

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره یازده، بهمن ماه ۱۴۰۰ (۱۲-۱)

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در رخساره‌های شیمیایی سازند گچساران در ناحیه گیلانغرب، باختر کرمانشاه

بهنام سخاوتی^۱

مصطفی یوسفی راد^{۲*}

m.yousefirad@arakut.ac.ir

محمود رضا مجیدی فرد^۳

علی سلگی^۴

زهرا ملکی^۵

تاریخ پذیرش: ۹۹/۳/۶

تاریخ دریافت: ۹۸/۸/۳

چکیده

زمینه و هدف: تعیین میزان پراکندگی فلزات سنگین در واحد های سنگی و بررسی آلودگی های ناشی از آن ها، از مباحث ضروری زیست محیطی است که آگاهی و شناخت آن ها، در مدیریت و کنترل آلاینده ها اهمیت فراوانی داشته و از اهداف اصلی این پژوهش است. روش بررسی: جهت تعیین غلظت فلزات سنگین از تکنیک XRF و ICP-mass بهره گرفته و با استفاده از نرم افزارهای آماری و شاخص های آلودگی، به بررسی میزان آلاینده های این فلزات در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۹۶ بر روی رخساره های شیمیایی سازند گچساران در نواحی باختری استان کرمانشاه، پرداخته شد.

یافته ها: یافته ها حاکی از میزان بالای غلظت کادمیوم در رسوبات سازند گچساران با میانگین غلظت (۳/۳) ppm بود که بالاتر از (۰/۳) ppm غلظت آن در پوسته می باشد. هر سه شاخص مورد استفاده (شاخص زمین انباشتگی، فاکتور غنی شدگی، ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی) آلودگی کادمیوم در رسوبات مورد مطالعه را نشان دادند اما فلزات مولیبدن، آلومینیوم، کبالت و آهن، آلودگی را در رسوبات نشان ندادند. همچنین مقادیر دو شاخص CF و EF روند مشابهی را در مورد وضعیت عناصر آلاینده، در رسوبات نشان دادند.

-
- ۱- دانشجوی دکتری گروه تخصصی زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
 - ۲- دانشیار گروه مهندسی ژئومکانیک دانشکده مهندسی علوم زمین دانشگاه صنعتی اراک، ایران. * (مسئول مکاتبات)
 - ۳- دانشیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.
 - ۴- دانشیار گروه تخصصی زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
 - ۵- استادیار گروه تخصصی زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: وجود مقادیر قابل توجه عنصر کادمیوم در توالی های سازند گچساران، می تواند تحت تاثیر فرایند انحلال سنگ ها و رسوبات توسط آب های سطحی و زیرزمینی، همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی (کشاورزی و معدن کاری) بیشتر شده و اثرات نامطلوب زیست محیطی بر جای گذارد. لذا پیش بینی و انجام تمهیدات لازم در این خصوص، ضروری به نظر می رسد.

واژه های کلیدی: فلزات سنگین، ژئوشیمی، رخساره های شیمیایی، سازند گچساران.

Assessment of heavy metals Pollution of Chemofacies in The Gachsaran Formation Gilan e Gharb area, West Kermanshah

Behnam Sakhavati¹

Mostafa Yousefirad^{2*}

m.yousefirad@arakut.ac.ir

Mahmoud Reza Majidifard³

Ali Solgi⁴

Zahra Maleki⁵

Admission Date: May 26, 2020

Date Received: October 25, 2019

Abstract

Background and Objective: Distribution of heavy metals in rock units and their pollutants are necessary environmental issues which have high importance.

Material and Methodology: Because of not performed environmental geochemical studies of heavy metals in Iran based on chemostratigraphic studies, for this purpose, this study on chemofacies of Gachsaran formation in Kermanshah with the aim of assessing environmental heavy metal pollution was carried out. For determine the concentrations of heavy metals, XRF and ICP mass techniques were used and the amount of metal contamination was investigated using statistical softwares and pollution indices.

Findings: The results indicated high concentration of cadmium in sediments of Gachsaran Formation (3.3) ppm which is higher than (0.3) ppm in crust. All three used indices (Igeo, EF ANF CF) showed cadmium contamination in studied sediments but molybdenum, aluminum, cobalt and iron did not show pollution in sediments. Furthermore the values of CF and EF indices showed a similar trend about element contamination in sediments.

Discussion and Conclusion: Significant amounts of cadmium in the Gachsaran Formation can be further affected by the dissolution process of rocks and sediments by surface and groundwater, as well as by biological (agricultural and mining) activities and can has non optimal environmental impacts. Therefore, it is necessary to anticipate and make the necessary arrangements in this case. High levels of cadmium in the sequences of the Gachsaran Formation can effected by dissolution, as well as biological activities (agriculture and mining).

Keywords: Heavy metals, Geochemical, Chemofacies, Gachsaran Formation, pollution

1- PhD Student, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Geomechanic engineering, Faculty of earth science engineering, Arak University of Technology, Iran. **(Corresponding Author)*

3- Associate Professor, Research Institute for Earth Sciences, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

4- Associate Professor, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

5- Assistant Professor, Department of Geology, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

