

## بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل دریای خزر در استان گیلان

عبدالحسین پری زنگنه: عضو هیات علمی دانشگاه زنجان<sup>۹۱</sup>

### چکیده

در این مقاله، به بررسی غلظت فلزات سنگین ناشی از فعالیت های صنعتی و اقتصادی در رسوبات ساحلی در طول سواحل ایرانی دریای خزر از مرز ایران در آستارا تا گسکر محله واقع در مرز استان گیلان و مازندران پرداخته شده است. بدین منظور تعداد شش ایستگاه نمونه برداری با فاصله تقریبی ۵۰ کیلومتر از یکدیگر در طول سواحل انتخاب و نمونه برداری از رسوبات ساحلی در تابستان سال ۱۳۸۴ صورت گرفته است. نمونه ها پس از انتقال به آزمایشگاه خشک و دانه بندی گردیده و از هر نمونه دانه های با ابعاد ۰.۳۵۵؛ ۰.۲۱۲ و ۰.۰۷۵ میلیمتری به اضافه یک نمونه کلی از هر ایستگاه (جمعا ۲۴ نمونه) جهت بررسی میزان فلزات سنگین در آنان انتخاب گردیدند. روش آماده سازی نمونه ها با استفاده از روش استخراج با اسید استیک سرد و تجزیه و تحلیل آنها توسط دستگاه آی سی پی<sup>۹۲</sup> انجام گردید.

غلظت فلزات سنگین در رسوبات ساحلی بصورت یکنواخت در تمامی ایستگاههای نمونه برداری مشاهده نشده و اختلافات زیادی در میانگین غلظت آنان در ایستگاههای مختلف نمونه برداری مشاهده گردید. هر شش فلز سنگین مورد مطالعه دارای غلظت های آماری بالایی در محل ایستگاههای مختلف نمونه برداری در طول منطقه مورد مطالعه می باشند. وجود غلظت های بالای فلزات سنگین در رسوبات ساحلی دریای خزر منعکس کننده تخلیه میزان قابل توجهی از آلاینده های انسانی در محل ویا در نزدیکی ایستگاههای نمونه برداری به دریا می باشد. واژه های کلیدی: دریای خزر، فلزات سنگین، آلودگی آب، رسوبات ساحلی، استان گیلان.

### مقدمه

دفع فلزات سنگین به محیطهای آبی در نهایت جذب رسوبات می گردد. بنابر این رسوبات ساحلی محل تجمع فلزات سنگین و سمی می شوند. مقدار فلزات سنگین در لایه ها و طبقات مختلف رسوبات نمایانگر میزان این فلزات و مقدار آلودگی اکوسیستم در زمان رسوبگذاری آن لایه هاست [۱]. با وجود پژوهش و مطالعات متعددی که در سطح جهان در خصوص آلودگی رسوبات ساحلی به فلزات سنگین و سمی در محیط های آبی [۲ و ۳] انجام شده ولی مطالعات نسبتا محدودی بر روی غلظت فلزات سنگین در سواحل دریای خزر صورت گرفته است. مطالعات پیشین در دریای خزر عمدتا تجمع آلاینده ها را در بدن آبزیان و ماهیها [۴ و ۶] غلظت فلزات سنگین [۷]، ترکیبات آلی کلردار در آب [۸]، و هیدروکربورهای آروماتیک و آلیفاتیک [۹] را در آب و رسوبات اعماق دریا اندازه گیری

<sup>۹۱</sup> - زنجان - دانشگاه زنجان، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا، صندوق پستی ۳۱۳ - ۴۵۱۹۵

<sup>۹۲</sup> - Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP)

