

پایش ژئوشیمیایی و زمین زیست محیطی عناصر اصلی و فرعی در رسوبات ساحلی جزیره هرمز (خلیج فارس) و ترسیم نقشه های هم پراکنش

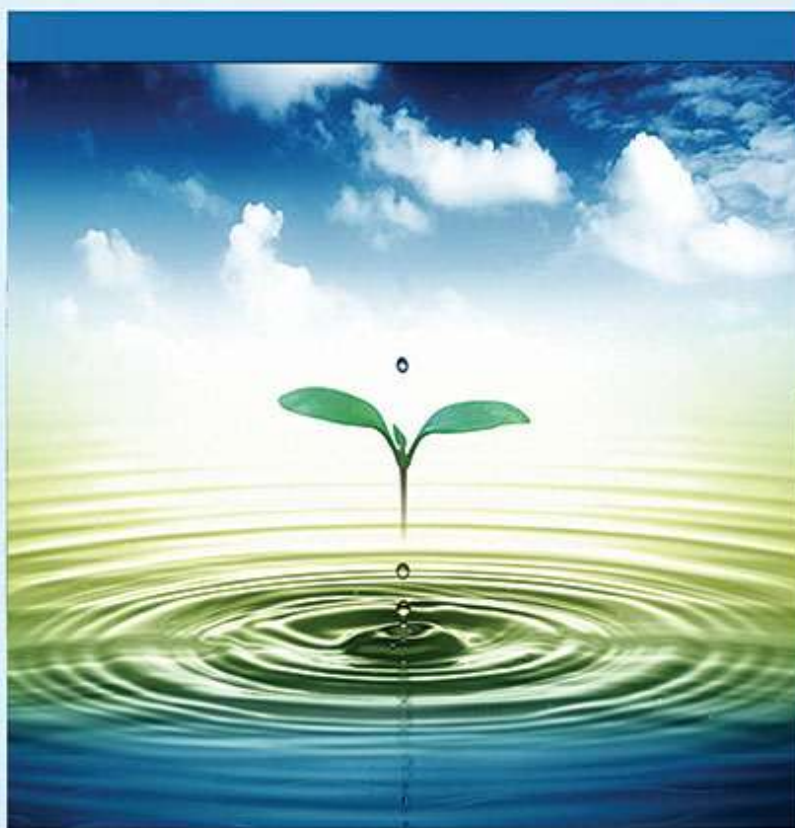
مهدی غلامدخت بندری، پیمان رضایی، منصور قربانی و محمد کمانگر

دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، صفحات ۲۸۳ - ۲۶۷

Vol. 2(3), Autumn 2016, 267- 283

Geochemical and environmental monitoring of the major and minor elements in coastal sediments of Hormoz Island (Persian Gulf) and drawing its distribution maps

Gholamdokht Bandari M. Rezaee P., Ghorbani M. and Kamangar M.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: غلامدخت بندری م.، رضایی پ.، قربانی م. و کمانگر م. (۱۳۹۵). پایش ژئوشیمیایی و زمین زیست محیطی عناصر اصلی و فرعی در رسوبات ساحلی جزیره هرمز و ترسیم نقشه های هم پراکنش. محیط زیست و مهندسی آب، جلد ۲، شماره ۳، صفحات ۲۸۳-۲۶۷.

How to cite this paper: Gholamdokht Bandari M. Rezaee P., Ghorbani M. and Kamangar M. (2016). Geochemical and environmental monitoring of the major and minor elements in coastal sediments of Hormoz Island coasts and drawing its distribution maps. J. Environ. Water Eng., 2(3), 267- 283.

پایش ژئوشیمیایی و زمین زیست محیطی عناصر اصلی و فرعی در رسوبات ساحلی جزیره هرمز (خلیج فارس) و ترسیم نقشه‌های هم پراکنش

مهدی غلام دخت بندری^{۱*}، پیمان رضایی^۲، منصور قربانی^۳ و محمد کمانگر^۴

۱- کارشناس ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان هرمزگان، بندر

عباس

۲- دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، گروه زمین‌شناسی و پژوهشکده جنگل‌های حرا، دانشگاه هرمزگان،

بندر عباس

۳- دکتری رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان، بندر عباس

۴- کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه جغرافیا، دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان،

بندر عباس

*نویسنده مسئول: gholamdokht.bandari@yahoo.com

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۵ / ۰۵ / ۱۹]

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵ / ۰۲ / ۲۱]

چکیده

بررسی آلودگی رسوبات ساحلی از لحاظ زیست‌محیطی و بوم‌شناسی از اهمیت خاصی برخوردار است. لذا، هدف این مطالعه تعیین آلودگی‌های زیست‌محیطی و تهیه نقشه توزیع ژئوشیمی پراکندگی عناصر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز در شمال تنگه هرمز، می‌باشد. برای این منظور ۲۷ نمونه رسوبی تا عمق ۱۰ سانتی‌متری از سطح رسوبات برداشت گردید. بر روی آن‌ها آزمایش‌های پایه رسوب‌شناسی و آنالیز ترکیب ژئوشیمیایی به روش فلورسانس اشعه X (XRF) انجام گرفت. سپس نقشه توزیع پراکندگی عناصر به روش کریجینگ خطی در محیط نرم‌افزاری GIS ترسیم شد. کانی‌شناسی رسوبات با استفاده از مطالعه XRF نشان داد که مجموعه‌ای از کانی‌های هماتیت، کلسیت، کوارتز، فلدسپات، پلاژیوکلاز، دولومیت، آراگونیت، کانی‌های رسی و کانی‌های سنگین از اجزا متشکله رسوبات هستند. همچنین محاسبه شاخص‌های زیست‌محیطی مولر (Igeo) و ضریب غنی‌شدگی (EF) نشان داد رسوبات نوار ساحلی جزیره هرمز نسبت به عناصر Cr، As و Pb دارای آلودگی هست. بر اساس مطالعه رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبی از یک‌سو و از سوی دیگر با بررسی و تفسیر نقشه‌های توزیع پراکندگی عناصر، مشخص شد دگرسانی و فرسایش واحدهای سنگی رخنمون یافته سری هرمز در مرکز این جزیره تحت شرایط آب‌وهوای گرم و مرطوب، منشأ این عناصر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز هستند. منشأ آلودگی عنصر کروم ناشی از فعالیت‌های انسان‌زاد تشخیص داده شد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، رسوبات ساحلی، جزیره هرمز، GIS