مقدمه

روی، مس، نیکل، آرسنیک، وانادیوم و کروم دارای میانگین ۱۴/۴۴، ۲۷/۷۷، ۶/۴۴، ۳۷/۱۱، ۳۳/۴۴، ۳۱/۱۲ و ۱۶۳/۸۸ ppm است. همچنین نتایج نشان داد که رسوبات جزیره هرمز نسبت به عناصر نیکل، روی و مس، فاقد آلودگی و نسبت به سرب، آرسنیک و کروم، دارای آلودگی بوده است. کرباسی و همکاران (۱۳۸۵) (۵) در بررسی آلودگی عناصر سنگین در رسوبات رودخانه نشان دادند که واحدهای آهکی، نقش بیشتر و مهم‌تری نسبت به واحدهای دیگر زمین شناسی منطقه دارند و به علت تأثیر مواد آهکی بر غلظت عناصر، مشاهده شد که غلظت‌های به دست آمده در این منطقه، نسبت به میانگین جهانی آن کمتر است و اثری از آلودگی فلزی در این منطقه مشاهده نشد. گراوند و همکاران (۱۳۹۱) (۶) در ارزیابی ژئوشیمیایی و زیست محیطی فلزات سنگین در خاک‌های حاصل از شیب نشان دادند که مقدار میانگین آهن (۸۰۵۰۳) ppm بالاتر از حد بیشینه مجاز یعنی (۷۰۰۰۰) ppm بوده است و مقادیر میانگین کروم، نیکل، کبالت و مس، در حد مقادیر زمینه و مقدار میانگین سرب، آرسنیک، مولیبدن و کادمیوم، کمتر از مقادیر زمینه‌ای است. مظهری (۱۳۹۶) (۷) در بررسی زمین شیمی و فلزات سنگین نشان داد میزان عناصر کروم، کبالت و نیکل در تمام نمونه‌های مورد بررسی، بالاتر از استانداردهای تعیین شده است.

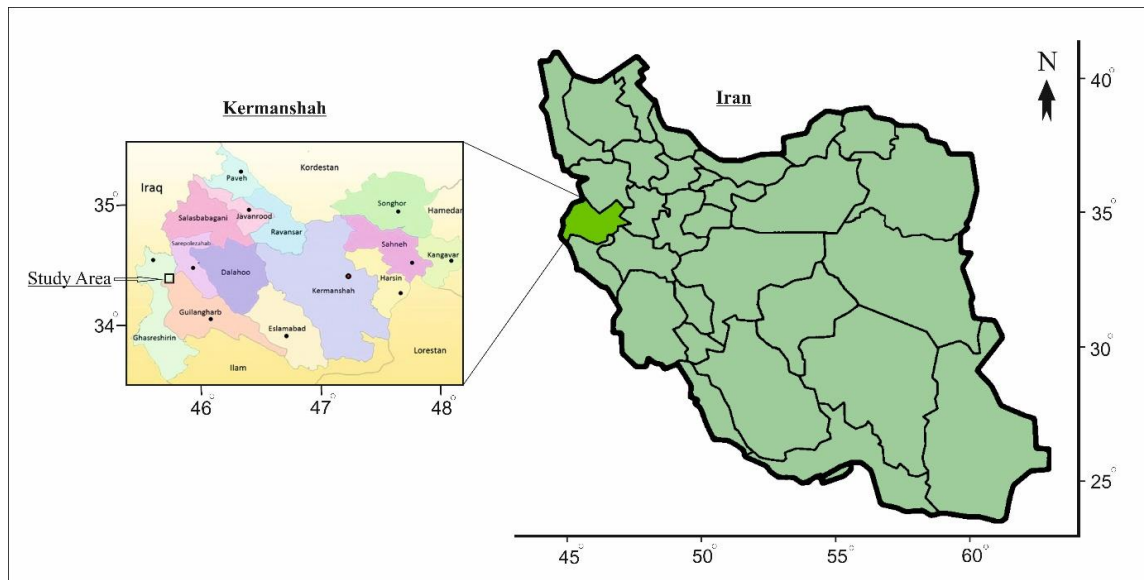
در این پژوهش، نهشته‌های سازند گچساران که سنگ بستر رودخانه چم امام حسن در شهرستان گیلانغرب واقع در غرب استان کرمانشاه را تشکیل می‌دهد مورد بررسی قرار گرفت. واحدهای سنگی متنوع این مجموعه، متشکل از چرخه‌های رسوبی، شامل: توالی‌های متناوب و تکرار شونده ای از نهشته‌های تبخیری (گچ)، سنگ‌های کربناته (آهک و دولومیت) و انواع مارن‌های رنگارنگ است که همگی بخصوص واحد‌های آهکی و گچی، حتی به میزان کمتر مارن‌ها قابلیت انحلال و وارد شدن ترکیبات شیمیایی آلاینده احتمالی، در محیط آب کره و در ادامه سایر اکوسیستم‌های طبیعی دارد. از آنجا که تا کنون مطالعاتی در زمینه ارزیابی رخساره‌های شیمیایی سازند گچساران و آثار آن بر محیط زیست منطقه

