

Research Article

## Assessment of heavy metal contamination in soil and sediments of the Jovein plain

Gholamreza Fathabadi<sup>1\*</sup>, Hossein Pirkharrati<sup>2</sup>, Farrokh Asadzadeh<sup>3</sup>

1- PhD student in Environmental Geology, Faculty of Science, Urmia University

2- Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University

3- Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

**Keywords:** *Soil, Waterway sediment, Heavy metals, Pollution, Jovein plain*

### 1-Introduction

Contamination of soil and sediments with heavy metals causes the life of organisms in all ecosystems to be endangered, (Kowalski et al, 2018). The sources of sediments and soil of the Jovein Plain are from Sabzevar ophiolites, (Ghasemzadeh et al, 2016). Therefore, it is vital due to geogenic pollutants, especially chromium and nickel elements.

### 2-Material and methods

In this study, some indicators of heavy metal pollution in the soil and sediments of Jovein Plain were assessed. The purpose of this research is to assessment of pollution in soil and sediments. One hundred seven soil samples were taken. These samples were taken from a depth of 0-30 cm. Then, it was dried in the open air. It was sent to the laboratory for analysis. Soil samples were digested using the four-acid method, and the concentration of the heavy metals was measured using the ICP-OES device.

### 3-Results and discussions

Results showed that the metal pollutants could be classified into two groups. The first group includes nickel and chromium, which are 6 and 3 times higher than the average shale values in all samples. The second group, which contains arsenic, cobalt, copper, lead, and zinc, is almost equal to the global average of shale.

### 4-Conclusion

The western side of the plain has a low level of pollution. Most likely, the cause of environmental geochemistry abnormality can be chromite mines and their processing activities in this area. The northern region of the ferrochrome factories and the sugar and citric acid factories of Jovein, which are downstream of the above industries, is very high in terms of the possibility of toxicity to heavy metals with an increased risk level. Also, the percentage of possible toxicity is between 50-75%.

### 5-References

Kowalska, J.B., Mazurek, R., Gąsiorek, M., and Zaleski, T., 2018. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination—A review. *Environmental Geochemistry and Health* 40, 2395–2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>.

Ghasemzadeh, A., Karimi,a., Ziaei, a., 2019. Investigating the effect of earth and man-made factors on the distribution of heavy elements in the soils formed on the ophiolitic range of South Sabzevar. The 16<sup>th</sup> Congress of Soil Sciences of Iran. (<https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1077646.html>).

\* Corresponding author: [gr.fathabadi@gmail.com](mailto:gr.fathabadi@gmail.com)

DOI: 10.22055/AAG.2023.44873.2409

Received: 2023-09-26

Accepted: 2023-12-04

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Fathabadi, Gh., Pirkharrati, H., Asadzadeh, F., 2024. Assessment of heavy metal contamination in soil and sediments Jovein plain. Adv. Appl. Geol. 14(2), 451-464.

DOI: 10.22055/AAG.2023.44873.2409

URL: [https://aag.scu.ac.ir/article\\_19068.html](https://aag.scu.ac.ir/article_19068.html)

©2024 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers

## ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک و رسوبات دشت جوبین

غلامرضا فتح آبادی\*

دانشجوی دکتری زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ایران.

حسین پیرخراطی

دانشیار گروه علوم زمین، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ایران.

فرخ اسدزاده

دانشیار گروه مهندسی خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ایران.

\* gr.fathabadi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۳

### چکیده

آلودگی خاک و رسوبات کواترنری به فلزات سنگین باعث تهدید زندگی موجودات در انواع اکوسیستم‌ها می‌گردد. رسوبات و خاک دشت جوبین از افیولیت‌های سبزار منشأ می‌گیرد، لذا به لحاظ وجود آلاینده‌های ژئوتونیک، بخصوص نیکل و کروم بسیار حائز اهمیت می‌باشد. در این مطالعه، برخی از شاخص‌های آلودگی فلزات سنگین در خاک و رسوبات دشت جوبین ارزیابی شد. هدف از این پژوهش، ارزیابی میزان آلودگی خاک و رسوبات بود. ۱۰۷ نمونه خاک از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری و خشک شد. برای آنالیز به آزمایشگاه ارسال شد. با استفاده از هضم ۴ اسید و دستگاه ICP-OES خوانش گردید. آلاینده‌های فلزی در دو گروه دسته‌بندی شد. گروه اول شامل نیکل و کروم، که در تمام نمونه‌ها با غلظت‌های به ترتیب ۶ و ۳ برابر بالاتر از مقادیر میانگین شیل جهانی می‌باشد. گروه دوم که شامل آرسنیک، کبالت، مس، سرب و روی می‌باشد، تقریباً برابر متوسط جهانی شیل است. سمت غربی دشت از امنیت آلودگی پایینی برخوردار است. به احتمال قوی عامل ناهنجاری ژئوشیمی زیست محیطی می‌تواند، معادن کرومیت و کارخانه فرآوری آن باشد که از لحاظ جانمایی در این قسمت واقع شده‌اند. محدوده شمالی کارخانه‌های فروکروم، کارخانه قند و اسید سیتریک جوبین که در پایین دست صنایع فوق می‌باشند، از لحاظ احتمال سمیت به فلزات سنگین با سطح ریسک بالا، خیلی بالا و همچنین درصد سمیت احتمالی بین ۵۰ - ۷۵ درصد می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** خاک، رسوب آبراهه‌ای، فلزات سنگین، آلودگی، دشت جوبین

### ۱-مقدمه

(2015). عناصر سنگین از دو منبع زمین‌زاد، انسان‌زاد و از طریق فعالیت‌های شیمیایی و فیزیکی مختلف مانند هوازدگی و رسوب وارد خاک می‌شود (He et al., 2005). مواد مادری بسته به شرایط تشکیل و جنس، حاوی مقادیر متفاوتی از عناصر سنگین هستند. هوازدگی سنگ‌های افیولیتی به ویژه آنهایی که غنی از سرپانتین هستند، رسوب و خاک‌هایی و با غلظت‌های بالای کروم، نیکل، منیزیم و دیگر فلزات سنگین تولید می‌کند. کروم در فرم شش ظرفیتی، یک سرطان‌زای قوی بوده و برای جانوران و انسان فوق العاده سمی است (Salmanpour et al, 2016). مجموعه افیولیتی سبزار به موازات رشته کوه البرز شرقی می‌باشد. رسوبات کواترنری و خاک دشت جوبین به دلیل قرار گرفتن در دامنه شمالی افیولیت‌های سبزار، امکان آلودگی با عناصر فلزی همچون نیکل، کروم را دارد (Ghasemzadeh et al, 2016) از طرفی رسوبات دشت جوبین متاثر از افیولیت‌های

