون از دستگاه دانه‌بندی لیزری Laser Particle Sizer Analyset 22 که از اصول فیزیکی تفرق یا پراش امواج الکترومغناطیسی در تعیین پراکندگی اندازه ذرات استفاده می‌کند (Syvitski, 1991)، در آزمایشگاه رسوب‌شناسی سازمان زمین‌شناسی استفاده شد. همچنین برای تعیین درصد مواد آلی، نمونه‌ها به سرعت توسط دستگاه Rock Eval پژوهشگاه صنعت نفت تجزیه شدند.

۳- اقلیم

خلیج فارس بر پایه همه تعاریفی که از آن شده است، از دید آب‌وهوایی در منطقه‌ای خشک قرار دارد. به‌گونه‌ای که مقادیر تبخیر آن بسیار بیشتر از ورودی‌های آب شیرین به درون حوضه است (Saleh et al., 1999). میزان تبخیر در این حوضه ۱۴۴ تا ۵۰۰ سانتی‌متر در سال توسط Privett (1959) و به‌مقدار ۲۰۰ سانتی‌متر در سال توسط Meshal & Hassan (1986) برآورد شده است. ۶ رودخانه به نام‌های مند، هبله، هندبجان، کارون، دجله و فرات با میانگین جریان سالیانه از ۲۰۳ متر مکعب بر ثانیه (هندبجان) تا ۱۳۸۷ متر مکعب بر ثانیه (مند) به درون خلیج فارس وارد می‌شوند. آب ورودی به‌وسیله این رودخانه‌ها پس از جریان یافتن به درون حوضه از راستای اصلی خود به‌سوی جنوب منحرف می‌شود (Brewer et al., 1978; Reynolds, 1993).

خلیج فارس بیشتر توسط سامانه آب‌وهوایی فوق حاره‌ای از سوی شمال باختر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. پدیده جوی مشخص و معمول در خلیج فارس، بادهای موسوم به «شمال» به‌عنوان یک باد شمال باختری است (Basaham & El Sayed, 1998; Kampf & Sadrinassab, 2006) (بادهای شمال از اواخر می و اوائل ژوئن (خرداد - تیر) تا (تیر - مرداد) شدت بیشتر دارند). از سوی دیگر این بادهای تأثیر زیادی در تعلیق دوباره رسوبات بستر دارند و سبب افزایش آشفستگی آب‌های سطحی منطقه می‌شوند. افزون بر اثر کلی بر ایجاد امواج و جریان‌های سطحی، این بادهای مقدار زیادی رسوبات آواری - قاره‌ای را به محیط‌های دریایی حمل می‌کنند. توپوگرافی عربستان سعودی با ارتفاعات بلندتر در باختر آن و بادهای ایجاد شده در کوه‌های زاگرس در جنوب ایران موجب تشکیل بادهای شمال می‌شود (Membery, 1983) که معمولاً سرعت بادهای ۱۵ تا ۲۰ متر بر ثانیه میان نزدیک سطح تا ارتفاع ۳۰۰ متری می‌رسد. بادهای شمال در ادامه مسیر، پیش از رسیدن به دریا به سوی جنوب

فارس به عنوان دریای حاشیه‌ای اقیانوس هند، دنباله دریای عمان است که در محل تنگه هرمز با آن ارتباط پیدا می‌کند و از نظر جایگاه زمین‌شناسی میان سرزمین‌های عربی در جنوب و رشته‌کوه‌های زاگرس ایران در شمال قرار دارد (خسروتهرانی، ۱۳۸۴). وضعیت زمین‌شناسی خلیج فارس به طور خلاصه نتیجه تجمع پیوسته رسوبات از زمان پالئوزویک به بعد است. از سویی ساختار امروزی این ناحیه نتیجه فرایندهای زمین‌ساختی چیره‌ای است که در زمان تشریری پسین رخ داده است. بستر و کرانه‌های خلیج فارس همچنان از دید زمین‌ساختی فعال هستند. به گونه‌ای که بالاآمدگی این نقاط میان ۲ تا ۷ میلی‌متر در سال برآورد شده است (Reyess et al., 1999).

از دید ریخت‌شناسی، خلیج فارس نامتقارن و شیب ساحل عربی (جنوبی) آن آرام‌تر از ساحل ایرانی (شمالی) است. کرانه ایرانی خلیج فارس، از سازندهای سخت و بلند با ساختار خطی تشکیل شده و یک دشت ساحلی باریک، با دریا در ارتباط است. از سوی دیگر کرانه ایرانی این خلیج، کرانه‌ای کوهستانی با روند شمال باختری است که پشته‌های تاقدیسی با بلندی بیش از ۱۵۰۰ متر هستند.

شدیدترین چین‌خوردگی‌های زمان پلیو-پلیوستوسن، کرانه‌های شمالی خلیج فارس (زاگرس) را چین داده است. میزان چین‌خوردگی‌ها که در خشکی‌های ایران شدید است (شیب ۵۰ درجه و بیشتر)، با شیب‌های کمتر به سوی دریا ادامه دارد به گونه‌ای که در دریا به ۱۰ تا ۲۰ درجه می‌رسد. محور اصلی خلیج فارس نیز یکی از پیامدهای زمین‌ساختی رخداد چین‌خوردگی زاگرس است که در زمان پلیو-پلیوستوسن شکل گرفته است (آقانیاتی، ۱۳۸۳).

از سویی، منطقه ساحلی استان هرمزگان جایگاه رخنمون ۷۷ سازند و واحد سنگی است. از مرز باختری استان تا مرز پهنه زمین‌ساختی زاگرس، سازندهای دوران اول زمین‌شناسی تا کواترنری ظهور دارند. در حالی که در بخش خاوری تنگه هرمز تا مرز خاوری استان هرمزگان برخلاف بخش باختری، بیشتر واحدهای سنگی دوره تشریری و کواترنری رخنمون دارند. سازندهایی که رخنمون لایه‌های سنگی آنها می‌تواند تغییرات جدی در فرسایش‌پذیری و رسوب‌زایی حوضه‌های آبخیز شوند شامل آغاچاری، میشان، پابده-گورپی و بختیاری در باختر استان و ده‌ها واحد سنگی مارنی و مارنی-ماسه‌سنگی در مرکز و خاور استان هستند. از سوی دیگر در این استان ده‌ها گنبد نمکی در ابعاد مختلف رخنمون دارند که ۷ عدد آنها در نوار ساحلی و ۱۰ گنبد نمکی در جزایر قرار دارند و از لایه‌های گچ و نمک و انیدریت تشکیل یافته‌اند. این سازندها نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش کیفیت منابع آب و خاک به‌ویژه آب بیشتر رودخانه‌های ساحلی استان دارند (غریب‌رضا و همکاران، ۱۳۸۵).