۱- مقدمه

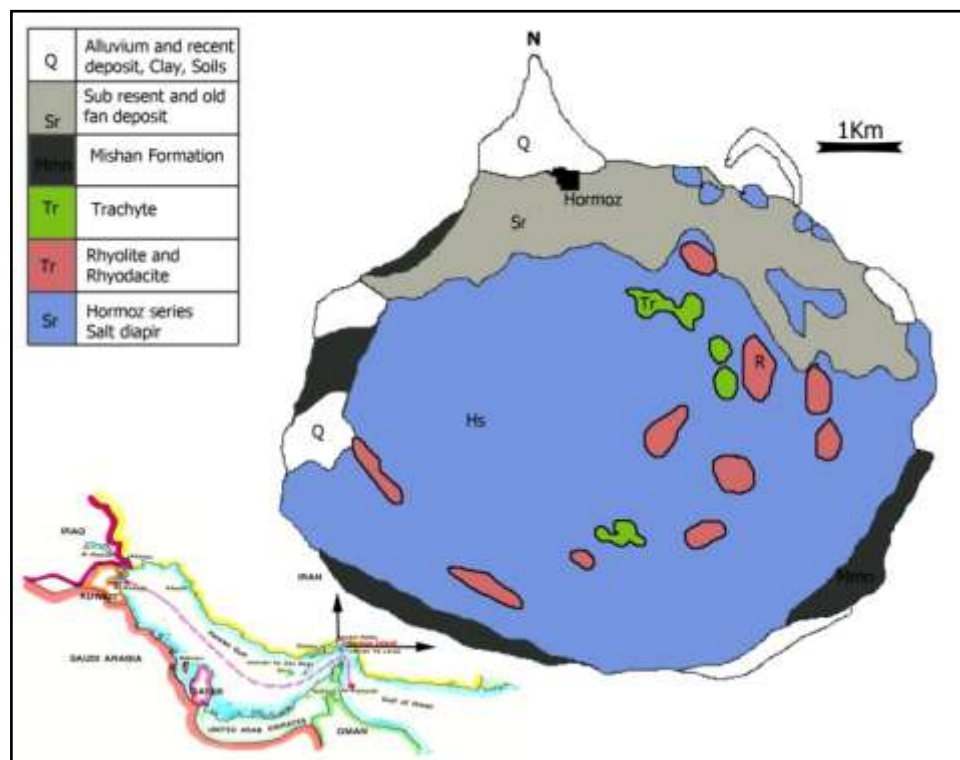
تجمع عناصر مختلف در پوسته زمین در ناحیه‌های مختلف متفاوت است، این تفاوت می‌تواند در اثر عوامل گوناگونی از جمله فرآیندهای طبیعی و فرآیندهای انسان‌زاد ایجاد شود. فرآیندهای طبیعی شامل سنگ‌شناسی ناحیه منشأ، شرایط فیزیکی و شیمیایی محیط، فرآیندهای حمل‌ونقل و فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی، و شهرنشینی می‌باشند (Dawson and Macklin, 1998). فلزها، گروه مهمی از عناصر هستند، تعدادی از آنها در آلودگی‌های زیست‌محیطی نقش بسیار دارند. در این میان، آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین امروزه به یکی از مشکلات جهانی تبدیل شده است. رسوبات، محل نهایی تجمع فلزات سنگین در محیط آبی‌اند، اما تحت شرایطی می‌توانند خود به‌عنوان منبع آلودگی در آب عمل کنند (Yu, et al. 2001; Izquierdo et al. 1997). به‌عنوان مکان‌های ته‌نشینی بسیار مهمی برای آلاینده‌ها محسوب می‌شوند و این آلاینده‌ها می‌توانند بر روی رسوبات کف و زیست‌مندها تجمع پیدا کنند (Szefer et al. 1995). بنابراین، خصوصیات ژئوشیمیایی رسوبات می‌تواند در شناسایی و تفسیر منبع آلودگی کمک شایان توجهی نماید (Forstner and Salomons, 1980; Fedo et al. 1996). فلزات سنگین گروهی از عناصر فلزی بوده که دارای چگالی بیش از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب هستند (Erfanmanesh, 2001). از جمله این عناصر می‌توان به آلومینیوم، آرسنیک، بریلیوم، کروم، کبالت، آهن، سرب، مس، جیوه، منگنز، بیسموت، کادمیم، نیکل، سلنیم، تالیوم، روی، قلع، تیتانیوم، کروم و آهن اشاره کرد. فلزات سنگین در چرخه ژئوشیمیایی خود در نهایت درون رسوبات انباشته شده و در مقادیر بالای حد مجاز، آثار مخرب زیست‌محیطی را بر جای می‌گذارند. این مهم در رسوبات ساحلی به‌خوبی مشهود است. در چند دهه گذشته محققان بسیاری به بررسی پراکندگی عناصر فلزی سنگین در رسوبات ساحلی پرداخته‌اند. برای ارزیابی کمی و کیفی آلودگی فلزات سنگین و منشأ آنها، در محیط‌های آبی و ساحلی، روش‌های متفاوتی وجود دارد. یکی از روش‌های رایج کمی‌سازی آلودگی رسوبات، استفاده از شاخص‌های زیست‌محیطی هست که تا به حال محققین متعددی کیفیت رسوبات را از نظر آلودگی با استفاده از این شاخص‌ها مورد ارزیابی قرار داده‌اند. در بسیاری از مطالعات در کشورهای مختلف جهان، برای تخمین سطوح آلودگی از این شاخص‌ها استفاده شده است (Liu et al, 2005; Gong et al, 2009). از مطالعات مشابه انجام‌گرفته در جهان و ایران می‌توان به پایش میزان آلودگی با استفاده از فلزات سنگین در رسوبات دریای مرمز (Algan et al., 1999)، محاسبه و ارزیابی خطر بوم‌شناسی با استفاده از فلزات سنگین و شاخص ژئوشیمیایی مولر در رسوبات سطحی خلیج ازمیر در شمال شرقی دریای مرمز اشاره نمود. طبق نتایج حاصل، کبالت، مس و نیکل دارای فاکتور آلودگی (C_f) کم‌تر از ۱ (غیر آلوده) بودند و کادمیوم، سرب و روی C_f بین ۱ و ۳ (آلودگی متوسط) را نشان دادند. Hamza et al. (2014) به مطالعه و بررسی ژئوشیمیایی منشأ و اثرات آلودگی فلزات سنگین در بندرها صیادی رمیس و بریس دریای عمان با استفاده از شاخص‌های زمین‌انباشت و غنی‌شدگی پرداختند. با توجه به نتایج، عوامل آلودگی را تعمیر و نگهداری شناورهای صیادی در این اسکله‌های نیمه بسته در نظر گرفته‌اند. Hamza et al. (2012) ژئوشیمی زیست‌محیطی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی خلیج گواتر منتهی‌الیه جنوب شرقی ایران را مورد ارزیابی و بررسی قرار دادند. در این مطالعه نقشه‌های ژئوشیمیایی فلزات سنگین نشان داد که بیش‌ترین غلظت این عناصر مربوط به رسوبات ساحلی پسابندر است. Bagheri et al. (2013) به مطالعه تعیین غلظت و منشأیابی فلزات سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس با روش استخراج پی‌درپی پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که بیش از نیمی از کل سرب و کادمیوم موجود در سواحل بندرعباس منشأ طبیعی دارند و افزایش غلظت فلزات موجود در سواحل بندرعباس به دلیل وجود مقادیر بیش‌تر این دو فلز به‌طور طبیعی در پوسته زمین در منطقه مورد مطالعه است. جزیره هرمز با توجه به این‌که از سمت شمال غرب و غرب توسط مجموعه‌های صنعتی و پالایشگاهی و هم‌چنین اسکله‌ها و بندرها مهمی همچون بندر شهید رجایی احاطه شده است و از طرفی با توجه به قرار گرفتن این جزیره در مدخل ورودی خلیج فارس و تردد بالای کشتی‌های تجاری و نفت‌کش، این امکان وجود دارد، رسوبات سواحل این جزیره تحت تأثیر آلودگی‌های زیست‌محیطی فلزات سنگین قرار گرفته باشد. بدین منظور، بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی و شناسایی منشأ این عناصر با توجه به موضوع تحقیق، دارای اهمیت زیادی هست. در این پژوهش با استفاده از مطالعات رسوب‌شناسی، ژئوشیمی‌رسوبی، محاسبه

ضریب همبستگی و رسم دندوگرام آنالیز خوشه‌ای، رسوبات ساحلی جزیره هرمز از نظر آلودگی بررسی و منشأ این آلودگی مشخص و در ادامه منشأ عناصر اصلی و فرعی مشخص شده و در نهایت با استفاده از مقادیر به دست آمده از فراوانی این عناصر، در محیط GIS نقشه توزیع ژئوشیمی پراکندگی عناصر در پهنه مورد بررسی به تصویر کشیده شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی

جزیره هرمز در مدخل ورودی خلیج فارس و دریای عمان بین مدارها $25^{\circ}10'56''$ و $27^{\circ}02'07''$ طول شرقی و $56^{\circ}30'80''$ عرض شمالی واقع شده است. این جزیره دارای اقلیم نیمه گرمسیری بوده که متوسط بارندگی سالانه ۱۰۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالیانه آن $27/12$ درجه سلسیوس می‌باشد. جزیره هرمز در منتهی‌الیه جنوب خاوری واحد رسوبی-ساختاری زاگرس قرار دارد (Aghanabati, 2006). این جزیره حاصل دیپایریسم سری هرمز می‌باشد (Elyasi et al. 1975). سری هرمز (پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین) در جزیره هرمز شامل سنگ‌های رسوبی (سنگ‌آهک و دولومیت) و سنگ‌های پلوتونیک (نظیر دیاباز) و آتشفشانی (ریولیت، تراکیت، بازالت و توف) است. رخنمون‌های محدودی از سازند آغاچاری (میوسن میانی - پلیوسن میانی) در کنار نهشته‌های بادی و ساحلی در این جزیره دیده می‌شود (شکل ۱).

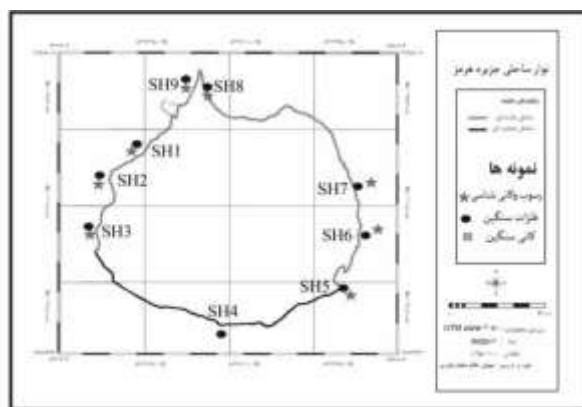


شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی جزیره هرمز (Elyasi et al. 1975)

۲-۲- روش بررسی

برای بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی و تهیه نقشه توزیع پراکندگی عناصر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز با توجه به اهداف این تحقیق، مطالعات در چندین مرحله و با به‌کارگیری روش‌های مختلف آزمایشگاهی و نرم‌افزاری انجام گردید. با توجه به این‌که