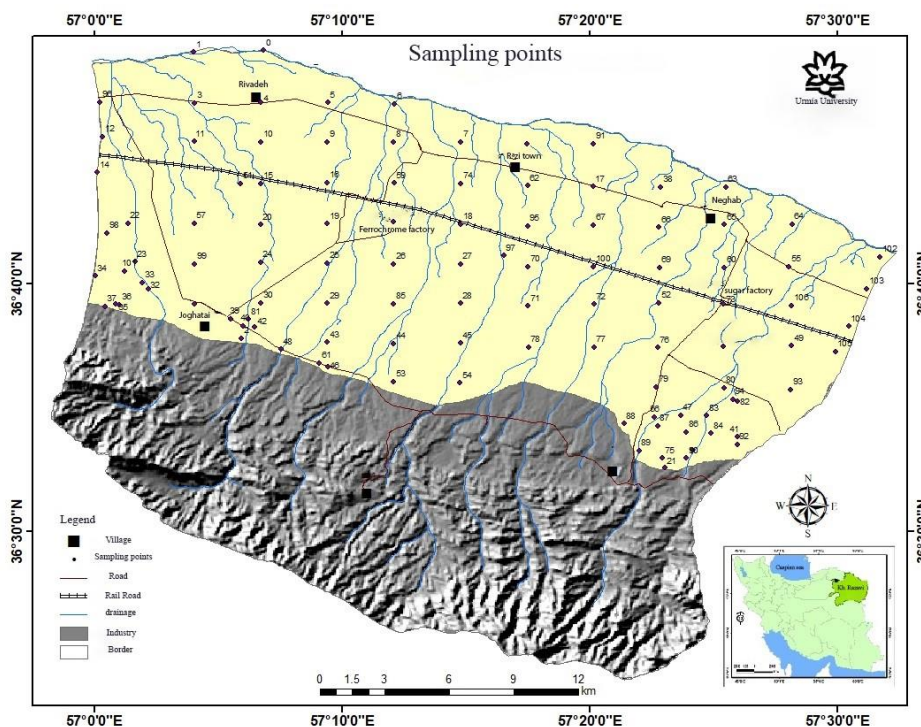
روند جهانی افزایش آلودگی ناشی از عوامل تنش‌زای طبیعی و انسانی، ضرورت به کارگیری راهبردهای کنترل و پایش آلاینده‌ها را اجتناب ناپذیر می‌سازد (Gamain et al., 2016). آلودگی عناصر سمی به دلیل سمیت، پایداری، توزیع گسترده و توانایی تجزیه ناپذیری زیستی در زنجیره غذایی، به عنوان عامل تهدید کننده اکوسیستم‌ها مطرح می‌گردد (Islam et al., 2018). امروزه ۱۲ عنصر سمی شامل Ti, Ag, Se, Ni, Hg, Pb, Cu, Cr, Cd, Be, As, Zn به عنوان آلاینده‌های دارای اولویت توسط آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده معرفی شده است (Li et al, 2015). در این میان عناصر سمی (کادمیوم، مس، روی، سرب، نیکل، آرسنیک و کروم) به دلیل پایداری زیاد، سمیت و توانایی انتقال در زنجیره غذایی به عنوان آلاینده‌های اصلی اکوسیستم‌ها در نظر گرفته شده است (Dahri et al, )

می‌سازد. لذا در این منطقه با ایجاد شبکه‌بندی منظم اقدام به نمونه‌برداری از خاک و رسوب شد. ۱۰۷ نمونه خاک و رسوب سطحی (۰-۳۰ سانتی‌متر) بر اساس طراحی شبکه منظم به فاصله هر ۱۰ کیلومتر مربع یک نمونه ترکیبی در کیسه‌های پلی اتیلن دارای برچسب مناسب جمع‌آوری و نگهداری شد، (شکل ۱، محدوده مورد مطالعه و شبکه نمونه‌برداری). نمونه‌ها به مدت هفت روز در دمای اتاق (۲۷-۲۱ درجه سانتی‌گراد) در هوای آزاد خشک شد و سپس در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت برای به دست آوردن وزن ثابت کاملاً خشک شد. نمونه‌ها بوسیله چکش پلاستیکی خرد و توسط الک ۲ میلیمتر الک شدند. بخش زیری الک (اندازه کمتر از ۲ میلی‌متر) توسط آسیاب به اندازه کمتر از ۷۵ میکرومتر پودر شد. و با استفاده از روش تیزاب سلطانی هضم گردید. آنالیز نمونه‌های خاک در مرکز پژوهش‌های کاربردی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات زمینی کشور ایران با استفاده از اسپکترومتری نشری پلاسما جفت شده القایی ICP - OES انجام شد.

سبزواری بوده و این دشت از قطب‌های کشاورزی کشور محسوب می‌شود لذا به لحاظ امنیت غذایی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی غلظت فلزات سنگین بخصوص نیکل و کروم در رسوبات و خاک سطحی اراضی کشاورزی واقع در دشت جوین می‌باشد.

## ۲- مواد و روش مطالعه

منطقه مورد مطالعه (دشت جوین) در محدوده جغرافیایی با مشخصات طول شرقی ۵۹ ۵۶ تا ۲۷ ۵۷ و عرض شمالی ۳۱ ۳۶ تا ۳۹ ۳۶ واقع شده است. از لحاظ زمین‌شناسی عمق سنگ بستر در دامنه و دشت خیلی پایین است، رسوبات و خاک منطقه متأثر از هوازدگی سنگ‌های بالادست (ردیف افیولیتی سبزواری) می‌باشد، لذا منشأ آلاینده‌های ژئوژنیک را می‌توان در ارتفاعات بالادست جستجو کرد. مرفولوژی منطقه به صورت دشت و مخروط افکنه‌های آبرفتی و پوشیده از خاک و رسوب است که این موضوع امکان نمونه‌برداری رسوبات آبراه‌های را ناممکن



شکل ۱- محدوده مورد مطالعه و شبکه نمونه برداری

Fig. 1 The study area and sampling network

آلودگی (Cf)، شاخص انباشتگی زمین (Igeo)، ارزیابی خطر زیست‌محیطی (Er) شاخص امنیت آلودگی (CSI) شاخص احتمال سمیت (MERMQ) بررسی گردید (Gong et al., 2008; Rapant et al, 2008; Sekabira et al, 2010;

## ۳- روش پژوهش

برخی از شاخص‌های کمی که برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین و همچنین برای سهولت مقایسه بین پارامترهای تعیین شده استفاده می‌شد، شامل فاکتور غنی‌شدگی (EF)، فاکتور

نظر در نمونه و  $C_{ie}$  غلظت عنصر رفرنس در نمونه (عمدتاً آلومینیوم) می‌باشد. هر چه مقدار فاکتور غنی‌شدگی بیشتر باشد نشان می‌دهد که سهم عوامل انسانی در افزایش آلودگی فلز مورد نظر در خاک منطقه بیشتر شده است، که کلاس بندی مقادیر آن در جدول ۱ آورده شده است.

