Journal of Research in Environmental Health

Volume 7, Issue 3, Autumn 2021

Investigation of Soil Heavy Metals (As, Cd, Co, Cr, and Ni) in the Dehnow Region, Shandiz

Mohammad Ebrahim Fazel Valipour

Assistant Professor, Department of Geology, Mashhad Branch, Islamic Azad University, Mashhad, Iran (Corresponding Author): Email: dr.ef.valipour@gmail.com

Received: 2021/08/22
Accepted: 2021/10/15

Document Type: Research article

ABSTRACT

Background and Aim: Heavy metals contamination of soils is one of the main environmental problems. Heavy metals are considered one of the most dangerous groups of pollutants because of their toxicity and stability. The biological and ecological importance of heavy metals is due to their characteristics, toxicity, persistence, and bioaccumulation. This study aimed to investigate the spatial distribution of heavy metals in the Dehnow region, Shandiz (Northwest of Mashhad).

Material and Methods: In the present study, 20 soil samples (10-30 cm depth) were collected and the total concentration of As, Cd, Co, Cr, and Ni were measured using atomic absorption spectrophotometry. Also, some other soil properties including pH, organic carbon, CEC, and soil texture proportions were measured.

Results: The average concentrations of As, Cd, Co, Cr, and Ni in the study area were 10.87, 0.26, 14.8, 56.6, and 68.2 mg/kg, respectively. Also, statistical analysis showed that the standard deviations of As, Cd, Co, Cr, and Ni in the study area were 1.97, 0.16, 1.32, 19.47, and 17.39, respectively.

Conclusion: The average concentration of Ni in the soil of the study area was higher than the standard value of the Environmental Protection Organization of Iran, while As, Cd, Co, and Cr were lower than the standard values. The presence of serpentinite soils increased the concentration of nickel in the region.

Keywords: Dehnow Shandiz, Mashhad, Soil Pollution, Heavy Metals, Spatial Distribution.

▶ **Citation:** Fazel Valipour ME. Investigation of Soil Heavy Metals (As, Cd, Co, Cr, and Ni) in the Dehnow Region, Shandiz. *Iranian Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2021; 7(3): 216-225.

بررسی غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل) در خاک منطقه ده‌نو شاندیز

محمد ابراهیم فاضل ولی‌پور
استادیار، گروه زمین‌شناسی، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران. (نویسنده مسئول):
پست الکترونیک:
dr.ef.valipour@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۳
نوع مقاله: مقاله پژوهشی

چکیده

زمینه و هدف: امروزه آلودگی خاک به فلزات سنگین به‌عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌ها محسوب می‌شود و از نظر سمیت و پایداری جز خطرناک‌ترین گروه طبقه‌بندی شده‌اند و به‌دلیل خصوصیات آلایندگی‌شان در خاک، سمی بودن، زمان ماندگاری بالا و تجمع آنها در بافت جانداران، از اهمیت اکولوژیکی و بیولوژیکی زیادی برخوردارند. مطالعه حاضر با هدف بررسی نحوه پراکنش و توزیع فلزات سنگین در خاک منطقه ده‌نو شاندیز (شمال غرب مشهد) انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق ۲۰ نمونه خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری جمع‌آوری گردید و غلظت کل عناصر آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برخی از ویژگی‌های خاک شامل PH، درصد کربن، ظرفیت تبادل کاتیونی و بافت خاک نیز در نمونه‌ها اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS ، ورژن ۲/۷ انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات‌سنگین، میانگین غلظت آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل در منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۱۰/۸۷، ۰/۲۶، ۱۴/۸، ۵۶/۶ و ۶۸/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. همچنین براساس نتایج حاصل از آنالیز آماری انحراف‌معیار و میانگین فلزات آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل در منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۱/۹۷، ۰/۱۶، ۱/۳۲، ۱۹/۴۷ و ۱۷/۳۹ بود.

نتیجه‌گیری: غلظت نیکل در خاک‌های منطقه نسبت به میانگین استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران بالاتر و غلظت کروم، کبالت، کادمیوم و آرسنیک نسبت به میانگین این استاندارد پایین‌تر است. وجود خاک‌های سرپانتینیتی، سبب افزایش غلظت عنصر نیکل در منطقه شده است.

کلید واژه‌ها: آلودگی خاک، توزیع مکانی، ده‌نو شاندیز، فلزات سنگین، مشهد.

◀ **استناد:** فاضل ولی‌پور م الف. بررسی غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل) در خاک منطقه ده‌نو شاندیز. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۴۰۰؛۷(۳): ۲۱۶-۲۲۵.