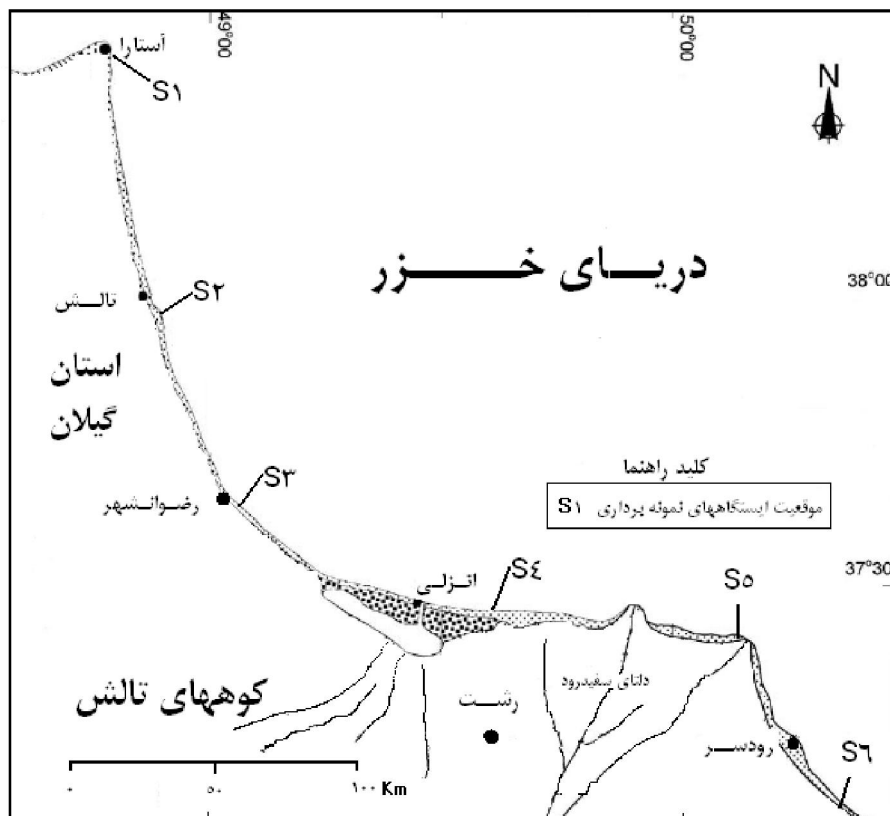
نموده اند. متولی [۱۰] به استناد اطلاعات بانک جهانی میزان دفع فاضلابهای تصفیه نشده که مستقیماً به دریای خزر تخلیه می شود را یک میلیون متر مکعب اعلام نموده است. قسمت اعظم این آلاینده ها مربوط به فعالیتهای استخراج و پالایش نفت و مواد معدنی دیگر است. رودخانه ولگا یکی از منابع اصلی آلاینده آب دریای خزر، تنوع وسیعی از انواع آلاینده های صنعتی و کشاورزی را از سطح حوضه آبخیز وسیع خود جمع آوری و به آن تخلیه می کند. نویل [۱۱] به استناد برآورد های علمی بانک جهانی، میانگین سالانه تخلیه مواد نفتی را به دریای خزر و ۶۰۰۰۰ تن، سولفیت ۲۴۰۰۰۰ تن، و کلرین را ۴۰۰۰۰۰ تن اعلام نموده است. با توجه به بسته بودن دریای خزر و جزر و مدی نبودن آن تمامی آلاینده هایی که به آن تخلیه می شوند در حوضه دریا انباشته و تجمع آنان موجب آلودگی شدید دریا می شود. مصرف منظم آبزیان توسط ساکنین منطقه نیز با توجه به تجمع آلاینده ها در بدن ماهیها و بخصوص ماهی خاویار ( آگوستا و همکاران، ۲۰۰۴) این آلاینده ها را وارد زنجیره غذایی انسان می نماید. بعضی نویسندگان آمار بالای وقوع سرطان در منطقه [۱۲] را به مصرف ماهیهای صید شده از دریای خزر مربوط می دانند. علاوه بر اثرات مخرب آلاینده ها بر سلامت انسان، نتایج مطالعات متعدد در منطقه کاهش شدید صید ماهی خاویار از دریای خزر را به آلودگی آب این دریا نسبت می دهند. بر اساس اطلاعات شبکه اینترنتی برنامه محیط زیست دریای خزر [۱۲] صید ماهی خاویار از ۳۰۰۰۰ تن در سال ۱۹۸۵ به ۵۶۷۲ تن در سال ۱۹۹۵ کاهش یافته است. لازم بذکر است که بیش از ۹۰-۸۵ درصد ماهی خاویار جهان از دریای خزر صید می شود. کاهش شدید صید ماهی خاویار صنعت خاویار را تهدید و بر اقتصاد بومی منطقه تاثیر زیادی خواهد داشت. سواحل دریای خزر در ایران و به خصوص سواحل استان گیلان اکنون تحت تاثیر شدید اثرات تجمعی مخلوطی از آلاینده های سمی قرار گرفته و جانوران و نباتات دریایی شدیداً تهدید و کاهش یافته اند. سطح آلودگیهای موجود و پتانسیل افزایش آلودگی ها در دریای خزر و اثرات آلاینده های سمی بر انسان و حیات آبزیان، بنابر این، مطالعه و بررسی غلظت فعلی آلاینده ها در منطقه مورد مطالعه الزامی می سازد. در این مقاله غلظت این فلزات و پراکندگی آنان در رسوبات ساحلی دریای خزر در طول سواحل استان گیلان مورد مطالعه و بررسی قرار می گیرد.

#### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه به طول تقریبی ۲۷۰ کیلومتر از مرز کشور آذربایجان در غرب تا مرز استان مازندران در شرق ادامه دارد. این خط ساحلی بطور فزاینده ای توسط آلاینده هایی که از منابع مختلف انسانی به آن وارد می شود آلوده گردیده است. جدول شماره ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری را نمایش می دهد. شش ایستگاه نمونه برداری (S1-S6) با فاصله تقریبی ۵۰ کیلومتر در طول ساحل انتخاب گردیدند ( شکل شماره ۱). ایستگاههای نمونه برداری عمدتاً در نزدیکی مناطق مسکونی واقع و از غرب به شرق شامل: آستارا ( S1 )، لیسار (S2)، تازه آباد ( S3 )، حسن رود ( S4 )، دستک ( S5 ) و گسکر محله ( S6 ) می باشند.

جدول شماره ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاههای نمونه برداری

ردیف	نام استان	موقعیت		جغرافیایی		نام نزدیکترین شهر - روستا	کد نمونه
		Long.	Lat.	Long.	Lat.		
۱	گیلان	48 50	38 28	48 50	38 28	آستارا	S1
۲	گیلان	48 56	37 58	48 56	37 58	لیسار	S2
۳	گیلان	49 23	37 38	49 23	37 38	تازه آباد	S3
۴	گیلان	49 42	37 47	49 42	37 47	حسن رود	S4
۵	گیلان	50 13	37 39	50 13	37 39	دستک	S5
۶	گیلان	50 30	37 12	50 30	37 12	گسکر محله	S6



شکل شماره ۱ موقعیت ایستگاههای نمونه برداری رسوب در طول سواحل استان گیلان

### ۳- مواد و روش ها

جهت نمونه برداری از روش استاندارد وان وین گراب<sup>۹۳</sup> استفاده گردید. نمونه برداری در هفته دوم و سوم مرداد ماه سال ۱۳۸۴ انجام و از هر ایستگاه حدود ۴۰۰ گرم از رسوبات سطحی از نزدیکی خط ساحلی برداشت گردید. نمونه ها در ظروف مخصوص پلاستیکی و در یخدان نگهداری شدند.

نمونه ها در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد و در کوره به مدت ۵ ساعت قرار داده شد تا کاملا خشک شوند. سپس مقدار ۱۰۰ گرم از هر نمونه برداشت و جهت تعیین توزیع وزنی دانه ها در هر نمونه، با استفاده از تعداد ده الک، نمونه ها دانه بندی و وزن هر طبقه تعیین گردید (جدول شماره ۲). براساس توزیع وزنی اندازه دانه ها و وزن جمععی آنان در ده الک، گروه دانه های با ابعاد ۰.۳۵۵، ۰.۲۱۲، و ۰.۰۷۵ میلیمتری که بطور متوسط بیشترین وزن نمونه ها را به خود اختصاص داده بودند جهت تحلیل و اندازه گیری مقدار فلزات سنگین در آنان انتخاب گردیدند. دانه های انتخابی به اضافه چهارده نمونه کلی و الک نشده (جمعا ۲۴ نمونه) جهت اندازه گیری ۶ فلز سنگین آلومینیم (Al)، کادمیم (Cd)، مس (Cu)، نیکل (Ni)، سرب (Pb)، و روی (Zn) در نمونه های رسوب استفاده گردیده اند.

جدول شماره ۲: توزیع وزنی دانه های تشکیل دهنده رسوب در ایستگاههای نمونه برداری به گرم

وزن کل (g)	>1.70 Mm	>1.00 mm	>0.500 mm	>0.355 mm	>0.250 mm	>0.212 Mm	>0.125 mm	>0.075 mm	>0.053 Mm	>0.025 Mm	اندازه دانه ها
											کد نمونه
۱۰۰۰۰۰	۱.۲۴	۰.۳۰	۰.۴۶	۱.۳۸	۱۰.۳۱	۴.۲۱	۶۴.۱۲	۱۷.۳۶	۰.۲۷	۰.۰۰	S1
۱۰۰۰۰۰	۷.۲۰	۵.۵۰	۲۵.۴۰	۱۷.۸۵	۱۸.۲۴	۷.۴۵	۱۴.۶۶	۳.۴۰	۰.۰۳	۰.۰۰	S2
۱۰۰۰۰۰	۳.۰۰	۲.۵۰	۱۸.۹۷	۲۷.۶۵	۲۱.۱۲	۸.۸۶	۱۶.۶۵	۱.۲۵	۰.۰۰	۰.۰۰	S3
۱۰۰۰۰۰	۰.۱۲	۰.۰۸	۰.۳۲	۵.۷۵	۴۴.۸۸	۱۸.۱۷	۲۷.۶۳	۲.۸۵	۰.۰۲	۰.۰۰	S4
۱۰۰۰۰۰	۰.۰۷	۰.۰۶	۰.۱۰	۲.۲۴	۵۴.۱۹	۲۲.۱۳	۲۰.۹۰	۰.۱۲	۰.۰۱	۰.۰۰	S5
۱۰۰۰۰۰	۱.۸۰	۰.۵۶	۰.۶۵	۳.۸۷	۲۳.۴۳	۹.۸۸	۵۳.۶۲	۶.۰۷	۰.۰۰	۰.۰۰	S6