(رابطه ۱)

$$EF = \frac{\frac{C_i}{C_{ie}} \text{ sample}}{\frac{C_i}{C_{ie}} \text{ Reference Sample}}$$

(Saha, P.K. and Hossain, 2011) تعاریف و معادلات شاخص‌ها در زیر بیان شده است.

**۱-۳- فاکتور غنی‌شدگی (EF) Enrichment factor**  
ضریب غنی‌شدگی روش مناسبی جهت تفکیک منشأ طبیعی و انسان پدید آلودگی است (Sutherland, 2000). برای تعیین این شاخص، یک عنصر را به عنوان رفرنس در نظر می‌گیرند که این عنصر باید غیرمتحرک بوده و تحت تاثیر فعالیت‌های بشر قرار نگیرد، مانند Sc, Li, Al, Fe, Ti, Zr. ضریب غنی‌شدگی از رابطه ۱ محاسبه می‌شود. که در آن  $C_i$  غلظت عنصر مورد

جدول ۱- مقادیر ضریب غنی‌شدگی (EF) (Kowalska et al, 2018)

Table 1. Categories of Enrichment Factor (EF) (Kowalska et al, 2018)

Class	EF Value	Enrichment of soil
0	>2	deficiency to minimal enrichment
1	2-5	moderate enrichment
2	5-20	significant enrichment
3	20-40	very high enrichment
4	40<	extremely high enrichment

در غلظت‌های زمینه که عموماً به تغییرات سنگ‌شناسی خاک و تاثیر عوامل انسانی نسبت داده شده است. این ضریب با تفکیک نوسانات طبیعی موجود در غلظت یک ماده معین در محیط، تغییرات اندک ناشی از اثرات انسان پدید را نمایان می‌سازد. مولر ۷ رده مختلف را برای این شاخص عنوان کرد که مقادیر عناصر در بالاترین رده حداقل ۱۰۰ برابر مقادیر مرجع است (جدول ۲) (Zhang et al, 2007).

$$I_{geo} = \text{Log}_2 \left[ \frac{C_i}{1.5 * C_{ri}} \right] \quad (\text{رابطه ۲})$$

**۲-۳- شاخص زمین انباشت (Geo-accumulation Index)**

یک روش متداول برای تخمین آلودگی خاک به فلزات سنگین، شاخص زمین انباشت ( $I_{geo}$ ) می‌باشد. این شاخص از کسر مقدار غلظت فلزات سنگین در خاک به مقدار غلظت زمینه همان فلز می‌باشد که توسط مولر ارائه گردید (Muller, 1969). شاخص زمین انباشت از رابطه ۲ محاسبه می‌شود  $I_{geo}$ . شاخص انباشت ژئوشیمیایی،  $C_i$ ، مقدار غلظت فلز سنگین در خاک،  $C_{ri}$ ، مقدار غلظت زمینه (پایه منطقه) و ۱/۵، ضریب تصحیح شده می‌باشد. به منظور کمینه کردن اثر تغییر احتمالی

جدول ۲- کیفیت خاک بر اساس شاخص زمین انباشت ( $I_{geo}$ ) (Muller, 1969)

Table 2. Soil quality according to Geoaccumulation Index ( $I_{geo}$ ) values (Muller, 1969)

Class	Values of $I_{geo}$	Soil quality
0	$I \leq 0$	unpolluted
1	0-1	unpolluted to moderately polluted
2	1-2	moderately polluted
3	2-3	moderately to highly polluted
4	3-4	highly polluted
5	4-5	highly to extremely high polluted
6	5-6	extremely high polluted

$$Cf = \frac{C_m}{C_{p-i}} \quad (\text{رابطه ۳})$$

### ۳-۳- فاکتور آلودگی (Cf) Contamination factor (Eri) Ecological risk factor

این فاکتور مقدار عناصر را نسبت به مقدار طبیعی خود سنجیده و میزان آلودگی خاک را تعیین کند. این فاکتور از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد که در آن،  $C_m$  میانگین مقدار آلاینده یا فلز سنگین در نمونه‌های برداشت شده است (تعداد نمونه‌ها حداقل از ۵ نقطه برداشت شده‌اند).  $C_{p-i}$  مقدار ماده در منطقه قبل از صنعتی شدن است (جدول ۴) و به عنوان مقدار سطح مرجع در همان منطقه است. طبق طبقه بندی هاکنسون، جهت ارزیابی آلاینده‌های فلزات سنگین، اگر مقدار فاکتور آلودگی بیش از یک باشد آلودگی متوسط تا بسیار بالا است که جدول ۳ کلاس بندی این شاخص را نشان می‌دهد (Hakanson, 1980).

$$Eri = Tri \cdot Pii \quad (\text{رابطه ۴})$$

جدول ۳- کلاس بندی آلودگی بر اساس فاکتور آلودگی (Cf) (Kowalski et al, 2018)

Table 3. Contamination Factor (Cf) interpretation (Kowalski et al, 2018)

Class	Value of C	Soil pollution
1	<1	low contamination
2	1 - 3	moderate contamination
3	3 - 6	considerable contamination
4	>6	very high contamination

جدول ۴- مقادیر مرجع قبل از صنعتی شدن و مقادیر سمیت بر اساس طبقه بندی (هاکنسون، 1980) ( $\mu\text{g g}^{-1}$ ).