منطقه مورد مطالعه تا به حال مورد بررسی ژئوشیمی رسوبی قرار نگرفته است، در این گونه موارد بهترین روش، نمونه برداری به روش منظم می باشد (Gruijter 2006). به منظور ایجاد شبکه نمونه برداری با توجه به وسعت منطقه و هزینه های سنگین آزمایش های رسوب شناسی و ژئوشیمی، برداشت ۲۷ نمونه رسوب سطحی توسط بیلچه پلاستیکی تا عمق ۱۰ و حداکثر ۴۰ سانتی متری از سطح رسوبات از ۹ ایستگاه صورت گرفت. در شکل (۲) موقعیت ایستگاه های نمونه برداری به منظور آزمایش های پایه رسوب شناسی، فلزات سنگین و کانی های سنگین نشان داده شده است. مطالعه کانی های سنگین که با استفاده از محلول بروموفرم جداسازی و در نهایت با استفاده از خواص مغناطیسی، رنگ، سختی و شکل شناسایی شدند. آنالیز ترکیب ژئوشیمیایی رسوبات با استفاده از روش فلورسانس اشعه X (XRF) به وسیله دستگاه XRF ساخت کمپانی PHILIPS مدل PW 1480 موجود در آزمایشگاه کانساران بینالود تهران انجام شد. برای انجام آنالیزهای آماری از جمله نرمال بودن داده ها، محاسبه ضرایب همبستگی و رسم دندوگرام آنالیز خوشه ایی از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده گردید. روش یه کار گرفته شده در تهیه نقشه های رسوبات ساحلی جزیره هرمز، روش زمین آماری تخمین که اصطلاحاً کریجینگ نامیده می شود، هست. دو روش کریجینگ وجود دارد روش خطی و غیرخطی. در روش خطی فرض بر این است که توزیع عناصر، تابعی نرمال به دست آمده می دهد، در حالت غیرخطی این توزیع می تواند غیر نرمال باشد. پس از جمع آوری و ثبت داده ها، نرمال بودن آن ها با استفاده از آزمون کولموگراف-اسمیرنوف (استفاده از منحنی $Q - Q$) بررسی و تأیید شد. از آنجایی که توزیع عناصر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز نرمال بود، لذا از روش خطی استفاده شد. پس از انجام عمل کریجینگ پراکندگی عناصر اصلی و فرعی به صورت نقشه در محیط GIS به صورت نقشه تهیه شد. ذکر این نکته ضروری است که، نتایج حاصل از آنالیز ترکیب شیمیایی به عنوان داده های ورودی برای تهیه این نقشه ها استفاده شد. در نهایت با استفاده از مشاهدات میدانی، مطالعات نتایج رسوب شناسی و ژئوشیمی رسوبی، توزیع پراکندگی عناصر در محیط نرم افزاری Arc GIS در قالب انواع نقشه و نمودار تهیه و مورد تجزیه و تحلیل نهایی قرار گرفت.



شکل ۲- موقعیت ایستگاه های نمونه برداری در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

در این پژوهش برای تعیین میزان آلودگی رسوب به عناصر سنگین از میانگین شیل که توسط Turkian et al. (1964) ارائه شده، استفاده گردید (جدول ۱).

جدول ۱- غلظت عناصر در میانگین شیل (بر حسب ppm) (Turkian et al. 1964)

Fe	V	Co	Cu	Cr	Ni	Zn	Pb	As	میانگین شیل
۴۷۰۰۰	۱۳۰	۱۹	۴۵	۹۰	۵۰	۹۵	۲۰	۱۳	

۳- یافته‌ها و بحث

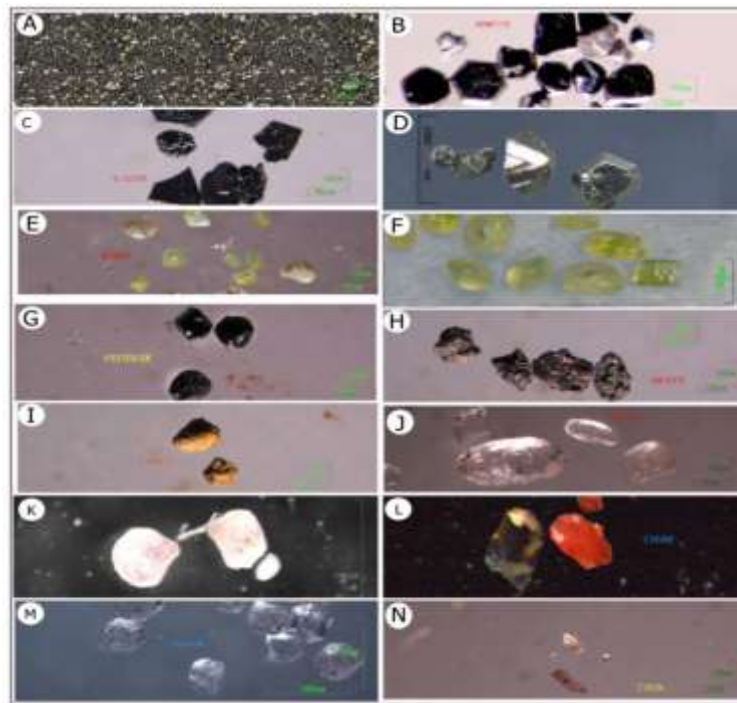
۳-۱- رسوب‌شناسی

مطالعه کانی‌شناسی رسوبات ساحلی جزیره هرمز منجر به شناسایی کانی‌های روشن و رسی شد. جدول (۲) فراوانی این کانی‌ها در ایستگاه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

جدول ۲- فراوانی کانی‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه (*: وجود کانی، -: عدم وجود کانی)

ایستگاه									نوع کانی
SH9	SH8	SH7	SH6	SH5	SH4	SH3	SH2	SH1	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	Quartz
*	*	*	*	*	*	*	*	*	Hematite
*	*	*	*	*	*	*	*	*	Calcite
*	*	*	*	*	*	*	*	*	Albite
*	-	-	-	-	-	*	*	*	Microcline
*	*	*	*	*	*	*	*	*	Aragonite
*	*	*	*	*	*	*	*	*	Dolomite
-	-	-	-	-	-	*	*	*	Muscovite
-	*	*	*	*	*	-	-	-	Illite
*	*	*	*	*	-	*	*	-	Kaolinite
-	-	-	*	*	*	-	-	-	Ankerite
*	*	*	*	*	-	-	*	*	Halite

سپس کانی‌های سنگین به وسیله محلول بروموفرم جداسازی شد. کانی‌های سنگین بعد از جداسازی به وسیله خاصیت مغناطیسی از هم تفکیک گردید و بر اثر خاصیت مغناطیسی، رنگ، شکل و سختی شناسایی شد (شکل ۳).



شکل ۳- کانی‌های سنگین شناسایی شده جزیره هرمز. A: مگنتیت، B: هماتیت، C: الیزبیت، D: هماتیت، مارتیت، الیزبیت، E: اپیدوت، F: پیروکسن، G: پیریت، H: گوتیت، I: لیمونیت، J: آپاتیت، K: باریت، L: زیرکن، M: فلوریت، و N: زیرکن

۳-۲- آلودگی زیست محیطی

برای مطالعه آلودگی‌های زیست محیطی فلزات سنگین در رسوبات ساحلی جزیره هرمز، ۹ نمونه از رسوبات ساحلی این جزیره مورد آنالیز ژئوشیمیایی به روش XRF قرار گرفت، نتایج این آنالیز در جدول (۳) دیده می‌شود. در ادامه با استفاده از شاخص‌های زیست محیطی زمین انباشت ژئوشیمی مولر (Igeo) و ضریب غنی‌شدگی (EF) آلودگی این رسوبات بررسی شد.

جدول ۳- غلظت عناصر اندازه‌گیری شده به وسیله (XRF) (غلظت عناصر بر حسب ppm) در رسوبات ساحلی جزیره

Fe	As	Co	V	Cr	Ni	Pb	Zn	Cu	نمونه
۷۳۵۰۰	۲	۲	۳۶	۳۵۴	۳۵	۸	۲۵	۸	SH1
۱۰۵۶۰۰	۴	۱	۴۶	۳۱۹	۴۳	۱۴	۳۰	۵	SH2
۴۸۴۰۰	۲	۲	۱۹	۴۳	۳۷	۱۹	۲۹	۱۱	SH3
۱۰۶۳۰۰	۴۴	۲	۴۱	۲۸۱	۳۸	۲۲	۳۴	۶	SH4
۱۸۴۰۰	۴	۴	۱۷	۷۵	۳۸	۱۴	۱۳	۴	SH5
۴۶۴۰۰	۳	۲	۲۳	۱۴۳	۳۴	۱۱	۵۰	۹	SH6
۲۳۶۰۰	۲	۱	۲۰	۴۲	۴۰	۱۴	۱۸	۷	SH7
۹۷۳۰۰	۴۱	۱	۳۴	۴۰	۳۷	۲۱	۳۰	۶	SH8
۲۶۱۹۰۰	۱۰	۲	۴۰	۱۷۸	۳۲	۷	۲۱	۲	SH9

جدول ۴- نتایج مقادیر شاخص ژئوشیمیایی مولر Igeo مربوط به عناصر موردنظر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

As	Ni	V	Cr	Pb	Zn	Cu	نمونه
-۳/۲۹	-۱/۱۰	-۲/۴۴	۱/۳۸	-۲/۱۴	-۲/۵۱	-۳/۰۸	SH1
-۲/۲۸	-۰/۸۰	-۲/۰۸	۱/۲۳	-۱/۱۰	-۲/۲۵	-۴/۴۱	SH2
-۳/۲۹	-۱/۰۲	-۳/۳۶	-۱/۶۵	-۰/۶۵	-۲/۳۰	-۲/۶۲	SH3
۱/۱۶	-۰/۹۸	-۲/۲۵	۱/۰۵	-۰/۴۴	-۲/۰۷	-۳/۵۰	SH4
-۲/۲۸	-۰/۹۸	-۳/۵۲	-۰/۸۴	-۱/۱۰	-۳/۴۵	-۴/۰۸	SH5
-۲/۷۳	-۱/۱۴	-۳/۰۹	۰/۰۸	-۱/۴۵	-۱/۵۱	-۲/۹۱	SH6
-۳/۲۹	-۰/۹۰	-۳/۲۹	-۱/۶۸	-۱/۱۰	-۲/۹۸	-۳/۲۷	SH7
-۰/۹۶	-۱/۲۳	-۲/۰۸	۰/۳۸	-۲/۱۰	-۲/۷۶	-۵/۱۰	SH8
۱/۰۷	-۱/۰۲	-۲/۵۲	-۱/۷۵	-۰/۵۱	-۲/۲۵	-۳/۵	SH9

