تعیین سهم منبع طبیعی و انسان ساخت عناصر فلزی مس، روی، سرب و کادمیم در رسوبات سطحی سواحل ایرانی دریای خزر با استفاده از استخراج پی‌درپی

حسن نصراله‌زاده ساروی*[1]، مریم محتشم زاده[2]، محمد خالصی[3]، لیلا نیازی[4]

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد اکولوژی آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۳- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد شیمی- شیمی دریا دانشگاه مازندران

hnsaravi@yahoo.com

تاریخ دریافت : ۱۳۹۶/۱۰/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۲۴

چکیده

رسوبات ساحلی به عنوان نشانگرهای حساس جهت پایش آلودگی در مناطق ساحلی به کار می‌روند. عناصر فلزی در رسوبات سطحی از منابع طبیعی و انسان ساخت سرچشمه می‌گیرند، بنابراین در این مطالعه به منظور تعیین سهم منابع طبیعی و انسان ساخت فلزات مس، روی، سرب و کادمیم رسوبات سطحی دریای خزر، نمونه‌برداری فصلی در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تعداد ۷۲ (با سه تکرار) نمونه رسوب از نیم خط‌های تنکابن و بندر امیرآباد در اعماق ۵، ۱۰ و ۲۰ متری بوسیلۀ نمونه‌بردار گرب ون وین جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها با روش استخراج پی‌درپی غلظت کل فلزات، بخش‌های ناپایدار و پایدار نمونه‌ها هضم گردیدند و سپس غلظت فلزات بوسیلۀ دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که حداکثر و حداقل غلظت مس، روی، سرب و کادمیم در بخش ناپایدار به ترتیب (۱۹/۳۱- ۰/۵۸)، (۴/۲۱- ۰/۸۳)، (۷/۸۶- ۴/۲۱) و (۰/۶۸- ۰/۳۱) میکروگرم بر وزن ماده خشک و در بخش پایدار (۲۳/۳۳- ۴/۷۰)، (۷۹/۱۹- ۴/۸۸)، (۷/۱۴-۰۶/۸۴) و (۰/۴۶- ۰/۲۳) میکروگرم بر گرم وزن ماده خشک به ترتیب یاد شده، به دست آمدند. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که درصد بخش ناپایدار فلز کادمیم برابر ۵۸/۵۸ درصد بوده که نشان دهندۀ بیشتر بودن سهم انسانی در توزیع این فلز می‌باشد. در حالی که فلزات مس (۳۲٪/۱۴)، روی (۴٪/۲۸) و سرب (۳۵٪/۷۷) دارای منشاء طبیعی بودند. بنابراین میزان عناصر سمی سرب و کادمیم در بخش ناپایدار کمتر از حد استاندارد بوده و برای موجودات کف‌زی مشکلی را ایجاد نخواهد کرد.

واژه‌های کلیدی: استخراج پی‌درپی، دریای خزر، رسوبات، عناصر فلزی، سواحل ایران

مقدمه

فلزات از مواد رایج در محیط زیست هستند که به علت تأثیر سمی آنها بر زندگی موجودات آبزی، داشتن فاکتور غنی‌شدگی بالا و سرعت پایین تجزیه شدن به‌عنوان آلاینده‌های مهم غیرآلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. در محیط‌های آبی، رسوبات دارای ظرفیت بالایی برای آلودگی به عناصر فلزی هستند. در چرخه‌های هیدرولوژیکی، عملاً کمتر از ۰/۱ درصد از فلزات در آب حل می‌شوند و بیشتر از ۹۹ درصد در رسوبات و خاک ذخیره می‌شوند (Karbassi *et al.*, 2008). منابع ورودی آنها به آب‌ها و رسوبات، منابع طبیعی و منابع انسانی است. منشاء طبیعی فلزات در اکوسیستم‌های آبی ناشی از هوازدگی سنگ‌ها و فرسایش خاک‌ها است و از مهم‌ترین منشاهای انسانی می‌توان به فعالیت‌های شهری، صنعتی و کشاورزی اشاره نمود (Singh *et al.*, 2005).

در یک محیط آبی، عناصر فلزی بسته به شرایط فیزیکی و شیمیایی پیکرهٔ آبی، دستخوش ته‌نشینی، ترکیب شدن و واکنش‌های جذب و حلالیت می‌شوند (An and Kampbell, 2003). اندازه‌گیری مقدار کل فلزات شاخص ضعیفی از دسترسی زیستی، تحرک یا سمیت فلزات هستند که اساساً این ویژگی‌ها به پیوندهای شیمیایی اجزای مختلف نمونه وابسته است (Tuzen *et al.*, 2003). این مسئله لزوم انجام مطالعات تفکیک شیمیایی را به منظور دست‌یابی به منشاء و نوع پیوندها ضروری می‌سازد (باقری و همکاران،۱۳۹۰). اجزای بخش‌های ناپایدار (تبادلی، اکسیدهای آهن و منگنز و مواد آلی)، حاصل از ورود فلزات در نتیجه فعالیت‌های انسانی است و بخش پایدار در نتیجهٔ حضور طبیعی آنها در پوسته زمین هستند (Zakir and shikazono., 2008).

