بررسی تغییرات زمین‌ریخت‌شناسی (ژئومرفولوژی) ورسوب‌شناسی بخش‌های ساحلی و کم‌ژرفای کشور امارات در اثر ساخت جزایر مصنوعی

راضیه لک[1و2] و کرامت نژاد افضلی[2*]

[1]پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران
[2]مدیریت زمین‌شناسی دریایی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۰/۱۴ تاریخ پذیرش : ۱۳۸۸/۰۹/۱۶

چکیده

کشور امارات در سال‌های اخیر اقدام به ساخت جزایر و سدهای ماسه‌ای (برير) مصنوعی در بخش جنوبی خلیج فارس کرده است. ساخت این جزایر مشابه هر سازه دریایی تأثیرات خاصی بر روی ریخت‌شناسی حوضه رسوبی می‌گذارد. هدف از پژوهش اخیر، مستند کردن تغییرات ریخت‌شناختی و اثرات زیست‌محیطی ساخت جزایر مصنوعی کشور امارات بر خلیج فارس است. این پژوهش با استفاده از بررسی‌های دورسنجی و رسوب‌شناسی انجام پذیرفت. در بررسی‌های دورسنجی، مقایسه تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۸، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ مد نظر قرار گرفت و در مطالعات رسوب‌شناسی، ویژگی‌های ۳ نمونه رسوب مربوط به بخش‌های ساحلی جزایر مصنوعی بررسی شد. بررسی‌ها نشان می‌دهند ساخت این جزایر اثرات منفی بر ویژگی‌های زمین‌ریخت‌شناسی پهنه ساحلی خلیج فارس در محدوده کشور امارات گذاشته است. رسوبگذاری پیرامون جزایر مصنوعی سبب کاهش ژرفای آب شده است. جنس رسوبات بیشتر کربناتی و منشأ آنها در بخش‌های باختری جزایر که در مسیر حرکت جریان‌های دریایی به موازات ساحل قرار دارند، بیشتر ذرات کربناتی آواری و در بخش‌های خاوری دارای دو منشأ آواری و درون حوضه‌ای است. ساخت سدهای ماسه‌ای باریک در امتداد ساحل موجب ایجاد محیطی آرام و لاگونی بین ساحل و سد ماسه‌ای کرده است که سبب ته‌نشست مستقیم کربنات از آب دریا و پیشروی ساحل به سمت دریا شده است. میزان خشک‌شدگی در بیشترین حالت به میزان ۱۲۰ متر از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ برآورد می‌شود.

کلیدواژه‌ها: خلیج‌فارس، جزایر مصنوعی، امارات، رسوب‌شناسی، خشک‌شدگی

***نویسنده مسئول:** کرامت‌نژاد افضلی
E-mail: k_afzali2oo7@yahoo.com

۱– مقدمه

سواحل محل تلاقی پهنه‌های خشکی و آب است، از آنجا که ساحل یک محیط پویا و زنده است، هرگونه تغییر و ساخت و ساز در ساحل باید به دقت مورد مطالعه قرار گرفته و اثرات تخریبی، رسوبگذاری، فرسایش و زیست‌محیطی آنها مورد توجه قرار گیرد. خلیج‌فارس یک دریای نیمه بسته حاشیه‌ای (marginal basin) است (Purser & Seibold, 1973). مساحت کنونی خلیج‌فارس حدود ۲۲۵ هزار کیلومتر مربع است. طول آن به خط مستقیم از دهانه تنگه هرمز تا خاک کویت نزدیک به ۹۰۰ و عرض آن بین ۱۸۰ تا ۳۰۰ کیلومتر متغیر است (معتمد، ۱۳۷۶). خلیج‌فارس کنونی با پیشروی آب دریای مکران از طریق تنگه هرمز بر محل پیشین خود در هولوسن به‌وجود آمده است (Purser, 1973). همسایه ایران در بخش جنوبی خلیج‌فارس کشور امارات است. اخیراً کشور امارات انجام ۷ پروژه عمده به نام‌های نخل جمیرا، نخل جبل‌علی، نخل دیره، جزیره‌العالم، جزیره سعادیات، جزیره واترفرانت و ساحل دریا (Sea shore) را برنامه‌ریزی کرده است (مروتی، ۱۳۸۵). جدول ۱ و شکل ۱ ویژگی و تصویر برخی از این پروژه‌ها را نشان می‌دهد. جریان چیره دریایی در خلیج‌فارس پادساعتگرد است (Halim, 1984) اما به علت پراکندگی جزایر و شکل کناره‌ها بی‌نظمی‌هایی در آن دیده می‌شود. منشأ پیدایش این جریانات در واقع ادامه جریان آب دریای مکران (عمان) است که از طریق تنگه هرمز به داخل خلیج‌فارس وارد شده است و پس از عبور از کناره‌های ایران، فشار آب اروندرود آن را به هنگام برگشت تقویت می‌کند (شکل۲) افزون بر آن نیروی کوریولیس در شکل‌گیری جریان نقش عمده‌ای دارد. شوری بیشتر خلیج‌فارس نسبت به اقیانوس، موجب پیدایش جریان آبی از بخش جنوبی خلیج‌فارس به دریای مکران (عمان) در محل تنگه هرمز می‌شود.

از آنجا که خلیج‌فارس به دلیل داشتن منابع متعدد هیدروکربوری و موقعیت جغرافیایی و سیاسی ویژه دارای اهمیت زیادی در جهان است، امکان آلودگی‌های هیدروکربوری در آن زیاد است، خوشبختانه زمان ماندگاری آب در خلیج‌فارس ۲/۵ سال است (Brewer and Dyrssen, 1985) و هر گونه آلودگی به صورت طبیعی از محیط خارج می‌شود. خلیج‌فارس همانند هر پهنه آبی دیگر در ارتباط با هرگونه تغییر در ساختار طبیعی آن حساس است چرا که سبب تغییر چرخه و جریان‌های دریایی می‌شود. ساخت جزایر مصنوعی امارات در مقیاس‌های مختلف به دلیل برهم زدن شرایط ریخت‌شناسی بستر و کاهش ژرفای آب، چرخه طبیعی جریان‌های دریایی را که باعث خلوص طبیعی آب دریا می‌شود، تحت‌تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین هرگونه آلودگی در حوضه رسوبی اعم از آلودگی طبیعی و یا انسان ساخت به سادگی از محیط خارج نمی‌شود و مدت طولانی سبب آلودگی زیست‌محیطی می‌شود.