مقدمه

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که به‌دلیل سمیت و پایداری در محیط‌زیست و نگرانی از نظر سلامت عمومی حائز اهمیت هستند (۱). این فلزات به‌دلیل خطرات مربوط به سلامت انسان بسیار مهم می‌باشند. آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین به‌علت سمیت و تجزیه‌ناپذیری یک مشکل جدی تلقی می شود (۲) و به‌دلیل خاصیت تجمع‌پذیری و سرطان‌زایی می‌توانند مشکلات متعدد بهداشتی و زیست‌محیطی ایجاد کنند (۳). فلزات سنگین از قبیل سرب، آرسنیک، روی، کروم وکادمیوم به‌دلیل دارا بودن خاصیت سمی و تجمع‌زیستی از مهمترین آلاینده‌ها محسوب می‌شوند و از نظر سمیت و پایداری، به خطرناک‌ترین گروه‌ها تعلق دارند و با توجه به ماندگاری بالا و تجمع در بافت جانداران از اهمیت اکولوژیکی و بیولوژیکی زیادی برخوردارند (۴). افزایش غلظت این عناصر اثرات منفی زیادی بر سلامت انسان دارد و بیشتر از طریق هضم، تنفس و جذب پوستی صورت می‌گیرد (۵). قرارگرفتن طولانی‌مدت در معرض آرسنیک، سبب بروز سرطان، بیماری ریوی، بیماری‌های قلبی‌عروقی و دیابت می‌گردد. این عنصر تأثیر منفی بر رشد شناختی، هوش و حافظه دارد (۶). کروم شش ظرفیتی خطر ابتلاء به بیماری‌های تنفسی و سرطان را دارد و سبب افزایش تومورهای معده، بیماری ریه، حنجره، مثانه، کلیه، استخوان و تیروئید می‌گردد (۷). جذب بیش از حد کبالت توسط بدن انسان و مسمومیت با آن بر بافت‌ها و عملکرد قلب و کبد تأثیر می‌گذارد. از اثرات نامطلوب کادمیوم در بدن انسان می‌توان به اسهال، شکم درد، استفراغ شدید و آسیب به سیستم عصبی و ایمنی اشاره نمود (۸).

ورود نیکل به بدن، انواع سرطان‌های حلق و ریه را به‌دنبال خواهد داشت. کم‌کاری و ضعف بدن در مبارزه با عوامل بیماری‌زا که به‌صورت افزایش تعداد سلول‌های میکروب‌خوار بروز می‌کند و انواع سرطان‌های خون، مغز و استخوان را ایجاد می‌کند از دیگر عوارض فلز نیکل در بدن انسان است. تماس پوستی با این فلز نیز می‌تواند باعث حساسیت‌های شدید پوستی، خارش و بیماری‌های پوستی شود (۹).

فلزات‌سنگین می‌توانند از طریق هوا، خاک، آب و پوست وارد بدن انسان شوند (۱۰). این آلاینده‌ها به هوا، خاک و در نهایت به اکوسیستم‌های آبی وارد می‌شوند (۱۱). ورود فلزات سنگین به محیط زیست نتیجه دو منشأ فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای طبیعی می‌باشد (۱۲، ۱۳). فعالیت‌های مختلف انسانی از قبیل کشاورزی، صنعتی و معدنکاری درکنار ویژگی‌های کانی‌سازی، سنگ‌شناسی، فرآیندهای زمین‌شناسی و هوازدگی در هر منطقه می‌تواند سبب آزاد شدن فلزات‌سنگین شده که بالطبع، حضور آن عناصر در خاک و آب مشهود خواهد بود.

جنس سنگ بستر خاک در ایجاد آلودگی‌های محیط‌زیستی (زمین‌زاد) نقش اساسی دارد. هوازدگی و فرسایش مواد پوسته‌ای منشأ عمده ورود فلزات سنگین به محیط زیست است. درواقع تمرکز فلزات درخاک با توجه به نوع سنگ مادر، کانی‌سازی و شرایط تشکیل خاک در مناطق مختلف متفاوت است. سرپانتین‌ها و خاک‌های سرپانتینیتی که با سنگ‌های اولترامافیک همراه هستند تقریبا ۱٪ از سطح کره‌زمین را می پوشانند (۱۴). خاک‌های حاصل از هوازدگی سنگ‌های اولترامافیک و عمدتاً خاک‌های سرپانتینیتی تمرکزی از فلزات سنگین نیکل، کروم و کبالت را دارا هستند (۱۵). بنابراین می‌توان این سنگ‌ها را به‌عنوان یکی از مهمترین آلاینده‌های طبیعی نام برد. در ایران به‌دلیل فراوانی این سنگ‌ها، پتانسیل آلایندگی محیط زیستی نیز وجود دارد که خود لزوم توجه به آسیب‌های ناشی از عناصر آلاینده را ضروری می‌نماید. ارزیابی محیط‌زیستی را می‌توان از طریق مقایسه مقادیر عناصر آلاینده در خاک با استانداردهای تعریف شده انجام داد(۱۶).

تاکنون مطالعاتی در این زمینه درکشور صورت گرفته است. در مطالعه ملک‌زاده که توزیع مکانی سرب، کادمیوم و نیکل در خاک‌های محدوده بختیار دشت اصفهان مورد بررسی قرار گرفت، نتایج حاصل از مقایسه غلظت فلزات‌سنگین با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران نشان داد که غلظت نیکل بیشتر و غلظت سرب و کادمیوم کمتر ازحد مجاز است (۱۷). شمشیری و