امروزه آلودگی محیط زیست از مسائل مهمی است که جوامع مختلف با آن روبرو هستند (۱). پراکندگی فلزات سنگین در انواع رسوبات از مسائل مهم در رسوب شناسی محیطی است و در این میان آلودگی‌های زیست محیطی ناشی از آنها اهمیت بسیار زیادی دارند (۲). فلزات سنگین آلاینده‌های پایداری هستند که از طریق هوازدگی، فرسایش، شستشو و فرایندهای دیگر زمین شناسی زیست محیطی می‌توانند وارد یک سیستم شده و موجب خطرهای جدی شوند (۳). عوامل زمین شناختی و فاکتورهای خاک‌سازی مهم‌ترین کنترل کننده‌های اثر گذار بر فراوانی، توزیع و رفتار عناصر در محیط خاک هستند. نوع کانی-های موجود در سنگ منشأ و فرایندهای ژئوشیمیایی و خاک سازی که با تأثیر بر عمل هوازدگی و تشکیل خاک در مواد مادری صورت می‌گیرد، بر مقدار و توزیع عناصر، در محیط‌های خاکی موثر می‌باشد. تفاوت بین غلظت عناصر در سنگ منشأ نسبت به خاک‌های حاصل از آن‌ها در نتیجه اثر فرایندهای خاک‌سازی است (۴). غلظت طبیعی عناصر سنگین عمدتاً پایین‌تر از غلظت‌های سمی قرار دارند اما تغییرات عناصر سنگین در چرخه بیولوژیکی و تشکیل خاک می‌تواند بر توزیع شیمیایی فلزات سنگین تأثیر بگذارد. مهم‌ترین فرایندهای پدوژنیکی (خاک‌شناسی) که رفتار عناصر را کنترل می‌کنند شامل آبشستگی (Eluviation)، انباشتگی (Illuviation)، بهم ریختگی خاک (Pedoturbation)، اکسایش و کاهش، کلات سازی (Chelation) و سیلیس زدایی است (۴). از آنجایی که امروزه آلودگی آب یکی از مهم‌ترین نگرانی‌های سلامت محیط زیست است و کیفیت آب تحت تأثیر منابع آلاینده قرار می‌گیرد، بررسی این آلاینده‌ها حائز اهمیت است. تاکنون بررسی‌های مختلفی بر روی رسوبات ساحلی و واحد-های مختلف زمین شناسی توسط فلزات سنگین صورت گرفته است. در مطالعه صورت گرفته توسط پورخباز و همکاران (۱۳۹۵) (۱) در ارزیابی زیست محیطی آلودگی فلزات نشان دادند که میانگین غلظت عناصر آلومینیوم، سرب، کادمیوم و نیکل به ترتیب ۸۳/۲۶، ۶۴/۶۹، ۷۵/۲۹ و ۶۴ ppm است. غلام دخت بندری و رضایی (۱۳۹۴) (۲) نتایج نشان داد عناصر سرب،

روش بررسی

منطقه مورد بررسی، در بال جنوبی تقادیس امام حسن، واقع در ۱۵۶ کیلومتری باختر شهر کرمانشاه و ۱۷ کیلومتری مرز کشور ایران و عراق با مختصات طول جغرافیایی $51^{\circ} 22' 34''$ شمالی و عرض $48^{\circ} 44' 45''$ شرقی قرار دارد (نگاره ۱). این منطقه دارای آب‌وهوای معتدل کوهستانی است و در معرض جبهه‌های مرطوب مدیترانه‌ای قرار دارد که در برخورد با ارتفاعات زاگرس، موجبات ریزش برف و باران را فراهم می‌سازد. بادهای مهم منطقه شامل بادهای غربی و باد شمال است. بادهای غربی رطوبت اقیانوس اطلس مدیترانه را منتقل می‌کنند، باد شمال در فصل تابستان می‌وزد و در اعتدال آب‌وهوای ناحیه و کاهش گرما مؤثر است.

کرمانشاه، انجام نشده است. این پژوهش می‌تواند گام مؤثری در این خصوص باشد، زیرا این آلاینده‌ها می‌توانند به مدت طولانی در رسوبات باقی مانده و حتی بر اثر فرایندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی افزایش یابند، به همین دلیل با هدف تعیین میزان پراکندگی فلزات سنگین در واحد‌های سنگی و بررسی آلودگی‌های ناشی از آن‌ها، به منظور آگاهی و شناخت بهتر جهت مدیریت و کنترل آلاینده‌ها، این تحقیق انجام شد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی

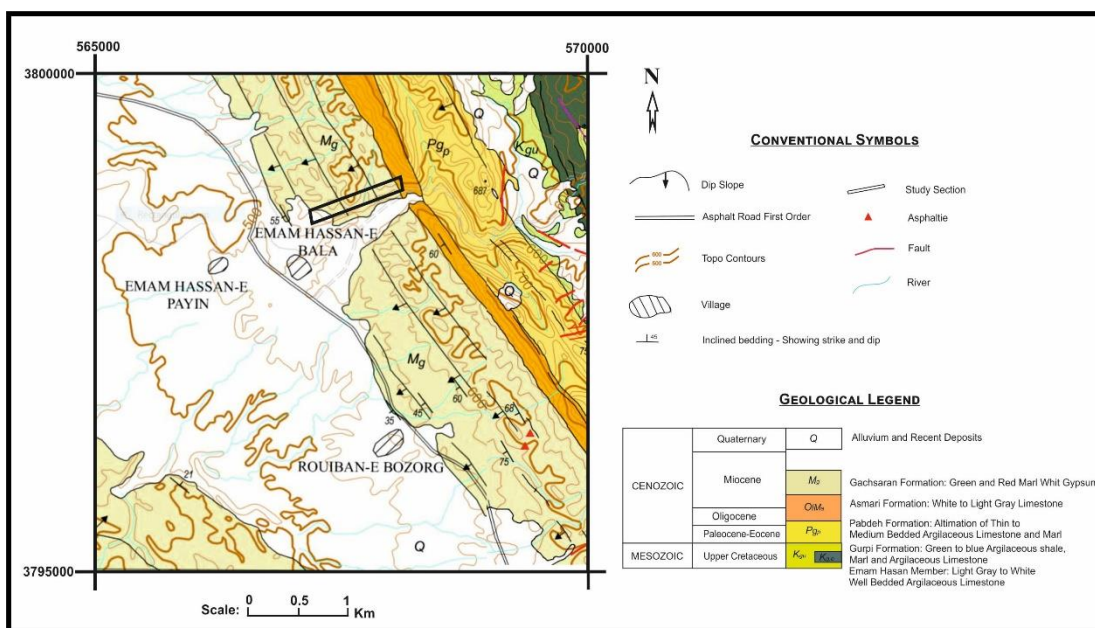
Figure 1. Geographical location of the study area