از نظر زمین‌ساختی و لرزه‌زمین‌ساختی می‌توان گفت که گسل وارون پهنه زاگرس رورونده بیانگر تغییر بنیادی در ویژگی‌های جغرافیای دیرینه، تاریخ رسوب‌گذاری، ریخت‌شناسی و لرزه‌خیزی این ناحیه است (Berberian, 1995). گسل زاگرس مرتفع که به‌عنوان گسل مرز راندگی زاگرس مرتفع و کمربند زاگرس چین‌خورده در نظر گرفته شده است؛ گسل گهکم، گسل شمال کنگک، گسل بستانه، گسل چارک، گسل بستک، گسل گوده و گسل گاوبست، گسل‌های اصلی در استان هرمزگان هستند یا دامنه اثر آنها در استان امتداد دارد. همان‌گونه که از شمار این گسل‌ها آشکار است، منطقه ساحلی استان هرمزگان نسبت به استان‌های خوزستان و بوشهر دچار گسل‌خوردگی‌ها و خردشدگی زمین‌ساختی بیشتری شده است. گسل‌های یاد شده با سازوکارهای متفاوت و در مقیاس‌های مختلف کنش کرده و با روندهای متقاطع و موازی واحدهای سنگی را دچار بریدگی و خردشدگی کرده‌اند. خردشدگی زمین‌ساختی سبب افزایش فرسایش‌پذیری واحدهای سنگی و تشکیل مخروط‌افکنه در یال جنوبی تاقدیس‌ها و دشت‌های کوهرفتی در یال شمالی آنها شده است. پیش‌بینی می‌شود که همین عامل در آینده نیز سبب افزایش نرخ رسوب‌زایی این منطقه شود. بدیهی است رسوبات حاصل منشأ اصلی رسوبات آواری وارد شده به حوضه خلیج فارس هستند.

آب دریا با افزایش شوری که بیشتر در جنوب خلیج فارس مقادیر بالاتری دارد، در ارتباط است (Brewer & Dyressen, 1985).

افزایش تولید رسوبات اسکلتی در بخش جنوبی خلیج فارس سبب دانه درشت‌تر شدن ذرات این بخش می‌شود. همچنین سهم رسوبات آواری در گل‌های بخش شمالی بیشتر است (معمولاً بیش از ۲۰ درصد)، در حالی که در سوی جنوبی خلیج فارس میان صفر تا ۱۰ درصد است (Baltzer & Purser, 1990). بررسی رسوبات سطحی خلیج فارس در محدوده کشور ایران نشان دهنده حضور رسوبات کربناتی (شیمیایی، بیوشیمیایی) و آواری (رودخانه‌ای، غبار) است. نقش رسوبات کربناتی بر آواری برتری دارد. کانی‌های سازنده رسوبات نیز بیشتر کلسیت، آراگونیت، کوارتز، دولومیت، فلدسپار، مسکوویت و کانی‌های رسی است (لک و همکاران، ۱۳۸۹).

امروزه آب‌های گرم خلیج فارس دانه‌های بایوکلاستی کلسیتی و در مناطق کم ژرفا تر به مقدار زیاد رسوبات آلی‌ددار را تشکیل می‌دهند که محیط تشکیل این رسوبات توسط پژوهشگران بسیاری تشریح شده است (Teller et al., 2000; Kendall & Skipwith, 1969; Purser, 1973; Walkden & Williams, 1998; Emery, 1956). از سوی دیگر رسوبات آواری نیز بخش قابل توجهی از رسوبات سطحی و زیرین بستر خلیج فارس را تشکیل داده‌اند که بیشتر حاصل فعالیت‌های زمین‌ساختی کوه‌های زاگرس و انتقال رسوبات توسط رودخانه‌های منتهی به حوضه است (Teller et al., 2000; Walkden & Williams, 1998; Sarnthein, 1972; Baltzer & Purser, 1990).

Al-Ghadban et al (1996) ویژگی‌های بافتی و پراکندگی منطقه‌ای رسوبات کف حوضه خلیج فارس را از دید اندازه ذرات، به‌صورت جزئی‌تر بررسی کردند. بیشتر منطقه مطالعه شده توسط ایشان، توسط رسوبات ریزدانه شامل گل و گل ماسه‌ای پوشیده شده است. از سوی دیگر رسوبات درشت‌دانه‌ترمانند ماسه و ماسه گلی بیشتر در کمربندهای کم ژرفای مناطق عربی (منطقه دور از ساحل بحرین، قطر و امارات متحده عربی) و به‌طور پراکنده در پیرامون جزایر و بالا آمدگی‌های سنگی کف حوضه دیده می‌شوند. رسوب‌گذاری رسوبات با جورشدگی ضعیف در بخش شمال باختری احتمالاً به علت تأثیرات هر ۳ فرایند جریان‌های کشندی، رسوبات با منشأ رودخانه‌ای و ته‌نشینی رسوبات بادی است (Al-Ghadban et al., 1998).

در شمال باختر حوضه بیشتر کانی‌های رسی و مقادیری رسوب کربناتی ته‌نشین می‌شود که منشأ آنها همانطور که اشاره شد، از توفان‌های گرد و خاک جنوب عراق و کویت، ورودی‌های رودخانه‌ای و به‌ویژه دجله و فرات و ته‌نشینی مستقیم از آب دریاست (Al-Sarawi et al., 1993; Gischler et al., 2005; Khalaf et al., 1982; Al-Bakri & Al-Ghadban, 1984; Al-Ghadban, 1990; Khalaf et al., 1984; Khalaf & Ala, 1980). بیان کردند که این کربنات‌ها با پوسته نرم‌تان‌ها، قطعات صدف، روزن‌بران و بخش‌هایی از اسکلت اکتینوئیدها چیره شده‌اند. دانه‌های غیراسکلتی مانند آلیدها و پلیوئیدها کمتر در این نواحی دیده شده است در حالی که در نتایج مطالعات در همین مناطق، ذرات بسیاری از دانه‌های غیراسکلتی مانند آلیدها، دانه‌های اگرگات و پلیوئیدها در بخش دور از ساحل (Offshore) جنوب کویت و به‌ویژه در بخش رمپ داخلی (inner ramp) دیده شده است. بنابر این احتمال داده‌اند که محل نمونه برداری (Khalaf et al. (1984) از بخش رمپ ساحلی نبوده است.

۶- زمین‌شناسی و زمین‌ساخت

مغزه تهیه‌شده مربوط به محدوده کم ژرفای ساحلی و زیرحد کشندی شمال خاوری خلیج فارس است و بدیهی است ویژگی‌های زمین‌شناختی آن، تحت تأثیر زمین‌شناسی عمومی استان هرمزگان و از سویی زمین‌شناسی خلیج فارس است. خلیج

۷- بحث

کربنات‌ها همراه بوده است و بنابراین مقادیر کلسیم که تشکیل آن بیشتر به صورت بیوشیمیایی است و همچنین استرانسیم، در این حالت افزایش می‌یابد. تغییرات عناصر آهن و آلومینیم با تغییرات سطح آب دریا نسبت وارون دارد.

همچنین در شکل ۶ مقادیر تغییرات کلسیت و آراگونیت در نمونه‌های تجزیه شده در دستگاه XRD و در شکل ۷ مقادیر آراگونیت با استرانسیم و تغییرات آنها و رابطه میان این تغییرات نشان داده شده است.