<sup>۹۳</sup> - Standard Van Veen grab

روش آماده سازی نمونه ها جهت استخراج فلزات سنگین از رسوبات ساحلی بر اساس پروتکل مؤسسه تحقیقات زیست محیطی گریت لیکز [۱۳] در دانشگاه ویندزور در کشور کانادا صورت گرفت. در این روش جهت استخراج فلزات از رسوب از پروتکل اسید استیک سرد استفاده می گردد.

جهت کنترل کیفیت آنالیز نمونه ها نیز از روش استاندارد گلیر [۱۳] استفاده گردیده است. کنترل کیفیت هر دسته از نمونه های آماده سازی شده با گذاشتن سه نمونه شاهد، دو نمونه تکراری، یک نمونه استاندارد تهیه شده در آزمایشگاه و دو نمونه استاندارد تایید شده (Mess-3 و LKSD-4) صورت گرفت. این رسوبات استاندارد نیز مطابق نمونه ها آماده و غلظت آنان نیز توسط دستگاه اندازه گیری شد. غلظت فلزات در نمونه های رسوب توسط دستگاه (ICP) <sup>۹۴</sup> مدل (Thermo Jarrell Ash Corporation) IRIS # 701776 تعیین گردیده است. حدود تشخیص (بر مبنای واحد میکروگرم بر گرم) بر اساس پروتکل اسید استیک سرد برای هر یک از فلزات مورد مطالعه برابر با (Al 10.7, Cd 0.2, Cu 0.8, Ni 0.8, Pb 1.7, and Zn 0.2) بدست آمده است.

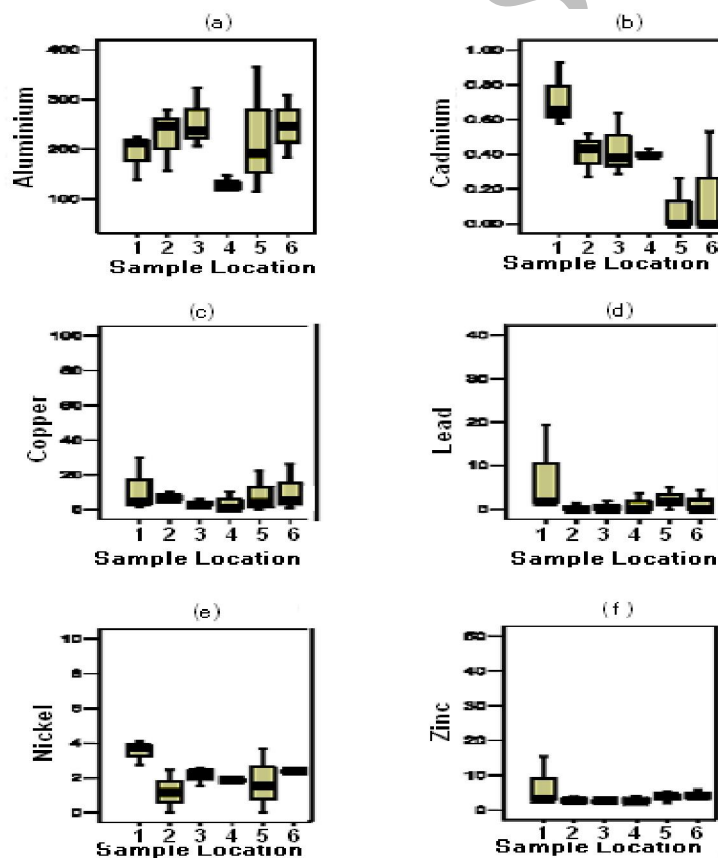
Quality assurance/ quality control data	کنترل کیفیت آنالیز نمونه های رسوب				جدول شماره ۳ Nitric/Oxalic Protocol	
	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu
Analyze						
IDL and SDL						
Soln DL (ppb)	1.80	17.56	2.56	8.11	6.58	7.27
Solid DL (ppm)	1.44	14.01	2.05	6.48	5.25	5.81
Reagent Blank						
R-Blank (Average)	93.66	0.01	-0.05	0.53	-1.54	0.98
Certified Reference Material						
MESS3	177.54	18.62	0.95	49.56	41.75	41.68
MESS-3 (Certified)	167.00	21.10	0.25	49.10	105.00	35.50
In-house Reference material						
SCNT	422.88	105.17	5.09	98.11	157.97	115.48
SCNT (Mean Pre)	317.97	81.75	5.37	66.77	106.65	101.19
Replicate Analyses						
CS4(1), Bulk	46.89	7.31	21.66	20.48	21.66	12.85
CS4(2), Bulk	37.77	7.15	13.28	15.05	13.28	16.06
RSD	5.41%	1.25%	9.03%	2.21%	3.32%	2.21%