دشت‌ها و مناطق کم ارتفاع و در حاشیه رودها ته‌نشین شده‌اند. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی گستره سرپل ذهاب متعلق به کرتاسه بوده و شامل سازند ایلام و گورپی می‌باشد. سازندهای پابده، آسماری، گچساران، آغاچاری و بختیاری نیز فوقانی‌ترین افق‌های سنگی را در گستره سرپل ذهاب تشکیل می‌دهند (۸) موقعیت و جایگاه زمین شناختی توالی‌های رسوبی سازند گچساران و محل نمونه برداری در منطقه مورد مطالعه با نام برش امام حسن، با ترکیب سنگ‌های تبخیری

منطقه مورد مطالعه در حوضه رسوبی لرستان غربی قرار دارد. قدیمی‌ترین واحدهای چینه‌ای موجود در منطقه مربوط به مزوزوئیک (کرتاسه) می‌باشد که به طور عمده شامل سنگ آهک و شیل بوده و در زیر سازندهای ترشیری قرار گرفته است. واحدهای سنگی ترشیری که در افق‌های فوقانی برنزد دارند را نیز می‌توان عموماً شامل سنگ آهک، شیل، ماسه سنگ و کنگلومرا در نظر گرفت که سنگ‌آهک‌های این گروه دیواره ساز می‌باشند. واحدهای رسوبی کواترنز در

است در (نگاره، ۲) نشان داده است.

(گچ)، کربناته (آهک و دولومیت) و انواع مارن‌های رنگارنگ



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی نواحی مطالعاتی اقباس از نقشه ۱:۵۰۰۰۰ سرپل ذهاب (۸).

Figure 2. Geological map of the study area (Modified from Geological map of Sarpol- E Zahab, 1:50000, National Iranian Oil Company, 2013)(8)

های کاربردی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و آنالیز XRF در آزمایشگاه سازمان زمین شناسی انجام شده است. اساس کار دستگاه XRF به نحوی است که تشعشعات حاصل از تیوب مولد اشعه ایکس در دستگاه XRF به اتم‌های تشکیل دهنده نمونه برخورد نموده و باعث تولید امواج فلورسانس می‌گردد. دستگاه اسپکترومتر ICP Mass تجهیز از نوع اسپکترومتر جرمی است که با دقت بسیار زیاد و حساسیت بالایی و طی فرآیندی سریع به تشخیص مواد ناشناخته در نمونه آزمایشگاهی می‌پردازد. عناصر مولیدین، کبالت و کادمیوم نیز به این روش به دست آمده است. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیزهای آماری توصیفی و تعیین شدت آلودگی با استفاده از شاخص‌های آلودگی شامل (شاخص زمین انباشتگی، فاکتور غنی شدگی، ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی) انجام شد. شاخص‌های شدت آلودگی، شاخص ژئوشیمیایی مولر I_{geo} است. شاخص فاکتور غنی شدگی CF اصولاً مقادیر ضریب آلودگی و درجه آلودگی می‌تواند توصیفی از آلودگی مربوط به عنصر سنگین مورد بررسی و آلودگی محیط ارائه دهد. این شاخص از تقسیم غلظت عنصر در

برای دستیابی به اهداف این پژوهش، بررسی نقشه‌های زمین شناسی منطقه و بازدیدهای میدانی از توالی‌های سازند گچساران در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت. پس از جمع‌آوری اطلاعات صحرائی، بهترین رخنمون‌ها جهت انجام نمونه برداری انتخاب گردید. در نمونه برداری به مرز سازندها، ضخامت لایه‌ها و وجود ساختمان‌های رسوبی توجه شده است. نمونه‌ها عمدتاً شامل مارن‌های رنگارنگ همچنین انواع گچ و نهایتاً آهک و دولومیت است که در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۹۶ نمونه برداری با توجه به تغییرات واحد‌های سنگی در امتداد برش چینه شناسی امام حسن (عمود بر امتداد لایه‌ها) انجام شد. تعداد ۳۰ نمونه برداشت شده به نحوی هستند که نمونه‌ها از سطح تازه سنگ بکر و عمق ۳۰ سانتی متری رسوبات برداشت گردیده تا آثار هوازدگی و عوامل محیطی، نتایج را تحت تاثیر قرار ندهد. آنالیزهای آزمایشگاهی شامل ICP-mass و XRF می‌باشد. آنالیزهای XRF توسط دستگاه Magix-pro شرکت Philips و آنالیزهای ICP-mass توسط دستگاه Perkin Elmer مدل ELAN 6100 در مرکز پژوهش DRC-e انجام شد. آنالیزهای ICP-mass در مرکز پژوهش

متوسط تا شدید، $4 < I_{geo} \leq 3$ آلودگی شدید، اگر بین ۵ $I_{geo} < 4$ باشد آلودگی شدید تا بسیار شدید و $I_{geo} > 5$ آلودگی بسیار شدید را نشان می‌دهد.

۲. فاکتور غنی شدگی (EF)

شاخص دیگری که از سوی Chester & Hughes (۱۹۶۷) (۱۲) ارائه شد شاخص EF می‌باشد که فرمول آن (رابطه شماره ۲) به شرح زیر است:

$$2) EF = \frac{C_n / F_e}{B_n / F_e}$$

که در آن EF (Enrichment Factor) یا فاکتور غنی شدگی می‌باشد و معیار مناسبی برای تفکیک منابع انسانی و طبیعی فلزات می‌باشد (۱۳، ۱۴).

C_n / F_e : غلظت فعلی عنصر در نمونه تقسیم بر غلظت آهن در نمونه

و B_n / F_e : غلظت عنصر به آهن در پوسته زمین می‌باشد.

در این فرمول، در صورت کسر، غلظت عنصر مورد نظر، تقسیم بر غلظت آهن در همان محیط می‌شود سپس حاصل تقسیم، بر کسر دوم که مربوط به غلظت‌های پوسته زمین است مجدداً تقسیم می‌شود (۱۰).

طبقه بندی برای تعیین شدت آلودگی، در جدول ۱ آورده شده است.

نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به دست می‌آید. ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی EF فاکتور غنی شدگی از سوی پژوهشگران مختلف برای ارزیابی آلودگی در بخش‌های مختلف زیست محیطی استفاده می‌شود.

برای تعیین شدت آلودگی در محیط زیست می‌توان با استفاده از شاخص‌های مختلف نسبت به شناسایی و تعیین شدت آلودگی اقدام کرد.

۱. شاخص زمین انباشتگی (Geo Accumulation Index)

یکی از قدیمی‌ترین شاخص‌های شدت آلودگی، شاخص ژئوشیمیایی مولر I_{geo} است که در سال ۱۹۷۹ تدوین شد و فرمول آن (رابطه شماره ۱) به شرح زیر می‌باشد (۹):

$$1) I_{geo} = \log_2 [C_n / B_n \times 1.5]$$

C_n : غلظت فعلی عنصر در خاک و رسوب

B_n : غلظت عنصر در شیل

1.5: فاکتور تصحیح شیل

در این فرمول به لحاظ آن که غلظت پیشین عنصر از طریق تجزیه کامل به دست نمی‌آید باید از غلظت شیل که نوعی سنگ رسوبی است استفاده کرد. چون متوسط غلظت عناصر در شیل نسبت به غلظت متوسط عناصر در رسوبات غیر آلوده کمتر است بنابراین باید برای متعادل سازی آن را در عدد ۱/۵ ضرب کرد (۱۰).

طبق نظر Forstner (۱۱) اگر شاخص $I_{geo} \leq 0$ باشد، نسبتاً غیر آلوده، $1 < I_{geo} \leq 0$ غیر آلوده تا آلودگی متوسط، $2 < I_{geo} < 1$ آلودگی متوسط، $3 < I_{geo} < 2$ آلودگی

جدول ۱- طبقه بندی آلودگی بر اساس شاخص غنی شدگی (EF)

Table 1. Classification of pollution by enrichment index

شاخص	بدون آلودگی	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی شدید	آلودگی وحشتناک
EF	<۲	۲-۴	۴-۱۶	۱۶-۳۲	>۳۲

3) $CF = C \text{ Sample} / C \text{ Background}$

که در آن CF: ضریب آلودگی، C Sample: غلظت عنصر در نمونه و C Background: غلظت عنصر در نمونه زمینه است. اگر $CF > 1$ باشد نشان دهنده وجود آلودگی در رسوبات است و

۳. ضریب آلودگی و ضریب بار آلودگی (CF):

ضریب آلودگی از تقسیم غلظت عنصر در نمونه برداشت شده به غلظت همان عنصر در نمونه زمینه به دست می‌آید و بیانگر میزان آلودگی رسوبات به عناصر سنگین است (۱۰، ۱۵). که فرمول آن (رابطه شماره ۳) به شرح زیر است:

اگر $CF < 1$ باشد نشان می‌دهد که آلودگی عنصری وجود ندارد (۱۵، ۱۶).

یافته ها

مقادیر شاخص‌های به دست آمده مانند شاخص زمین انباشتگی (Igeo)، فاکتور غنی شدگی (EF) و ضریب آلودگی (CF) در جدول ۲ و آمارهای توصیفی غلظت عناصر، در سنگ ها و رسوبات منطقه مورد مطالعه به صورت حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف استاندارد، میانه، چولگی، کشیدگی و ضریب تغییرات، در جدول ۳ نشان داده شده است.

۴. مطالعات آماری

مطالعات ژئوشیمیایی رسوبات می‌تواند گام موثری برای یافتن منشأ رسوبات، الگوی پراکنش عناصر و ارزشیابی زیست محیطی وضعیت موجود در یک منطقه باشد (۱۷).

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های مورد مطالعه Igeo, EF و CF

Table 3. The values of the indices studied CF, EF, Igeo

شاخص	مقادیر	آهن	کبالت	مولیبدن	کادمیوم	آلومینیوم	کلسیم
EF	میانگین	۱	۰/۷۳	۰/۸۸	۵/۷۵	۰/۵۴	۹/۵۷
	حداقل	۱	۰/۵۴	۰/۵۵	۱/۷۸	۰/۳۷	۵/۶۶
	حداکثر	۱	۷/۴۱	۹/۱۳	۱۹/۵	۰/۵۴	۵۶/۲۲
CF	میانگین	۰/۵۸	۰/۴۲	۰/۵۱	۱/۱	۰/۳۱	۵/۵۸
	حداقل	۰/۰۱۷	۰/۱۲	۰/۱۵	۰/۳۳	۰/۰۰۶	۰/۹۵
	حداکثر	۱/۶۰	۰/۸۷	۰/۹۲	۹/۸	۰/۹۱	۹/۴۶
Igeo	میانگین	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۱۹	۰/۷۳	۰/۲۱	۶/۹۰
	حداقل	۰/۰۰۹	۰/۰۸۴	۰/۳۵	۰/۲۲	۰/۰۰۴	۱/۱۸
	حداکثر	۰/۹۶	۰/۵۸	۰/۵۸	۶/۵۳	۰/۶۲	۱۱/۷۲

جدول ۳- آمارهای توصیفی غلظت عناصر در رسوبات منطقه مورد مطالعه

Table 2. Descriptive statistics of elemental concentrations in sediments of the study area