Table 4. Pre-industrial reference level and toxicity response by Hakanson (1980) ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )

Elements	Ni	Zn	Cr	Pb	Cu	As	Cd	Hg
Pre-industrial reference level	5	175	90	70	50	15	0.1	0.25
toxicity response	5	2	2	5	5	10	30	40

جدول ۵- کلاس بندی آلودگی بر اساس فاکتور خطر اکولوژیکی (Eri) (Kowalski et al, 2018)

Table 5. Ecological risk factor (Eri) interpretation (Kowalski et al, 2018)

Class	$E_r^i$	Soil pollution
1	<40	low ecological risk
2	40 - 80	moderate ecological risk
3	80 - 160	considerable ecological risk
4	160 - 320	high ecological risk
5	>320	very high ecological risk

می‌شود ارائه می‌دهد. برای محاسبه شاخص امنیت آلودگی از رابطه ۵ استفاده می‌شود. که در آن  $w$  وزن محاسبه شده هر فلز سنگین بر اساس مطالعه (Pejman et al, 2015) (جدول ۷) می‌باشد،  $C_i$  غلظت فلز سنگین و مقادیر (ERL) Effects

### ۳-۵- شاخص امنیت آلودگی (CSI) Contamination Security Index

شاخص امنیت آلودگی برای اولین بار توسط (Pejman et al, 2015) ارائه شد. این شاخص، اطلاعاتی در خصوص تعیین حد سمیت بالا که باعث ایجاد اثرات نامطلوبی در محیط خاک

جدول ۸ طبقه بندی شاخص امنیت آلودگی انجام می پذیرد.

$$CSI = \sum_{i=1}^n w \left( \left( \frac{C_i}{ERL} \right)^2 + \left( \frac{C_i}{ERM} \right)^2 \right) \quad (\text{رابطه ۵})$$

range low اثرات با محدوده کم و (ERM) Range median

Long et al., ) توسط که متوسط متوسط با محدوده متوس

effects اثرات با محدوده متوسط که توسط (Long et al., 1995) که در جداول ۶ ارائه شده استفاده می شود و بر اساس

جدول ۶- مقادیر ERL, ERM ارائه شده توسط لانگ و همکاران (Long et al, 1995)

Table 6. ERM and ERL values given by (Long et al, 1995)

Elements	ERL	ERM
As	80	70
Cd	1.2	9.6
Cr	81	370
Cu	34	270
Pb	46.7	218
Hg	0.15	0.71
Ni	20.9	51.6
Ag	1.0	3.7
Zn	150	410

جدول ۷- وزن محاسبه شده فلزات سنگین بر اساس مطالعات (Pejman et al, 2015)

Table 7. Weight of each heavy metal according to (Pejman et al, 2015)

Elements	Calculated weight
Cu	0.075
Zn	0.075
Cr	0.134
Ni	0.215
Pb	0.251
Cd	0.25

جدول ۸- طبقه بندی شاخص امنیت آلودگی (CSI) (Kowalski et al, 2018)

Table 8 Classification of Contamination Security Index (CSI) (Kowalski et al, 2018)

Class	CSI	Contamination severity
1	< 0.5	uncontaminated
2	0.5-1	very low severity
3	1-1.5	low severity
4	1.5-2	low to moderate severity moderate severity
5	2-2.5	moderate severity
6	2.5-3	moderate to high severity
7	3-4	high severity
8	4-5	very high severity
9	> 5	ultra-high severity

$$MERMQ = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n} \quad (\text{رابطه ۶})$$

#### ۴- داده‌ها و اطلاعات

خلاصه‌ای از نتایج فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و رسوب دشت جوبین و همچنین مقادیر متوسط - شیل جهانی (Taylor, 1964) در جدول ۱۰ نشان داده شده است.

#### ۳-۶- شاخص احتمال سمیت (MERMQ) Potential ecological risk

این شاخص به عنوان ابزاری برای تشخیص اثرات مضر فلزات سنگین در محیط خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد (al, 2015). این شاخص بر اساس رابطه ۶ محاسبه می‌شود. که در آن  $C_i$  غلظت فلزات سنگین، مقادیر ERM ارائه شده توسط (Long et al, 1995) در جدول ۹ و  $n$  تعداد فلزات سنگین مورد مطالعه است. تفسیر این شاخص در جدول شماره ۱۵ آورده شده است.

جدول ۹- تفسیر شاخص احتمال سمیت (MERMQ) (Kowalski et al, 2018)

Table 9. The Probability of Toxicity Index interpretation (MERMQ) (Kowalski et al, 2018)

MERMQ value	Risk level	Probability of toxicity (%)
< 0.1	low	9
0.1-0.5	medium	21
0.5-1.5	high	49
> 1.5	very high	76

جدول ۱۰- نتایج آمار توصیفی فلزات سنگین و مقادیر متوسط در شیل جهانی. (میانگین مقدار کروم و نیکل در محدوده مورد مطالعه (خانه‌های قرمز) از مقادیر متوسط در شیل جهانی (خانه‌های سبز) بالاتر می‌باشد).

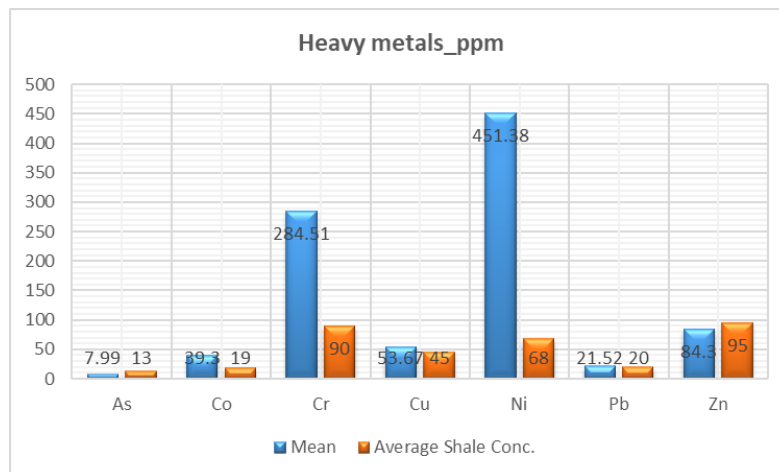
Table 10. Results of descriptive statistics of heavy metals and average values in global shale. (The average value of chromium and nickel in the studied range (red cells) is higher than the average values in global shale (green cells)).

	As	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Mean	7.99	39.30	284.51	53.67	451.38	21.52	84.30
Median	7.0800 <sup>a</sup>	37.3600 <sup>a</sup>	280.0000 <sup>a</sup>	53.0900 <sup>a</sup>	384.6000 <sup>a</sup>	20.8167 <sup>a</sup>	69.3400 <sup>a</sup>
Mode	4.51	42.03 <sup>b</sup>	277.40 <sup>b</sup>	45.30 <sup>b</sup>	463.80 <sup>b</sup>	16.89 <sup>b</sup>	60.99 <sup>b</sup>
Std. Deviation	5.19	13.37	183.36	15.01	286.55	7.21	102.03
Variance	26.89	178.74	33620.24	225.34	82108.58	51.94	10409.70
Skewness	0.62	0.53	0.65	0.41	0.89	0.97	9.87
Kurtosis	-0.49	-0.18	1.25	0.37	0.31	1.02	100.33
Range	21.50	58.05	1019.90	72.60	1248.51	34.83	1069.39
Minimum	0.50	13.37	2.10	23.45	47.99	7.17	44.21
Maximum	22.00	71.42	1022.00	96.05	1296.50	42.00	1113.60
Average Shale Conc.	13	19	90	45	68	20	95