۲– ویژگی‌های اقلیمی و اقیانوسی خلیج‌فارس

از نظر آب وهوایی، خلیج‌فارس شرایط خشک و نیمه استوایی دارد، به طوری که در تابستان دما تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد و تبخیر بیش از آب‌های وارده است. بارندگی در سواحل جنوبی کمتر از ۵ و در حاشیه شمالی بین ۲۰ تا ۵۰ سانتی‌متر در سال است (Purser & Seibold, 1973). در حقیقت منطقه دارای هوای با دمای بالا و مقدار بارش پایین است. سیستم باد ساحلی دوگانه یکی صبحگاهی به‌صورت ضعیف به‌سمت دریا و دیگری قوی به‌سمت ساحل در بعدازظهر وجود دارد. جریان‌های هوایی موسوم به باد شمال (Shamal) که از شمال‌باختری می‌وزد، در بخش‌های جنوبی تغییر جهت داده و به طرف شمال تمایل پیدا می‌کنند. در خلیج‌فارس در حالت کلی سوی چیره باد شمال باختری است. افزون بر تأثیر کلی بادها در ایجاد امواج و جریان‌های سطحی، این بادها رسوبات قاره‌ای را به محیط‌های دریایی حمل می‌کنند. جزر و مد میان ۲/۵ متر در جلو جزایر تا ۱ متر در پشت لاگون متغیر است، اما وقتی بادها به سمت ساحل بوزد آب‌های ساحلی چندین متر از حالت عادی بالاتر می‌روند. ارتفاع موج بیشینه برای یک دوره بازگشت ۱۰۰ ساله، ۲/۲–۷ متر است (Neelamani et al., 2007).

دمای سطح آب بین ۲۳ تا ۲۴ درجه در نزدیکی ساحل و ۲۲ تا ۳۶ درجه در درون لاگون متغیر است. دامنه تغییرات شوری آب از ۳۷ گرم در لیتر نزدیک تنگه هرمز تا ۶۵ گرم در لیتر در لاگون‌ها است (Bathurst, 1975). البته در سواحل کشور امارات مقادیر شوری در جلوی لاگون‌های طبیعی میان ۵۳/۶ تا ۶۶/۹ گرم در لیتر است (Halim, 1984). نسبت میان اغلب عناصر با وجود شوری متفاوت مقدار ثابتی دارد تنها مقدار کلسیم در تابستان در بخش جلویی لاگون کاهش می‌یابد. در مورد مواد مغذی (نوترینت) مقدار فسفات و نیترات در آب‌های ساحلی و لاگونی کم است (Evans et al., 1973). همبستگی بین شوری و قلیاییت (alkalinity-salinity)، در آب‌های کم ژرفای سواحل منطقه نشان می‌دهد که مقادیر بالای کربنات در آب دریا تا مقدار ۱۲۵ میکرومول بر لیتر می‌رسد (Brewer & Dyrssen, 1985). در طول خط ساحلی جنوب و باختر خلیج‌فارس، شوری آب به دلیل اعتدال بیشتر اقلیم در طی زمستان و تبخیر بالاتر آب، بیشتر است. این اختلاف شوری سبب جریان‌های دریایی ناشی از تغییرات چگالی می‌شود و به‌عنوان یکی از عوامل کنترل کننده انتقال رسوب محسوب می‌شود.

۳–زمین‌شناسی و تاریخچه سطح آب دریا در خلیج‌فارس

از نگاه زمین‌شناسی، خلیج‌فارس فرونشست زمین‌ساختی کم‌ژرفایی است که در زمان ترشیری پیشین در حاشیه جنوبی کوه‌های زاگرس تشکیل شده است (آقانباتی، ۱۳۸۳). ریخت‌شناسی خلیج‌فارس در اثر زمین‌ساخت پلیو- پلیستوسن و فرسایش و رسوبگذاری کواترنری شکل گرفته است(Kassler, 1973). شدیدترین چین‌خوردگی‌های زمان پلیوپلیستوسن، سواحل شمالی خلیج‌فارس را چین داده است. میزان چین‌خوردگی‌ها با شیب‌های کمتر به طرف دریا ادامه دارد و به گونه‌ای که در دریا به ۱۰ تا ۲۰ درجه می‌رسد. محور اصلی خلیج‌فارس نیز یکی از پیامدهای زمین‌ساختی رخداد چین‌خوردگی زاگرس است که در زمان پلیوپلیستوسن شکل گرفته است. در پایان پلیوسن، سطح دریا حدود ۱۵۰ متر بالاتر از سطح کنونی بوده است. در حدود ۱۰۰/۰۰۰سال پیش از میلاد مسیح به تدریج به سطح کنونی رسیده که آثار آن به صورت پادگانه‌های دریایی و سبخا، در کرانه کشورهای عربی خلیج‌فارس برجای مانده است(شهرابی، ۱۳۷۳). در حدود ۱۸ تا ۲۰ هزار سال پیش، یعنی آخرین دوره یخچالی سطح آب دریاها به شدت کاهش یافته است و خلیج‌فارس خشک شده است، به‌طوری‌که دجله و فرات از بستر خلیج‌فارس عبور کرده و در تنگه هرمز به دریای مکران (عمان) می‌ریخته است (Uchupi et al.,1996).