مطالعات بررسی غلظت کل در حوزهٔ جنوبی دریای خزر توسط محققین مختلف انجام گردیده که به‌طور مثال به تحقیقات Sohrabi و همکاران (۲۰۱۰)، در ارزیابی برخی از فلزات (سرب، نیکل، کادمیم، روی، مس و آهن) رسوبات سطحی حوزهٔ جنوب شرقی دریای خزر و نصراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی غلظت فلزات روی، مس، سرب و جیوه در رسوبات منطقهٔ جنوبی دریای خزر پرداختند. در خصوص منشاءیابی فلزات می‌توان به تحقیق هاشمی و همکاران (۱۳۹۱)، در حوزهٔ جنوبی دریای خزر اشاره نمود. بنابراین گزارشات بسیار کمی و یا موردی از آلودگی سواحل جنوبی دریای خزر به عناصر فلزی ناشی از فعالیت‌های انسانی ارائه شده است ولی غلظت‌های ناپایدار و پایدار که تعیین کنندهٔ منبع آنهاست، به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار نگرفته است. در این تحقیق با توجه به اهمیت دریای خزر و مشخص نبودن مقادیر پایدار و ناپایدار عناصر فلزی در سواحل جنوبی دریای خزر، غلظت عناصر فلزی روی و مس (ضروری) و سرب و کادمیم (غیرضروری) با استفاده از روش استخراج پی‌درپی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور سنجش و تعیین منشاء فلزات روی، مس، سرب و کادمیم نمونه‌برداری‌ها به‌طور فصلی در دو منطقهٔ تنکابن و منطقهٔ امیرآباد از سه عمق ۵، ۱۰ و۲۰ متری از رسوبات سطحی حوزهٔ جنوبی دریای خزر در سال ۱۳۹۲ نجام شدند (جدول ۱).

در هر ایستگاه ۹ نمونه رسوب (سه تکرار) در هر عمق ۵، ۱۰ و ۲۰ متر بوسیلهٔ دستگاه گرب ون وین (Van Veen Grab) برداشته شدند. به منظور آماده سازی، ابتدا نمونه‌های جمع‌آوری شده بوسیلهٔ دستگاه فریز درایر در محیط سرما خشک گردید تا اینکه به وزن ثابتی رسیدند (Tanner, 2000). جهت برآورد سهم منابع طبیعی و انسان ساخت عناصر فلزی رسوبات سطحی دریای خزر از روش استخراج پی‌درپی استفاده گردید. این روش شامل ۴ مرحله قابل تبادل، وابسته به عناصر احیا، وابسته به مواد آلی و بخش پایدار می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های نمونه‌برداری به همراه نام ایستگاه‌ها و اعماق مختلف در سواحل ایرانی حوزهٔ جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

نام ایستگاه		۵ متر	۱۰ متر	۲۰ متر
تنکابن	طول جغرافیایی	ºه۵ ۵۴`	ºه۵ ۵۴`	ºه۵ ۵۵`
	عرض جغرافیایی	ºه۳۶ ۴۹`	ºه۳۶ ۴۹`	ºه۳۶ ۵۰`
بندرامیر آباد	طول جغرافیایی	ºه۵۳ ۱۸`	ºه۵۳ ۱۷`	ºه۵۳ ۱۶`
	عرض جغرافیایی	ºه۳۶ ۵۲`	ºه۳۶ ۵۳`	ºه۳۶ ۵۶`

فلزات شامل Zn، Cd، Pb و Cu با استفاده از جذب اتمی مجهز به دو سیستم شعله و گرافیتی (Thermo M5, ۲(D Electron Corporation AA Serio Model: تعیین غلظت گردیدند. دقت و راندمان اندازه‌گیری میزان فلزات مورد نظر با استفاده از آنالیز ماده استاندارد مرجع SRM 2711 به ترتیب برای فلزات مس، روی، کادمیم و سرب ۰/۰۴۰ (۱۰۱٪)، ۰/۰۱۱ (۱۱۰٪)،۰/۱۱ (۱۱۰٪) و ۰/۰۱۰ (۹۲٪) میکروگرم بر گرم وزن خشک تعیین گردیدند.

شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده رسوبات حوزهٔ جنوبی دریای خزر (۱۳۹۲)

جدول ۲. مراحل چهارگانه استخراج پی‌درپی عناصر فلزی در رسوبات سطحی حوزۀ جنوبی دریای خزر (سال ۱۳۹۲)

مرحله	اطلاعات شیمیایی	مواد مورد استفاده در استخراج پی‌درپی
۱	بخش قابل تبادل	۵۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم ۱مولار (pH=۷)
۲	بخش وابسته به عناصر احیا	۵۰ میلی‌لیتر هیدروکسیل آمونیوم (pH=۲)
۳	بخش وابسته به مواد آلی	۱۵ میلی‌لیتر هیدروژن پراکسید، ۵۰ میلی‌لیتر استات آمونیوم یک مولار (pH=۲)
۴	بخش پایدار	اسید نیتریک(٪۶۵) و اسید پرکلریدریک (٪۷۰) به نسبت ۴:۱

یافته‌ها

میانگین غلظت کل و بخش‌های پایدار و ناپایدار فلزات مس، روی، سرب و کادمیم در فصول و ایستگاه‌های تنکابن و امیرآباد در شکل ۲ آورده شده است. بیشترین میزان فلزات مس، روی، سرب و کادمیم در بخش ناپایدار در ایستگاه تنکابن به ترتیب ۴/۲۲، ۲/۸۴، ۶/۰۱ و ۰/۴۲ میکروگرم برگرم ماده خشک و در ایستگاه امیرآباد به ترتیب۷/۴۲، ۲/۵۱، ۶/۷۶ و ۰/۵۸ میکروگرم بر گرم ماده خشک بودند. بیشترین میزان فلزات مس، روی، سرب و کادمیم در بخش پایدار در ایستگاه تنکابن به ترتیب ۱۰/۶۴، ۶۱/۶۸، ۱۱/۴۸ و ۰/۴۳ میکروگرم برگرم ماده خشک و در ایستگاه امیرآباد به ترتیب ۱۲/۲۶، ۵۷/۸۴، ۱۱/۴۲ و ۰/۴۱ میکروگرم بر گرم ماده خشک برآورد شدند. در بررسی آماری تغییرات غلظت فلز در بخش ناپایدار و پایدار، میانگین غلظت فلزات مس، روی، سرب و کادمیم در رسوبات سطحی حوزۀ جنوبی دریای خزر بین بخش ناپایدار و بخش پایدار بر اساس آزمون t، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد($P<۰/۰۵$).

اجزای بخش ناپایدار (تبادلی، اکسیدهای آهن و منگنز و مواد آلی) حاصل از ورود فلزات در نتیجۀ فعالیت‌های انسانی است و بخش پایدار در نتیجۀ حضور طبیعی آنها در پوسته زمین هستند (Soares *et al.*, 1999; Zakir and Shikazono, 2008) این مسئله لزوم انجام مطالعات تفکیک شیمیایی را به منظور دستیابی به منشاء و نوع پیوندها ضروری می‌سازد (باقری و همکاران،۱۳۹۰). در تحقیق حاضر با استفاده از روش استخراج پیدرپی به بررسی سهم طبیعی و انسانی عناصر فلزی مس، روی، سرب و کادمیم رسوبات سطحی حوزۀ جنوبی دریای خزر پرداخته شد. نتایج تحقیقات دیگران نشان داد که غلظت بخش پایدار فلزات بیش از بخش ناپایدار می‌باشد (Yap *et al.*, 2003; Cuong and Obbard, 2006; Amin *et al.*, 2007).