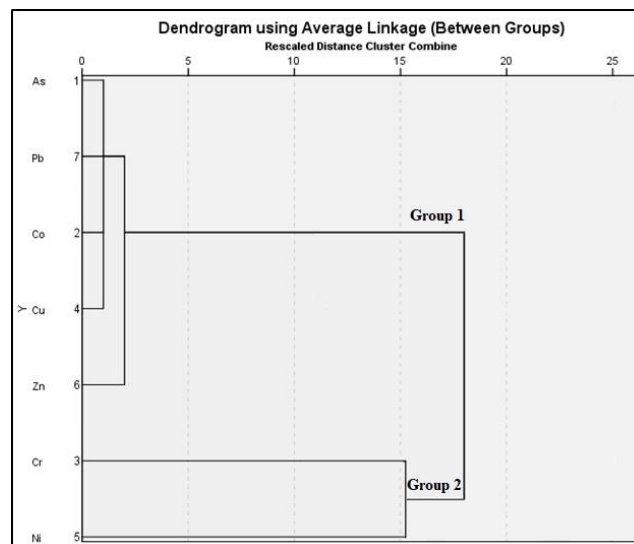
a. Calculated from grouped data.

b. Multiple modes exist. The smallest value is shown

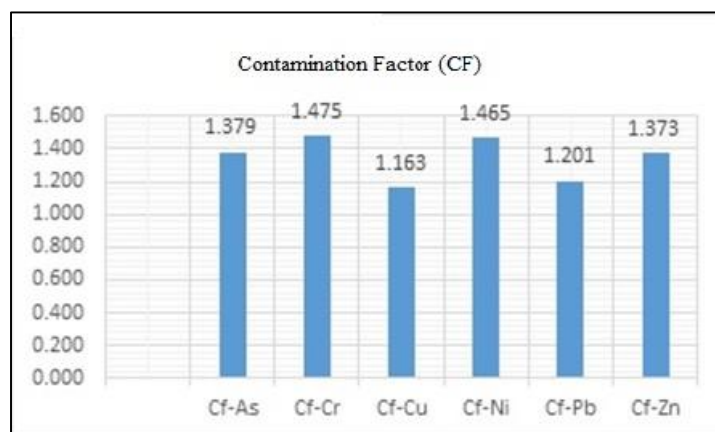




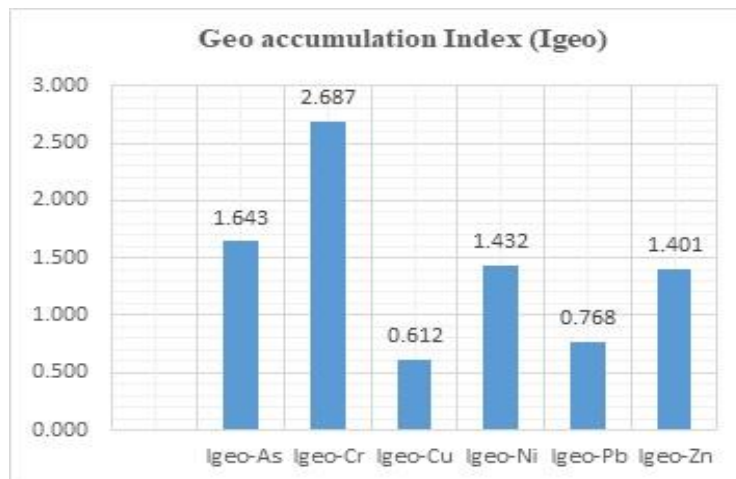
شکل ۲- مقایسه متوسط فلزات سنگین در دشت جوین با متوسط شیل جهانی  
 Fig. 2. Comparison of the average of heavy metals in Jovein plain with the average of global shale



شکل ۳- خوشه بندی فلزات سنگین در دشت جوین  
 Fig. 3. Clustering of heavy metals in the Jovein plain

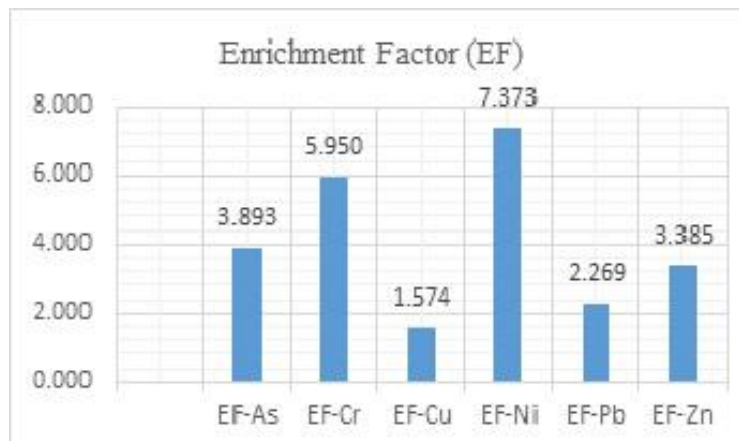


شکل ۴- مقایسه میانگین فاکتور آلودگی فلزات سنگین در خاک و رسوبات سطحی دشت جوین  
 Fig. 4 Comparison of the average Contamination Factor of heavy metals in the soil and surface sediments of Jovein plain



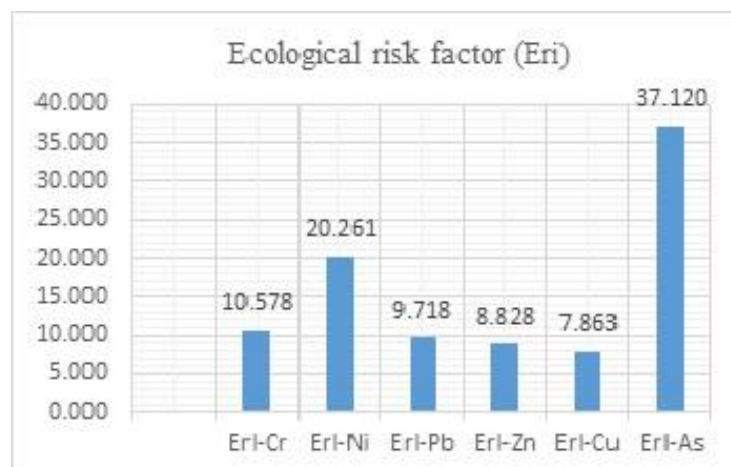
شکل ۵- کیفیت خاک و رسوب بر اساس شاخص زمین انباشت در دشت جوبین