۳-۲-۱- شاخص Igeo

شاخص زمین انباشت (Igeo)، یک روش متداول برای تخمین آلودگی رسوبات به فلزات سنگین، به دست آمده آوردن غلظت فلزات سنگین در رسوب به غلظت زمینه فلز، استفاده از شاخص Igeo می‌باشد که توسط مولر (Muller 1969) ارائه گردید. این شاخص به صورت رابطه (۱) بیان می‌شود:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right) \quad (1)$$

که، Igeo: شاخص انباشت ژئوشیمیایی یا شاخص شدت آلودگی، C_n : غلظت فلز سنگین در رسوب، B_n : غلظت زمینه (غلظت عنصر در شیل)، ضریب ۱/۵ به منظور کمینه کردن اثر تغییر احتمالی در غلظت‌های زمینه که عموماً به تغییرات سنگ‌شناسی رسوبات و تأثیر عوامل زمینی نسبت داده می‌شود، منظور شده است. نتایج مقادیر شاخص ژئوشیمیایی مولر (Igeo) مربوط به عناصر موردنظر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز در جدول (۴) نشان داده شده است. بر اساس محاسبات انجام شده برای ایستگاه‌های مختلف با استفاده از شاخص Igeo، عناصر V، Cu، Ni، Pb و Zn در تمامی ۹ ایستگاه مورد مطالعه فاقد آلودگی ($Igeo \leq 0$) هستند. بر اساس محاسبات انجام شده عنصر کروم در ایستگاه‌های شماره ۱ و ۹ از آلودگی متوسطی ($1 \leq Igeo \leq 2$) برخوردار می‌باشد. از آنجا که در این ایستگاه‌ها، هیچ کانی حاوی کروم وجود ندارد به نظر می‌رسد آلودگی این منطقه به خاطر نزدیکی به محل اسکله، آلودگی‌های انسان‌زاد و نفتی باشد. عنصر آرسنیک بر اساس شاخص Muller (1969) از آلودگی متوسط برخوردار می‌باشد. این عنصر فقط در دو ایستگاه آلودگی نشان می‌دهد و بقیه ایستگاه‌های مورد مطالعه فاقد آلودگی می‌باشند. آلودگی این عنصر در ایستگاه شماره چهار و هشت که به ترتیب محل معدن خاک سرخ و دیوی خاک سرخ در جزیره هرمز هستند، مشاهده می‌شود.

۳-۲-۲- شاخص EF

ضریب غنی‌شدگی (EF) روش مناسبی جهت تفکیک منشأ طبیعی و انسان‌زاد آلودگی می‌باشد (Sutherland 2000). ضریب غنی‌شدگی از طریق رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$EF = (C_m/C_s)_x \div (C_m/C_s)_c \quad (2)$$

که EF ضریب غنی‌شدگی، C_m غلظت عنصر m مورد بررسی و C_s غلظت آهن در نمونه رسوب و m غلظت همان عنصر نسبت به آهن می‌باشد. جهت نرمال کردن آلودگی فلزات سنگین معمولاً از عناصری چون Zr، Co، Al، Fe، Mn، Sc و Ti استفاده می‌شود. در این تحقیق با نرمال کردن فلزات مورد بررسی، در نرم‌افزار SPSS از عنصر آهن، به دلیل ماهیت ژئوشیمیایی و تغییرات بسیار ناچیزی که در محیط از خود نشان می‌دهد- توزیع آهن در محیط در ارتباط با دیگر فلزات نیست و همچنین غلظت آن در طبیعت زیاد می‌باشد، به عنوان مرجع در نظر گرفته شده است. از ترکیب شیل میانگین نیز به عنوان نمونه مرجع استفاده شده است. نتایج مقادیر شاخص ضریب غنی‌شدگی EF مربوط به عناصر موردنظر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز در جدول (۵) نشان داده شده است. با توجه به نتایج محاسبه شده ضریب غنی‌شدگی، رسوبات ساحلی جزیره هرمز نسبت به عناصر مس، روی، نیکل، وانادیوم، سرب و آرسنیک از میزان غنی‌شدگی کمی ($EF \leq 2$) برخوردارند. عنصر کروم بر اساس این طبقه‌بندی از غنی‌شدگی متوسطی ($2 \leq EF \leq 5$) برخوردار است. غنی‌شدگی این عنصر در ایستگاه‌های شماره ۹ و ۵ مشاهده می‌شود. می‌توان غنی‌شدگی این عنصر در این ایستگاه‌ها را به فعالیت‌های انسان‌زاد نسبت داد، زیرا عنصر کروم در بقیه ایستگاه‌ها فاقد غنی‌شدگی می‌باشد. و تنها غنی‌شدگی مشاهده شده در ایستگاه شماره ۹ نزدیک به محل اسکله می‌باشد.

۳-۳- ضریب همبستگی و آنالیز خوشه‌ای

ضریب همبستگی میزان ارتباط بین دو متغیر را تعیین می‌کند (Karimzadeh Samari 2012). آنالیز خوشه‌ای یک روش پژوهشی چند متغیره است که در این مطالعه به منظور منشأیابی آماری عناصر به وسیله نرم‌افزار SPSS Ver 16 مورد استفاده قرار گرفته است. از ضرایب همبستگی که توسط نرم‌افزار SPSS به دست آمده، برای دستیابی به ضرایب تشابه و رسم دندوگرام استفاده شد (جدول ۶). درخت خوشه‌ای یا دندوگرام، گزینه‌های هم‌وزن را به هم متصل می‌کند تا خوشه‌های بزرگ‌تر ایجاد شود و تشابهات مابین نمونه‌ها را سنجش و ارزیابی نماید (Anazwa et al. 2004; Baeyens. 2005). نتایج آنالیز خوشه‌ای برای رسوبات ساحلی جزیره هرمز نشان داد که دندوگرام از دوشاخه تشکیل شده است که در شاخه A عناصر V، Ni، Pb، Zn، As، Cu و قرار دارند که تحت ضرایب تشابه بسیار بالا و معنی‌دار به یکدیگر متصل شده‌اند و می‌توان نتیجه گرفت که عوامل کنترل‌کننده آن‌ها یکسان است. در شاخه B عنصر Cr به تنهایی قرار گرفته است که با توجه به این موضوع می‌توان نتیجه گرفت منشأ آن متفاوت از دیگر

عناصر می‌باشد. با توجه به نمودار دندوگرام آنالیز خوشه‌ای و بررسی‌های صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که منشأ عناصر در شاخه A با شاخه B متفاوت است. بر این اساس، منشأ عناصر مس، روی، نیکل، سرب، آرسنیک و وانادیوم که در شاخه A قرار گرفته‌اند یکسان می‌باشد و می‌توان منشأ آن‌ها را به فرسایش واحدهای سنگی آذرین و رسوبی موجود در جزیره هرمز نسبت داد و در شاخه B عنصر کروم به‌تنهایی قرار گرفته و این امر نشان می‌دهد منشأ آن متفاوت از دیگر عناصر بوده و ناشی از آلودگی‌های انسان‌زاد است (Gholamdokht Bandari. 2014).

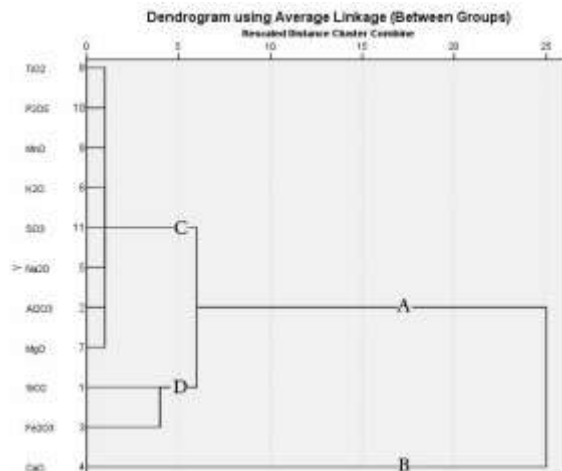
جدول ۵- نتایج مقادیر شاخص ضریب غنی‌شدگی EF مربوط به عناصر موردنظر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

نمونه	Cu	Zn	Pb	Cr	V	Ni	As
SH1	۰/۱۱	۰/۱۷	۰/۲۵	۲/۵۳	۰/۱۸	۰/۴۷	۰/۱۰
SH2	۰/۰۴۹	۰/۱۴	۰/۳۱	۱/۵۸	۰/۱۶	۰/۴۰	۰/۱۴
SH3	۰/۲۳	۰/۲۹	۰/۹۳	۰/۴۶	۰/۱۴	۰/۷۶	۰/۱۵
SH4	۰/۰۵۸	۰/۱۵	۰/۴۹	۱/۳۹	۰/۱۴	۰/۳۵	۱/۵۳
SH5	۰/۲۲	۰/۳۵	۱/۸۱	۲/۱۴	۰/۳۴	۲/۰۶	۰/۸۰
SH6	۰/۲۰	۰/۵۳	۰/۵۶	۱/۶۲	۰/۱۸	۰/۷۳	۰/۲۳
SH7	۰/۳۰	۰/۳۸	۱/۴۱	۰/۹۳	۰/۳۱	۱/۶۹	۰/۳۱
SH8	۰/۰۰۷	۰/۰۴۰	۰/۰۶	۰/۳۵	۰/۰۶۵	۰/۱۲	۰/۱۴
SH9	۰/۰۶۴	۰/۱۵	۰/۵۱	۰/۲۱	۰/۱۲	۰/۳۸	۱/۵۶