**Abbreviations :** BEC=Background Equivalent Concentration, SOLN DL=Instrument Detection Limit, SOLID DL=Sample Detection Limit, STD

<sup>۹۴</sup> - Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP)

DRIFT=Standard Drift (%), MESS=Certified Reference Material,  
SCNT=Inhouse Mean, RSD=Relative Standard Deviation

نتایج بدست آمده حاکی از وجود اختلاف نسبتاً زیاد در غلظت کل فلزات مورد مطالعه در نمونه های رسوب در ایستگاههای نمونه برداری دارد. نمایش غلظت فلزات سنگین در نمونه های کلی رسوب و طبقات دانه بندی شده انتخابی نمونه ها بوسیله نمودار باکس و ویسکر (شکل شماره ۳) نشاندهنده وجود غلظت های بالای فلزات مورد مطالعه در نمونه های رسوب هستند. بعضی فلزات در تعدادی از ایستگاههای نمونه برداری، غلظتهای بالاتری را نسبت به بقیه ایستگاهها نشان می دهند. مثلاً در بخش غربی منطقه مورد مطالعه یعنی در ایستگاههای شماره ۱ الی ۳ واقع در نزدیکی مرز کشور آذربایجان غلظت های بسیار بالای فلزات آلومینیم، کادمیم، مس و نیکل را می توان یافت. میانگین غلظت تمامی فلزات نیز در محل ایستگاههای نمونه برداری شماره ۵ و ۶ بالا می باشد.



شکل شماره ۲: نمایش غلظت فلزات سنگین با نمودار باکس و ویسکر  
میله افقی در هر جعبه محصور نشانگر میانگین ارزش ها، انتهای دنباله ها دامنه تغییرات داده ها  
و بالا و پایین جعبه ها نقطه وسط بین میانگین و حداکثر دامنه داده ها را نشان می دهد.

با توجه به اینکه بسیاری از مطالعات قبلی ابعاد دانه های تشکیل دهنده رسوبات را به عنوان یک متغیر مهم و مؤثر در غلظت و توزیع مکانی فلزات سنگین در محیط های آبی دانسته اند [۱۴ و ۱۵] تحلیل رگرسیون و همبستگی جهت بررسی احتمال تاثیر آن بر پراکنش و غلظت آلاینده ها در طول سواحل دریا در استان گیلان انجام گردید. نتایج همبستگی بین هر شش فلز مورد مطالعه با طبقات دانه بندی شده رسوبات نشان می دهد که ابعاد دانه های رسوب تاثیر قابل توجهی بر توزیع مکانی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه ندارند. یکی از دلایل مهم این رخداد عدم وجود دانه های بسیار ریز در رسوبات محدوده مورد مطالعه می باشد. در بسیاری از مطالعات قبل [۱۶ و ۴] بیشترین غلظت آلودگی در دانه های رسوب کوچکتر از ۰.۰۶۳ میلیمتری مشاهده شده است.

روش آماری تحلیل ممیزی نیز جهت بررسی اختلافهای مکانی در میزان فلزات سنگین در رسوبات ساحلی استفاده شد و دو محدوده خاص جغرافیایی در طول ساحل با غلظت های قابل توجه آماری شناخته شدند. شرح کامل تحلیل ممیزی را می توان در مطالعات مک لچان یافت [۱۷] و کاربرد این تکنیک آماری در مطالعه غلظت فلزات سنگین در محیطهای ساحلی نیز توسط لاکان و همکاران [۱۵ و ۲] ارایه گردیده است. در این بررسی از مدل تحلیل ممیزی در بسته نرم افزار آماری SPSS برای علوم اجتماعی [۱۸] استفاده شد و چون این روش جهت تایید وجود اختلاف در میزان غلظت آلودگی در ایستگاههای مختلف نمونه برداری بکار گرفته شد، ایستگاههای نمونه برداری S1 تا S6 به عنوان متغیرهای گروهی و غلظت شش فلز سنگین نیز بعنوان متغیر های مستقل وارد گردیدند. برنامه برای هر یک از شش فلز و سپس برای تمامی آنان اجرا گردید. نتایج تحلیل ممیزی برای هر یک از فلزات مورد مطالعه بطور خلاصه در جدول شماره ۴ آمده است. ارزیابی نتایج نیاز به بررسی آماری همبستگی استاندارد، روش ویلکس لامبدا و ارزش چي اسکویر دارد. روش آماری همبستگی استاندارد نشان دهنده نسبت بین گروهی به پراکنش کل متغیر های برآورد شده در طول تابع ممیزی<sup>۹۵</sup> دارد. بنابر این هرچه همبستگی استاندارد بیشتر باشد، اختلاف بین گروهی بعنوان نسبی از کل تغییرات بیشتر خواهد بود. روش ویلکس لامبدا برای بررسی مناسبت و کیفیت آنالیز داده ها بکار گرفته شده است. هر چه عدد ویلکس لامبدا بیشتر باشد اختلاف درون گروهی بعنوان نسبی از پراکنش کل بیشتر و کامیابی تابع ممیزی در محدوده بین گروهها کم تر است. ارزش لامبدا معادل صفر نشانگر ممیزی حداکثر و عدد ۱.۰ نشانگر عدم ممیزی است.