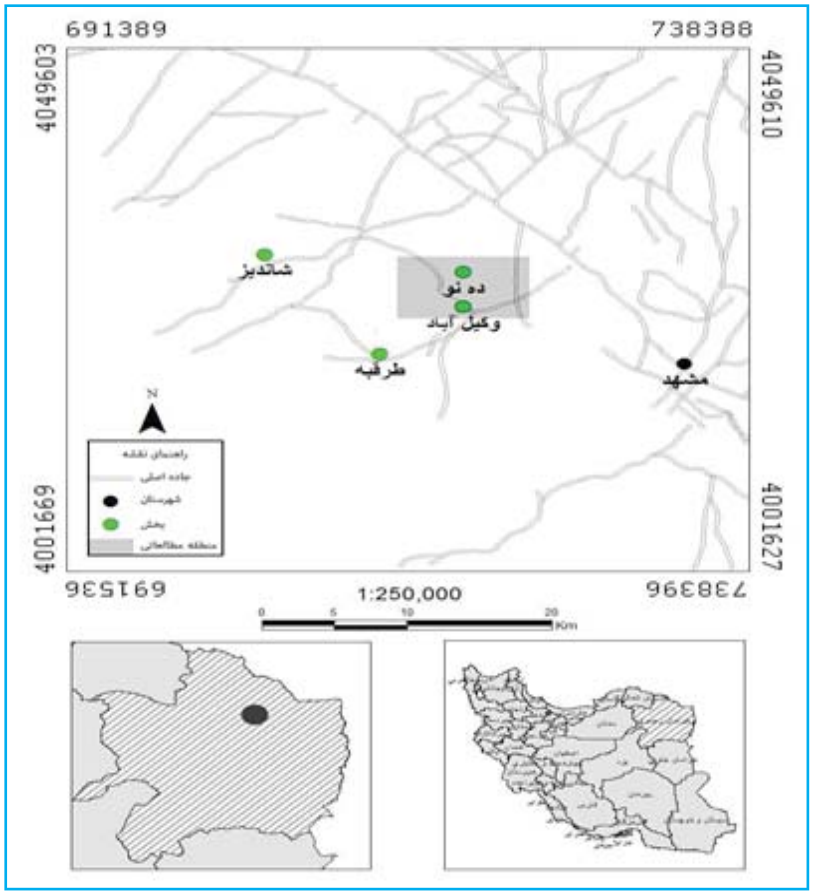
همکاران به بررسی آلودگی خاک‌ها در منطقه افیولیتی رباط‌سفید پرداخت و مشخص کردند که خاک‌های منطقه به فلزات منگنز و نیکل آلوده است(۱۸). فاضل ولی‌پور و همکاران به ارزیابی ژئوشیمیایی و زیست‌محیطی فلزات سنگین در منطقه رباط سفید پرداخته و به این نتیجه رسیدند که غلظت فلزات سنگین کبالت، کروم، نیکل و منگنز به‌دلیل وجود خاک‌های سرپانتینیتی مشتق شده از سنگ‌های اولترامافیک در این منطقه بالاست (۱۹).

با توجه به اینکه منطقه شاندیز از خاک‌های سرپانتینیتی تشکیل شده است و این خاک‌ها به‌عنوان یک خاستگاه اصلی طبیعی از انباشت فلزات‌سنگین محسوب می‌گردند که می‌توانند ازطریق خاک وارد یک سیستم شده و سلامتی انسان را به خطر بیاندازند (۲۰)، مطالعه حاضر با هدف بررسی نحوه پراکنش و توزیع فلزات سنگین در خاک منطقه ده‌نو شاندیز (شمال غرب مشهد) انجام شد.

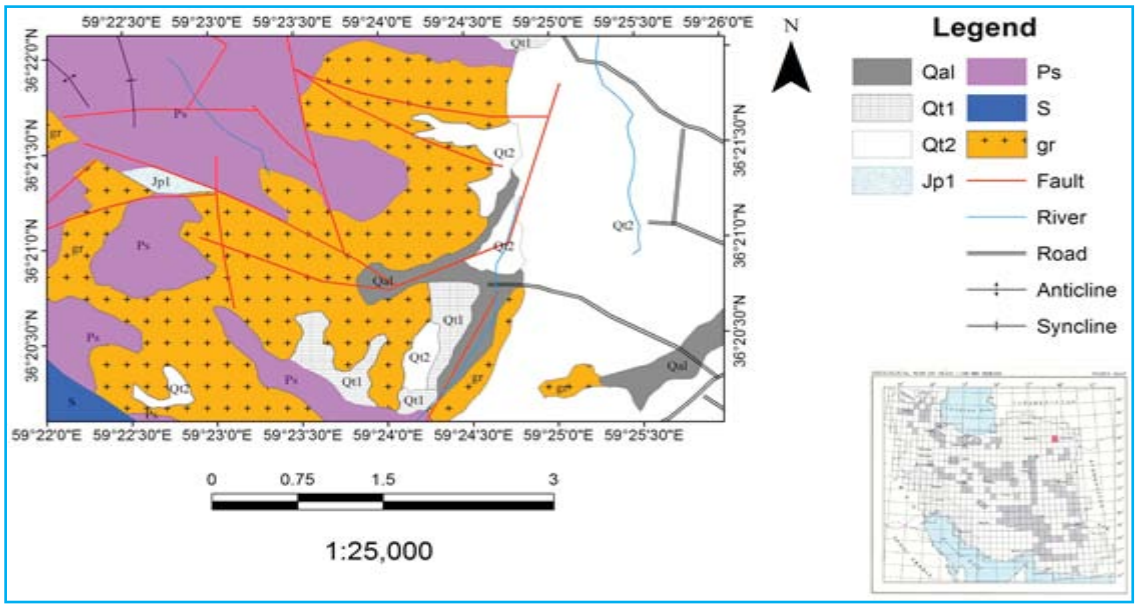
روش کار

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در۳۷ کیلومتری شمال غرب مشهد و۳ کیلومتری شاندیز با طول جغرافیایی ۵۹ درجه، ۲۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۵۹ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی۳۶ درجه، ۲۰ دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۶ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱). این منطقه در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقبه قراردارد. در این منطقه قسمت‌های غرب و شمال غرب بیشتر از سنگ‌های اولترامافیک و قسمت‌های مرکزی و جنوب غربی بیشتر از سنگ‌های گرانیتی تشکیل شده است. قسمت شرقی منطقه بیشتر از آبرفت‌های جوان تشکیل شده است. بیرون زدگی های کوچکی از سنگ‌های رسوبی و دگرگونی نیز در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه



Ps: سنگهای اولترامافیک
S: سنگهای دگرگونی (شیست)
Jp1: سنگهای رسوبی (کنگلومرا)
gr: گرانیت مشهد،
Qt1: تراس (پادگانه)
Qt2: تراس های جوان و مخروط افکنه

Fault: گسل
River: رودخانه
Qal: آبرفت جدید
Road: جاده
Anticline: تاقدیس
Syncline: ناودیس

شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه به‌همراه جنس سنگ‌های منطقه(برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ طرقبه (۲۱))

اطلاعات وابزارهای مورد استفاده

دراین تحقیق برای رسیدن به اهداف مورد مطالعه از نقشه‌های زمین‌شناسی، مقالات و نرم افزارهای SPSS ورژن ۲/۷ و Arc GIS ورژن۱۰/۵و نمونه‌برداری از خاک منطقه استفاده شد.