۴– ویژگی‌های رسوبی خلیج‌فارس

حوضه رسوبی خلیج‌فارس یک حوضه رسوبی اپی‌کنتینانتال(epicontinental) و حاشیه‌ای (marginal) در یک اقلیم خشک است که ویژگی‌های اقلیمی، ریخت‌شناسی و آب‌شناسی، نوع رسوبات آن را تعیین می‌کند (Seibold and Vollbrecht, 1969). همچنین به‌دلیل قرارگیری خلیج‌فارس در عرض‌های جغرافیایی، پراکنگی رسوبات آن با عوامل متنوعی از جمله اقلیم خشک، انرژی امواج بالا و پایین، جهت ساحل نسبت به باد شمال و حضور و عدم حضور سدهای ماسه‌ای طبیعی کنترل می‌شود(Wagner & Vander toger, 1973). این حوضه، یک محیط رسوبی چندگانه است، رسوبات آواری، کربناتی و بادی در بستر خلیج‌فارس ته‌نشست کرده است. در بخش‌های شمال‌باختر آن به دلیل حضور رودهای دائمی که منشأ رسوبات آواری هستند، غالباً رسوبات آواری ته‌نشست کرده است (لک و چنانی، ۱۳۸۷). این رسوبات در اثر جریان‌های دریایی به بخش‌های دیگر نیز منتقل می‌شوند. بخش‌های جنوبی خلیج‌فارس به دلیل عدم ورود رودخانه‌های مهم و کاهش ذرات آواری، محیط مناسبی برای ایجاد رسوبات بیوشیمیایی و کربناتی فراهم کرده است. افزون بر غبارهای قاره‌ای، ویژگی ترکیب رسوبی سواحل کشور امارات، ته‌نشست‌های کربناتی آب‌های آرام و کم ژرفا با نرخ بالا گزارش شده است (shearman, 1966; Curtis et al., 1963; Kendall, 1966; Skipwith, 1966; Butler, 1966). سیمانی شدن در محیط پهنه کشندی و فرو کشندی بسیار زیاد صورت می‌گیرد. در زمان‌های خشک و گرم، دولومیت و رسوبات تبخیری در سبخاهای ساحلی تشکیل می‌شود(Purser & Evans, 1973). Alsharhan & Kendall (2003) رسوبات زیر بستر خلیج‌فارس هولوسن امارات را کربنات‌ها و تبخیری‌ها بیان کرده‌اند که مشابه ویژگی‌های رسوبات مخازن کربناتی - تبخیری دیگر نقاط جهان است. هیچ منبع آب شیرینی وارد محدوده مورد بررسی نمی‌شود بنابراین فاقد ذرات رسوبی تخریبی است، مگر ذراتی که توسط باد به حوضه می‌آیند، بنابراین در منطقه رژیم رسوبگذاری کربنات‌کلسیم و تبخیری حاکم است. سواحل تروشیال (بخش جنوبی خلیج‌فارس) رسوبگذاری گسترده کربناتی در محدوده کشندی و زیر پهنه کشندی دارد. نوع رسوبات فراکشندی (Supratidal) از نوع کربنات‌کلسیم، دولومیت و تبخیری‌هاست. ته‌نشست‌های ذرات کربناتی به صورت میکریت، اینتراکلاست، پلت و بیوکلاست است (Murray, 1966; Purser, 1973). این بخش از حوضه رسوبی خلیج‌فارس یک محیط رسوبی شاخص از نوع رمپ است (Reading, 1986). این رمپ در واقع یک سطح صاف نیست بلکه یک سری مناطق با برجستگی‌های مثبت وجود دارد که به صورت جزایر و یا سدهایی طبیعی دیده می‌شوند (Tucker & Wright, 1990). رمپ بیرونی (Outer ramp) در آب‌های ژرف و زیر منطقه اثر امواج (Wavebase) جایی که رسوبات ریزدانه تجمع می‌یابند شرایطی را برای ایجاد جزایر، سدهای ساحلی و ریف‌های مرجانی در بخش‌های نزدیک ساحل و رمپ جلویی (Inner ramp) ایجاد می‌کند. در پشت این جزایر و سدها، لاگون‌هایی که با خلیج باز از راه کانال‌های کشندی ارتباط می‌یابد، ایجاد می‌شود. جزایر در طی زمان رشد می‌کند و در جهت جانبی زبانه‌های ماسه‌ای را در اثر جریان‌های موازی ساحل می‌سازد (Wagner & Vander Togt, 1973). نرخ بالای تولید کربنات دلیل مشخص رشد سریع جزایر طبیعی است (Loream & Purser, 1973). با مطالب ارائه شده و مطالعات انجام شده، به خوبی روشن است که سدهای ماسه‌ای و جزایر مصنوعی نیز به دلیل ته‌نشست کربنات رشد سریعی دارند.

۵–روش مطالعه

در انجام این پژوهش، بررسی‌های دورسنجی و مطالعات رسوب‌شناسی انجام شده است. در بررسی‌های دورسنجی از داده‌های ماهواره‌ای ETM, TM مربوط به دو دوره زمانی ۱۹۹۸، ۲۰۰۳ و داده‌های ماهواره‌ای IRS-LissIII سال ۲۰۰۷ که با داده‌های Panchromatic با قدرت تفکیک ۲/۵ متر تلفیق شده است، استفاده شد. علت انتخاب این تصاویر به دلیل زمان ساخت جزایر و سازه‌های ساحلی در کشور امارات است که پس از سال ۲۰۰۱ آغاز شده است، بنابراین با مقایسه سواحل در این دوره‌های زمانی به خوبی می‌توان به تأثیر ساخت جزایر بر سیستم رسوبگذاری و ریخت‌شناسی سواحل پی برد. همچنین از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به دیگر زمان‌ها بویژه سال ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹ در سایت‌های Google Earth و ناسا نیز استفاده شده است. برای عملیات پردازش، ابتدا اطلاعات بخش مورد نظر از کل داده‌ها با منوی Subset تفکیک و سپس تصحیحات لازم بر روی داده‌ها انجام و تصاویر رنگی کاذب مناسبی تهیه شد.

در بررسی‌های رسوب‌شناسی، دو نمونه از رسوبات سطحی بخش باختری و خاوری یکی از جزایر مصنوعی (نخل جمیرا) و یک نمونه مربوط به سواحل پیشرونده در پشت سدهای ماسه‌ای مصنوعی برداشت شد. موقعیت نمونه‌ها بر روی شکل۲ نشان داده شده است. این رسوبات پس از قرار گرفتن در معرض امواج فرا صوتی توسط دستگاه الک شیکر به روش تر دانه‌بندی شدند که دقیق‌ترین و بهترین روش برای دانه‌بندی رسوبات دریایی است(رحیم‌زاده، ۱۳۸۷). ذرات کوچک‌تر از

۶۳ میکرون و به عبارت دیگر ذرات سیلت و رس توسط دستگاه دانه‌بندی لیزری (Laser Particle Seizer) نوع میکرو، ساخت شرکت فریچ آلمان دانه‌بندی شدند. پس از گرفتن نتایج دو دستگاه، منحنی دانه‌بندی رسم و متغیرهای آماری از قبیل میانگین، میانه، انحراف معیار و چولگی بر اساس مقادیر فی به‌دست آمد. همچنین بررسی‌های کانی‌شناسی به روش XRD، مرفومتری و مرفوسکوپی رسوبات توسط میکروسکوپ بینوکولار از نوع Olympus DP25 انجام شد. با آن‌که شمار نمونه‌های تجزیه شده بسیار کم است به روشنی می‌توان اثرگذاری سوء جزایر مصنوعی را نشان داد.