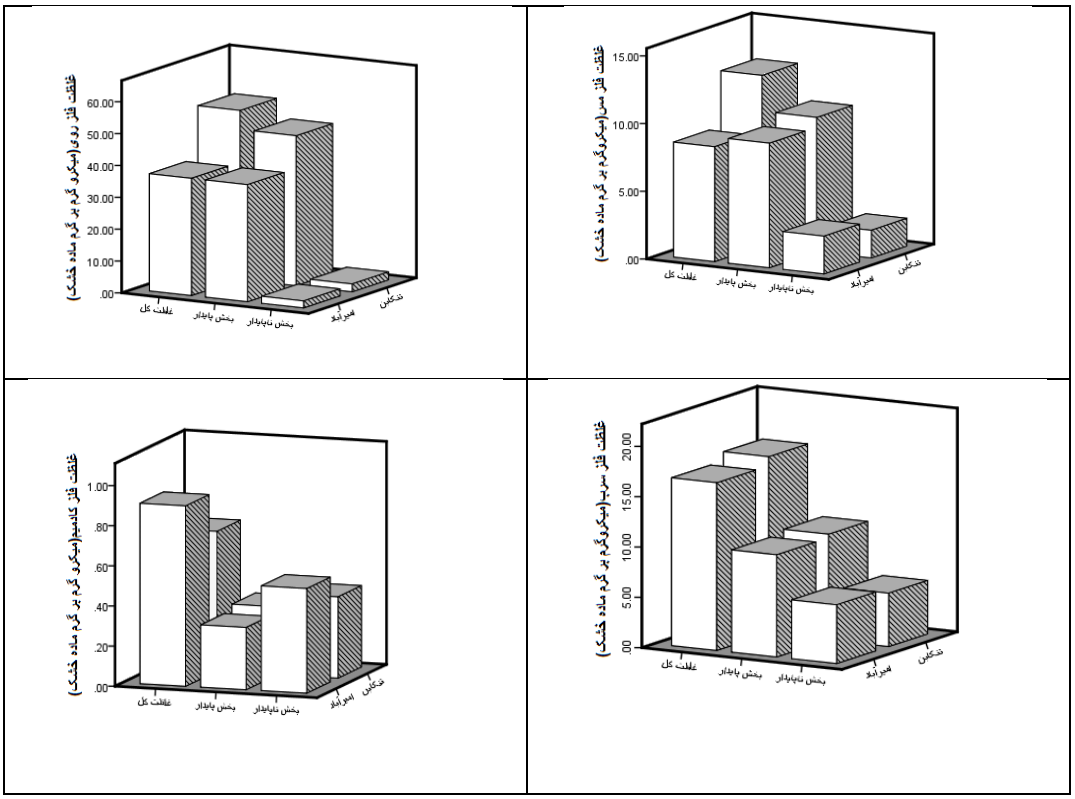
در تحقیق حاضر بجز فلز کادمیم مقادیر بخش پایدار به‌طور معنی‌داری چندین برابر بخش ناپایدار بوده است ($P<۰/۰۵$)، به‌طوری که درصد بخش پایدار در محدوده ۹۶-۴۱ و بخش ناپایدار در محدوده ۵۸-۴ مشاهده گردید که با نتایج تحقیقات فوق مشابه بوده است. Yap و همکاران (۲۰۰۲)، در تحقیقات صورت گرفته گزارش کردند که بخش ناپایدار فلزات در رسوبات می‌تواند با اثر بر موجودات مشکل ساز باشد و علاوه بر این درصد عمده این بخش بیشتر از منابع انسان ساخت بوده و منابع طبیعی نقش کمتری دارند .در تحقیق حاضر درصد بخش ناپایدار فلز سمی کادمیم بیش از بخش پایدار بوده است که بیانگر منبع انسان ساخت بوده و با نتایج فوق مطابقت دارد.

فلز کادمیم با توجه به قابل دسترس بودن و سمیت بیشتر می تواند بر موجودات منطقه اثر نامطلوب بگذارد (Pempkowiak *et al.*, 1999). درصد بخش ناپایدار فلزات مس، روی، سرب و کادمیم در ایستگاه تنکابن به ترتیب ۲۸/۳۹، ۴/۴۰، ۳۴/۳۶ و ۴۱/۴۹ و در ایستگاه امیرآباد به ترتیب ۳۵/۸۸، ۴/۱۵، ۳۷/۱۸ و ۵۸/۵۸ به دست آمدند.

بخش پایدار فلزات مس، روی، سرب و کادمیم در ایستگاه تنکابن به ترتیب ۷۱/۶۱، ۹۵/۶۰، ۶۵/۶۴، ۵۰/۹۹ و در ایستگاه امیرآباد ۶۴/۱۲، ۹۵/۸۵، ۶۲/۸۲ و ۴۱/۴۲ به دست آمدند. با توجه به درصدهای به دست آمده در هر دو ایستگاه کمترین درصد در بخش ناپایدار مربوط به فلز روی و بیشترین درصد مربوط به فلز کادمیم است. با توجه به درصدهای به دست آمده، می‌توان منشاء فلزات روی را طبیعی و منشاء فلز کادمیم را انسان ساخت تعیین کرد. درصد بخش ناپایدار فلز کادمیم در بندر امیرآباد بیشتر از تنکابن بوده است که می‌توان این تفاوت را به ورودی رودخانهٔ گهرباران، وجود بندر تجاری و حمل و نقل نفتی منطقه بندر امیرآباد نسبت داد.