روش نمونه‌برداری

با توجه به اینکه نمونه‌برداری صحیح یکی از مراحل اولیه و بسیار مهم در مطالعات زیست‌محیطی است، جهت مشخص کردن موقعیت نقاط نمونه‌برداری، مرز منطقه وارد محیط GIS شده و سپس نقاط جهت نمونه‌برداری مشخص گردید. مختصات نقاط وارد دستگاه GIS گردیده و سپس به نمونه‌برداری اقدام گردید. نمونه برداری خاک بر اساس پلات ۲۰ × ۲۰ متری انجام شد و ۴ نمونه خاک از ۴ گوشه و ۱ نمونه خاک از مرکز در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در آبان ماه ۱۳۹۹ برداشت گردید. بعد از مخلوط کردن نمونه‌ها، یک نمونه همگن به‌دست آمد. مقدار هر نمونه حدود ۲ کیلوگرم بود که در مجاورت هوا خشک گردید. بعد از کوبیدن نمونه‌ها با چکش چوبی، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند و برای ارسال به آزمایشگاه آماده شدند. ۱۰۰ نمونه از ۲۰ پلات برداشت شد که بعد از همگن کردن، ۲۰ نمونه نهایی به‌دست آمد.

تعیین خصوصیا ت فیزیکی وشیمیایی خاک

در این پژوهش pH با تهیه گل اشباع و عصاره‌گیری انجام گرفت که pH در گل اشباع توسط دستگاه pH متر مدل متروم قرائت شد. بافت

خاک با استفاده از روش هیدرومتری و محلول هگزامتافسفات سدیم و تعیین اجزای خاک با استفاده از مثلث بافت تعیین گردید. ۱ گرم نمونه خاک درون ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌متری ریخته شده و سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۵/۷ مولار به هر نمونه اضافه گردید. جهت اطمینان از هضم کامل خاک و استخراج کل فلزات، نمونه‌ها به‌مدت ۱۶ ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد قرار داده شد و سپس به‌مدت ۳۰ دقیقه نمونه‌ها روی گرم‌کن در دمای ۱۲۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت. پس از سردشدن، عصاره حاصل به کمک کاغذ صافی، صاف شده و با آب مقطر به حجم ۲۵ میلی‌لیتر رسانیده شد (۲۲). غلظت فلزات‌سنگین به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مدل AA-۶۳۰۰ و با استفاده از اتومایزر شعله اندازه‌گیری شد (۲۳،۲۴).

برای اندازه‌گیری کربن آلی خاک از روش والکلی ـ بلاک[1] استفاده گردید که خاک را با اسید سولفوریک غلیظ و بی‌کرومات، مجاور کرده و بعد از اتمام واکنش اکسیداسیون ـ احیاء، زیادی بی‌کرومات باقیمانده با فروآمونیوم سولفات، تیتر می‌گردد (۲۵).

پس از انجام آنالیز نمونه‌های خاک، داده‌های گرد آوری شده با استفاده از نرم‌افزارآماری SPSS ورژن ۲/۷ مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفت. در این پژوهش جهت توصیف داده‌ها از شاخص‌های میانگین، دامنه، انحراف معیار، ضرایب تغییرات، چولگی، کشیدگی، حداقل و حداکثر استفاده گردید.

یافته‌ها

توصیف متغیرهای خاک

در جدول ۱ خلاصه‌ای از وضعیت آماری متغیرهای خاک نشان داده شده است. حداقل و حداکثر pH خاک در منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۷/۲۹ و ۸/۱۸ با میانگین ۷/۹ و حداقل و حداکثر ظرفیت تبادل کاتیونی[2] به‌ترتیب ۶/۱۰ و ۱۲/۸۸ میلی اکی والان برگرم با میانگین ۹/۳۹ میلی اکی والان برگرم به‌دست آمد. حداقل و حداکثر کربن آلی به‌ترتیب ۰/۰۵ و ۱/۷ با میانگین ۰/۴۴٪ بود. در بین متغیرهای خاک pH با ضریب تغییرات ۳/۱۰، کمترین ضریب تغییرات را داشت که بیانگر وضعیت نسبتا مطلوب بود. خاک منطقه از لحاظ pH خنثی تا نسبتا قلیایی بود. کربن آلی با ضریب تغییرات ۷۹/۶۱، بیشترین ضریب تغییرات را در منطقه مورد مطالعه داشت. با توجه به میانگین درصد ماسه (۴۲/۳۵)، سیلت (۴۰/۹) و رس (۱۶/۷۵)، بافت خاک در منطقه مورد مطالعه لوم تا لوم سیلتی به‌دست آمد.