جدول شماره ۴ : خلاصه نتایج تحلیل ممیزی برای ۶ فلز سنگین در ایستگاه نمونه برداری در طول سواحل

دریای خزر در استان گیلان

Significance	درجه آزادی Degrees of Freedom	چی اسکوئر Chi-Square	ویلکس لامبدا Wilks' Lambda Statistic	همبستگی استاندارد Canonical Correlation	فلزات Metals
۰.۰۰۰	۱۳	۳۸.۳۰۰	۰.۳۱۹	۰.۸۲۵	آلومینیم

کادمیوم	۰.۸۴۳	۰.۲۸۹	۴۱.۵۳۶	۱۳	۰.۰۰۰
مس	۰.۵۴۴	۰.۷۰۴	۱۱.۷۶۳	۱۳	۰.۵۴۷
سرب	۰.۵۴۷	۰.۷۰۱	۱۱.۸۸۶	۱۳	۰.۵۳۷
نیکل	۰.۷۵۹	۰.۴۲۴	۲۸.۷۸۲	۱۳	۰.۰۰۷
روی	۰.۷۶۸	۰.۴۱۱	۲۹.۸۲۱	۱۳	۰.۰۰۵

براساس جدول شماره ۴ دامنه اعداد همبستگی استاندارد بین ۰.۵۴۴ تا ۰.۸۲۵ می باشد، بنابر این دلالت بر وجود درجه بالایی از اختلافات بین ایستگاههای نمونه برداری از نظر غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه دارد. در روش آماری ویلکس لامبدا به استثنای مقادیر مربوط به مس و سرب، برای بقیه فلزات مورد مطالعه، ارزشهای کمتر از ۰.۵ را نشان می دهد. بنابراین می توان چنین نتیجه گرفت که غلظت های متمایزی از فلزات سنگین در طول ساحل وجود دارند. برای شناسایی مناطق جغرافیایی در طول ساحل که شامل ایستگاههای نمونه برداری هم گروه یا همسان از نظر غلظت فلزات سنگین در طول ساحل باشند، برنامه تحلیل ممیزی برای تمامی فلزات مورد مطالعه اجرا گردید. دو گروه متمایز شامل دو یا چند ایستگاه نمونه برداری غلظت های متمایزی از فلزات سنگین را در طول ساحل مورد مطالعه نمایش می دهند.

#### بحث و نتیجه گیری

نتایج تحلیل ممیزی وقتی همراه نمودار باکس و ویسکر بکار گرفته شود شواهد آماری توزیع غیر همگن فلزات سنگین را در طول سواحل ایران بخوبی نمایش می دهد. گروههای کاملا متمایزی از غلظت فلزات در طول ساحل شناسایی و هر یک از گروهها را می توان به یک یا چند ایستگاه نمونه برداری که در مجاورت یکدیگر قرار دارند تعمیم داد. گروه شماره ۱ شامل ایستگاههای نمونه برداری شماره ۱ الی ۴ در جنوب غربی دریا و در نزدیکی مرز کشور آذربایجان واقع شده اند. مطالعات اخیر توسط دی مورا و همکاران [۷] نشان می دهد که این منطقه توسط پسماندهای سمی و آلودگیهای ناشی از فلزات سنگین بسیار آلوده است. منابع آلاینده در این محدوده شامل صنایع استخراج و پالایش نفت و مجتمع پتروشیمی در کشور آذربایجان است که با جریان خلاف جهت عقربه های ساعت آب دریای خزر وارد سواحل ایران می شود. گروه شماره دو، ایستگاههای نمونه برداری شماره ۵ و ۶ را شامل می شود که تحت تاثیر مقدار زیاد آلایندههایی که از رودخانه سفید رود به این منطقه تخلیه میشود قرار دارند. این مواد آلاینده شامل پسابهای کشاورزی، فاضلابهای صنعتی و شهری می باشند که منابع آنان در حوضه آبخیز وسیع رودخانه سفید رود ( به وسعت ۶۷۰۰۰ کیلومتر مربع) واقع شده اند. منابع آلاینده آب و آلودگی آبهای سطحی ایران به فلزات سنگین قبلا توسط پری زنگنه و همکاران [۱۹ و ۲۰]، خسروی و همکاران [۲۱] مطالعه گردیده است. بعلاوه منطقه کم عمق ساحلی بین دستک تا گسکر محله بطور مداوم تحت تاثیر رسوبات ناشی از امواج بلند قرار گرفته و رسوبات واقع در بخش پایینی و میانی کمربند ساحلی را به ساحل منتقل می کند.