Fig. 5 Soil and sediment quality according to Geo accumulation Index in the Jovein plain



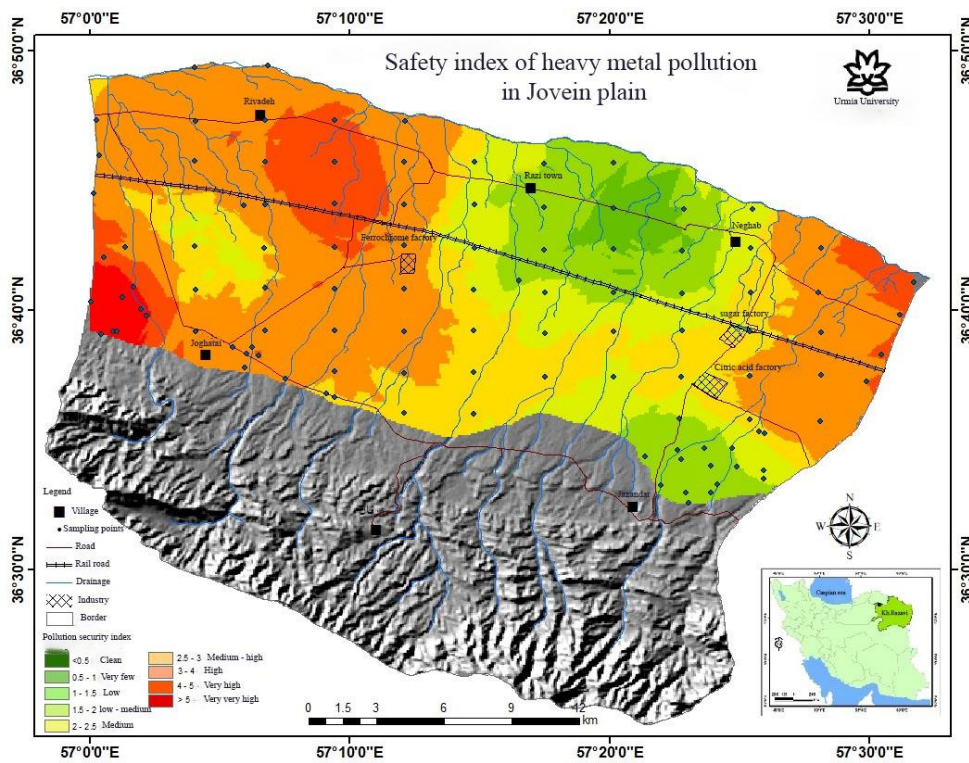
شکل ۶- مقایسه میانگین ضرایب غنی شدگی فلزات سنگین در دشت جوبین

Fig. 6 Comparison of the average Enrichment Factor of heavy metals in the Jovein plain

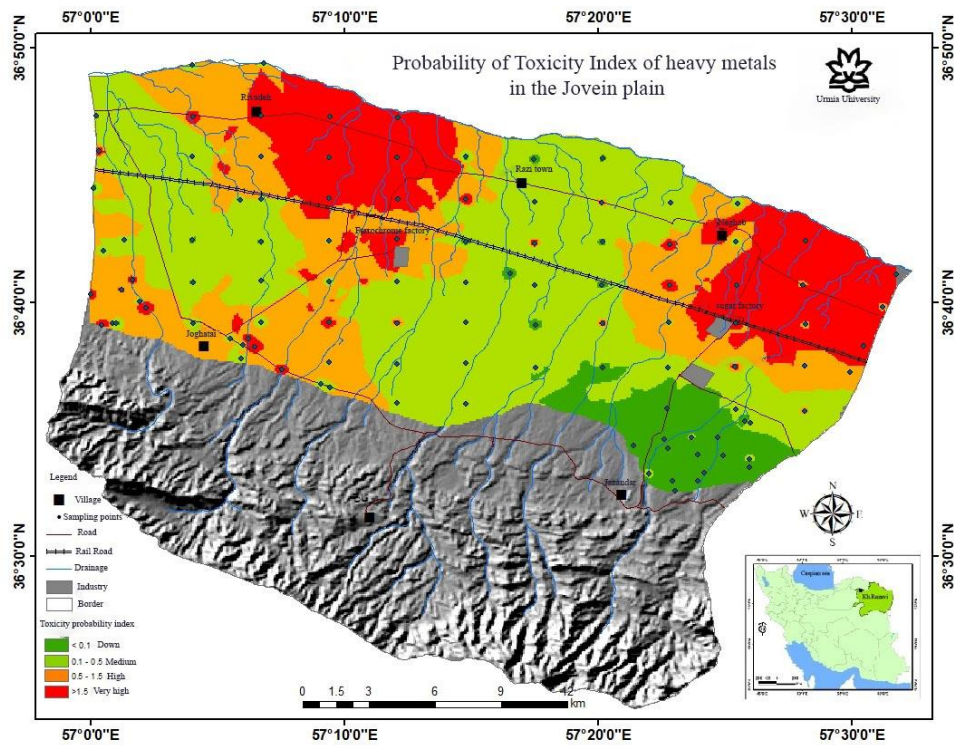


شکل ۷- مقایسه میانگین فاکتور خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در دشت جوبین

Fig. 7 Comparison of the average ecological risk factor of heavy metals in the Jovein plain



شکل ۸- شاخص امنیت آلودگی فلزات سنگین در دشت جوین  
Fig.8 Safety index of heavy metal pollution in Jovein plain



شکل ۹- شاخص احتمال سمیت فلزات سنگین در دشت جوین  
Fig. 9 The Probability of Toxicity Index of heavy metals in the Jovein plain

## ۵- بحث

بر اساس نتایج جدول آمار توصیفی (جدول ۱۰) محدوده غلظت فلزات سنگین بر اساس ppm در خاک و رسوبات سطحی دشت جوین به شرح ذیل می‌باشد. As 0.5-22, Co 13.37-71.42, Cr 2.10-1022, Cu 23.45-96.05, Ni 47.99-1296.50, Pb 7.17-42, Zn 44.21-1113.60 می‌باشد. آلاینده‌های فلزی به ترتیب اولویت عبارتند از Ni>Cr>Co>Cu>Pb می‌باشد. عناصر فلزی Zn>As به ترتیب نسبت به متوسط شیل جهانی پایین‌تر است.