جدول ۱. خلاصه آماری متغیرهای خاک در منطقه مورد مطالعه

متغیر	واحد	تعدادنمونه	میانگین	دامنه	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
Ph	--------	۲۰	۷/۹	۰/۸۹	۰/۲۴	۳/۱	-۱/۰۸	۰/۵۰	۷/۲۹	۸/۱۸
CEC	۱۰۰gr/Meq	۲۰	۹/۳۹	۶/۷۸	۱/۷۳	۱۸/۵۰	۰/۲۷	-۰/۸۵	۶/۱۰	۱۲/۸۸
کربن آلی	درصد	۲۰	۰/۴۴	۱/۶۸	۰/۳۵	۷۹/۶۱	۲/۷۱	۹/۵۰	۰/۰۵	۱/۷۰
رس	درصد	۲۰	۱۶/۷۵	۲۰	۴/۳۶	۲۶/۰۴	-۰/۵۲	۱/۸۳	۵	۲۵
سیلت	درصد	۲۰	۴۰/۹۰	۲۵	۶/۹۳	۱۶/۹۵	۰/۲۱	-۰/۹۲	۳۰	۵۵
ماسه	درصد	۲۰	۴۲/۳۵	۳۱	۹/۵۴	۲۲/۵۴	-۰/۱۱	-۱/۱۱	۲۸	۵۹

خلاصه آماری غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است. در منطقه مورد مطالعه حداقل و حداکثر کروم به‌ترتیب ۳۵ و ۱۲۳ با میانگین ۵۶/۶، حداقل و حداکثر کادمیوم به‌ترتیب ۰/۲۳ و ۰/۳۰ با میانگین ۰/۲۶، حداقل و حداکثر کبالت به‌ترتیب ۱۱ و ۱۷ با میانگین ۱۴/۸، حداقل و حداکثر آرسنیک به‌ترتیب ۷/۵ و ۱۵/۳ با میانگین ۱۰/۸۷ و حداقل و حداکثر نیکل به‌ترتیب ۵۰ و ۱۲۷ با میانگین ۶۸/۲ به‌دست آمد.

1. Walkley – Black method

2. CEC

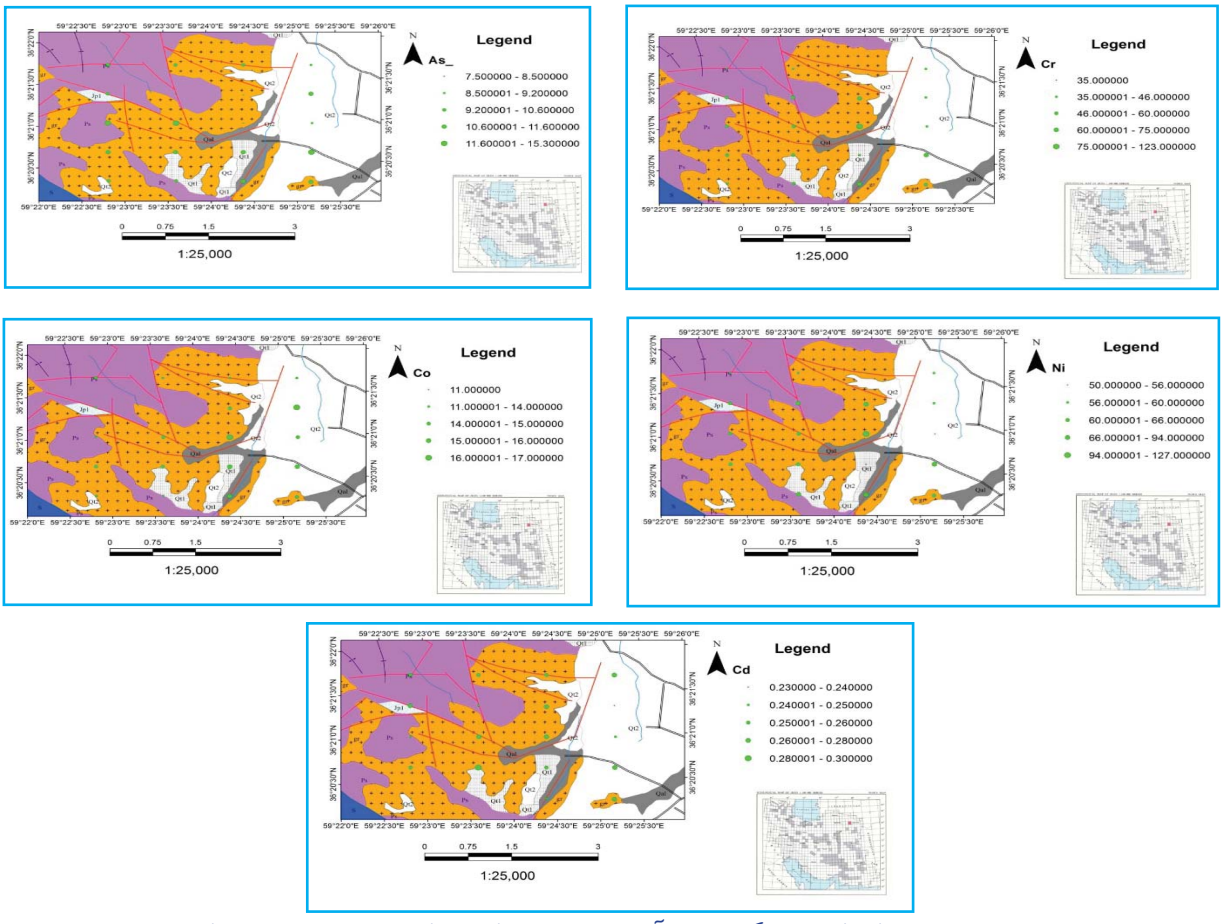
جدول ۲. خلاصه آماری فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