۶- بررسی‌های دورسنجی

بررسی‌های ماهواره‌ای سال‌های مختلف بیانگر آن است که در سال ۲۰۰۳ سازه‌های کم ژرفا و ساحلی امارات (دبی) منحصر به اسکله‌ها و موج‌شکن‌هایی است که نیازهای اقتصادی و بازرگانی آن کشور را برطرف می‌سازد. از سال ۲۰۰۳ به بعد کشور امارات مبادرت به ساخت جزایر مصنوعی به منظور توسعه صنعت گردشگری و جذب سرمایه خارجی، بدون توجه به اثرات سوء آن در منطقه کرده است.

داده‌های ماهواره‌ای نشان می‌دهد محدوده مورد مطالعه، منطقه وسیع و کم‌ژرفایی است که به طور عمده با ریخت‌شناسی پست، محیط تبخیری و منطقه کشندی مشخص می‌شود. همچنین زیر محیط‌های مختلف شامل لاگون، کانال‌ها و پهنه‌های کشندی عمده‌ترین اشکال موجود در محدوده خط ساحلی منطقه مورد مطالعه هستند که در ارتباط با متغیرهای حاکم بر محیط خشکی و در تعامل با محیط دریایی ایجاد شده‌اند.

با مقایسه تصاویر ماهواره‌ای در چندین دوره زمانی، تغییرات ریخت‌شناختی در سواحل امارات در نتیجه فعالیت‌های انسانی به طور آشکار دیده می‌شود. این تغییرات زمین‌ریخت‌شناختی باعث تغییر الگوی رسوبگذاری یا تحول خط ساحلی شده است. ایجاد تأسیسات نزدیک ساحل و در ژرفای کم آب موجب رسوبگذاری سریع در اطراف جزایر شده است. استفاده از کشتی‌های بزرگ لایروب و به‌هم زدن رسوبات بستر به منظور تأمین مصالح مورد نیاز، نیز سبب آشفتگی رسوب و ایجاد حجم زیادی ذرات معلق شده که خود باعث به‌هم زدن بوم‌شناسی منطقه و مرگ مرجان‌ها شده است (شکل۴).

افزون بر ساخت جزایر مصنوعی با هدف جذب توریست، سدها یا سدهای ماسه‌ای به موازات ساحل نیز به‌طور مصنوعی احداث شده است. ساخت سدهای ماسه‌ای مصنوعی شبیه بریرهای طبیعی موازی ساحل که به نام پروژه ساحل دریا (Sea Shore) معروف است، سبب ایجاد محیط لاگونی و آرام در فاصله میان ساحل و سدماسه‌ای شده است و سبب فراهم کردن شرایط بسیار مناسب برای رسوبگذاری و ته‌نشست کربنات‌ها شده است. دمای بالا، وجود کربنات فوق اشباع در آب دریا، محفوظ بودن از جریان‌های دریایی و عمل تبخیر، سبب ته‌نشست سریع رسوبات شیمیایی شامل کربنات‌ها و تبخیری‌ها شده است. این رسوبگذاری سریع سبب کاهش ژرفای آب و پیشروی ساحل به سمت دریا شده است. آنچه که مسلم است ساخت این سدها از جاذبه توریستی خاصی برخوردار نیست و به احتمال زیاد هدف از ساخت آنها توسعه ساحل به سمت دریاست. پیشروی ساحل دبی به سمت دریا به رنگ کرم آشکارا در تصاویر ماهواره‌ای شکل‌های۳ تا ۶ نمایان است. شکل ۳ تصویر بخشی از ساحل امارات در محل پروژه shore line مربوط به سال ۲۰۰۸ است. هنوز رسوبات بر جای گذاشته در ساحل تا محل سدهای ماسه‌ای فاصله زیادی دارد. شکل۵، تصویر سدهای ماسه‌ای را در سال ۲۰۰۹ نشان می‌دهد. شکل ۶-الف، مربوط به سدماسه‌ای باختری، شکل ۶-ب، سدماسه‌ای میانی و شکل۶-ج، سدماسه‌ای خاوری است. رسوبگذاری، خشک‌شدگی و گسترش ساحل امارات به سمت بخش‌های میانی خلیج‌فارس تا رسیدن به محل سدماسه‌ای ادامه یافته است. این فاصله حدود ۱۹۰ متر است. یعنی بیشترین میزان پیشروی سواحل امارات در خلیج‌فارس از زمان ساخت سدهای ماسه‌ای تا سال ۲۰۰۹، ۱۹۰ متر است. شکل۳، پیشروی ساحل را تا سال ۲۰۰۸ نشان می‌دهد که بیشینه ۷۰ متر است. از سال ۲۰۰۸ (شکل۵) تا سال ۲۰۰۹ (شکل۶) بیشینه تا ۱۲۰ متر ساحل به سمت دریا کشیده شده است.

۷- بررسی‌های رسوب‌شناسی

از تلفیق نتایج دانه‌بندی و تجزیه ذرات ریز دانه، سه نمونه رسوب سطحی سواحل امارات، منحنی‌های تجمعی بر مبنای مقیاس میلی‌متری و فی تهیه شد. سپس متغیرهای رسوب‌شناسی بر حسب مقیاس فی به‌دست آمد. شکل ۷ منحنی تجمعی دانه‌بندی و جدول۲ متغیرهای آماری رسوبات را بر اساس فی نشان می‌دهد.