بر اساس نتایج آنالیز ژئوشیمیایی و شکل ۲ و ۳، فلزات را می‌توان به دو گروه دسته‌بندی کرد. گروه اول شامل نیکل و کروم، که در تمام نمونه‌های خاک و رسوب مورد تجزیه و تحلیل با غلظت‌های به ترتیب ۶ و ۳ برابر بالاتر از مقادیر میانگین شیل می‌باشد. گروه دوم که شامل آرسنیک، کبالت، مس، سرب و روی هستند که تقریباً برابر متوسط جهانی شیل می‌باشد.

شکل ۴ مقایسه میانگین فاکتور آلودگی فلزات سنگین در خاک و رسوبات دشت جوین را نشان می‌دهد. این فاکتور مقدار عناصر را نسبت به مقدار طبیعی خود سنجیده و میزان آلودگی خاک را تعیین می‌کند. بر اساس جدول ۴ (کلاس بندی مقدار فاکتور آلودگی) چنانچه بیش از یک باشد آلودگی متوسط تا بسیار بالا را نشان می‌دهد. با بررسی نمودار ۳، عناصر کرم و نیکل عدد ۱/۵ را نشان می‌دهد که بیان کننده آلودگی در حد متوسط می‌باشد.

شکل ۵ مقایسه میانگین شاخص زمین انباشت فلزات سنگین در خاک و رسوبات جوین را نشان می‌دهد. این شاخص از کسر مقدار غلظت فلزات سنگین در خاک به مقدار غلظت زمینه همان فلز به دست می‌آید. جدول ۲ کیفیت خاک و رسوب بر اساس شاخص انباشتگی زمین را نشان می‌دهد. بر اساس این جدول عنصر کروم در کلاس ۳، با میزان آلودگی متوسط تا زیاد می‌باشد. و بقیه عناصر در کلاس‌های پایین‌تر قرار دارند.

برای محاسبه ضریب غنی‌شدگی، یک عنصر را به عنوان رفرنس در نظر می‌گیرند که این عنصر باید غیرمتحرک بوده و تحت تاثیر فعالیت‌های بشر قرار نگیرد، در این پروژه از عنصر آلومینیوم به عنوان عنصر غیر متحرک استفاده کردیم. شکل ۶ مقایسه میانگین ضرایب غنی‌شدگی فلزات سنگین در خاک و رسوبات دشت جوین را نشان می‌دهد. همچنین در جدول ۱ مقادیر شاخص ضریب غنی‌شدگی آورده شده است. بر اساس

نتایج این نمودار و مقایسه آن با جدول ۱، مقدار ضریب غنی‌شدگی عناصر نیکل و کروم بالاتر از ۵ می‌باشد و لذا مقدار غنی‌شدگی آنها در رده ۲ (آلودگی قابل توجه) است. بقیه عناصر غنی‌شدگی متوسط تا کم می‌باشد.

شکل ۷ مقایسه میانگین فاکتور خطر اکولوژیکی فلزات سنگین در خاک و رسوبات دشت جوین را نشان می‌دهد. این فاکتور برای ارزیابی کنترل کیفیت آب، خاک و رسوبات به کار می‌رود. جدول ۵ کلاس بندی آلودگی بر اساس فاکتور خطر اکولوژیکی را نشان می‌دهد. با مقایسه مقادیر این نمودار با جدول ۵، نتیجه می‌گیریم که ریسک اکولوژیکی تمامی عناصر در رده ۱ واقع شده است و لذا از ریسک اکولوژیکی پایینی برخوردار هستند.

ناهنجاری‌های آلودگی ژئوشیمی زیست محیطی بر اساس شاخص‌های تجمعی در نقشه‌های ۲ و ۳ آورده شده است.

شکل ۸ شاخص امنیت آلودگی فلزات سنگین در دشت جوین را نشان می‌دهد. این شاخص، اطلاعاتی در خصوص تعیین حد سمیت بالا که باعث ایجاد اثرات نامطلوبی در محیط خاک و رسوب می‌شود ارائه می‌دهد. بر اساس جدول ۸ (طبقه بندی شاخص امنیت آلودگی) که در آن ۹ کلاس تعریف شده است. سمت غربی دشت از لحاظ امنیت آلودگی پایین بوده لذا تصمیم گیران منطقه ملاحظات زیست محیطی در این بخش از دشت را رعایت نمایند. بر اساس این نقشه به احتمال قوی عامل این ناامنی در ژئوشیمی زیست محیطی می‌تواند، معادن کرومیت و کارخانه فرآوری آن باشد که از لحاظ جانمایی در این قسمت واقع شده‌اند.

شکل ۹ شاخص احتمال سمیت فلزات سنگین در دشت جوین را نشان می‌دهد. این شاخص به عنوان ابزاری برای تشخیص اثرات مضر فلزات سنگین در محیط خاک و رسوبات مورد استفاده قرار می‌گیرد. بر اساس جدول ۹، (تفسیر شاخص احتمال سمیت) که برای آن ۴ سطح تعریف شده است. محدوده شمالی کارخانه‌های فرو کروم و کارخانه قند و اسید سیتریک جوین که به لحاظ توپوگرافی در پایین دست صنایع فوق می‌باشند از لحاظ احتمال سمیت به فلزات سنگین با سطح ریسک بالا و خیلی بالا و همچنین درصد سمیت احتمالی بین ۵۰ - ۷۵ درصد نشان می‌دهد.

## ۶- نتیجه گیری

بررسی شاخص ریسک اکولوژیکی، تمامی عناصر به لحاظ کلاس بندی در رده ۱ واقع شده اند و از ریسک اکولوژیکی در سطح پایینی برخوردارند.

بر اساس نقشه شاخص امنیت آلودگی، سمت غربی دشت به لحاظ این شاخص از امنیت پایینی برخوردار است. به احتمال قوی عامل ناهنجاری ژئوشیمی زیست محیطی می تواند، معادن کرومیت و کارخانه فرآوری آن باشد که از لحاظ جانمایی در این قسمت واقع شده اند.

محدوده شمالی کارخانه های فروکروم، کارخانه قند و اسید سیتریک جوین که به جهت توپوگرافی در پایین دست صنایع فوق می باشند، از لحاظ احتمال سمیت به فلزات سنگین با سطح ریسک بالا و خیلی بالا و همچنین درصد سمیت احتمالی بین ۵۰ - ۷۵ درصد می باشد.

## ۷- سیاست گذاری

در این پژوهش از داده های ژئوشیمی برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ جفتای و گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ فرومد استفاده شده است. لذا از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور و نیز زحمات آقای ناصر سعدالدین، آقای محمد تقی کره ای و کلیه همکارانی که در این زمینه فعالیت داشتند نیز مراتب قدردانی را به عمل می آورم.