عنصر	تعداد نمونه	میانگین	دامنه	انحراف معیار	ضریب تغییرات	چولگی	کشیدگی	حداقل	حداکثر
آرسنیک	۲۰	۱۰/۸۷	۷/۸۰	۱/۹۷	۱۸/۱۹	۰/۶۸	۰/۶۱	۷/۵۰	۱۵/۳۰
کادمیوم	۲۰	۰/۲۶	۰/۷۰	۰/۰۱	۶/۲۳	۰/۲۱	۰/۹۹	۰/۲۳	۰/۳۰
کبالت	۲۰	۱۴/۸۰	۶	۱/۳۲	۸/۹۳	-۰/۸۰	۲/۷۱	۱۱	۱۷
کروم	۲۰	۵۶/۶۰	۸۸	۱۹/۴۷	۳۴/۳۹	۲/۲۰	۶/۶۰	۳۵	۱۲۳
نیکل	۲۰	۶۸/۲۰	۷۷	۱۷/۳۹	۲۵/۵۰	۲/۲۹	۶/۴۵	۵۰	۱۲۷

مطابق جدول۲ در بین فلزات سنگین اندازه‌گیری شده، کادمیوم با ضریب تغییرات ۶/۲۳ کمترین و کروم با ضریب تغییرات ۳۴/۳۹، بیشترین ضریب تغییرات را در منطقه مورد مطالعه داشتند.

توزیع مکانی غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه

درشکل۳ به‌ترتیب نقشه توزیع مکانی غلظت فلزات‌سنگین کروم، آرسنیک، نیکل، کبالت و کادمیوم نشان داده شده است. کروم در قسمت‌های مرکز و غرب؛ آرسنیک در قسمت مرکز، غرب و جنوب شرق؛ نیکل در قسمت‌های مرکز و جنوب؛ کبالت در قسمت‌های مرکز و شرق و کادمیوم در قسمت مرکز منطقه مورد مطالعه تمرکز بیشتری داشتند.



شکل ۳. توزیع مکانی فلزات سنگین کروم، آرسنیک، نیکل، کبالت و کادمیوم در منطقه مورد مطالعه

بحث

مقایسه غلظت فلزات سنگین خاک منطقه مورد مطالعه با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران

از مقایسه غلظت فلزات مورد مطالعه با جدول ۳ می‌توان نتیجه گرفت که کروم با میانگین ۵۶/۶، کمتر از حد استاندارد تعیین شده (۶۴/۶)، آرسنیک با میانگین ۱۰/۸۷ کمتر از حد استاندارد تعیین شده (۱۷)، کبالت با میانگین ۱۴/۸ کمتر از حد استاندارد تعیین شده (۲۰)، کادمیوم با میانگین ۰/۲۶ کمتر از استاندارد تعیین شده (۳/۹) و نیکل با میانگین ۶۸/۲ بیشتر از حد استاندارد تعیین شده (۵۰) برای خاک‌های سطحی منطقه بود.

جدول ۳. نتایج آماری فلزات سنگین منطقه مورد مطالعه و مقایسه آنها با استاندارد حفاظت محیط زیست ایران (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم)

عنصر	کمترین	بیشترین	میانگین	استاندارد ایران
آرسنیک	۷/۵۰	۱۵/۳۰	۱۰/۸۷	۱۷
کادمیوم	۰/۲۳	۰/۳۰	۰/۲۶	۳/۹
کبالت	۱۱	۱۷	۱۴/۸۰	۲۰
کروم	۳۵	۱۲۳	۵۶/۶۰	۶۴/۶
نیکل	۵۰	۱۲۷	۶۸/۲۰	۵۰

درجه و میزان تأثیرگذاری فلزات سنگین در خاک به انحلال‌پذیری و قابلیت حرکت این فلزات بستگی دارد و این عوامل خود به عوامل دیگری ازجمله PH، مقدار رطوبت، غلظت فلزات، درصد مواد آلی و نوع کانی‌های موجود در سنگ و خاک منطقه وابسته است (۲۶).