۷-۱. تفسیر داده‌های رسوب‌شناسی

نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که رسوب شماره ۱ مربوط به بخش باختری جزایر مصنوعی امارات (نخل جمیرا) ، غالباً ماسه‌ای است و مقادیر گراول، سیلت و رس آن بسیار ناچیز است و جورشدگی به نسبت خوبی دارند. همچنین این رسوبات گردشدگی خوبی نیز دارند. این دو متغیر بیانگر آنست که شرایط مناسبی برای حمل رسوبات در اثر جریان‌های دریایی فراهم بوده است. بنابراین حمل رسوبات در امتداد ساحل در اثر جریان‌های موازی ساحل (Longshore current) با سوی باختر به خاور، صورت گرفته و سپس سبب رسوبگذاری در پشت هر گونه مانعی شده است. در پی جابه‌جایی رسوبات و انباشت آنها در پشت جزایر مصنوعی، به مرور زمان، محدوده‌های مجاور جزایر کم‌ژرفاتر و حتی از آب خارج خواهند شد. مقادیر بسیار ناچیز رس و سیلت به آن علت است که انرژی موج و جریان قادر به شستشوی ذرات ریزدانه از درون رسوبات است. منحنی دانه‌بندی نمونه شماره ۲ مربوط به بخش خاوری ساحل نخل جمیرا، دارای دو مد (Bimodal) است. به عبارت دیگر این رسوبات دارای دو منشأ هستند. به نظر می‌رسد ذرات ریزدانه از ته‌نشست مستقیم کربنات از آب دریا حاصل شده‌اند و ذرات درشت دانه، رسوباتی هستند که توسط جریان‌ها و امواج حمل و دوباره رسوبگذاری کرده‌اند. رسوب شماره ۳ مربوط به ساحل تازه تشکیل شده و رشد یافته دبی، دقیقاً در پشت سدهای ماسه‌ای مصنوعی است که به سمت دریا پیشروی کرده است. این رسوب از نوع گل با مقدار ناچیزی گراول است که بیشتر در اثر رسوب مستقیم کربنات از آب دریا حاصل شده است. علت ته‌نشست مستقیم کربنات، عدم ورود ذرات آواری، ژرفای کم و میزان تبخیر بالا است (e.g. Saranthein and Walger, 1973). همان‌طور که اشاره شد بخش جنوبی خلیج‌فارس در کشور امارات از نظر تولید و رسوبگذاری کربنات منحصر به فرد است.

همچنین بررسی‌های کانی‌شناسی توسط XRD نشان داد که کانی‌های اصلی در نمونه شماره ۱ کلسیت، کوارتز و کانی‌های فرعی دولومیت و فلدسپار است. اما در نمونه ۲، کانی‌های اصلی کلسیت، آراگونیت، کوارتز و کانی‌های فرعی هالیت و دولومیت است و در نمونه ۳ کانی‌های اصلی آراگونیت، ژیپس و هالیت و کانی‌های فرعی کلسیت و دولومیت است. این نتایج به‌خوبی نشان می‌دهد که منشأ کانی‌ها در نمونه ۱ غالباً حمل شده از جای دیگر هستند، اما در نمونه ۲ به دلیل این‌که آراگونیت و کلسیت هر دو کانی اصلی هستند، رسوب دارای دو منشأ است. آراگونیت با منشأ درون حوضه‌ای و برجا و کلسیت با منشأ حمل شده و در نمونه ۳ که آراگونیت و کانی‌های تبخیری کانی اصلی هستند، منشأ رسوبات درون حوضه‌ای و در اثر ته‌نشست مستقیم از آب دریا ایجاد شده است. رسوبات سواحل کشور امارات در محدوده مورد مطالعه پیش از این توسط Alsharahan and El-sammak (2004) با ۲۱ نمونه رسوب سطحی بررسی شده بود و رسوبات با اندازه ماسه متوسط با جورشدگی متوسط تا خوب با مقدار میانگین

ذرات بین ۱/۲ تا ۲/۷۳، جورشدگی بین ۰/۲۸۱ تا ۱/۴، چولگی (اسکیونس) بین ۰/۴۳ تا ۰/۶۴۱ و کشیدگی (کورتوسز) بین ۰/۷۶۶ تا ۱/۶۴۶ گزارش شده است. در مقایسه این مقادیر با مقادیر نمونه‌های مورد مطالعه که در جدول ۲ نشان داده شده است دیده می‌شود که ویژگی‌های آماری رسوبات پیش از ساخت جزایر مصنوعی، تلفیقی از نمونه‌های ۱ و ۲ است و نمونه شماره ۳ هیچ ارتباطی با نمونه‌های پیشین ندارد. پس تغییرات ایجاد شده در اندازه رسوبات و متغیرهای آماری آن مربوط به اثر ساخت سدهای ماسه‌ای مصنوعی است. شکل۷، تصویر تهیه شده از رسوب شماره ۱ توسط میکروسکوپ بینوکولار در اندازه ذرات ۱۲۵ تا ۲۵۰ میکرون است. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود رسوب گردشدگی نسبتاً خوبی دارد و بیانگر آنست که در معرض حمل و نقل قرار گرفته است.