Shirneshan و همکاران (۲۰۱۳)، در تحقیقی در منطقهٔ خلیج‌فارس عنوان کردند، زمانی که درصد بخش پایدار بیش از ۵۰٪ برسد بیانگر این است که منبع این عناصر بیشتر ژئوشیمیایی است و منبع انسان ساخت اثر کمتری دارد. در مطالعه حاضر درصد بخش پایدار سالانه با بیش از ۵۰٪ درصد با نتایج فوق مشابه بوده که بیانگر منبع اصلی سه فلز مس، روی و سرب طبیعی و ژئوشیمیایی می‌باشد. در تحقیق حاضر با توجه به درصد قابل توجه (۴-۵۸) بخش ناپایدار را می‌توان به فعالیت‌های انسانی از قبیل کشتیرانی، صنایع ساحلی، فعالیت‌های نفتی و غیره در دریای خزر مرتبط دانست. Idriss و Ahmad (۲۰۱۳)، بیان نمودند که در بخش ناپایدار جزء فلزات وابسته مواد آلی بیش از دو جزء دیگر بوده است. Yap و همکاران (۲۰۰۲)، گزارش کردند بخش وابسته به مواد آلی نقش مهمی را در نگهداری فلزات در رسوبات بازی می‌کند و دلیل آن وابستگی شدید فلزات به ویژه مس به مواد هوموسی بوده که عناصر فلزی با آنها تشکیل کمپلکس‌های پیچیده‌ای را می‌دهند. هاشمی و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی رسوبات سطحی حوزهٔ جنوبی دریای خزر در استان مازندران نشان دادند که در بخش ناپایدار جزء وابسته مواد آلی بیشترین درصد را دارا می‌باشد. در تحقیق حاضر نیز بخش ناپایدار که شامل سه جزء می‌باشد که جزء وابسته مواد آلی بیش از جزء وابسته به عناصر احیاء و در نهایت بیش از جزء قابل تبادل بوده است که با نتایج فوق مشابهت دارد. Passos و همکاران (۲۰۱۰) تحرک و دسترسی زیستی بالایی برای فلز روی نشان دادند و منشا این فلز را منابع انسانی اعلام کردند. بر اساس بیشترین غلظت فلزات در بخش ناپایدار، نتیجه تحقیق حاضر بیشترین تحرک و دسترسی زیستی را در ایستگاه تنکابن برای فلز سرب و در ایستگاه امیرآباد برای فلز مس نشان داد. هم‌چنین Passos و همکاران (۲۰۱۰)، بیشترین غلظت فلزات کادمیم، مس و سرب را در بخش وابسته به اکسیدهای آهن و منگنز به دست آوردند ولی در تحقیق حاضر این فلزات بیشترین غلظت را در بخش وابسته به مواد آلی نشان داد. علت وجود تفاوت بین این دو تحقیق را می‌توان به تفاوت در میزان مواد آلی دانست. از طرفی دیگر به علت تمایل بالای مس به ترکیب شدن با مواد هوموسی و بالا بودن غلظت فلز آن در بخش وابسته به مواد آلی، می‌توان تحرک و دسترسی زیستی مس در ایستگاه تنکابن را توجیه نمود و ورودی منابع انسانی بیشتر سرب در ایستگاه امیرآباد را می‌توان به عنوان دلیلی برای تحرک و دسترسی زیستی این فلز ذکر کرد.

میانگین بخش ناپایدار فلزات (به غیر از کادمیم) ناحیه غربی بیش از ناحیه شرقی بوده است که احتمالاً می‌تواند به توپوگرافی بستر، جهت جریانات سیکلونی، هیدرودینامیک مرتبط باشد که با آوردن آب‌های آلوده به این منطقه و رسوب‌گذاری در بستر، سبب افزایش غلظت این فلزات در این ناحیه می‌شود. هاشمی و همکاران (۱۳۹۱)، در گزارش خود در حوزهٔ جنوبی دریای خزر غلظت فلزات از غرب به شرق را دارای اختلاف معنی‌داری نشان دادند که با نتایج تحقیق حاضر مشابه بوده است. این افزایش غلظت از شرق به غرب در امتداد ساحل می‌تواند ناشی از ورود مقادیر زیاد رسوبات از قسمت‌های شمالی و جنوب غربی دریای خزر و با توجه به جریان خلاف جهت عقربه‌های ساعت آب دریا (حرکت سیکلونی)، به این منطقه باشد (Ketek Lahijani *et al.*, 2008).