اگرچه نتایج تحلیل همبستگی و رگرسیون موافق مطالعات قبلی که اندازه دانه های تشکیل دهنده رسوبات را بعنوان عامل اصلی کنترل کننده تراکم و توزیع مکانی فلزات سنگین دانسته اند نیست [۱۴ و ۱۵ و ۲۲]، ولی تحلیل ممیزی داده ها مناطق جغرافیایی مشخصی را که در آنان غلظت های متمایزی از فلزات سنگین تمرکز یافته اند را بخوبی در طول ساحل نشان می دهد.

با توجه به تداوم تخلیه آلاینده های سمی به مناطق ساحلی دریا پتانسیل زیادی جهت افزایش سریع و تجمعی غلظت فلزات سنگین و سمی و رسیدن آنان به حد بحرانی در مناطقی که مواد آلاینده بطور منظم به دریا تخلیه می شوند وجود دارد. جهت پیشگیری از آلودگی ناشی از فلزات سنگین و سمی در سواحل مورد مطالعه لازم است ضمن نظارت دایمی، راه حل های مناسبی با هدف کاهش دفع پسابهای صنعتی به دریا و پیشگیری از تجمع فلزات سنگین در محیطهای ساحلی ارائه گردد.

### تقدیر و تشکر

از همکاری صمیمانه پروفسور بریان فرایر مدیر محترم مؤسسه تحقیقات زیست محیطی گریت لیکز (GLIER) در شهر ویندزور کانادا که بدون حمایت مالی و تخصصی ایشان آنالیز نمونه های رسوب امکانپذیر نبود صمیمانه تقدیر و تشکر می گردد. همچنین از همکاری ریاست محترم دانشکده علوم زمین دانشگاه ویندزور پروفسور احسان تقدیر و تشکر می گردد.

### مراجع

- ۱- خراسانی، نعمت ا... و همکاران (۱۳۸۴). بررسی غلظت فلزات سنگین در رسوبات سطحی سواحل بندرعباس، م. منابع طبیعی ایران ۵۸ (۴)، ۸۶۹-۸۶۱.
- 2-Lakhan, V.C, Cabana, K. and LaValle, P.D. (2002). "Heavy metal concentrations in surficial sediments from accreting and eroding areas along the coast of Guyana" J. Environmental Geology. 42, 73-80.
- 3-Che, Y., He, Q. and Lin, W-Q. (2003). "The distributions of particulate heavy metals and its indication to the transfer of sediments in the Changjiang estuary and Hangzhou Bay" J. Marine Pollution Bulletin. 46 (1), 123-131.
- 4-Anan, Y., Kunito, T., Ikemoto, T., Kubota, R., Watanabe, I., Tanabe, S., Miyazaki, N. and Petrov, E.A. (2002). "Elevated concentrations of trace elements in Caspian seals (*Phoca caspica*) found stranded during the mass mortality events in 2000" J. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 42, 354-362.
- 5-Kajiwara, N., Ueno, D., Monirith, I., Tanabe, S., Pourkazemi, M. and Aubrey, D.G. (2003). "Contamination by organochlorine compounds in sturgeons from Caspian Sea during 2001 and 2002" J. Marine Pollution Bulletin. 46, 741-747.
- 6-Agusa, T., Cainito, T., Tanabe, S., Pourkazemi, M. and Aubrey, D.G. (2004). "Concentrations of trace elements in muscle of sturgeons in the Caspian Sea" J. Marine Pollution Bulletin. 49, 789-800.
- 7-De Mora, S., Sheikholeslami, M.R., Wyse, E., Azemard, S. and Cassi, R. (2004a). "An assessment of metal contamination in coastal sediments of the Caspian Sea" J.