بنابراین ترکیب کانی‌شناسی از نوع مخلوط آراگونیت و کلسیت برای رسوب کربناتی مغزه مطالعه‌شده با استفاده از مقادیر عناصر فرعی و اصلی موجود در رسوبات نیز قابل توجه است. پراکنندگی عناصر فرعی به مقدار ضریب پراکنندگی آنها بستگی دارد. به‌طور کلی، کاتیون‌هایی که بزرگ‌تر از Ca هستند (مانند Sr، Na، B و U)، ترجیحاً در شبکه ساختمانی باز اورتورومبیک آراگونیت جای می‌گیرند. برعکس، کاتیون‌هایی که کوچک‌تر از Ca هستند (مانند Mn، Fe، Mg، Cd) در شبکه ساختمانی بسته رومبندرال کلسیت جای می‌گیرند (Cu و Zn)، ترجیحاً در شبکه ساختمانی بسته رومبندرال کلسیت جای می‌گیرند (Veizer, 1983 ; Morrison & Brand, 1987).

در نمودار شکل ۶ در برخی نقاط ژرف‌تر با وجود بالا بودن نسبی مقدار استرانسیم، وجود آراگونیت در نتایج XRD گزارش نشده است که علت آن تبدیل آراگونیت ناپایدار به کلسیت دارای منیزیم زیاد است.

دو علت برای اثبات اینکه کلسیت موجود در رسوب از نوع LMC نیست و از نوع HMC است، وجود دارد. یکی اینکه همان‌گونه که اشاره شد کلسیت با منیزیم پایین بیشتر در آب‌های سرد و دمای کمتر از ۳ درجه سلسیوس تشکیل می‌شود (Rao, 1996) و دوم این که مقادیر Mg در رسوب، بالای یک درصد است و این درحالی است که LMC کمتر از یک درصد منیزیم دارد.

همچنین در بیشتر نمونه‌ها مقادیر Sr و مقادیر Mg نسبت وارون دارد (شکل ۷) و این به دلیل افزایش مقادیر کلسیت دارای منیزیم زیاد است (Rao, 1996).

همان‌گونه که پیش‌تر اشاره شد و نمودار شکل‌های ۵ و ۶ هم نشان می‌دهد، مقادیر صفر تا بیش از ۴۰ درصدی آراگونیت در نمونه‌ها ممکن است به تغییرات ژرفا و دمای محیط تشکیل کربنات‌ها در زمان‌های مختلف مرتبط باشد. از سوی دیگر میان مقادیر آراگونیت و استرانسیم تا ژرفا تبدیل آراگونیت به کلسیت، رابطه مثبتی برقرار است. به‌طور کلی مقدار Sr با افزایش میزان آراگونیت افزایش می‌یابد (Rao & Adabi, 1992). در شکل زیر نمودارهای تغییرات میزان آراگونیت و عنصر استرانسیم ارائه و با یکدیگر مقایسه شده است. ملاحظه می‌شود که روند تغییرات آنها از یک الگوی همانندی پیروی می‌کند (شکل ۶). بیشتر آراگونیت‌ها به‌صورت بیوشیمیایی تشکیل شده‌اند.

۸- تعیین نرخ رسوب‌گذاری

بررسی نتایج سن‌سنجی به روش AMS C14 پس از کالیبراسیون و رسم منحنی ژرفا- سن رسوبات هولوسن منطقه (شکل ۹) نشان از آن دارد که میانگین نرخ رسوب‌گذاری در محدوده مورد مطالعه نزدیک به ۱ میلی‌متر در سال (۰/۹۶۶ میلی‌متر) است. طی دو بازه زمانی مربوط به حدود ۶۸۰۰ تا ۳۸۰۰ و ۹۳۰۰ تا ۷۹۰۰ سال پیش، نرخ رسوب‌گذاری افزایش یافته و رسوب‌گذاری بالاتر از حد میانگین بوده است. چون بیشتر رسوبات خلیج فارس کربنات‌های درون حوضه‌ای است، بنابراین با افزایش سطح آب دریا میزان رسوب‌گذاری افزایش یافته است. بالا بودن سطح آب خلیج فارس در دو دوره زمانی ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ سال پیش در جلگه خوزستان در پژوهش انجام شده توسط Baeteman et al. (2005) نیز گزارش شده است. Dalongville & Sanlaville (1987) در سال میان ۶۰۰۰ تا ۱۰۰۰ سال پیش، نوسان سطح آب دریا را میان ۲/۵ تا ۳ متر برآورد کرده‌اند.

بررسی‌های انجام شده روی رسوبات هولوسن مغزه تهیه‌شده از بخش کم ژرفای دریایی نشان از آن دارد که بیش از ۵۰ درصد از محتوای رسوبات کربناتی و بیشتر شامل کلسیت با منیزیم بالا (مقدار منیزیم بیش از یک درصد)، آراگونیت و مقداری دولومیت است. از میان کانی‌های کربناتی نیز کلسیت با میانگین ۵۲ درصد و البته با محدوده تغییرات میان ۲۱ تا ۷۷ درصد در کل رسوبات، بیشترین مقدار را دارد و آراگونیت با مقادیر میان صفر تا ۴۰ درصدی و میانگین حدود ۱۸ درصد در رتبه بعدی قرار گرفته است که مقدار آن پس از ژرفای ۲۳۵ سانتی‌متری به صفر می‌رسد که علت آن می‌تواند تأثیر پدیده‌های دیاژنزی و تبدیل آراگونیت به کلسیت باشد. کوارتز و دولومیت با میانگین حدود ۱۰ درصد از دید فراوانی پس از کلسیت و آراگونیت اهمیت دارند. پس از آن فلدسپار و کانی‌های رسی با میانگین حدود ۷ و ۵ درصد دارای اهمیت هستند. مسکوویت در افق‌های خاصی از کانی‌های اصلی به‌شمار می‌رود و به نظر می‌رسد این افق‌ها شاخص دوره‌های توفانی یا سیلابی باشند (Lak, 2012). این افق‌ها در ژرفای ۶، ۲۰، ۷۰ و ۹۵۴ سانتی‌متری به روشنی دیده می‌شوند. کانی‌های رسی سازنده رسوبات شامل کائولینیت، کلریت، مونت موریلونیت، ایلیت و پالیگورسکیت است که کائولینیت کانی رسی چیره به‌شمار می‌رود. وجود پالیگورسکیت به‌دلیل بالا بودن شوری و مقدار به نسبت بالای یون منیزیم در آب دریا در منطقه مورد مطالعه است. افزون‌بر آن پالیگورسکیت منشأ بادی نیز دارد.

همچنین مشاهدات عینی و بررسی رسوبات از دید اندازه ذرات، رنگ، محتوای فسیلی و درصد ماده آلی به جدایش مغزه به ۱۲ رخساره انجامید که به هر رخساره محیط رسوبی خاصی نسبت داده شد (جدول ۱). همچنین تغییر اندازه ذرات از سطح تا ژرفا با سن کالیبره‌شده افق‌های مختلف در شکل ۴ دیده می‌شود.

نتایج XRD نشان داد که با وجود اینکه ترکیب رسوب‌شناسی در کل توالی مغزه به‌صورت هیبرید و مخلوطی از رسوبات تخریبی و کربناتی است، ولی آنچه مسلم است در همه نمونه‌ها میزان کربنات کلسیم به‌صورت کلسیت، دولومیت و آراگونیت بیش از ۵۰ درصد مقدار کل رسوب است.