جدول ۶- ضریب همبستگی پیرسون بین فلزات سنگین در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

نمونه	Cu	Zn	Pb	Ni	Cr	As	V	Co
Cu	۱							
Zn	۰/۴۸۶	۱						
Pb	۰/۲۶۱	۰/۱۵۰	۱					
Ni	۰/۰۲۲	-۰/۱۸۶	۰/۴۵۵	۱				
Cr	-۰/۱۶۳	۰/۱۹۲	-۰/۳۱۶	۰/۰۶۲	۱			
As	-۰/۲۰۶	۰/۱۹۸	-۰/۶۸۷	۰/۰۰۶	۰/۰۱۸	۱		
V	-۰/۵۲۵	۰/۱۰۸	-۰/۱۴۱	-۰/۰۲۷	۰/۷۱۵	۰/۳۸۲	۱	
Co	-۰/۱۷۸	-۰/۳۰۶	-۰/۱۶۵	-۰/۲۸۵	-۰/۰۹۳	-۰/۲۰۸	-۰/۳۹۷	۱

همچنین محاسبه ضریب همبستگی و رسم دندوگرام آنالیز خوشه‌ای برای اکسیدهای اصلی در شکل (۴) نشان می‌دهد در شاخه A اکسیدهای منیزیم، سدیم، آلومینیوم تحت ضرایب تشابه بالا و معنی‌دار در کنار هم قرار گرفته‌اند و همبستگی بالایی را باهم نشان می‌دهند و با اکسید سیلیس نیز همبستگی نسبتاً بالایی را نشان می‌دهند و می‌توان نتیجه گرفت عوامل کنترل‌کننده آن‌ها یکسان است، در شاخه B اکسید کلسیم قرار گرفته است که آن می‌تواند منشأ متفاوت از اکسیدهای دیگر داشته باشد. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی صورت گرفته بیشتر رسوبات کلسیتی موجود در ساحل جزیره هرمز از قطعات صدف و پوسته جانوران می‌باشد که نشان‌دهنده منشأ زیستی این عنصر می‌باشد. و این مسئله با توجه به عدم همبستگی این عنصر با سایر اکسیدها اثبات رسیده است (Gholamdokht Bandari 2014). با توجه به ضرایب تشابه متفاوت در دوشاخه می‌توان نتیجه گرفت که منشأ آن‌ها متفاوت است. شاخه A با توجه به رخنمون‌ها و واحدهای سنگی جزیره منشأ آواری دارد و قرار گرفتن اکسید کلسیم در شاخه B نشان‌دهنده منشأ زیستی هست. پراکنش میزان کربنات کلسیم نشان می‌دهد که میزان کربنات کلسیم در نواحی ساحل شرقی جزیره هرمز بالاتر از نواحی دیگر است و فراوانی بالای کربنات کلسیم در این قسمت به دلیل وجود کانی‌های کربناته زیستی می‌باشد که عمدتاً از پوسته‌های آهکی جانوران عهد حاضر تشکیل شده است. با توجه به این امر و همبستگی بالای عنصر کلسیم با استرانسیوم می‌توان این کربنات‌ها از نوع درجازا در نظر گرفت (Gholamdokht Bandari 2104).



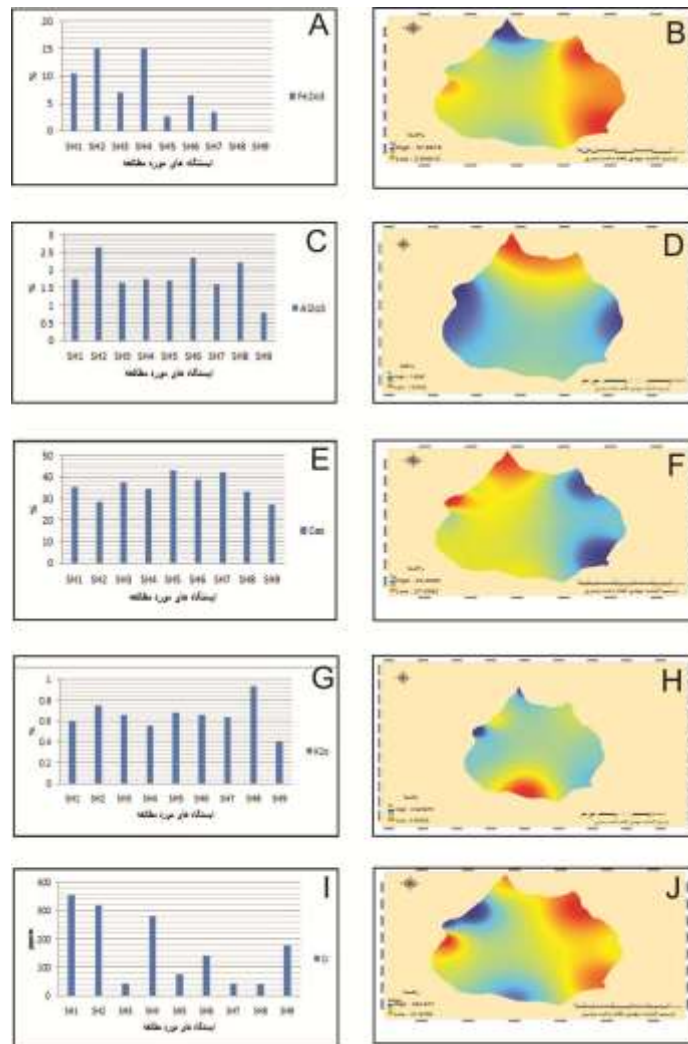
شکل ۴- نمودار دندوگرام آنالیز خوشه‌ای برای اکسیدهای اصلی در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

۳-۴- پراکندگی ژئوشیمیایی عناصر ترسیم نقشه‌های هم‌پراکنش

پراکندگی فلزات سنگین در انواع رسوبات از مباحث مهم و نوین در رسوب‌شناسی محیطی است. در مطالعه حاضر از طریق انجام نمونه‌برداری‌های متعدد از رسوبات سطحی سواحل جزیره هرمز نسبت به بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات و شناسایی منشأ آن‌ها اقدام شد. در ادامه به‌منظور نحوه تشخیص پراکندگی عناصر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز، نقشه‌های پراکندگی تهیه شد. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی صورت گرفته بر روی رسوبات ساحلی هرمز کانی‌های آهن‌دار هماتیت، مگنتیت و گوتیت در رسوبات وجود دارد. بنابراین با توجه به این موضوع وجود درصد نسبتاً بالای اکسید آهن در رسوبات به خاطر وجود کانی‌های آهن‌دار می‌باشد. همان‌طور که در نقشه شکل (۵) مشاهده می‌شود بیشترین مقدار اکسید آهن در قسمت شمالی جزیره مشاهده می‌شود و این فراوانی زیاد به خاطر سنگ‌هایی می‌باشد که به‌وسیله انسان در این قسمت تجمع پیدا کرده است. آلومینیوم در کانی‌های مانند فلدسپات‌ها، پلاژیوکلازها و کانی‌های رسی مشاهده می‌شود بر اساس مطالعه صورت گرفته (Gholamdokht Bandari 2014) در رسوبات ساحلی جزیره هرمز کانی‌های رسی، ایلیت و کائولینیت به‌همراه کانی‌های غیر رسی آل‌بیت و میکروکلین گزارش شده است. با توجه به این موضوع وجود درصد پایین این اکسید در رسوبات ساحلی جزیره، می‌تواند به دلیل وجود این کانی‌ها باشد. نقشه پراکندگی اکسید آلومینیوم در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به نقشه پراکندگی این عنصر بیشترین فراوانی در قسمت غربی و شرقی جزیره می‌باشد. فراوانی بیشتر در این مناطق به خاطر سنگ‌های ریولیتی می‌باشد. در قسمت شرقی جزیره هرمز در مکانی به نام گهواره رستم ریولیت‌های هوازده‌ای مشاهده می‌شود که غنی از فلدسپات می‌باشد و این کانی‌ها که حاوی آلومینیوم می‌باشند از طریق رودخانه‌های فصلی به این قسمت از ساحل حمل شده‌اند. همچنین در این قسمت از ساحل کانی پیروکسن و کانی‌های رسی که حاوی آلومینیوم می‌باشد شناسایی شد. بالا بودن آلومینیوم در قسمت غرب جزیره نیز به دلیل وجود ریولیت‌ها می‌باشد. کلسیم پنجمین عنصر فراوان موجود در پوسته زمین است. میزان آن با بالا رفتن کانی‌های کربناته افزایش می‌یابد و با افزایش میزان کانی‌های غیر کربناته و رس‌ها کاهش می‌یابد. مطالعه اخیر مشخص کرده است که ذرات کربناته موجود در محیط از دو منشأ تخریبی و همچنین بیژنیک هستند. بر اساس مطالعات مورفوسکوپی مشخص شده است که صدف‌ها، روزنبران، شکم پایان و استراکودها عمده سازنده‌های کربنات در نواحی با میزان اکسید کلسیم بالا هستند. کلسیم بیشتر در ساختمان پلاژیوکلازها، کلینو پیروکسن‌ها (دیوپسید) و همچنین در ساختمان کانی‌های کربناتی مانند دولومیت، کلسیت و آرگونیت مشاهده می‌شود. وجود درصد بالای این اکسید به خاطر وجود کانی‌های مانند کلسیت، آرگونیت، دولومیت و پلاژیوکلاز در رسوبات ساحلی می‌باشد که توسط مطالعات رسوب‌شناسی و XRF به اثبات رسیده است (جدول ۱). فراوانی اکسید کلسیم در ایستگاه‌های مختلف و نقشه پراکندگی اکسید کلسیم در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به نقشه پراکندگی این عنصر،