	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	مقدار عناصر
LOI%	کلسیم	آلومینیوم	کادمیوم	مولیبدن	کبالت	آهن	
-	۴۱۰۰۰	۸۲۰۰۰	۰/۳	۱/۵	۱۹	۴۱۰۰۰	غلظت زمینه‌ای عناصر*
-	۲۲۱۰۰	۸۰۰۰۰	۰/۳	۲/۶	۱۹	۴۷۲۰۰	غلظت عناصر در شیل (ppm)**
۸/۷	۳۹۳۰۸	۵۲۹	۰/۱۰	۰/۲۳	۲/۴	۶۹۹	حداقل غلظت عناصر
۲۶/۲۸	۲۲۸۸۹۰	۲۶۰۱۷	۰/۳۳	۰/۷۷	۸/۱	۲۳۹۶۴	میانگین غلظت عناصر
۴۵/۹	۳۸۸۷۹۳	۷۵۱۵۰	۲/۹۴	۱/۳۸	۱۶/۶	۶۸۵۴۵	حداکثر غلظت عناصر
۰/۴۲	-۰/۰۰۵۳	۰/۵۸	۳/۷۴	۰/۴۰	۰/۵۰	۰/۴۹	چولگی Skewness
-۱/۳۴	-۰/۸۳	-۱/۳۰	۱۵/۰۸	-۰/۴۹	-۰/۹۶	-۱/۱۹	کشیدگی Kurtosis
۲۱/۱	۲۲۸۳۴۴	۱۴۰۲۴	۰/۱۶	۰/۷۵	۷/۱	۱۶۰۸۷	میانه Median
۱۰/۷	۹۲۳۰۷	۲۴۲۹۸	۰/۵۷	۰/۳	۴/۳۲	۲۰۵۸۴	انحراف استاندارد Standard Deviation
۴۰/۷۱	۴۰/۳۲	۹۳/۳۹	۱۷۲	۳۸/۹۶	۵۳/۳۳	۸۵/۸۹	ضریب تغییرات CV%
*: (۵، ۱۸-۲۰) **: (۲۱)							

بحث و نتیجه گیری

با توجه به جدول ۳، در بین عناصر مورد مطالعه، کلسیم با میانگین غلظت ۲۲۸۸۹۰ قسمت در میلیون (ppm) و فلزات آلومینیوم با مقدار میانگین ۲۶۰۱۷ و آهن با میانگین ۲۳۹۶۴ قسمت در میلیون، دارای بیشترین مقدار و کادمیوم با مقدار ۰/۳۳ قسمت در میلیون، کمترین مقدار را نشان داد. ضریب تغییرات (CV)، درجه تغییر پذیری غلظت‌های یک فلز را در خاک نشان می‌دهد. اگر $CV \leq 20\%$ باشد، نشان دهنده تغییر پذیری اندک، اگر $20\% < CV < 50\%$ تغییر پذیری متوسط و اگر $50\% < CV \leq 100\%$ باشد، تغییر پذیری بالاست. ضرایب تغییر بالاتر از ۱۰۰ درصد، نشان دهنده تغییر پذیری بی‌نهایت بالا است (۲۲). ضرایب تغییرات غلظت فلزات، در رسوبات مورد مطالعه، به ترتیب مولبیدن (۳۸/۹۶) > کلسیم (۴۰/۳۲) > کبالت (۵۳/۳۳) > آهن (۸۵/۸۹) > آلومینیوم (۹۳/۳۹) > کادمیوم (۱۷۲) افزایش یافت. در این مطالعه، فلز کادمیوم با ضریب تغییر ۱۷۲ درصد، تغییر پذیری بی‌نهایت بالا را نشان داد و پس از آن، مقادیر بالای ضریب تغییرات در آلومینیوم، آهن و کبالت مشاهده شد که نشان دهنده این است که غلظت این فلزات، بطور قابل توجهی در مکان‌های مختلف نمونه برداری، متفاوت است و همچنین بیانگر توزیع ناهمگن آنها می‌باشد. کلسیم و مولبیدن، تغییر پذیری متوسط را نشان دادند که بازتاب کننده توزیع نسبتاً ناهمگن این عناصر، در رسوبات منطقه مورد مطالعه است.

انحراف استاندارد غلظت فلزات در رسوبات مورد بررسی، روند صعودی کادمیوم > مولبیدن > کبالت > آهن > آلومینیوم > کلسیم را نشان داد. مقادیر زیاد انحراف استاندارد، نشان دهنده گستره تغییراتی وسیع غلظت‌های فلزات در رسوبات منطقه مورد بررسی است که این موضوع، در مورد عناصر کلسیم، آلومینیوم و آهن مشاهده شد. میزان چولگی همه عناصر، به جز کلسیم، مثبت بود که نمایانگر این است که این فلزات، چولگی مثبتی به سمت غلظت‌های پایین‌تر دارند. میزان کشیدگی همه عناصر، به جز کادمیوم، منفی بود که نشان دهنده شیب کمتر نمودار توزیع این عناصر، نسبت به منحنی توزیع نرمال است.