نوع کربنات‌های تشکیل‌شده با دما تغییر می‌کند. در آب با دمای ۳۰ درجه و بالاتر تنها آراگونیت می‌تواند به‌صورت غیر آلی از آب دریا ته‌نشین شود (Kinsman, 1964) در حالی که در دمای میان ۱۵ تا ۱۷ درجه، مخلوطی از کلسیت با منیزیم زیاد و آراگونیت تشکیل می‌شود (آدابی، ۱۳۸۳).

موقعیت جغرافیایی خلیج فارس، نشان از قرار گرفتن آن در منطقه حاره‌ای تا نیمه‌حاره‌ای دارد و بدیهی است ترکیب کربناتی آن در عرض‌های پایین‌تر بیشتر آراگونیتی و به‌سوی عرض‌های بالاتر و سواحل ایرانی از مقدار آراگونیت کاسته و بر میزان کلسیت افزوده شود. بنابر موارد عنوان شده می‌توان تصور کرد که ترکیب کانی‌شناسی کربناتی مغزه مورد مطالعه که در عرض جغرافیایی حدود ۲۷ درجه شمالی قرار دارد، به‌علت واقع شدن در منطقه نیمه‌حاره‌ای و عرض به نسبت بالاتر و نزدیک به منطقه معتدل، می‌تواند مخلوطی از آراگونیت و کلسیت با منیزیم بالا باشد.

نتایج به‌دست آمده از تجزیه شیمیایی عناصر به‌روش ICP، در محیط نرم افزار Excel پردازش شد که نمودار تغییرات چند عنصر مهم آن در شکل ۵ ارائه شده است. همان‌گونه که دیده می‌شود مقادیر بیشتر عناصر با منشأ زمینی یا آواری مانند آلومینیم و آهن دارای روند یکسان و همانندی هستند که روند تغییرات آنها خلاف تغییرات سطح آب دریا است. به‌گونه‌ای که در محل رخساره‌های ژرف‌تر، مقادیر این عناصر کاهش می‌یابد. آلومینیم و آهن شاخص رسوبات آواری و کلسیم و استرانسیم شاخص رسوبات با منشأ درون حوضه‌ای و بیوشیمیایی هستند. بنابراین روند تغییرات عناصر کلسیم و استرانسیم منطبق با روند تغییرات سطح آب دریا است. بدیهی است که بالا آمدن سطح آب دریا سبب افزایش محدوده فلات قاره شده و با افزایش ته‌نشست

۹- نتیجه‌گیری

روند کلی تغییرات سطح آب دریا، نشان از پیشروی کلی در طی ۱۰,۰۰۰ سال اخیر دارد. ولی به صورت جزئی تر توسط بررسی‌های توصیفی در تغییر اندازه و بافت رسوبات و همچنین با استفاده از نمودارهای روند تغییرات عناصر، می‌توان رده‌های پیشروی و پسروی کوتاه‌مدت را نیز در این بازه زمانی دید. روند تغییرات سطح آب دریا منطبق با روند تغییرات عناصر کلسیم و استرانسیم و مخالف روند تغییر فراوانی عناصر Al، Fe، Cr و دیگر فلزات سنگین است.

سپاسگزاری

از مدیریت زمین‌شناسی دریایی وقت سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور جناب آقای مهندس سعدالدین و همکاران ایشان به‌ویژه آقایان مهندس رضا بهبهانی، مجید معینی، علی محمدی و نادر چنانی، همچنین از آقای دکتر فریبرز قریب رئیس مرکز پژوهش‌های کاربردی زمین‌شناسی و همکارانشان به‌ویژه خانم‌ها مهندس نیلویل و مهندس زری و تکنسین‌های آزمایشگاه به‌ویژه آقایان ساعد محمدپور، علی ابراهیمی و بهرام کدخدای صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

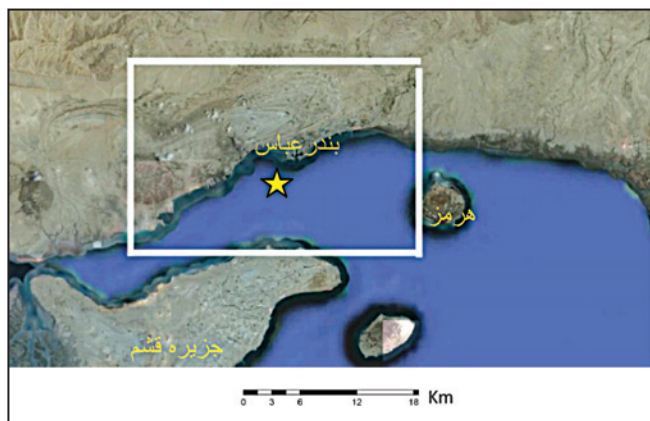
بررسی رسوبات هولوسن منطقه کم ژرفا و نزدیک به ساحل بخش شمال خاور خلیج فارس نتایج زیر را در بر دارد:

میانگین نرخ رسوب‌گذاری در بخش شمال‌خاور خلیج فارس در نزدیکی ساحل بندرعباس نزدیک به ۱ میلی‌متر در سال (۰/۹۶۶ mm/ka) برآورد می‌شود.

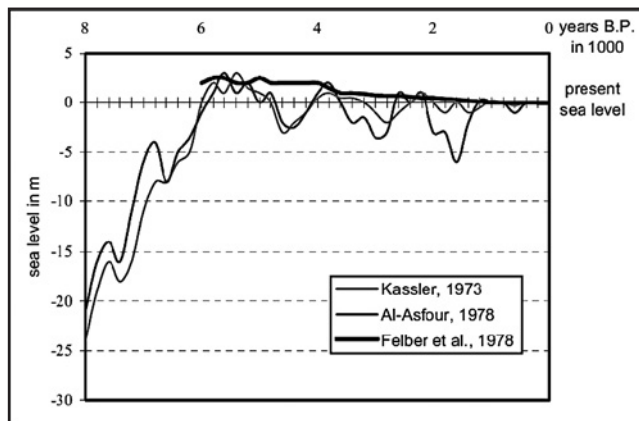
بر پایه نتایج سن‌سنجی، نسبت به منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریاها، طی دو بازه زمانی تقریباً در ۶۸۰۰ تا ۳۸۰۰ سال پیش و نیز در ۹۳۰۰ تا ۷۹۰۰ سال پیش، نرخ افزایش تراز آب دریا و رسوب‌گذاری در منطقه مورد مطالعه بالاتر از حد میانگین بوده است. چون بیشتر رسوبات خلیج فارس کربنات‌های درون حوضه‌ای است، با افزایش سطح آب دریا میزان رسوب‌گذاری نیز افزایش می‌یابد.

محیط رسوبی منطقه مورد مطالعه کربناتی است. از دید کانی‌شناسی، رسوبات بیش از ۵۰ درصد کانی‌های کربناتی دارند که بخش اصلی کربنات‌ها شامل کلسیت با منیزیم بالا و آراگونیت است.

کانی‌های آواری رسوبات شامل کوارتز، فلدسپار، مسکوویت، پیروکسن و کانی‌های رسی کانولینیت، کلریت، مونت‌موریلونیت، ایلیت و پالیگورسکیت است.