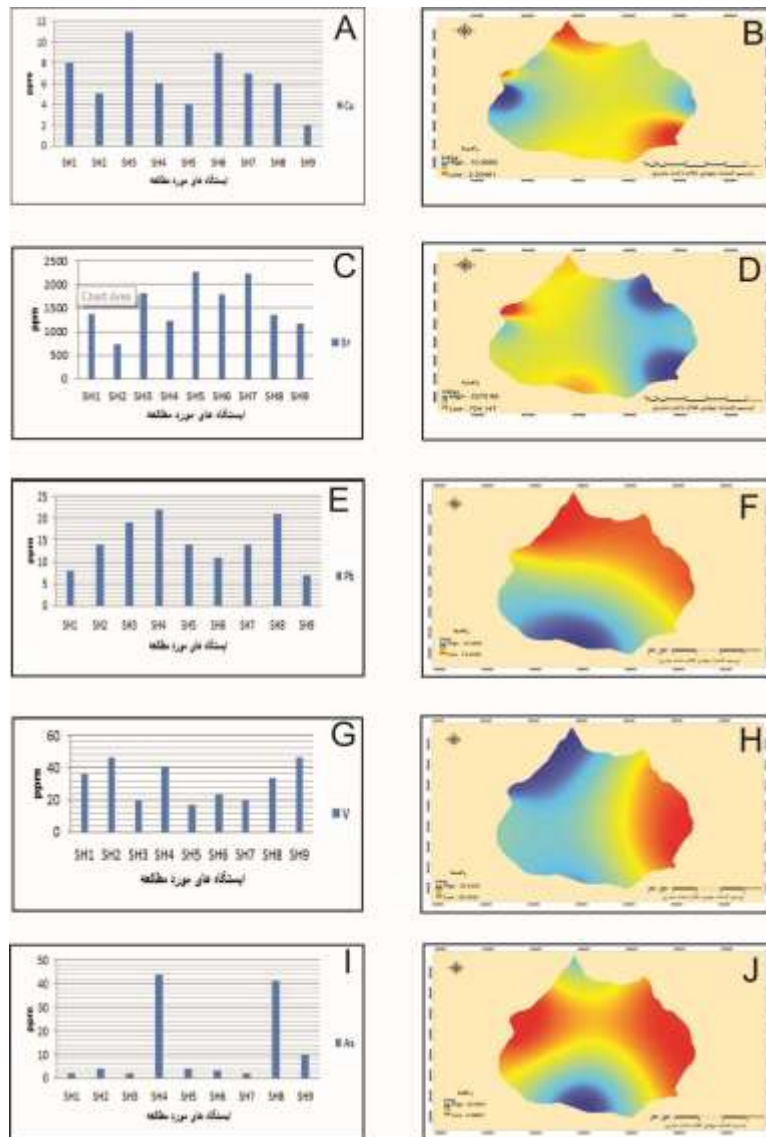
اکسید کلسیم در قسمت‌های ساحل شرقی جزیره هرمز، بالاتر از نواحی دیگر است. فراوانی بالای اکسید کلسیم در این قسمت به دلیل وجود کانی‌های کربناته زیستی می‌باشد، که اکثراً از قطعات صدف تشکیل شده‌اند. پتاسیم از مهم‌ترین عناصر موجود در پوسته زمین است. از مهم‌ترین کانی‌های حاوی این عنصر که در رسوبات ساحلی جزیره هرمز وجود دارد می‌توان به ایلیت، فلدسپارهای پتاسیم دار، بیوتیت و موسکویت اشاره کرد. پایین بودن میزان این عنصر در رسوبات ساحلی جزیره هرمز می‌تواند به علت دانه درشت بودن رسوبات ساحل باشد، زیرا کانی‌های رسی در مقایسه با ذرات در اندازه ماسه توانایی جذب پتاسیم بیشتری دارند. پراکندگی این عنصر در قسمت غربی و شمالی جزیره هرمز بیش‌تر از نواحی دیگر است. در سمت غرب به دلیل نزدیکی به توده‌های ریولیتی می‌باشد که حاوی کانی‌های پتاسیم دار می‌باشد. در ساحل شمالی جزیره هرمز این فراوانی طبیعی نمی‌باشد، می‌توان گفت فراوانی در ساحل شمالی به دلیل فرسایش سنگ‌هایی است که توسط انسان در این قسمت تجمع یافته است. کروم عنصری است که از دو طریق طبیعی و انسان‌زاد به محیط زیست وارد می‌شود. اگرچه روش انسان‌زاد آن مهم‌ترین شکل ورود آن به محیط زیست می‌باشد. کروم به‌طور اختصاصی در کانی کرومیت یافت می‌شود. کروم همچنین در ساختمان پیروکسن‌ها تجمع می‌کند (Mason et al. 2007). بر اساس مطالعه کانی‌شناسی صورت گرفته کانی که حاوی کروم باشد در رسوبات ساحلی جزیره هرمز وجود ندارد، با توجه به این موضوع می‌توان نتیجه گرفت غلظت بالای این عنصر به خاطر آلودگی‌های زیستی می‌باشد که در منطقه وجود دارد. همان‌طور که در نقشه مشاهده می‌شود بیشترین فراوانی این عنصر در ساحل غربی و شمال غربی جزیره مشاهده می‌شود. می‌توان گفت نزدیکی این نواحی به اسکله و آلودگی‌های زیست‌محیطی موجب بالا رفتن عنصر کروم در این نواحی ساحلی شده است.

لازم به ذکر است که در نهشته‌های ساحلی این جزیره کانی پیریت که حاوی مس می‌باشد شناسایی شده است و منشأ طبیعی را برای این عنصر تقویت می‌کند. فراوانی و نقشه پراکندگی این عنصر در رسوبات ساحلی جزیره در شکل (۶) نشان داده شده است. بالا بودن مس در ساحل غربی جزیره هرمز به دلیل وجود سنگ‌های ریولیتی می‌باشد این سنگ‌ها، حاوی کانی پیریت بوده که از طرق فرسایش این کانی‌ها به این قسمت از ساحل حمل شده و باعث بالا رفتن مس در این قسمت از ساحل شده است. در قسمت شرقی هم به دلیل وجود همین سنگ‌ها می‌باشد. استرانسیوم (Sr) این عنصر می‌تواند در ترکیب با کربنات‌ها، کلریدها، هیدرواکسیدها، نیترات‌ها، اکسیدها و سولفات‌ها یافت شود، اگرچه تمایل بالایی به تمرکز در درون کربنات‌ها دارد (Atsdr 2008). به‌طور کلی می‌توان گفت که رفتار فیزیک و شیمیایی استرانسیوم در محیط بسیار شبیه به رفتار کلسیم است و در ارتباط با سنگ‌های رسوبی مانند سنگ‌آهک، دولومیت، ژیپس و انیدریت و غیره یافت می‌گردد. نکته بسیار مهم در ارتباط با این عنصر آن است که با توجه به ساختار کانی‌های کربناته، می‌تواند جایگزین یون‌های کلسیم و منیزیم شود. به همین دلیل فراوانی آن در بسترهای کربناته بیش‌تر است. در محدوده مورد مطالعه مقدار میانگین استرانسیوم بسیار نزدیک به مقدار داده شده برای کربنات‌ها است. همبستگی قابل قبولی بین استرانسیوم و اکسید کلسیم وجود دارد. با توجه به این موضوع کلسیم در قسمت شرقی نهشته‌های ساحلی جزیره هرمز از فراوانی بیش‌تری برخوردار است. به همین دلیل با جایگزینی یون استرانسیوم در ساختمان کلسیت میزان استرانسیوم در این قسمت نیز زیاد می‌باشد. با توجه به نقشه پراکندگی بالاترین مقدار استرانسیوم در ساحل شرقی جزیره مشاهده می‌شود. همان‌طور که گفته شد در این مناطق مقدار رده‌ات بالا هست، با توجه به شباهت شعاع یونی کلسیم و استرانسیوم با یکدیگر این دو عنصر می‌توانند جایگزین یکدیگر شوند و باعث بالا رفتن استرانسیوم در کانی‌های کربناته شوند. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی صورت گرفته کانی که حاوی سرب باشد در رسوبات ساحلی جزیره هرمز مشاهده نشد. بر اساس مطالعه‌ای که (Gholami 2008) بر روی سنگ‌شناسی جزیره هرمز انجام داده است کانی گالن در منطقه معدنی خاک سرخ گزارش شده است. با توجه به فراوانی غلظت سرب در ایستگاه‌های مورد مطالعه، مشاهده می‌شود که بیش‌ترین مقدار سرب در ایستگاه شماره ۴ که نزدیک به معدن خاک سرخ می‌باشد گزارش شده است. با توجه به اینکه غلظت عنصر آرسنیک هم در این ایستگاه بسیار بالا است و همبستگی مثبتی بین این دو عنصر مشاهده می‌شود، می‌توان گفت به خاطر فاز سولفیدی که در این منطقه وجود داشته، مقدار سرب در این مکان بالا بوده و طی زمان این تأثیر بر روی رسوبات ساحلی نیز برجای گذاشته شده است.