شکل ۲. تغییرات سالانه فلزات مس، روی، کادمیم و سرب (میکروگرم بر گرم ماده خشک) رسوبات سطحی حوزۀ جنوبی دریای خزر (سال۱۳۹۲)

مقایسه تحقیق هاشمی و همکاران (۱۳۹۱)، با تحقیق حاضر در غلظت کل نشان می‌دهد که ترتیب فلزات مشابه نبوده است اما با بخش ناپایدار این تحقیق مطابقت داشته است (جدول ۳). نتایج مطالعه Vesali و همکاران (۲۰۱۲)، نشان داد که بیشتر فلزات در بخش پایدار محدود شده‌اند و تنها تالاب نسبت به آرسنیک، سرب و کادمیم آلوده بوده است. نتیجه تحقیق فعلی در خصوص عناصر روی، سرب و کادمیم هم‌خوانی داشته است. در نتایج هاشمی و همکاران (۱۳۹۲) در بندر انزلی و کیاشهر، ترتیب فلزات در بخش ناپایدار به صورت Cu>Zn>Ni>Cr بود که فلزات مس و روی با نتایج این تحقیق هم‌خوانی نداشته است. با مقایسه تحقیقات De Mora و همکاران (۲۰۰۴)، نصراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۲) و همچنین تحقیقات هاشمی و همکاران (۱۳۹۲)، با نتایج حاضر در غلظت کل فلزات می‌توان دریافت که غلظت عنصر سرب بیش از عنصر مس بوده است به‌طوری که ترتیب قرار گرفتن فلزات تغییر کرده است، اما مقایسه ترتیب قرار گرفتن غلظت کل تحقیقات Sohrabi و همکاران (۲۰۱۰)، با تحقیق حاضر مطابقت داشته است.

به منظور تعیین میزان آلودگی رسوبات سطحی به فلزات روی، مس، سرب و کادمیم مقادیر میانگین آنها با استانداردهای مختلف در دنیا مقایسه گردید (جدول ۴). استانداردهای SOGs و NOAA (ERM, ERL) برای ارزیابی درجه آلودگی و بررسی میزان تأثیر آلاینده‌ها بر روی موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرند (Long *et al.*, 1995; Hongyi *et al.*, 2009). میانگین غلظت عنصر روی، مس و سرب در غلظت کل و بخش‌های ناپایدار و پایدار رسوبات سطحی از حداقل حد مجاز کشورهای مختلف آمریکا، کانادا، استرالیا و هلند کمتر بوده است که نشان‌دهنده عدم آلودگی رسوبات این نواحی از دریای خزر به این فلزات می‌باشد و حتی حداکثر غلظت فلزات روی، مس و سرب از این استاندارد و حد مجازهای کشورهای

مختلف نیز کمتر بوده است. اما غلظت کل کادمیم از حد مجاز استاندارد کانادا (ISOG) کمی بیشتر بوده است که بیانگر آلودگی این مناطق می‌باشد نکته قابل توجه آن است که اگر غلظت بخش ناپایدار در نظر گرفته شود، می‌توان دریافت که میانگین و حتی حداکثر غلظت فلز کادمیم کمتر از استانداردهای مختلف می‌باشد و نشان‌دهنده عدم آلودگی رسوبات منطقه بوده است.

جدول ۳. مقایسه ترتیب فلزات تحقیق حاضر با تحقیقات مختلف دریای خزر

غلظت کل	بخش ناپایدار	بخش پایدار	مکان مورد مطالعه	مرجع
Zn>Cu>Pb>Cd	-	-	سواحل روسیه (دریای خزر)	De Mora و همکاران (۲۰۰۴)
Zn>Cu>Pb>Cd	-	-	سواحل قزاقستان (دریای خزر)	De Mora و همکاران (۲۰۰۴)
Zn>Cu>Pb>Cd	-	-	سواحل آذربایجان (دریای خزر)	De Mora و همکاران (۲۰۰۴)
Zn>Cu>Pb>Cd	-	-	سواحل ایران (دریای خزر)	De Mora و همکاران (۲۰۰۴)
Pb>Cu>Zn>V>Ni>Cr	-	-	حوزهٔ جنوبی دریای خزر	هاشمی و همکاران، ۱۳۹۱
Zn>Cu>Pb>Hg	-	-	حوزهٔ جنوبی دریای خزر	نصراله‌زاده و همکاران (۱۳۹۲)
Zn>Ni>Pb>Cu>Cd	-	-	جنوب شرقی دریای خزر (سواحل ایران)	Sohrabi و همکاران (۲۰۱۰)
Fe>As>Cr>Zn>Ni>V>Pb>Cd	-	-	تالاب انزلی	vesali و همکاران (۲۰۱۲)
Zn>Pb>Cu>Cd	Pb>Cu>Zn>Cd	Zn>Pb>Cu>Cd	حوزهٔ جنوبی دریای خزر	تحقیق حاضر (۱۳۹۲)