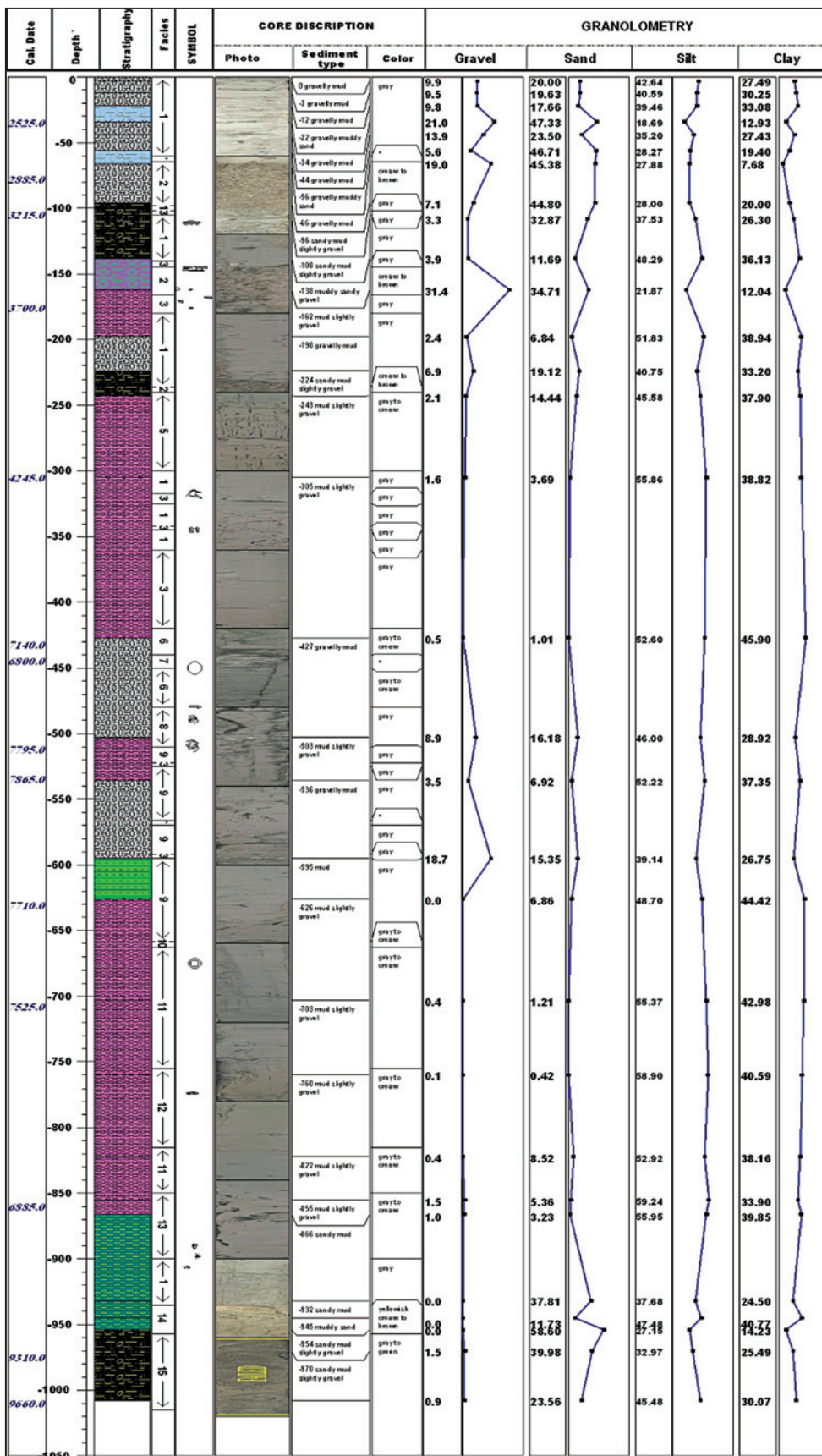
شکل ۲- موقعیت جغرافیایی مغزه مورد مطالعه.



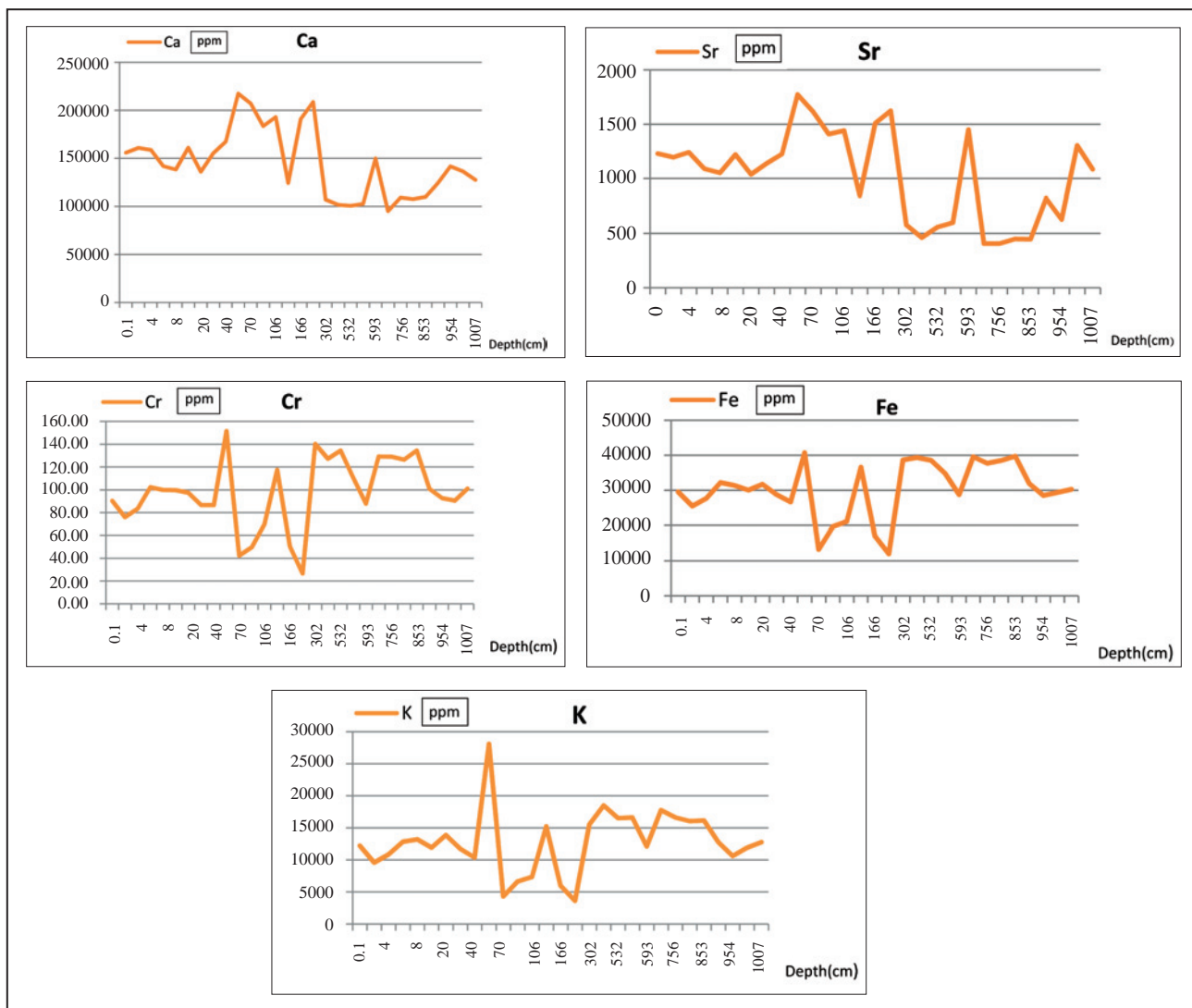
شکل ۱- منحنی تغییرات جهانی سطح آب دریاها (Lambeck, 1996).