شکل ۵- A و B فراوانی و نقشه پراکندگی عنصر آهن. C و D فراوانی و نقشه پراکندگی آلومینیم. E و F فراوانی و نقشه پراکندگی کلسیم. G و H فراوانی و نقشه پراکندگی پتاسیم و I و J فراوانی و نقشه پراکندگی کروم در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

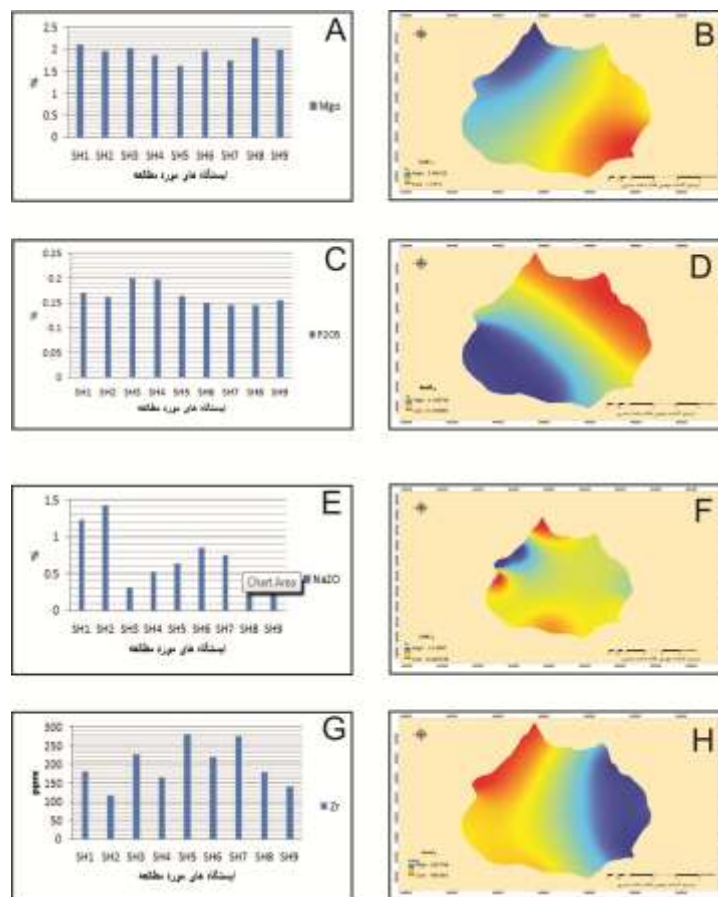
بر اساس مطالعه کانی‌شناسی صورت گرفته می‌توان گفت غلظت عنصر وانادیوم به خاطر کانی آپاتیت، مگنتیت و همچنین سنگ‌های ریولیتی موجود در منطقه باشد. همچنین این امکان وجود دارد درصدی از این غلظت به آلودگی‌های نفتی نسبت داد چون غلظت وانادیوم در ایستگاه‌های منتهی به اسکله بالا می‌باشد و همچنین یک همبستگی مثبتی بین کروم با وانادیوم وجود دارد. با توجه به مطالب گفته‌شده و نقشه پراکندگی این عنصر، بالا بودن این عنصر در ساحل جنوبی به خاطر کانی‌های آپاتیت و مگنتیت، در ساحل شمالی و شمال غربی به دلیل فرسایش سنگ‌های تجمع یافته که حاوی این عنصر می‌باشد، بالاتر است. همچنین با توجه به ضریب همبستگی بین عنصر وانادیوم و کروم بخش از این فراوانی را می‌توان به آلودگی‌های نفتی نسبت داد. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی صورت گرفته کانی پیریت در رسوبات ساحلی شناسایی شده است که می‌توان سنگ‌های سازنده این کانی که به احتمال زیاد، منشأ فاز سولفیدی داشته باشند حاوی عنصر آرسنیک باشد. با توجه به نقشه پراکندگی این عنصر مشاهده می‌شود که فراوانی این عنصر در ساحل شمالی و جنوبی جزیره بیشتر از نواحی دیگر است. فراوانی بالای این عنصر در این مناطق به خاطر معدن خاک سرخ در ساحل جنوبی و محل دپوی این خاک در ساحل شمالی می‌باشد.



شکل ۶- A و B فراوانی و نقشه پراکندگی عنصر مس. C و D فراوانی و نقشه پراکندگی استرانسیوم. E و F فراوانی و نقشه پراکندگی سرب. G و H فراوانی و نقشه پراکندگی وانادیوم و I و J فراوانی و نقشه پراکندگی آرسنیک در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

منیزیم هشتمین عنصر فراوان پسته زمین است. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی از مهم‌ترین کانی‌های موجود در رسوبات ساحلی جزیره هرمز که می‌تواند حاوی منیزیم باشد به دولومیت و پیروکسن اشاره کرد. فراوانی این عنصر و نقشه پراکندگی آن در شکل (۷) نشان داده شده است. میزان این عنصر در قسمت شرق و جنوب شرقی ساحل مورد مطالعه، کم می‌باشد که احتمالاً دلیل کلسیتی بودن نهشته‌های ساحلی می‌باشد. عدم همبستگی این عنصر با کلسیم، استرانسیوم نشان‌دهنده عدم وجود این عنصر در ساختمان کربنات‌ها و منشأ غیر بیولوژیکی آن‌هاست. می‌توان گفت بالا بودن این عنصر در ساحل شمالی و غربی به دلیل وجود پیروکسین‌هایی باشد که از سنگ‌ها آزاد شده‌اند. از مهم‌ترین کانی حاوی عنصر فسفر می‌توان به آپاتیت اشاره کرد. بر اساس مطالعات کانی‌شناسی که بر روی رسوبات ساحلی جزیره هرمز انجام گرفته کانی آپاتیت در این رسوبات شناسایی شد. با توجه به نقشه پراکندگی بالا بودن این عنصر در ساحل جنوبی و جنوب غربی به دلیل وجود آپاتیت‌های می‌باشد که سنگ‌های نیمه جنوبی جزیره گسترش دارد. سدیم یک عنصر شیمیایی و در ساختمان کانی‌های مانند هالیت و پلاژیوکلاز وجود دارد. بر اساس مطالعات

کانی شناسی صورت گرفته بر روی رسوبات ساحلی جزیره هرمز کانی آلبیت و هالیت در رسوبات شناسایی شده است. با توجه به نمودار فراوانی و نقشه پراکندگی عنصر سدیم در شکل (۷)، مقدار این عنصر در ساحل غربی بالاتر از نواحی دیگر است. یکی از دلایل بالا بودن این عنصر در این قسمت از ساحل رودخانه شور هست که به طور مستقیم وارد ساحل می شود و باعث بر جای گذاشتن کانی سرسرایت در این قسمت شده است. و دلیل دیگر می توان به وجود سنگ های ریولیتی حاوی این عنصر، همچنین سازند آغاچاری در این ناحیه که حاوی کانی هالیت می باشد و توسط فرسایش به این ناحیه وارد شده اند اشاره کرد. زیرکونیوم کانی اصلی عنصر زیرکن می باشد. بر اساس مطالعه کانی شناسی که بر روی رسوبات ساحلی جزیره هرمز صورت گرفته کانی زیرکن در رسوبات ساحلی شناسایی شده است. بنابراین این کانی می تواند منشأ عنصر زیرکن در رسوبات ساحلی جزیره هرمز باشد. با توجه به نقشه پراکندگی این عنصر در شکل (۷) می توان گفت در ساحل شرقی جزیره، به دلیل نزدیکی با توده های ریولیتی هوازده شده در محلی بنام گهواره رستم، زیرکن این توده های ریولیتی بر اثر هوازدگی آزاد شده و توسط رودخانه های فصلی به این قسمت از ساحل حمل شده است، و باعث بالا رفتن این عنصر در این قسمت از ساحل شده است. در قسمت غربی جزیره هرمز نیز مقدار زیرکن بالا است و این به علت توده های ریولیتی می باشد که در حال هوازدگی می باشد و کانی های زیرکن نسبت به ساحل شرقی به مقدار کمتر آزاد شده اند، به همین دلیل مقدار این عنصر در رسوبات نسبت به ساحل شرقی کمتر است



شکل ۷- A و B فراوانی و نقشه پراکندگی عنصر منیزیم، C و D فراوانی و نقشه پراکندگی فسفر، E و F فراوانی و نقشه پراکندگی سدیم، G و H فراوانی و نقشه پراکندگی زیرکن در رسوبات ساحلی جزیره هرمز

۴- نتیجه گیری

در مطالعه حاضر از طریق انجام نمونه برداری های متعدد از رسوبات سطحی سواحل جزیره هرمز نسبت به بررسی میزان آلودگی فلزات سنگین در رسوبات و شناسایی منشأ آنها اقدام شد و در ادامه برای تهیه نقشه های هم پراکنش از روش کریجینگ خطی استفاده شد، که نتایج کلی به شرح ذیل می باشد:

۱- با استفاده از شاخص Igeo، عناصر Ni، Cu، V، Pb و Zn در تمامی ۹ ایستگاه مورد مطالعه فاقد آلودگی می باشند. بر اساس محاسبات انجام شده عنصر کروم در ایستگاه های شماره ۱ و ۹ از آلودگی متوسطی برخوردار می باشد.