هرچند که مقدار کادمیوم در خاک منطقه مورد مطالعه کم بود ولی این عنصر با غلظت پایین نیز در زنجیره غذایی سمی‌ترین عنصر است. استفاده از کودهای فسفات نقش مهمی در تمرکز کادمیوم داشته است (۲۷). با توجه به میانگین غلظت آرسنیک در منطقه، می‌توان به وضعیت نسبتا مطلوب زمین‌های کشاورزی از لحاظ میزان غلظت آرسنیک پی برد. استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌های آرسنیک‌دار به‌عنوان منشأ انسان زاد (۲۸) و دگرسانی سنگ‌های گرانیتی به عنوان منشا طبیعی در تمرکز آرسنیک در منطقه نقش داشته است. آرسنیک می‌تواند در کانی‌های سازنده سنگ‌های گرانیتی مانند کوارتز و فلدسپار تمرکز داشته باشد. غلظت این عنصر درسنگ گرانیت ۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. دگرسانی سنگ‌های اولترا-مافیک در منطقه مورد مطالعه به سرپانتین که از گسترش نسبتا بالایی نیز برخوردارند، به‌عنوان منبع طبیعی سبب تمرکز فلزات نیکل، کروم وکبالت شده است (۲۹، ۳۰). افزودن کودهای حیوانی آلی به خاک معرف منشأ انسان‌زاد نیکل در منطقه است (۳۱). استفاده ازکودهای فسفات و کودهای دامی نیز از منابع انسان‌زاد تمرکز کروم درمنطقه است (۳۲). استفاده ازکودهای فسفردار بخصوص در قسمت شرق منطقه مورد مطالعه درحفظ کبالت نقش داشته است (۳۳). در مقایسه با نتایج به‌دست آمده، خاک‌های منطقه ششتمد واقع در جنوب سبزوار، نسبت به عناصر کروم و نیکل غلظت بالاتر از استاندارد ایران را نشان می‌دهند و عناصر آرسنیک و کبالت غلظتی پایین‌تر از حد استاندارد را دارا می‌باشند (۳۴). خاک‌های سرپانتینیتی منطقه رباط‌سفید نشان داده است که غلظت عناصر نیکل، کروم و کبالت در خاک‌های منطقه بالا است و عناصرکروم و نیکل حد مسمومیت را نشان می‌دهند (۳۵). درمنطقه هرسین-صحنه کرمانشاه مقادیر غلظت عناصر کروم و نیکل بالاتر از حد استاندارد گزارش شده است (۳۶). خاک‌های منطقه آلمه جوق فریمان میانگین غلظت بالاتر از استاندارد عناصر کروم و نیکل را دارا می‌باشند. به‌خصوص در بخش‌های شمال غرب و جنوب شرق منطقه به‌دلیل گسترش خاک‌های سرپانتینیتی، این غلظت افزایش یافته است. کبالت، آرسنیک و کادمیوم غلظتی پایین‌تر از استاندارد حفاظت محیط زیست ایران را دارا می‌باشند (۳۷). نتایج به‌دست آمده از خاک منطقه شاندیز در مقایسه با مطالعات مناطق ذکر شده به‌خصوص در استان خراسان رضوی نشان می‌دهد که با توجه به گسترش خاک‌های سرپانتینیتی حاصل از هوازدگی سنگ‌های اولترامافیک در این مناطق، عنصر نیکل در خاک تمام مناطق بالاتر از حد استاندارد است. پس از نیکل، عنصر کروم در

خاک‌های اکثر مناطق نسبت به منطقه شاندیز از حد استاندارد بالاتر است. کبالت، آرسنیک و کادمیوم تقریبا در تمامی نقاط مقایسه شده غلظت پایین‌تر از حد استاندارد دارند.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از تطبیق نقشه‌های توزیع مکانی فلزات سنگین، تاثیر ساختارهای زمین شناسی در بروز تمرکز فلزات آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم و نیکل را در خاک منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. گسترش سنگ‌های اولترامافیک و دگرسانی این سنگ‌ها به خاک‌های سرپانتینیتی در قسمت‌های غرب و شمال غرب توزیع مکانی فلزات کروم، نیکل وکبالت را دراین مناطق بیشتر نشان می‌دهد و گسترش سنگ‌های گرانیتی در قسمت‌های مرکزی و جنوبی منطقه در تمرکز آرسنیک مؤثر بوده است. در سایر قسمت‌ها به فراخور سنگ‌شناسی مقادیر متفاوتی از این فلزات وجود دارند. این تفاوت را می‌توان به دیگر عوامل زمین‌زادی از قبیل توسعه فرآیندهای خاک‌زایی، درصد مواد آلی و دیگر عوامل مرتبط با تحرک و تمرکز فلزات سنگین و نیز عوامل انسان‌زادی از قبیل استفاده از کودها و آفت‌کش‌های شیمیایی درخاک نسبت داد. با توجه به اثرات بهداشتی فلزات‌سنگین، به‌خصوص عنصر نیکل در خاک‌های سرپانتینیتی موجود در زمین‌های کشاورزی محدوده مورد مطالعه، روش‌های بیولوژیک مانند گیاه‌پالایی، جلوگیری از کشت گیاهان برگ‌دار از قبیل کاهو و کلم و جلوگیری از چرای دام توصیه می گردد.

ملاحظات اخلاقی

نویسندگان تمام نقاط اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشاردوگانه، تحریف داده ها وداده سازی را دراین مقاله رعایت کرده اند. همچنین، هرگونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است برنتایج یا تفسیر مقاله تاثیر بگذارد را رد می کنند.

تشکروقدردانی

بدین وسیله ازمعاونت محترم پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی مشهدکه ما را درانجام این تحقیق با شماره۱۲۶۹۷ یاری نمودند،تشکروقدردانی می شود.

References

1-Babaei H, Ghanavati N, Nazarpour A. Contamination level of mercury in the street dust of Ahvaz city and its spatial distribution. Journal of water and soil science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources), Isfahan University of Technology. 2018; 22(3): 249-259 (in Persian).

2-Moradi Q, Mirzaei R. Spatial variability analysis of heavy metals in street dust of Khashan city. Journal Health and Environ. 2017; 9(4): 443-456 (in persian).

3-Hadia F, Ambreen A. Heavy metal pollution-A mini review. Journal of Bactreriology and Mycology. 2018; 6(3): 179-189.

4-Atabaki M.R, Lotfi A. Investigation of soil heavy metals concentrations (Pb, Cd, Zn and Cu) in different areas of Isfahan in 1396. 2018; 4(1): 21-30 (in Persian).

5-Rehman K., Fatima F, Waheed I, Akash, M.S.H ..Prevalence of exposure of biochemistry. Heavy metals and their impact on health consequences. Journal of cellular. 2018; 119(1): 157- 184.

6-World Health Organization (WHO). Arsenic in drinking water. Guidelines for Drinking Water Quality.2017; 11p.

7-World Health Organization (WHO). Chromium in drinking water. Guidelines for Drinking Water Quality, 21p.

8-Yang S, Zhao J, Chang S.X, Collins C, Xu J, Liu X. Status assessment and probabilisitic health risk modeling of metals accumulation in agriculture soils across Chia: A synthesis. Environ Int 2019; 128: 165-174.