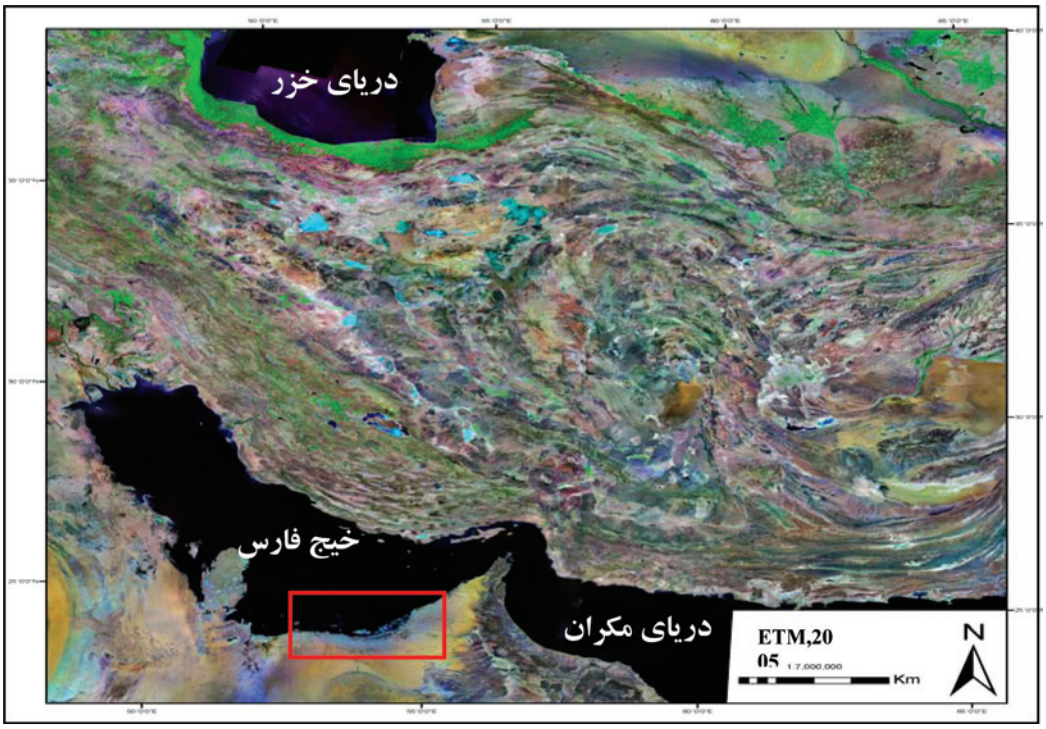
۸– نتیجه‌گیری

ساخت جزایر مصنوعی کشور امارات و فعالیت‌های انسانی در بخش‌های جنوب باختری خلیج‌فارس منجر به تجمع رسوب، تغییر در خط ساحلی، ریخت‌شناسی ساحل، شیب ساحل، ژرفای آب و گسترش ساحل به سمت دریا شده است.

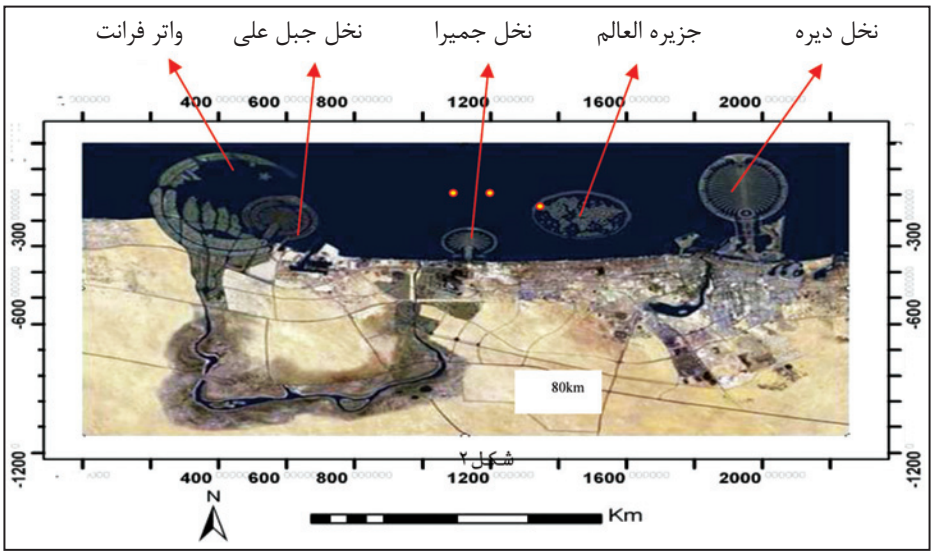
از نظر رژیم رسوبگذاری، بررسی‌ها نشان می‌دهد رسوبات بخش باختری جزایر غالباً ماسه‌های کربناتی است که در اثر جریانات موازی ساحل در جهت باختر به خاور رسوبگذاری کرده است. در بخش‌های خاوری جزایر، رسوبات دارای دو منشأ درون حوضه‌ای و حمل شده از مناطق دیگر هستند. این در حالی است که در مناطق آرام و کم ژرفای پشت جزایر مصنوعی و بویژه پشت سدهای ماسه‌ای مصنوعی، ته‌نشست مستقیم گل کربناتی از آب دریا، اصلی‌ترین رسوب است. در واقع با ایجاد سدهای ماسه‌ای و جزایر مصنوعی، بخش‌های ساحلی در پشت آنها از دسترس امواج، کشند و جریان‌ها در امان هستند و محیطی حفاظت شده ایجاد می‌شود. آب فوق اشباع از کربنات کلسیم و نرخ تبخیر بالا به دلیل دمای بالا، سبب ته‌نشست مستقیم کربنات کلسیم از آب دریا می‌شود. این رسوبگذاری در پشت سدهای ماسه‌ای مصنوعی حداکثر ۱۹۰ متر به داخل دریا پیشروی کرده است. بیشترین میزان پیشروی و خشک‌شدگی ساحل از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۰۹ میلادی، ۱۲۰ متر برآورد شد. این پدیده قطعاً بر بوم‌شناسی خلیج‌فارس تأثیر خواهد گذاشت و با گذشت زمان، توسعه ساحل و رسوبگذاری بسیار سریع که در بخش‌های کم ژرفا صورت می‌گیرد، کشور امارات آرام در داخل خلیج‌فارس پیشروی می‌کند.

سپاسگزاری

در انجام این پژوهش لازم است از آقای مهندس کره‌ای، رئیس سازمان و آقای مهندس سعدالدین مدیر وقت زمین‌شناسی دریایی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور که همواره مشوق محققان در انجام پروژه‌های نوین وکاربردی هستند، تشکر به عمل آید. از آقای مهندس نبوی به سبب ویراستاری مقاله و ارائه رهنمودهای ارزنده و از آقای دکتر مروتی به سبب ایجاد انگیزه در انجام این پژوهش در بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین تقدیر به عمل می‌آید.



شکل۱– موقعیت سواحل امارات، محل احداث جزایر مصنوعی.