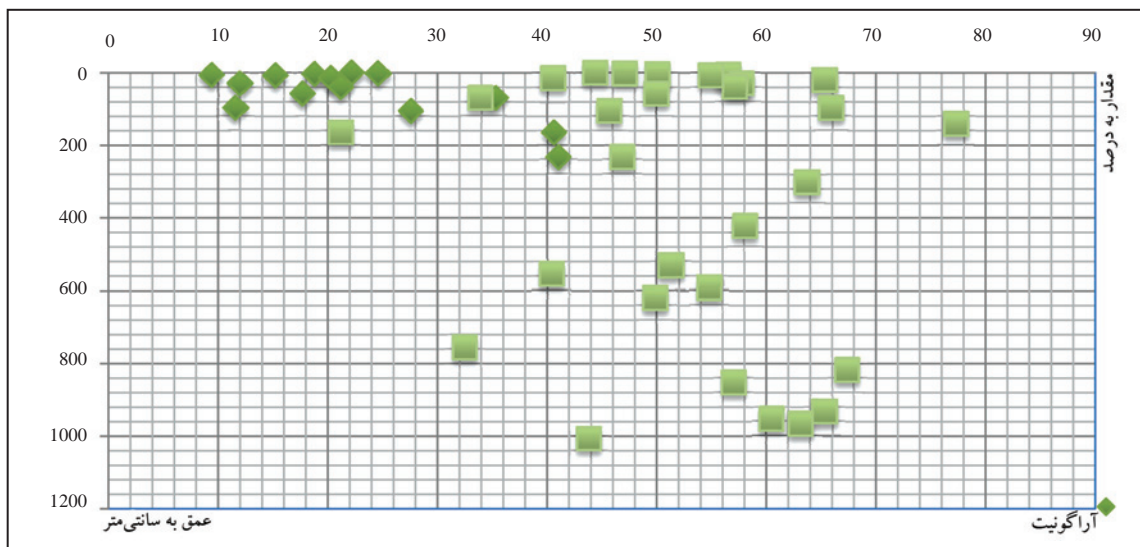
شکل ۳- دستگاه حفاری و مغزه‌گیری از رسوبات بستر دریا.



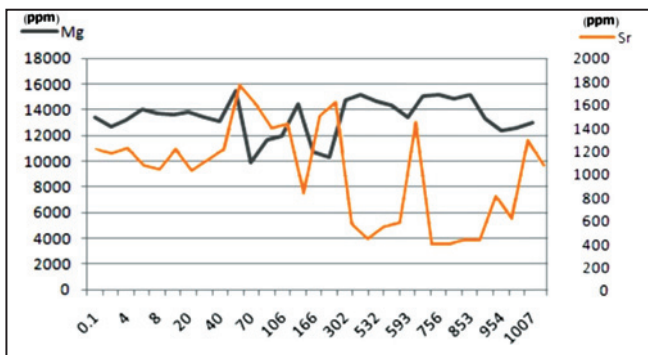
شکل ۴- ستون چینه‌شناسی و رخساره‌های رسوبی در مغزه تهیه‌شده.



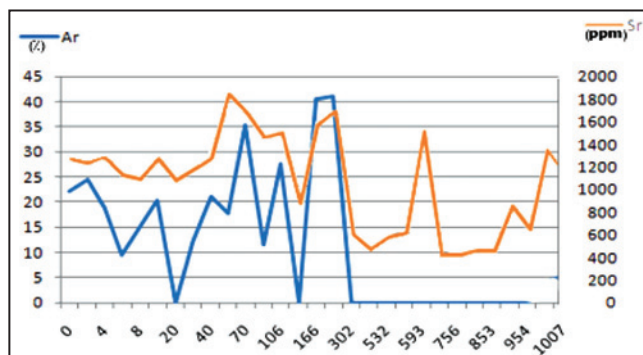
شکل ۵- نمودار روند تغییرات برخی عناصر در مغزه تهیه شده (محور افقی ژرفا به سانتی‌متر و محور عمودی مقادیر عناصر به ppm).



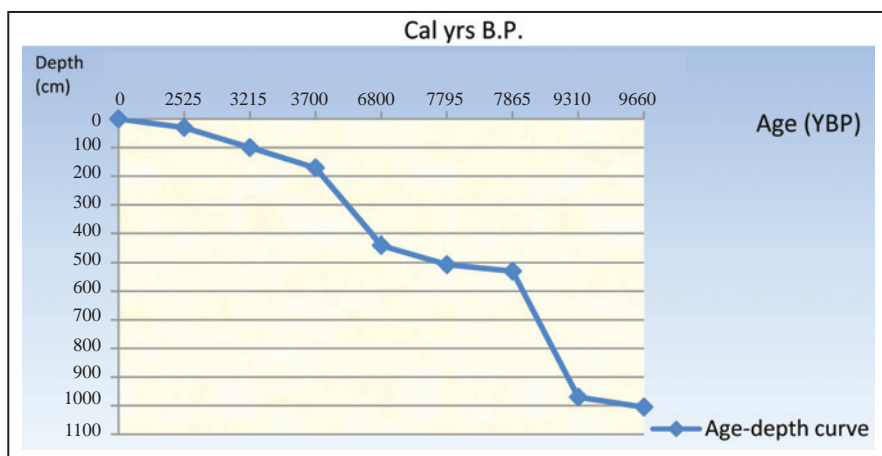
شکل ۶- نمودار مقایسه‌ای میان مقادیر کلسیت و آراگونیت از سطح به پایین مغزه.



شکل ۸- نمودار رابطه وارون میان مقادیر عناصر استرانسیم و منیزیم.



شکل ۷- نمودار مقایسه میان درصد آراگونیت با فراوانی عنصر استرانسیم.



شکل ۹- نمودار ژرفا- سن دوره زمانی ۱۰۰۰۰ ساله رسوبات بخش شمال خاور خلیج فارس در مغزه مطالعه شده.

جدول ۱- ویژگی رخساره‌های تعیین شده در رسوبات بستر خلیج فارس در منطقه بندرعباس.