آلاینده های فلزی به ترتیب اولویت عبارتند از  $Zn > As > Ni > Cr > Co > Cu > Pb$  می باشد. عناصر فلزی  $Zn > As$  به ترتیب نسبت به متوسط شیل جهانی پایین تر است.

آلاینده های فلزی این محدوده را می توان به دو گروه دسته بندی کرد. گروه اول شامل نیکل و کروم، که در تمام نمونه های خاک و رسوب مورد تجزیه و تحلیل با غلظت های به ترتیب ۶ و ۳ برابر بالاتر از مقادیر میانگین شیل می باشد. گروه دوم که شامل آرسنیک، کبالت، مس، سرب و روی هستند که تقریباً برابر متوسط جهانی شیل می باشد.

میانگین فاکتور آلودگی عناصر کرم و نیکل در حد متوسط می باشد. سایر عناصر به لحاظ فاکتور آلودگی در رده پایین قرار دارند.

میانگین شاخص زمین انباشت عنصر کروم در کلاس ۳، با میزان آلودگی متوسط تا زیاد می باشد. و بقیه عناصر در کلاس های پایین تر قرار دارند.

مقدار ضریب غنی شدگی عناصر نیکل و کروم بالاتر از عدد ۵ است و لذا مقدار غنی شدگی آنها در رده ۲ (آلودگی قابل توجه) است. بقیه عناصر غنی شدگی متوسط تا کم می باشند.

## ۸- مراجع

- Dahri, M.K., Kooh, M.R.R., Lim, L.B.L., 2014. Water remediation using low cost adsorbent walnut shell for removal of malachite green: equilibrium, kinetics, thermodynamic and regeneration studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2(3), 1434-1444. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2014.07.008>.
- Duffus, J.H., 2002. Heavy Metals. A Meaningless Term. *Chemistry International - Newsmagazine for IUPAC. Journal of Chemistry International* 74(5), 793-807. <https://doi.org/10.1515/ci.2001.23.6.163>.
- Gamain, P., Gonzalez, P., Cachot, J., Pardon, P., Tapie, N., Gourves, P.Y., Budzinski, H., Morin, B., 2016. Combined effects of pollutants and salinity on embryo-larval development of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Marine Environmental Research* 113, 31-38. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.11.002>.
- Ghasemzadeh, A., Karimi, A., Ziaei, A., 2019. Investigating the effect of earth and man-made factors on the distribution of heavy elements in the soils formed on the ophiolitic range of South Sabzevar. *The 16th Congress of Soil Sciences of Iran*. (<https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1077646.html>).
- Gong, Q., Deng, J., Yangchuan, X., Qingjie, W., 2008. Calculating Pollution Indices by Heavy Metals in Ecological Geochemistry Assessment and a Case Study in Parks of Beijing *Journal of China University of Geosciences* 19(3), 230-241. [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0705\(08\)60042-4](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0705(08)60042-4).
- Hakanson, L., 1980. Ecological risk index for aquatic pollution control, A sedimentological approach. *Journal of Water Research* 14, 975-1001. [http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354\(80\)90143-8](http://dx.doi.org/10.1016/0043-1354(80)90143-8).
- He, Z.L., Yang, X.E., and Stoffella, P.J., 2005. Trace elements in agro-ecosystems and impacts on the environment. A review. *Journal of Trace Elements in Medicine Biology* 19, 125-140. <HTTP://DX.DOI.ORG/10.1016/j.jtemb.2005.02.010>.
- Islam, M., Ren, H., 2017. Multi-modal pixelnet for brain tumor segmentation. *BrainLes, Springer LNCS* 10670 (2018) 298-308. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75238-9\\_26](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-75238-9_26).

- Kowalski, J.B., Mazurek, R., Gąsiorek, M., Zaleski, T., 2018. Pollution indices as useful tools for the comprehensive evaluation of the degree of soil contamination—A review. *Environmental geochemistry and health* 40, 2395–2420. <https://doi.org/10.1007/s10653-018-0106-z>.
- Li, G.Y., Liu, X.L., An, T.C., Yang, H., Zhang, S.Q., Zhao, H.J., 2015. Photocatalytic and photoelectrocatalytic degradation of small biological compounds at TiO<sub>2</sub> photo-anode: a case study of nucleotide bases. *Catalysis Today* 242, Part B, 363e371. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2014.04.029>.
- Muller, G., 1969. Index of geo accumulation in the sediments of the Rhine River. *Geo journal* 2, 108-118. <https://www.scienceopen.com/document?vid=4b875795-5729-4c05-9813-64951e2ca488>.
- Pejman, A., Nabi Bidhendi, G., Ardestani, M., Saeedi, M., Baghvand, A., 2015. A new index for assessing heavy metals contamination in sediments: A case study. *Ecological Indicators* 58, 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.06.012>.
- Rapant, S.; Salminen, R.; Tarvainen, T., Krc mova, K., Cvec Kova, V., 2008. Application of a risk assessment method to Europe – wide geochemical baseline data. *Geochemistry Exploration, Environment, Analysis* 8, 291–299, 1467-7873. <http://dx.doi.org/10.1144/1467-7873/08-176>.
- Saha, P.K., Hossain, M.D., 2011. Assessment of Heavy Metal Contamination and Sediment Quality in the Buriganga River, Bangladesh. 2nd International Conference on Environmental Science and Technology. <https://www.researchgate.net/publication/266527192>.
- Salmanpour, M.S., Sharif Khodaei, Z., Aliabadi, M.H., 2016. Airborne Transducer integrity under Operational Environment for Structural Health Monitoring. *Sensors* 16, 2110. <https://doi.org/10.3390/s16122110>.
- Sekabira K, Oryem-Origa H, Basamba TA, Mutumba G, Kakudidi E., 2010. Assessment of heavy metal pollution in the urban stream sediments and its tributaries. *Journal of Environmental Science and Technology* 7(3), 435-446. <http://dx.doi.org/10.1007/BF03326153>.
- Sutherland, R.A., 2000. Bed Sediment Associated Trace Metals in an Urban Stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology* 39, 611-627. <http://dx.doi.org/10.1007/s002540050473>.
- Taylor, S.R., 1964. Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust: A New Table. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28, 1273-1285. [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037\(64\)90129-2](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7037(64)90129-2).
- Zhang, L., Ye X., Feng H., Jing Y., Ouyang T., Yu X., Liang R., Gao C., Chen W., 2007. Heavy metal contamination in western Xiamen Bay sediments and its vicinity. *China. Marine Pollution Bulletin* 54, 974-982. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.02.010>.
- Zhenli, L., He Xiaoe, E., Yang Peter, J., Stoffella, 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19(2-3), 125–140. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2005.02.010>.