شکل۲

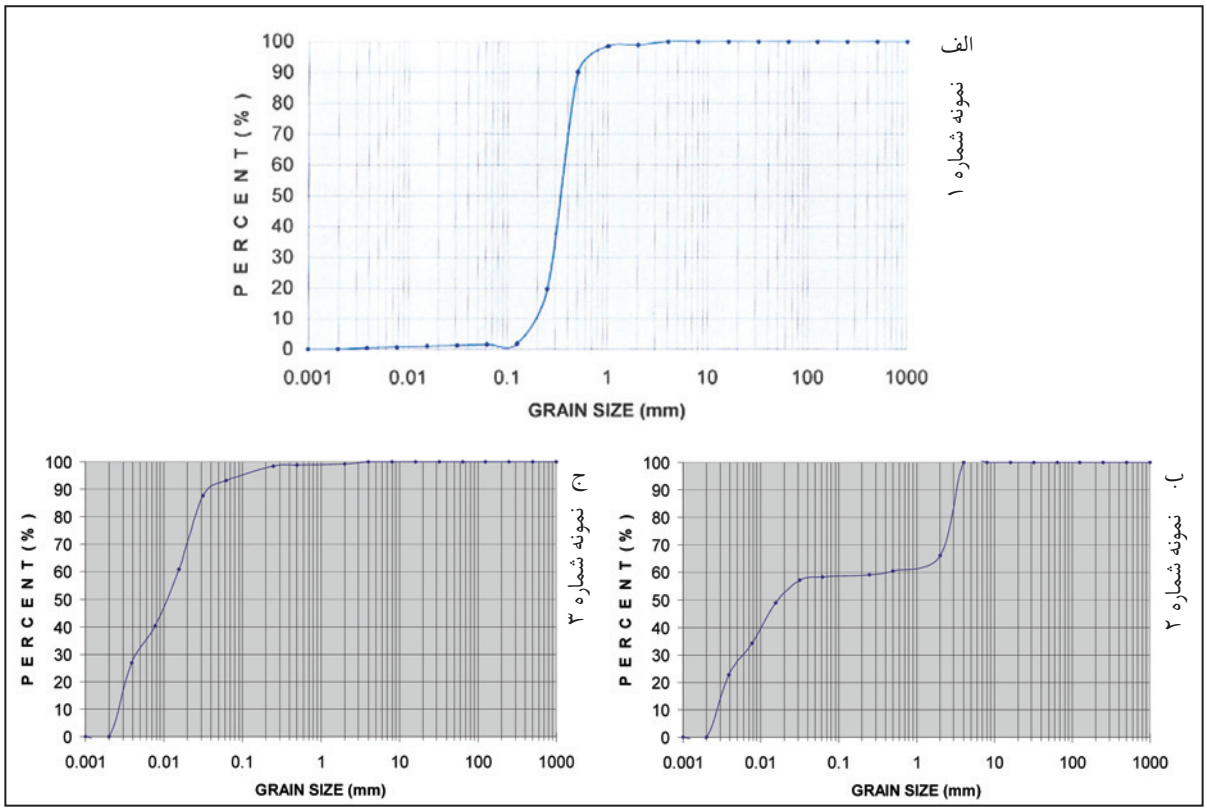
شکل۲- موقعیت و شکل جزایر مصنوعی ایجاد شده در سواحل امارات موقعیت نقاط نمونه‌برداری

شکل۳- ساخت سدهای ماسه‌ای کم عرض و به موازات ساحل که سبب توسعه و پیشروی ساحل دبی به سمت خلیج‌فارس شده است (تصویر مربوط به سال ۲۰۰۸ است).

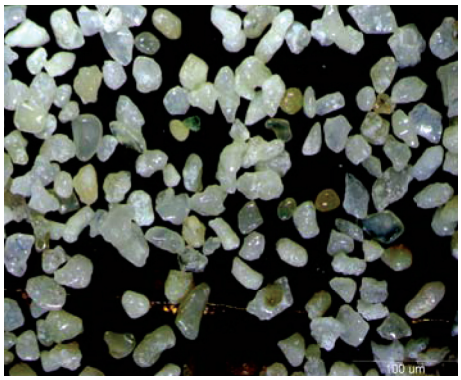
شکل۴- آشفتگی در رسوبات بستر خلیج‌فارس در اثر استفاده از کشتی‌های لایروب به منظور برداشت مصالح مورد نیاز برای ساخت جزایر مصنوعی.

شکل۵- تصویر سدهای ماسه‌ای در سال ۲۰۰۹، این تصویر به خوبی خشک‌شدگی و توسعه سواحل امارات به سمت خلیج‌فارس را نشان می‌دهد.

شکل۶- الف) رشد ساحل تا محل سدماسه‌ای باختری (فاصله محل ساحل قدیمی تا سدماسه‌ای ۱۹۰ متر است). فاصله ساحل مربوط به سال ۲۰۰۸ تا سدماسه‌ای ۱۲۰ متر است. ب) گسترش ساحل در سدماسه‌ای میانی تا نزدیکی سدماسه‌ای و در سدماسه‌ای خاوری ج) تا بخش داخلی سدماسه‌ای ادامه یافته است. (۲۰۰۹)



شکل۷- منحنی تجمعی دانه‌بندی نمونه رسوبات سواحل کشور امارات. الف) نمونه شماره ۱ مربوط به بخش باختری نخل جمیرا، ب) نمونه شماره ۲ مربوط به بخش خاوری نخل جمیرا، ج) نمونه شماره ۳ مربوط به بخش ساحلی توسعه یافته در اثر ساخت سدهای ماسه‌ای مصنوعی.



شکل۸- تصویر میکروسکوپی رسوب ساحل باختری نخل جمیرا در ابعاد ۱۲۵ تا ۲۵۰ میکرون. فرایند حمل و جابه‌جایی رسوبات سبب گردشدگی و جورشدگی خوب رسوب شده است.

جدول۱- ویژگی‌های جزایر مصنوعی کشور امارات.

نام جزیره	زمان آغاز پروژه	توضیحات
جزیره النخیل	۲۰۰۱	شامل ۳ نخل جبل‌علی، جمیرا، دیره
جزیره العالم	۲۰۰۲	شامل حدود ۳۰۰ جزیره شبیه نقشه جهان
جزیره واترفرانت	۲۰۰۵	بزرگ‌تر از نخل جمیرا و جبل علی است
جزیره سعادیات	۲۰۰۳	در مصب خور واقع شده، برنامه‌ریزی برای اقامت حدود ۱۵۰۰۰۰ نفر

جدول۲- ویژگی و پارامترهای رسوب‌شناسی نمونه‌های متعلق به سواحل کشور امارات.