توصیه ترویجی

اجزای ناپایدار عناصر فلزی در رسوبات می‌توانند سبب بروز آلودگی در آبزیان بخصوص ساکنین و تغذیه‌کنندگان رسوب شوند. روش‌های رایج سنجش قادر به تفکیک و تعیین این بخش از آلودگی نیست. مطالعه حاضر با ارائه روش استخراج پی‌درپی، میزان آلاینده‌های زیستی از فلزات رسوب را تعیین نمود، به‌طوری که فلز کادمیم به‌عنوان زنگ خطر آلودگی فلزات با منشاء انسانی شناخته شد. این مطالعه با شناخت نوع آلودگی زمینه دست‌یابی به روش‌های کنترل و کاهش آلودگی را فراهم نمود.

تشکر و قدردانی

بدینوسیله از زحمات پرسنل پژوهشکده اکولوژی دریای خزر که در پیشبرد این تحقیق به اینجانب یاری رسانده نهایت تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

جدول ۴. مقایسه تحقیق حاضر با استاندارد و حد مجاز برخی عناصر فلزی (µg/g.dw) در رسوبات دریایی کشورهای مختلف دنیا

عناصر	آمریکا		کانادا		استرالیا		هلند		تحقیق حاضر	
	ERL	ERM	ISQG	PEL	ISQG-Low	ISQG-High	NEC	MPC		
Zn	۱۵۹	۴۱۰	۱۲۴	۲۷۱	۲۰۰	۴۱۰	۱۴۰	۵۲۰	بخش ناپایدار	۲/۳۳±۰/۱۵
									بخش پایدار	۴۱/۹۲±۳/۴۵
									کل	۴۴/۹۳±۳/۲۵
Cu	۳۴	۲۷۰	۱۸/۷	۱۰۸	۶۵	۲۷۰	۳۶	۷۳	بخش ناپایدار	۲/۴۱±۰/۸۳
									بخش پایدار	۹/۵۷±۰/۸۹
									کل	۱۲/۲۰±۰/۷۶
Pb	۴۶/۷	۲۱۸	۳۰/۲	۱۱۲	۵۰	۲۲۰	۸۵	۵۳۰	بخش ناپایدار	۵/۵۷±۰/۲۱
									بخش پایدار	۱۰/۳۳±۰/۴۰
									کل	۱۷/۱۲±۰/۸۴
Cd	۱/۲	۹/۶	۰/۷	۴/۲	۱/۵	۱۰	۰/۸	۱۲	بخش ناپایدار	۰/۴۶±۰/۰۲
									بخش پایدار	۰/۳۲±۰/۰۱
									کل	۰/۸۰±۰/۰۷

Effects Range Low (ERL); EffectsRange Medium (ERM); Interim Sediment Quality Guidelines (ISQG); Permissible Exposure Limit (PEL); Netherland Enironmental Concentration (NEC); Permissiable Concentration (MPC)

منابع

۱- باقری، ح.، شارمد، ت.، خیرآبادی، و.، درویش بسطامی، ک.، باقری، ز.،۱۳۹۰ . سنجش و ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رسوبات رودخانه گرگانرود. اقیانوس شناسی. سال ۲، شماره ۵، صفحات ۳۹-۳۵.

۲- باقری، ز.، ریاحی بختیاری، ع.، باقری، ح.، ۱۳۹۰. مطالعه تعیین غلظت و منشاءیابی فلزات سرب و کادمیوم در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس با روش استخراج پی‌درپی. اقیانوس‌شناسی. سال ۴، شماره ۱۴، صفحات ۳۳-۲۷.

۳- هاشمی، س.ج.، ریاحی بختیاری، ع.ر.، لک، ر.، ۱۳۹۱. منشاءیابی و پراکنش فلزات سرب، مس، روی، نیکل، کروم و نیکل در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. دوره ۲۲، ویژه نامه ۱، صفحات ۳۶-۵۰.

۴- نصراله‌زاده ساروی، ح.، نجف پور، ش.، پورغلام، ر.، غلامی‌پور، س.، ۱۳۹۲. تعیین میزان آلاینده فلزی (آب، رسوب و ماهی) در منطقهٔ جنوبی دریای خزر. پژوهشکده اکولوژی دریای خزر. ۸۵ صفحه.

5- Amin, B., Ismail A., Arshad, A. and Salleh Kamarudi, M., 2007. Distribution and Speciation of Heavy Metals (Cd, Cu and Ni) in Coastal Sediments of Dumai Sumatera, Indonesia, Journal of Coastal Development, 10:125-141.