FACIES	ENVIRONMENT	LITHOLOGY	DESCRIPTION	TOC (%wt)	THICKNESS (cm)
1	Shallow marine	gM	Grayish gravelly mud	0.07	0-60
2	Coastline	gS	YELLOWISH brown gravelly sand with a lot of benthic shells	0.02	60-98
3	Shallow marine	(g)sM	Grayish slightly gravelly sandy mud with large muscovite	0.06	98-105
1	Shallow marine	gM	The same as facies 1	0.06	105-140
3	Shallow marine	(g)sM	The same as facies 3	0.12	140-145
2	Coastline	gS	The same as facies 2	0.09	145-166
3	Shallow marine	(g)sM	The same as facies 3	no data	166-180
1	Shallow marine	gM	The same as facies 1	no data	180-225
4	Shallow marine	sM	Interbedded sandy mud with organic matter laminae	0.11	225-240
5	Intertidal	(g)sM	Grayish yellow slightly gravelly sandy mud with fenestral fabric	0.08	240-300
1	Shallow marine	gM	The same as facies 1	0.12	300-317
3	Shallow marine	(g)sM	The same as facies 3	no data	317-325
1	Shallow marine	gM	The same as facies 1	no data	325-340
3	Shallow marine	(g)sM	The same as facies 3	no data	340-345
1	Shallow marine	gM	The same as facies 1	no data	345-420
6	Shallow marine	(g)M	Grayish yellow slightly gravelly mud with coral reef fragment.	0.12	420-480
7	Shallow marine	gM	Grayish gravelly mud with large muscovite and benthic shells	0.10	480-510
8	Shallow marine	gM	Grayish gravelly mud with benthic shells. Deeper than facies 7.	0.13	510-656
9	Intertidal	(g)M	Grayish yellow slightly gravelly mud with benthic shells and fenestral fabric	no data	656-662
10	Lagoon	sM	Grayish sandy mud	0.13	662-750
11	Intertidal	(g)M	Grayish yellow slightly gravelly mud with gas bubbles and fenestral fabric	0.06	750-820
10	Lagoon	sM	The same as facies 10	0.10	820-850
12	Mixed lagoon- intertidal	(g)sM	Grayish yellow slightly gravelly sandy mud with gas bubbles	0.05	850-934
13	Sand dune	sM	Yellowish brown sandy mud. This facies represents a main drouth.	0.08	934-958
14	Lagoon	(g)sM	Grayish green slightly gravelly sandy mud	0.05	958-1070

کتابنگاری

- آدابی، م.، ۱۳۸۳- ژئوشیمی رسوبی، انتشارات آراین زمین، چاپ اول، ۴۴۸ ص.
- آفانیاتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، ۵۸۶ ص.
- خسروتهرانی، خ.، ۱۳۸۴- زمین‌شناسی ایران، جلد دوم، مزوزویک و سنوزویک، انتشارات کلیدر، ۴۵۶ ص.
- غریب‌رضا، م.، تقی‌زاده، م. و معصومی، ح.، ۱۳۸۵- طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور (ICZM)، وزارت راه و ترابری، سازمان بنادر و کشتیرانی.
- لک، ر. و صالحی‌پور، ع. ر.، ۱۳۸۹- اطلس نقشه‌های توزیع اندازه ذرات و عناصر درون رسوبات به مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- لک، ر.، بهبهانی، ر. و چنانی، ن.، ۱۳۹۲- زمین‌شناسی دریایی خلیج فارس، وزارت صنعت، معدن و تجارت، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، چاپ اول، ۲۰۸ ص.

References

- Al- Asfour, T. A., 1978- The marine terraces of the Bay of Kuwait. In: Brice. W. C. (Ed.). The Environmental History of the Near and Middle East Since the Last Ice Age, pp.249-260. Academic Press, Inc: London Ltd.
- Al-Bakri, D. & Al-Ghadban, A., 1984- Mineralogy, genesis, and sources of surficial sediments in the Kuwait marine environment, northern Arabian Gulf. J sediment Petrol 54:pp. 1266-1279.
- Al-Ghadban, A. N., 1990- Holocene sediments in a shallow bay, southern coast of Kuwait, Arabian Gulf. Mar Geol 92: pp.237-254.
- Al-Ghadban, A. N., Al-Dousari, A. M., Al-Kadi, A., Behbehani, M. & Caceres, P., 1998- Mineralogy, genesis and sources of surficial sediments in ROPME Sea Area, Terra Scientific Publishing Company., Tokyo, Japan. pp.65-88.
- Al-Ghadban, A. N., Massoud, M. S. & Al-Abdali, F., 1996- Bottom sediments of the Arabian Gulf; I. Sedimentological Characteristics. J. Univ. Kuwait. (Sci.), 23, pp. 71-88.
- Al-Sarawi, M., Al-Zamel, A. & Al-Tafaiy, I. A., 1993- Late Pleistocene and Holocene sediments of the Khiran area (South Kuwait). J Univ Kuwait (Science) 20: pp.145-156.
- Al-Sharhan, A. S. & Kendall, C. G. St. C., 2003- Holocene coastal carbonates and evaporates of the southern Arabian Gulf and their ancient analogues, Earth-Science Reviews 61, pp. 191-243.
- Baeteman, C., Dupin, L. & Heyvaert, V. M. A., 2005- Geoenvironmental investigation. In: Meyer, L., Homes-Federicq, D., 2005. The Persian Gulf and the Karkheh, Karun, and Jarrahi Rivers: A geo-archeological approach, Akkadica, 126, fase 1, P.5-214.
- Baltzer, F. & Purser, B. H., 1990- Modern alluvial fan and deltaic sedimentation in a foreland tectonic setting: the lower Mesopotamian Plain and the Arabian Gulf. Sedi-mentary Geology. 16:pp. 175-197.
- Barth, H. J. & Yar Khan, N., 2008- Biogeophysical setting of the Gulf, In: Abuzinada, A. H., Barth, H. J., Krupp, F., Böer, B. & Al - Abdessalaam, T. Z. (Eds.), Protecting the Gulf's marine ecosystems from pollution, Birkhäuser, Switzerland, 285 p.
- Basaham, A. S. & El Sayed, M. A., 1998- Distribution and Phase Association of Some Major and Trace Elements in the Arabian Gulf Sediments. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 48, pp.185-194.
- Berberian, M., 1995- Master 'blind' thrust faults hidden under the Zagros folds: active basement tectonics and surface morphotectonics, Tectonophysics, v.241, pp. 193-195.
- Brewer, P. G. & Dyrssen, D., 1985- Chemical oceanography of the Persian Gulf, in J. Crease, Essays on oceanography; attribute to John Swallow, edited by W. J. Gould, and P. M. Saunders, Progress in Oceanography, 14, pp.41-55.
- Brewer, P. G., Fleer, A. P., Shafer, D. K. & Smith, C. L., 1978- Chemical oceanographic data from the Persian Gulf and Gulf of Oman, WHOI Technical Report WHOI-78-37, 105 p.
- Dalongeville, R. & Sanlaville, P., 1987- Coastal plains in Fairbridge, R. (Ed). The encyclopedia of geomorphology, Stroudsburg, Dowden, Hutchinson & Ross Inc., p.144-149.
- Emery, K. O., 1956- Sediments and water of the Persian Gulf, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 40, pp.2354-2383.
- Felber, H., Hötzl, H., Maurin, V., Moser, H., Rauert, W. & Zötl, J. G., 1978- Sea level fluctuations during the Quaternary period. In: Al-Sayyari, S. S., Zötl, J. G. (Eds.), Quaternary Period in Saudi Arabia. Springer, New York, Ny, pp. 50-57.
- Ghazban, F., 2007- Petroleum Geology of the Persian Gulf, Published by Tehran University and National Iranian Oil Company, pp.20-48.
- Gischler, E., Lomando, A. J., Al-Hazeem, S. H., Fiebig, J., Eisenhauer, A. & Oschmann, W., 2005- Coral climate proxy data from a marginal reef area, Kuwait, northern Arabian-Persian Gulf, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology; v 228, pp. 86-95.
- Hastenrath, S. & Lamb, P. J., 1979- Climatic atlas of the Indian Ocean, Part 2, The ocean heart budget, Univ. of Wisc. Press, Madison, Wisconsin.
- Houbolt, J. J. H. C., 1957- Surface Sediments of the Persian Gulf near the Qatar Peninsula. Ph.D. Thesis, University of Albright, Des Haal Montana Co.
- Kampf, J. & Sadrinassab, M., 2006- The circulation of the Persian Gulf: a numerical study. Ocean Science Discussions, 2, pp.129-164.
- Kassler, P., 1973- Geomorphic evolution of the Persian Gulf. In: B.H. Pursur(Editor), The Persian Gulf. Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontinental Sea. Springer, New York, pp. 11-32.