۲- بر اساس تقسیم بندی ساترلند، که حد ضریب غنی شدگی را $EF=2$ در نظر می گیرد. رسوبات ساحلی جزیره هرمز نسبت به عناصر مس، روی، نیکل، وانادیوم، سرب و آرسنیک از میزان غنی شدگی کمی برخوردارند. عنصر کروم بر اساس این طبقه بندی از غنی شدگی متوسطی برخوردار است.

۳- نتایج آنالیز خوشه ای برای رسوبات ساحلی جزیره هرمز، نشان می دهد دندوگرام از دوشاخه تشکیل شده است که در شاخه A عناصر Cu، As، Zn، Pb، Ni و V قرار دارند که تحت ضرایب تشابه بسیار بالا و معنی دار به یکدیگر متصل شده اند و می توان نتیجه گرفت که عوامل کنترل کننده آنها یکسان است. در شاخه B عنصر Cr به تنهایی قرار گرفته است که نشان دهنده منشأ متفاوت از دیگر عناصر می باشد.

به طور کلی نتایج این تحقیق و نمونه برداری های صورت گرفته مبین آلودگی نسبی ساحل شمالی، شمال غربی و جنوبی این جزیره به فلزات سنگین است، در حالی که سایر مناطق نمونه برداری فاقد آلودگی هستند. محاسبه ضرایب همبستگی و تجزیه و تحلیل آنالیز خوشه ای در رسوبات ساحلی جزیره هرمز گویای تشابهات آماری عناصر با یکدیگر است و می توان منشأ این عناصر را به فرسایش واحدهای سنگی موجود در جزیره نسبت داد. آلودگی عنصر کروم را می توان به فعالیت های انسان زاد نسبت داد و منشأ آن را آلودگی های نفتی وارد شده به منطقه و صادرات کانی کرومیت که از نقاط مختلف استان هرمزگان جمع آوری شده و در بندرها شهید رجایی و باهنر که بر اثر تخلیه و بارگیری می تواند توسط باد و جریان های دریایی به منطقه مورد نظر وارد گردند در نظر گرفت.

References

- Aghanabati A. (2006). The geology of Iran. Geological survey & mineral exploration of Iran [In Persian].
- Anazawa K., Kaida Y., Shinomura Y., Tonmiyasu T. and Sakamoto H. (2004). Heavy metal distribution in river waters and sediments around a "Fire Fly Village". Shikoku, Japan: application of multivariate analysis. *Anal. Sci.*, 20, 79-84.
- Algan A. O., Cagtay M. N., Sarikaya H. Z., Balkis N. and Sari E. (1999). Pollution monitoring using marine sediment: A case study on the Istanbul metropolation area. *Turkish J. Eng. Environ. Sci.*, 29, 285-291.
- ATSDR (Agency for Toxic Substance and Disease Registry). Retrieved on July, 2016 from <http://www.atsdr.cdc.gov/>
- Baeyens W. (2005). Correlations, Partitioning and bioaccumulation of heavy metals between zone on the tropical southwest coast of India. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 52(8), 371-382.
- Bagheri G., Riahi Bakhtiari A. S. And Bagheri H. (2013). Seeking to determine the origin of the metals lead and cadmium concentrations in surface sediments off the coast of Bandar Abbas sequential extraction method, *Oceanography*, 14, 33- 27 [In Persian].

- Claisse D. and Alzieu C.I. (1993). Copper contamination as a result of antifouling paint regulations. *Mar. Pollut. Bull.*, 26, 395-397
- Dawson E. J. and Macklin M. G. (1998). Speciation of heavy metals in floodplain and flood sediments: a reconnaissance Svey of the Aire Valley, West Yorkshire, Great Britain. *Environ. Geochem. Health*, 20, 67-76.
- Hamza M., Recitations M. and Bsklh G. (2014). Geochemical study of the origins and effects of heavy metal pollution in Reims and brace Bnadrady. *Oceanography*, 17, 31- 21 [In Persian].
- Hamza M., Boomeri, M., Rezaei H. and Bsklh G. (2012). Environmental geochemistry of heavy metals in sediments of the Gulf Coast goiter extreme south-eastern Iran. *Oceanography*, 8, 11- 20 [In Persian].
- Eliasy J., Amin Sobhani A. and Behzad A. (1975) *Geology of the island of Hormuz*, Teacher Training University, the Association of Iranian Oil, 1(2) [In Persian].
- Erfanmanesh M. (2001). *Water and soil pollution*, Isfahan University of Technology Publication, Isfahan Iran, [In Persian].
- FAO. (1992). Committee for island fisheries of Africa. Report of the third session of the working party on pollution and fisheries. *FAO Fisheries Report*. No. 471.
- Fedo C. M., Eriksson K. and Krogstad E. J. (1996). Geochemistry of shales from the Archean Abitibi greenstone belt, Canada: implications for provenance and source area weathering. *Geochim Cosmochim AC*, 60, 1751-1763.
- Förstner U. and Salomons W. (1980). Trace metal analysis on polluted sediments. Part 1: assessment of sources and intensities. *Environ. Technol. Lett.*, 1, 494-505.
- Gholamdokht bandari. M. (2014). *Chemical sedimentology of the coastal deposits of Hormuz Island*. Faculty of Science, Hormozgan University, Iran [In Persian].
- Gholami N. (2008). *Petrological study of volcanic rocks on heavy metal pollution in the region with a view of the Island of Hormuz*. Faculty of Science, Hormozgan University, Iran [In Persian].
- Gruijter D., Brus D. J., Bierkens M. F. P. and Knotters M. (2006). *Sampling for natural resource monitoring*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 34(2), 123-128.
- Gong M., Bi X. Y.; Ren, L. M. Wang, L. Ma, Z. D. Bao Z. Y. and Li Z. G. (2009). Assessing heavy-metal contamination and sources by GIS-based approach and multivariate analysis of urban-rural topsoils in Wuhan, central China. *Environ Geochem Health*, 32(1):59-72.
- Izquierdo C. Usero J. and Gracia I. (1997). Speciation of heavy metals in sediment from salt marshes on the southern Atlantic coast of Spain. *Mar. Poll. Bull.*, 34(2), 123-128.
- Karimzadeh Samarin A. (2012). *Using Geochemical Data, Assessment display and interpretation*. second edition. Tabriz University Press. 527p p [In Persian].
- Liu W. H. Zhao J. Z. Ouyang Z. Y., Soderlund L. and Liu G. H. (2005). Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China. *Environ Int.* 31: 805-812.
- Mason B. and Moore C. B. (2007). *Principles of Geochemistry*. John Wiley and Sons, New York.

-
- Müller G. (1969). Index of geoaccumulation in the sediments of the Rhine River. *Geo. J.*, 2, 108-118.
- Sutherland R.A. (2000). Bed sediment – associated trace metals in an urban stream Oahu, Hawaii. *Environ. Geo.*, 39(6), 611-627.
- Szefer P. Glassby G. P., Pempkowiak J. and Kaliszan R. (1995). Extraction studies of heavy metal pollutants in surficial sediments from the southern Baltic Sea off Poland. *Chem. Geo.*, 120, 111-126.
- Turkian K.K. and Wedepohl K.H. (1964). Distribution of the elements in some major units of the earth crust. *Geo.Soc. Am. Bull.*, 72(2), 175-192.
- Yu K.C., Tsai L.J., Chen S.H. and Ho S.T. (2001). Chemical binding of heavy metals in anionic river sediments. *Water Res.*, 35(17), 4086-4096.

Geochemical and Environmental Monitoring of the Major and Minor Elements in Coastal Sediments of Hormoz Island (Persian Gulf) and Drawing its Distribution Maps

Mehdi Gholamdokht Bandari^{1*}, Payman Rezaee², Mansour Ghorbani³ and Mohammad Kamangar⁴

¹ M.Sc. of Sedimentology and Sedimentary Lithology, Department of Natural Resources and Watershed, Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

² PhD of Sedimentology and Sedimentary Lithology, Department of Geology and Mangrove Forest Research Institute, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

³ PhD of Sedimentology and Sedimentary Lithology, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

⁴ M.Sc. of Remote Sensing and GIS, Department of Geography, Faculty of Basic Sciences, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

*Corresponding author: gholamdokht.bandari@yahoo.com

Received: May 10, 2016

Accepted: August 9, 2016

Abstract

Assessing pollution of coastal sediments is environmentally and ecologically important. Therefore, the aim of this study was to determine environmental pollution and to prepare the geochemical distribution map of elements in the coastal sediments of Hormoz Island at the north of Hormoz Strait. For this purpose, 27 sediment samples were taken to a depth of 10 cm from the surface sediments. These samples were analyzed for the elemental composition using X-ray fluorescence method (XRF). The elemental spatial distribution was mapped using linear Kriging method in GIS environment. The sediments mineralogical analysis using XRF showed that the sediment is mainly consisted of a collection of minerals such as hematite, calcite, quartz, feldspar, plagioclase, dolomite, aragonite, clay minerals and heavy minerals. Calculating the Muller environmental indices (Igeo) and enrichment factor (EF) showed that the sediments of the coastal strip of the Hormuz Island are contaminated with Cr, As, and Pb. Based on the sedimentology and sedimentary geochemistry on one hand and refereeing to interpreting the distribution maps on the other hand, it became clear that alteration and erosion of rock units exposed in the center of the Hormuz Island series under hot and humid weather conditions are the source of these elements. Source of chromium is caused by anthropogenic activities.

Keywords: Pollution, Coastal Sediments, Hormoz Island, GIS