با توجه به جدول ۲ مشخص شد که متوسط میزان EF مورد بررسی به صورت کلسیم < کادمیوم < آهن < مولبیدن < کبالت < آلومینیوم کاهش یافته است. به عبارتی می‌توان بیان کرد بالاترین میزان غنی‌شدگی رسوبات بر اساس شاخص EF مربوط به کلسیم و پایین‌ترین نیز مربوط به آلومینیوم است. متوسط میزان Igeo نیز دارای روند نزولی کلسیم < کادمیوم < آهن < کبالت < آلومینیوم < مولبیدن بود. به طوری که شاخص Igeo نشان داد که بالاترین و کمترین میزان غنی‌شدگی رسوبات با فلزات، مربوط به کلسیم و مولبیدن است. متوسط میزان CF نیز به صورت کلسیم < کادمیوم < آهن < مولبیدن < کبالت < آلومینیوم کاهش یافت. به عبارتی می‌توان عنوان کرد که متوسط میزان دو شاخص CF و EF روند کاملاً مشابهی را در مورد همه فلزات مورد بررسی در این مطالعه را نشان دادند. نتایج نشان داد که مقادیر شاخص Igeo برای همه فلزات در تمام نمونه‌های مورد بررسی مثبت است که آلودگی محیط با این فلزات را نشان می‌دهد. بررسی عناصر با این شاخص، نشان داد که در بین عناصر مورد مطالعه، مولبیدن، آلومینیوم، کبالت و آهن، در رده بدون آلودگی و کادمیوم، دارای آلودگی متوسط است. با توجه به طبقه بندی شاخص CF، رسوبات، از نظر عنصر کادمیوم، دارای آلودگی بودند ولی عناصر آهن، مولبیدن، کبالت و آلومینیوم، آلودگی در رسوبات نشان ندادند. نتایج طبقه بندی فاکتور غنی‌شدگی (EF) نیز نشان داد که عناصر آلومینیوم، کبالت، مولبیدن و آهن بدون آلودگی در رسوبات بودند ولی کادمیوم، آلودگی متوسط را در رسوبات نشان داد. نتیجه مطالعه حاضر، مشابه با یافته‌های میرزایی و سلگی (۲۰۱۶) (۲۳) می‌باشد که میزان بالای غلظت کادمیوم را در رسوبات رودخانه زاینده رود نشان دادند و دلیل این غلظت بالا را به وجود فعالیت‌های کشاورزی در اطراف منطقه مورد بررسی نسبت دادند. نتایج تحقیق حاضر، در راستای مطالعه عنابستانی و همکاران (۲۰۱۸) (۲۴) می‌باشد که نشان دادند در بین فلزات مورد مطالعه، کادمیوم غلظت بالاتری را نشان داد و ایشان دلیل این امر را نقش منابع انسانی در آلودگی با کادمیوم عنوان

گچساران، می تواند تحت تاثیر انحلال، همچنین فعالیت‌های بیولوژیکی (کشاورزی و معدنکاری)، اثرات بیشتری از خود بر جای گذارد. در این مطالعه بر اساس سه شاخص آلودگی (شاخص‌های EF، CF و Igeo) عناصر مولبیدن، آلومینیوم، کبالت و آهن، بدون آلودگی در رسوبات حضور داشتند. همچنین در بررسی‌های آماری نیز عنصر کادمیوم، بیشترین میزان ضریب تغییرات را نشان داد که غلظت متفاوت این عنصر در مکان‌های مختلف نمونه برداری و همچنین توزیع ناهمگن کادمیوم در رسوبات را نشان می‌دهد که با تنوع واحدهای سنگی این سازند همخوانی دارد به نحوی که بیشترین مقادیر آن در واحد های آهکی دیده می شود.

تشکر و قدردانی

با تشکر از حمایت های ریاست محترم سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور جناب آقای دکتر علیرضا شهیدی و جناب آقای دکتر فریبرز قریب، در خصوص انجام آنالیزهای شیمیایی و پیشبرد اهداف این پژوهش. این مقاله مستخرج از رساله دکترای زمین شناسی، گرایش فسیل و چینه شناسی با عنوان چینه نگاری شیمیایی و زیستی سازند گچساران در کرمانشاه است.

References

1. Pourkhabbaz, HR., Hedayatzadeh, F., Cheraghi, M., Evaluation of the Correlation between Heavy Metals in Chaetomorpha sp. and Water and Sediment in the Pond Drinking Water Treatment Plants in Karoon River Area. *Journal of Oceanography*, 2016, 7(27):69-78.
2. Gholam Dokht Bandari, M., Rezaie, P., Study of Some Heavy Metal Pollutions in the Hormuz Islands Coastal Sediments and Their Origin. *Journal of Oceanography*, 2015, 6(22):97-106.
3. Tashakor, M. Yaacob, W.Z.W. Mohamad, H., Serpentine soils,

کردند. در همین راستا Ravankhah و همکاران (۲۰۱۵) (۲۵) غلظت‌های بالای بدست آمده برای کادمیوم را در ارزیابی با فاکتورهای زمین انباشتگی و آلودگی را تحت تأثیر حضور منابع انسانی همچون کوره‌های آجرپزی، مناطق شهری و صنعتی بیان کردند. Qing و همکاران (۲۰۱۵) (۲۶) در بررسی خاک با استفاده از شاخص‌های زیست محیطی در چین نشان دادند که خاک منطقه مورد مطالعه به میزان متوسط تا زیاد توسط کادمیوم آلوده شده است. یافته‌های Sanayei و همکاران (۲۰۰۹) (۲۷) و Ghorveh و همکاران (۲۰۱۵) (۲۸) نیز غلظت عنصر کادمیوم را در رسوبات مورد مطالعه بالا نشان داد که مشابه نتایج تحقیق حاضر است. از آن جایی که کادمیوم دارای خطرات بهداشتی فراوان از جمله سرطان زایی و ادم ریوی می باشد (۲۲)، لازم است با توجه به این که منشا آلودگی سنگ های بستر سازند گچساران بوده که شدیداً خاصیت انحلالی داشته و گسترش قابل توجهی در منطقه دارند و می توان احتمال داد که ترکیبات شیمیایی آلاینده از طریق رودخانه چم امام حسن و سایر آبراهه های متعدد منطقه و به راحتی بتواند در محیط آب کره (Hydrosphere) و در ادامه سایر اکوسیستم های طبیعی وارد شود، لذا در مواردی مانند این پژوهش که در سنگ بستر زمینه ای از آلودگی وجود دارد، نیاز است اقدامات جدی جهت کاهش و همچنین پیشگیری از افزایش آن در اثر فعالیت‌های بیولوژیکی مانند (کشاورزی و معدنکاری)، صورت گیرد.