6- An, Y.J. and Kampbell, D.H., 2003. Total dissolved, and bioavailable metals at Lake Texoma marinas, Environmental Pollution, 122:253–259.
7- Cuong, D.T and Obbrad, J.P., 2006. Metal speciation in coastal marine sediments from Singapore using a modified BCR- sequential extraction procedure. Applied Geochemistry, 21:1335-1346.
8- De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S. and Cassi, R., 2004. An assessment of metal contamination in coastal sediment of the Caspian Sea. Marine Pollution Bulletin, 48:61-77.
9- Hongyi, N., Wenjing, D., Qunhe, W. and Xingeng, C., 2009. Potential toxic risk of heavy metals from sediment of the Pearl River in South China. Journal of Environmental Sciences, 21:1053-1058.
10- Idriss, A. A and Ahmad, A. K., 2013. Heavy Metals Nickel and Chromiumin Sediments in the Juru River, Penang, Malaysia. Journal of Environmental Protection, 4:1245-1250.
11- Karbassi, A.R., Monavari, S.M., Nabi Bidhendi, Gh.R. Nouri, J. and Nematpour, K., 2008. Metal pollution assessment of sediment and water in the Shur River. Environmental Monitoring Assessment, 147:107-116.
12- Ketek Lahijani, H.A., Tavakoli, V. and Amini, A.H., 2008. South Caspian river mouth configuration under human impact and sea level fluctuations. Environmental Sciences, 5: 65-68.
13- Long, E.R., Robertson, A., Wolfe, D.A., Hameedi, J. and Sloane, G.M., 1995. Estimates of the spatial extent of sediment toxicity in major US estuaries. Environmental Sciences Technology, 30:3585-3592.
14- Passos, E., Alves, J., Dos Santos, I., Alves, J., Garcia, C. and Spinola Costa, A., 2010. Assessment of trace metals contamination in estuarine sediments using a sequential extraction technique and principal component analysis, Microchemcal Journal, 96:50–57.
15- Pempkowiak, J., Sikora, A. and Biernacka, E., 1999. Speciation of heavy metals in marine sediments vs their bioaccumulation by mussels, Chemosphere, 39:313-321.
16- Shirneshan, G., Riyahi Bakhtiari, A., Seyfabadi, S.J. and Mortazavi, S., 2013. Environmental geochemistry of Cu, Zn and Pb in sediment from Qeshm Island-Persian Gulf, Iran: a comparison between the northern and southern coast and ecological risk, Geochemistry International, 51: 670-676.
17- Singh, K. P., Mohan, D., Singh, V.K. and Malik, A., 2005. Studies on distribution and fractionation of heavy metals in Gomti River sediments a tributary of the Ganges, India, Journal of Hyrology, 312: 14-27.
18- Soares, H.M.V.M., Boaventura, R.A.R., Machado, A.A.S. C. and Esteves dasilva, J.C.G., 1999. Sediments as monitors of heavy metals contamination in the Averiver basin (Portugal) Multivariate analysis of data, Environmental Pollution, 105: 311-323.
19- Sohrabi, T., Ismail, A. and Nabavi, M.B., 2010. Distribution and Normalization of some Metal in Surface Sediment from South Caspian Sea. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 85:502- 508.
20- Tanner, P., Leong, L.S. and Pan, S.M., 2000. Contamination of heavy metals in marine sediment cores from Victoria Harbour, Hong Kong. Marine Pollution Bulletin, 40:769–79.

21- Tuzen, M., 2003. Determination of trace metals in the River Yesilirmak sediments in Tokat, Turkey using sequential extraction procedure. Microchemcal Journal, 74:105–110.
22- Vesali, M.R., Karbassi, A., Ghazaban, F. and Bghvand, A., 2012. Evaluation of Heavy Metal Pollution in Anzali Wetland, Guilan, Iran. Iranian Journal of Toxicology, 5:565-576.
23- Yap, C.K., Ismail, A., Tan, S.G. and Omar, H., 2002. Correlations between speciation of Cd, Cu, Pb and Znin sediment and their concentrations in total soft tissueof green-lipped mussel Perna viridis from the westheavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city port. Chemosphere, 61:800–809.
24- Yap, C.K., Ismail A.and Tan, S.G., 2003. Cd and Zn concentrations in the Straits of Malacca and intertidal sediments of the west coast of Peninsular Malaysia. Marine Pollution Bulletin, 46: 1341–1358.
25- Zakir, H.M. and Shikazono, N., 2008. Metal fractionation in sediment: a comparative assessment of four sequential extraction schemes. Journal of environmental Science coast of Peninsular Malaysia. Environment International, 28:117-126.