9-Li C, Zhou K, Qin W, Tian C, Qi M, Yan X, Han W. Areview on heavy metals contamination in soil: effects, source, and remediation techniques. Soil and Sediment Contamination: An International Journal. 2019; 28(4): 380-394.

10-Lentini P, Zanoli L, Granata A, Signocelli S.S, Castelino ., Dell Aquila R, Kidney and heavy metals. The role of environmental exposure. Molecular medicine reports. 2017; 15(5):3413- 3419.

11-Aazami J, Taban, P. Monitoring of heavy metals in water, sediment and phragmites australis of Aras River along the Iranian- Armenian Border. Iranian Journal of Toxicology. 2018; 12(2):1-6.

12- Ebqa ai M, Ibrahim B. Application of multivariate statistical analysis in the pollution and health risk of traffic related heavy metals.Enviromental Geochemistry and Health. 2017; 39: 1441-1456.

13-. Zhong T, Xue D, Zhao L, Zhang X. Concentration of heavy metals in vegetables and potential health risk assessment in China. Environ Geochem Health, 2018; 40(1):313-322.

14-Coleman R.G. Ophiolites: Ancient oceanic lithosphere

Berlin. Germany Speringer-Verlag, 1999; 229 P.
15-Oze C, Fendorf S.k, Bird D, Coleman R. Chromium geochemistry of serpentine soils, International Geology Review. 2004; 46:97-126.
16-Salminen R, Tarvainen T. The problem of difining geochemical baselines, a case study of selected elements and geological materials in Finland. J Geochem Expl. 1997;60:91-98.
17- Malekzadeh Z. Distribution of lead, cadmium and nickel in Bakhtiar range of Isfahan plain [dissertation]. Isfahan University of Technology 2014 (in persian).
18-Shamshiri S, Mahmodi Gharaei M.H, Abrishamchi P. Evaulation of soil contamination in ophiolithic region of Rpbat Sefid (Khorasan Razavi). Journal of Environmental Research, 2017; 8(15):165-178 (in Persian).
19-Fazel Valipour M.E, Fazel Valipour B, Dabiri R. Geochemical and environmental assessment of the heavy metals in Robat Sefid region (South of Mashhad) soil, Journal of Environmental Geology, 2018;12(42): 45-60 (in Persian).
20-Punturo R, Ricchiuti C, Bloise A. Assessment of serpentine group minerals in soils: A case study from the village of San Severino Lucano (Basilicata, Southern Italy). Fibers, 2019; 7(2) :18.
21-Pourlatifi A. Geological map 1:100000 Torqabeh, ministry of mines and metals, Geological Survy of Iran, 2001. 9 (in Persian).
22- Cao H.F, Chang A.C, Page A.L. Heavy Metal Contents of Sludge-Treated Soils as Determined by Three Extraction Procedures. J Environ Quall, 1984; 13(4):632-634.
23-Weaver R.W, Angle J.S, Bottomley P.S. Methods of soil analysis, microbiological and biochemical properties, part II, Soil Science of America INC, Wisconsia.1994.
24- Klute A. .Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods, Soil Science Society of America INC, Wisconsia.1986.
25- Schumacher B.A . Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments, Ecological Risk Assessments Support Center Office of Research and Development US. Environmental Protection Agency, 2002.
26-Sauve S, Hendershot W, Allen H.E. Solid-Solution partitioning of metals incontaminated soils: dependens on PH. total metal burden, and organic matter. Environmental Science and Technology, 2000;34(7):1125-1131.
27- Sharma S.K. Heavy Metals in Water: Presence, Removal and Safety. Royal Society of Chemistry, 2014.
28-Hooda P.S.Trace elements in soils, Wiley publication,2010, 596P.
29-Kabata-Pedias A, Mukherjee A.B. Trace elements from soil to Human, Springer Berlin Heidelberg New York, 2007.
30-Buekers J, Amery F, Maes A, Solders E. Long-term reaction of Ni,Zn and Cd with iron oxyhydroxides depend on crystallinity and structure and on metal concentrations, Eur.J. Soil Sci.2008;59:706-715.
31-Uren N.C. Forms reaction and availability of nicle in soil, Adv.Agron, 1992; 48: 141-203.
32-Luo L, Ma Y.B, Zhang S.Z, Wei D.P, Zhu Y.G. An inventory of heavy metal inputs to agricultural soils in China: J. Environ. Manage. doi: 10.1016/j.jenevman.2009:1-11.
33-Senesi G.S, Baldassarre G, Senesi N, Radina B. Trace element input into soils by anthropogenic activities and implications for human health, Chemosphere, 1999; 39: 343-377.
34-Salavati-Nik S, Saadat S, Allameh M.E. nvironmental study of the distribution of heavy metals contamination in soils of Sheshtamad area (Northeastern Iran), Journal of Water and Soil,2020; 34(3): 721-735. (In Persian).
35-Fazel Valipour M.E, FazelValipour B, Dabiri R. Geochemical and environmental assessment of the heavy metals in Robat Sefid region (south of Mashhad) soil, Journal Environmental Geology,2018; 12(42) :45-60 (In Persian).
36-Ghasemi Dehnavi A. Assessment of heavy metal contamination of serpentinite soils, Harsin–Sahneh region, Kermabshah, Journal Applied Sedimentology,2020;8(16): 93-104. (In Persian).
37-Haghparast M, Torshizian H, Dabiri R. Assessment of heavy metals concentrations and pollution in sediments of Almejogh ophiolite region (northeast of Iran), J. Env.Sci. Tech, 2019;21(4): 93-103 (In Persian).