از آن جا که مطالعه کیفیت آب رودخانه‌ها از نظر فلزات سنگین، به علت غلظت بسیار کم و در نتیجه دقت پایین اندازه گیری آنها در آب مشکل است در حالی که غلظت عناصر در رسوبات به مراتب بالاتر است، در نتیجه سنگ ها و رسوبات بستر به عنوان ابزاری برای تخمین وضعیت آلودگی رودخانه به کار گرفته شد. بررسی غلظت فلزات سنگین در توالی های رسوبی سازند گچساران کرمانشاه نشان داد که رسوبات این منطقه نسبت به عنصر کادمیم آلودگی دارند؛ به طوری که کادمیم، با استفاده از شاخص EF و Igeo آلودگی متوسط و با استفاده از شاخص CF نیز آلودگی با کادمیوم را نشان داد که وجود مقادیر بالای عنصر کادمیوم در توالی های سازند

- Zealand, Environmental Monitoring and Assessment, 2008, 136(1-3):227-38.
11. Forstner, U., Ahlf, W., Calmano, W., & Kersten, M. (1990). Sediment criteria development, In: sediments and environmental geochemistry. In D. Helling, P. Rothe, U. Forstner, P. Stoffers (Ed.), Springer Verlag.
 12. Chester, R. Hughes M.J., A chemical technique for the separation of ferromanganese minerals, carbonate minerals and adsorbed trace elements from pelagic sediments, Chemical Geology, 1967, 2:249-62.
 13. Adamo, P., Arienzo, M., Imperato, M., Naimo D., Nardi, G., Stanzione D., Distribution and partition of heavy metals in surface and sub-surface sediments of Naples city port, Chemosphere, 2005, 61(6):800-9.
 14. Reddy, A.R., Chaitanya K.V., Vivekanandan M., Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants, Journal of Plant Physiology, 2004;161(11):1189-202.
 15. Adomako, D., Nyarko, B., Dampare, S., Serfor-Armah, Y., Osa, S., Fianko, J., Determination of toxic elements in waters and sediments from River Subin in the Ashanti Region of Ghana, Environmental Monitoring and Assessment, 2008, 141(1-3):165-75.
 16. Qishlaqi, A., Moore, F., Forghani, G., Impact of untreated wastewater irrigation on soils and crops in Shiraz suburban area, SW Iran, Environ Monit Assess. 2008 Jun;141(1-3):257-73.
 17. Paul, S.K., Geochemistry of bottom sediments from a river-estuary-shelf mixing zone on the tropical southwest adverse habitat for plants case study at Peninsular. American Journal of Environmental Sciences, 2013, 9(1):82-7.
 4. Nael, M., H. Khademi, A. Jalalian, R. Schulin, M. Kalbasi and F. Sotohan, Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz, Iran. Geoderma, 2009, 152:157-170.
 5. Karbassi, A.R., Nabi-Bidhendi, Gh.R., Bayati, I., Engineering. Environmental geochemistry of heavy metals in a sediment core off Bushehr, Persian Gulf. Journal of Environmental Health Science & Engineering 2005. 2(4):255-260.
 6. 6. Mojtaba, G. Geochemical and environmental assessment of heavy metals in soils from Gorgan schists. Geological Survey of Iran, 1391; 22 (86): 35-46. (In Persian)
 7. Mazhari, S.A. Haghghi, F. Health hazards assessment of heavy metals from irrigation of agricultural soils with urban wastewater in south Sabzevar, Journal of Sabzevar University of Medical Sciences, 2017, 24 (4): 281-91. (In Persian)
 8. Company NIO. Exploration Management, surface geology department. geological map of Sarpol-E Zahab, 2013, 1:50000 SERIES, SHEET NO. 5158I.
 9. Muller GJU. Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Veränderungen seit. 1979;79:133-4
 10. Abraham G, Parker RJE, assessment. Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New

24. Annabestani, A., Jahantigh, H., Investigating the Challenges of Green Lake Entrepreneurship Development in the Sistan Area, *Spatial Planning (Geography)*, 2018, 8 (4): 1-26. (In Persian)
25. Ravankhah, N., Mirzaei, R., Masoum, S., Evaluation of geoaccumulation index, contamination factor, and principal component analysis for estimating soil contamination, *Iranian Journal of Health and Environment*, 2015, 8(3):345-56.
26. X. Qing, Z. Yutong, L. Shenggao Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 120 (2015), pp. 377-385
27. Sanayei, Y., Ismail, N., Talebi, S., Determination of heavy metals in Zayandeh Rood river, Isfahan-Iran, *World Applied Sciences Journal*, 2009, Vol.6 No.9 pp.1209-1214.
28. Ghorveh AI, Solhi M, Mohammadi HG, Vazan SJJABBR. Investigation the concentration of heavy metals in the sediment of Zayandehrood river bed, *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research (IJABBR)*, 2015, Volume 3, Number 1; Page(s) 75 to 81.
- coast of India, *Bulletin of The Geological Survey of Japan*, 2001, 52(8):371-82.
18. Clemente, S., Mareggiani, G., Broussalis, A., Martino, V., Ferraro G., Insecticidal effects of Lamiaceae species against stored products insects, *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 2003, 421-426.
19. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants: CRC press; 2011.
20. Karbassi, A.R, Bayati, A., Bidhendi, GR.N., Evaluation of heavy metal contamination in Shafarood River sediments, *Ecology*, 2006, 32 (39). (In Persian)
21. Turekian, K.K., Wedepohl, K.H., Distribution of the elements in some major units of the earth's crust, *GSA Bulletin*, 1961, 72 (2): 175-192.
22. Karimi-Nezhad, M.T., Tabatabaie S.M., Gholami, A., Geochemical assessment of steel smelter-impacted urban soils, Ahvaz, Iran, *Journal of Geochemical Exploration*, 2015, 152:91-109.
23. Mirzaei, M., Solgi, A., Investigation of heavy metal concentrations (cadmium, copper, manganese, nickel, lead and zinc) in sediments of Zayandehrood River, *Journal of Environmental Health Research*. 2016; 1 (4): 251-65. (In Persian)