- Kendall, C. G. St. C. & Skipwith, P. A., 1969- Holocene shallow-water carbonate and evaporite sediments of Khor al Bazam, Abu Dhabi, southwest Persian Gulf. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 53, pp.841-869.
- Khalaf, F. I. & Ala, M., 1980- Mineralogy of the recent intertidal muddy sediments of Kuwait---- Arabian Gulf. *Mar Geol* 35:pp.331-342.
- Khalaf, F. I., Al-Bakri, D. & Al-Ghadban, A., 1984- Sedimentological Characteristics of the surficial sediments of the Kuwait marine environment, northern Arabian Gulf. *Sedimentology* 31:pp. 531-545.
- Khalaf, F. I., Al-Ghadban, A., Al-saleh, S. & Al-Omran, L., 1982- Sedimentology and mineralogy of Kuwait Bay bottom sediments, Kuwait-Arabian Gulf. *Mar Geol* 46:pp.71-99.
- Kinsman, D. J. J., 1964- Reef coral tolerance of high temperatures and salinities. *Nature, London*, v. 202, p. 1280-1282.
- Lak, R., 2012- Sedimentologic evidence indicating storm in the Persian Gulf during Holocene, 34th international geological congress, Australia.
- Lambeck, K., 1996-Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last glacial maximum. *Earth and Planetary Science Letters* 142, pp. 43- 57.
- Lehr, 1993- Computation of the residual flow in the Gulf using the Mt Mitchell data and the KFUPM/RI hydrodynamical models, *Mar. Pollution Bull.*, 27, 61- 70.
- Lewis, W. D. & Mc Conchie, D., 1994- Analytical sedimentology, Chapman & Hall.
- Membery, D. A., 1983- Low level wind profiles during the Persian Gulf Shamal. *Weather*, 38: pp.18-24.
- Meshal, A. H. & Hassan, H. M., 1986- Evaporation from the coastal waters of the central part of the Persian Gulf. *Sci. Research*. 4, pp.649-655.
- Morrison, J. O. & Brand, U., 1987- Geochemistry of Recent marine invertebrates: *Geosci. Canada*, v.13, pp.237-254.
- Paterne, M., Ayliffe, L. K., Arnold, M., Cabioch, G., Tisnerat-Laborde, N., Hatte, C., Douville, E. & Bard, E., 2004- Paired C-14 and Th-230/U dating of surface corals from the Marquesas and Vanuatu (sub-equatorial Pacific) in the 3000 to 15,000 cal yr interval. – *Radiocarbon*, 46, pp.551-566.
- Privett, D. W., 1959- Monthly charts of evaporation from the Indian Ocean (including the Red Sea and the Persian Gulf), *Q. J. Roy. Met. Soc.*, 85, pp.424-428.
- Purser, B. H. & Seibold, E., 1973- The principal environmental factors influencing Holocene sedimentation and diagenesis, in *The Persian Gulf*, B. H. Purser, ed., springer-verlag, Berlin, 471 p.
- Purser, B. H., 1973- *The Persian Gulf: Holocene Carbonate Sedimentation and Diagenesis in a Shallow Epicontental Sea*. Springer, New York, 471 p.
- Rao, C. P. & Adabi, M. H., 1992- Carbonate minerals, major and minor elements and oxygen and carbon isotopes and their variation with water depth in cool, temperate carbonates, western Tasmania, Australia: *Mar. Geology*, v. 103, pp.249-272.
- Rao, C. P., 1996- *Modern Carbonates, tropical, temperate, polar: introduction to sedimentology and geochemistry: Arts of Tasmania*, 206 p.
- Reyess, J. L., Pirazzoly, P. A., Haghypour, A., Hatte, C. & Fontugne, M., 1999- *Quaternary Marine Terraces and Tectonic Uplift Rates on the South Coast of Iran* Center des foibles Radioactivites, Avenue de la Terrasse, 91198 Gif Sur-Yvette Cedex, France.
- Reynolds, R. M., 1993- Physical oceanography of the Gulf, Strait of Hormuz, and the Gulf of Oman – Results from the Mt Mitchell expedition the 1991 Gulf War: *Coastal and Marine Environmental Consequences.*, 35-59, *Mar. Pollut. Bull.*, v.27.
- Saleh, A., Al-Ruwaih, F., Al-Reda, A. & Gunatilakat, A., 1999- A reconnaissance study of a clastic coastal sabkha in Northern Kuwait, Arabian Gulf., *Journal of Arid Environments*, pp. 1-19.
- Sarnthein, M., 1972- Sediments and history of the postglacial transgression in the Persian Gulf and Northwest Gulf of Oman. *Marine Geology* 12, pp.245-266.
- Syvitski, J. P. M., 1991- *Principle Methods and Application of particle size analysis*.
- Teller, J. T., Glennie, K. W., Lancaster, N. & Singhvi, A. K., 2000- Calcareous dunes of the United Arab Emirates and Noan's Flood: the postglacial reflooding of the Persian (Arabian)Gulf., *Quaternary International* 67-81., pp.297-308.
- Uchupi, E., Swift, S. A. & Ross, D. A., 1996- Gas venting and late Quaternary sedimentation in the Persian (Arabian) Gulf. *Marine Geology* 129, pp. 237-269.
- Veizer, J., 1983- Chemical diagenesis of carbonates: theory and application of trace element technique. In *Arthur, M. A., Anderson, T. F., Kaplan, I. R., Veizer, J., and Land, L. S.(Eds.): Stable Isotopes in Sedimentary Geology*, Tulsa, Okla: Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Short Course, No. 10,pp.31-1 to 3-100.
- Wagner, C. W. & Vander Togt, C., 1973- Holocene sediment types and their distribution in the southern Persian Gulf. In: *Purser, B. H.(Ed.)*, *The Persian Gulf*. Springer, New York, pp.123-156.
- Walkden, G. M. & Williams, A., 1998- Carbonate ramps and the Pleistocene—recent depositional systems of the Arabian Gulf. In: *Wright, V.P., Burchette, T. P.(Eds.)*, *Carbonate Ramps*. Geological Society of London Special Publication 149. pp.43-53.
- Weijermars, R., 1999- Quaternary evolution of Dawahat Zulum (Half Moon Bay) Region of Eastern Province, Saudi Arabia. *GeoArabia* 4, pp.71-90.