- Marine Pollution Bulletin. 48, 61-77.
- 8-De Mora, S., Villeneuve, J-P., Sheikholeslami, M.R., Cattini, C. and Tolosa, I. (2004b). "Organochlorinated compounds in Caspian Sea sediment" J. Marine Pollution Bulletin. 48, 30-43.
- 9-Tolosa, I., de Mora, S.J., Sheikholeslami, M.R., Villeneuve, J.-P., Bartocci, J. and Cattini, C. (2004). "Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments" J. Marine Pollution Bulletin. doi:10.1016/S0025-326X(03)00255-8.
- 10-Motavalli, J. (1999). "Black gold - Caspian Sea oil development" . The Environmental Magazine. Vol. X, No. 6.
- 11-Neville, R. "Environmental Protection in the Caspian Sea: Policy Constraints and Prescriptions" . International Institute for Caspian Studies. [http://www.caspianstudies.com/article/Rachel Nevil.htm](http://www.caspianstudies.com/article/Rachel%20Nevil.htm) (May 4, 2006).
- 12-Caspian Environment Programme (2005). "Caspian Sea, Environmental Issues (Iran)" . <http://www.caspianenvironment.org/newsite/Caspian-EnvironmentalIssues.htm> (May 5, 2006).
- 13-GLIER (1996). "Great Lakes Institute for Environmental Research Laboratory Manual", Revised March 22, 1996, Section 4.10, University of Windsor, Windsor, ON., CANADA.
- 14-Huang, K-M. and Lin, S. (2003). "Consequences and implication of heavy metal spatial variation in sediments of the Keelung River drainage basin, Taiwan" J. Chemosphere. 53, 1113-1121.
- 15-Lakhan, V.C, Cabana, K. and LaValle, P.D. (2003). "Relationship between grain size and heavy metals in sediments from beaches along the coast of Guyana" J. of Coastal Research. 19 (3), 600-608.
- 16- De Gregori, I., Pinochet, H., Arancibia, M. and Vidal, A. (1996). "Grain-size effect of trace metals distribution in sediments from two coastal areas of Chile" Bull. Environ. Contam. Toxic Pollut. 57, 163-170.
- 17-McLachlan, G.J. (2004). Discriminant Analysis and Statistical Pattern Recognition. Wiley-Interscience, New York.
- 18-SPSS, Inc. (2003). "Statistical Package for the Social Sciences", Version 13 for Windows. SPSS, Inc., Chicago, IL.
- ۱۹- پری زنگنه، ع.ح. (۱۳۸۰). آلودگی و منابع آلاینده آب رودخانه های مهم استان زنجان، سمینار سراسری بهداشت و توسعه، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی لرستان، ۱۳.
- ۲۰- پری زنگنه، ع.ح.، عابدینی، ی.، قدیمی، ی.، و احدنژاد، م. (۱۳۸۴). بررسی کیفی آب رودخانه های استان زنجان و تعیین اثرات توسعه صنعتی، کشاورزی و شهری بر آنان، کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین، دانشگاه تبریز.
- 21- Khosravi, M., Ganji, T., and Rakhshae (2005) "Toxic effect of Pb, Cd, Ni, and Zn on Azolla filiculoides in the International Anzali Wetland" Int. J. Environ. Sci.

---

Tech. 2 (1), 35-40.

22-Windom, H.L., Schropp, S.J., Calder, F.D., Ryan, J.D., Smith Jr., R.G., Burney, L.C., Lewis, F.G. and Rawlinson, C.H. (1989). "Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States" J. Environ. Sci. Technol. 23, 314-320.

### **Heavy Metal Concentrations in the Sediments along the Coast of the Caspian Sea in Gilan Province**

Abdolhossein Parizanganeh

Department of Geography, Zanjan University, PO Box 45195-313, Zanjan- Iran.

**Abstract.** The nearshore marine environment of the Caspian Sea is a major repository for toxic metals originating from various natural and anthropogenic sources. The metals are not easily degraded or destroyed, and tend to accumulate in coastal soils and sediments. Since the persistent toxic metals pose serious health risks this research concentrated on investigating the concentrations and spatial distribution of metals in the nearshore sediments along the coast of the Caspian Sea in Gilan Province.

Six sampling sites, approximately 50 km apart, were selected from the nearly 270 kms from Azerbaijan in west to the border of Mazandaran province in the east. To interpret the effects of grain size on metal concentrations, each of the samples was sieved. Selection of three grain size fractions (0.355 mm, 0.212 mm, and 0.075 mm) from each sample plus six bulk samples yielded a total of 24 samples for the analysis of metals. Laboratory analysis of the samples utilized the Cold Acetic protocol, followed by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy.

Large spatial variations in the median concentrations of the heavy metals (Al, Cd, Cu, Pb, Ni, and Zn) was observed at the various sampling sites. Concentrations exceeded recommended guidelines in several areas especially in the vicinity of the Azerbaijan border. The concentrations of heavy metals in the medium and coarse sediment fractions reflected loadings from anthropogenic sources located at, and in the vicinity of the sampling sites. In addition, the presence of heavy minerals or coarse fractions of terrigenous origin also contributed to the increase of metal concentrations in the medium and coarse sediment fractions.

**Keywords:** Caspian Sea, heavy metals, Gilan Province, near shore sediments, water contamination.