شماره نمونه	رسوب ۱ (باختر نخل جمیرا)	رسوب ۲ (خاور نخل جمیرا)	رسوب ۳ (ساحل ایجاد شده)
درصد رس	0.4	23	27
درصد سیلت	1.1	35	66
درصد ماسه	97.3	8	6.3
درصد گراول	1.2	34	0.7
نوع رسوب (رخساره)	Slightly Gravely Sand	Muddy Gravel	Slightly Gravely Sand
کورتوسز (کشیدگی)	Leptokurtic (1.394)	Very Platykurtic (0.481)	Mesokurtic (0.973)
اسکیونس (چولگی)	Near Symetrical (0.09)	Strongly coarse Skewed (-0.481)	Near Symetrical (-0.057)
میانگین اندازه ذرات	1.07	5.376	6.033
جورشدگی	Medium-Good sorting (0.646)	Extremely Bad Sorting (4.067)	Bad Sorting (1.750)

کتابنگاری

آقانباتی، ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، ۳۵۸ صفحه.

چنانی، ن.، لک، ر. و فیاضی، ف.، ۱۳۸۸- بررسی ژئوشیمیائی رسوبات بستری مناطق شمال غربی خلیج‌فارس از دیدگاه عناصر آلاینده محیط‌زیست. ششمین همایش زمین‌شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران.

رحیم‌زاده، ن.، ۱۳۸۷- روش مطالعه و کاربرد تجهیزات نمونه‌برداری و آزمایشگاهی در بررسی‌های رسوب‌شناسی، گزارش داخلی سازمان زمین‌شناسی کشور، ۱۵۰ صفحه.

شهرابی، م.، ۱۳۷۳- دریاها و دریاچه‌های داخلی کشور، سازمان زمین‌شناسی کشور، طرح تدوین کتاب زمین‌شناسی ایران، ۲۹۱ صفحه.

مروتی، ح.، ۱۳۸۵- تأثیر جزایر مصنوعی امارات بر سواحل خلیج‌فارس ، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

معتمد، ا.، ۱۳۷۶- جغرافیای کواترنر، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۴۰ صفحه.

References

Alsharan, A. S. & kendall, C. G. St. C., 2003- Holocene coastal carbonates and evaporates of the southern Arabian Gulf and their ancient lagoons, Earth-Science Reviews, 61,191-243

Alsharhan, A. S. & El-Sammak, A. A., 2004- Grain-size Analysis and characterization of Sedimentary environment of the united Arab Emirates coastal area, Journal of coastal Research, 20, 2, 464-477

Bathurst, R. G. C., 1975- Carbonate sediments and their diagenesis developments in Sedimentology, 12, Elsevier, Amsterdam, 658p.

Brewer, P. G. & Dyrssen, D., 1985- Chemical oceanography in the Persian Gulf, Progress in oceanography, V.14, p. 41-55

Butler, G. P., 1966- Early diagenesis in the recent sediments of the Trucial Coast of the Persian Gulf, MSC thesis.Unive. London.

Curtis, R., Evans, G., Kinsman, D. J. J. & Shearman, D. J., 1963- Association of dolomite and anhydrite in the Persian Gulf, Nature,197, no.4868.

Evans, G., Murray, J. w., Biggs, E., Bate, R. & Bush, P. R., 1973- The oceanography, Ecology, Sedimentology and Geomorphology of parts of the Trucial coast Barrier Island. In: : B.H. Purser (Ed),The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, 471, New York, p: 233-278

Halim, Y., 1984- Plankton of the Red Sea and the Persian Gulf, Deep Sea Research, Part A. Oceanographic research papers, 31, 6-8, 969- 982

Kassler, P., 1973- The structure and geomorphic evolution of the Persian Gulf, in: B.H. Purser (Ed),The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, 471, New York, 11-23.

Kendall, G. G. St. C., 1966- Recent sediments of the western Khor al Bazm, Abu Dhabi, Trucial Coast, PhD. Thesis, University of London.

Loream, J. P. & Purser, B. H., 1973- Distribution and ultrastructure of Holocene ooids in the Persian Gulf, in: B.H. Purser (Ed), The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, 279-328.

Murray, J. W., 1966- The formation of the Persian Gulf the shelf of the Trucial Coast, Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology, V.2, p.267-278.

Neelamani, S., Al-Salem, K. & Rakha, K., 2007- Extreme waves In the Arabian Gulf. Journal of Coastal Research, Special Issue, 50, 320-328,.

Purser, B. H., 1973- The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, springer-verlag, 471p

Purser, B. H., Evans, G., 1973- Regional sedimentation along the Trucial Coast, SE the Persian Gulf, in B.H. Purser, (Ed), The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, p199-211

Purser, B. H. & Seibold, E., 1973- The principal environmental factors influencing Holocene sedimentation and diagensis in: B.H.,Purser (Ed), The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, p 1-11

Reading, H. G., 1986- Sedimentary Environments and facies, Blackwell, 615p.

Saranthein, M. & Walger, E., 1973- Classification of modern marl sediment in the Persian Gulf by factor analysis, in: B.H., Purser (Ed), The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, p.81-97

Seibold, E. & Vollbrecht, K., 1969- Die Bodengestalt des persischen Gulf, "METEOR" forsch, Ergebinesse , Reih, 2, p.29-56

Shearman, D. J., 1966- Recent anhydrite, gypsum, dolomite and halite from the Coastal flats of the Arabian shore of the Persian Gulf. proc. Geol.Soc.Lond, p.1607-1670.

Skipwith, P. A., D'E, 1966- Recent Carbonate sediment of Eastern Khor al Bazm, Abu Dhabi, Trucial Coast, PhD. thesis. Imperial Collage, London.

Tucker, M. E. & Wright, V. P., 1990- Carbonate Sedimentology, Blackwell Scientific Publications, 442P

Uchupi, E., Swift, S. A., Ross & D. A., 1996. Marine Geology, 129, 3-4, p.237-269.

Wagner, C. W. & Vander Togt, C., 1973- Holocene sediment types and their distribution in the southern persischen Gulf in: B.H., Purser (Ed), The Persian Gulf, Holocene carbonate sedimentation and diagenesis in a shallow Epicontinental Sea, Springer-verlag, P.123-156.