Environmental Education and Sustainable Development *Open Access*

2024, 13(1): 135-148
DOI: 10.30473/EE.2023.67084.2611

ORIGINAL ARTICLE

Evaluation of Environmental Indicators in Mining with an Emphasis on Environmental Education (Case Study: Dian Copper Mine, Damghan)

Mohammad Khalaj[1], Saba Khalaj[2]

1. Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran
2. M.Sc. in Environmental Sciences and Engineering, Research Institute of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Correspondence:
Mohammad Khalaj
Email: m_khalaj@pnu.ac.ir

Received: 22/Feb/2023
Accepted: 25/Jun/2023

How to cite:
Khalaj, M., & Khalaj, S. (2024). Evaluation of Environmental Indicators in Mining with an Emphasis on Environmental Education (Case Study: Dian Copper Mine, Damghan). Journal of Environmental Education and Sustainable Development, 13(1), 135-148.
(DOI: 10.30473/EE.2023.67084.2611)

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the environmental effects of the Dian copper mine in Damghan. This research was a survey, and the research method is a descriptive-analytical mathematical model. For this purpose, all factors and components affecting the environment, including the atmosphere, which contains air quality and sound comfort; the biosphere, which contains ecology; the hydrosphere, which includes surface and groundwater; and the lithosphere, which contains land use, surface facilities, underground facilities, the landscape of the region, and the soil of the region, were examined and scored by experts. The environmental effects of mining were evaluated, and finally, using the Phillips mathematical model, the indicators of sustainable development of the mine in environmental components were quantified and analyzed. Since the value obtained for environmental components is greater than zero, the project has been evaluated as environmentally sustainable. However, the results of the environmental components indicate that the mine will damage the air quality, groundwater, and soil of the region. It is necessary to educate all strata of society on how to deal with environmental pollution by utilizing the potential of public participation and environmental non-governmental organizations, as well as through the design of environmental education curricula.

KEYWORDS

Environmental Impact Assessment, Environmental Components, Effective Factors, Environmental Education, Dian Mine.

Copyright © 2024 The Authors. Published by Payame Noor University
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار

سال سیزدهم، شماره اول، پاییز ۱۴۰۳ (۱۳۵-۱۴۸)

DOI: 10.30473/EE.2023.67084.2611

«مقاله پژوهشی»

ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی معادن با تأکید بر آموزش محیط‌زیست (موردمطالعه: معدن مس دیان، دامغان)

محمد خلج[۱]، صبا خلج[۲]

۱. دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

۲. کارشناسی‌ارشد علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

نویسنده مسئول:
محمد خلج
رایانامه: m_khalaj@pnu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۴/۰۴

استناد به این مقاله:
خلج، محمد. و خلج، صبا. (۱۴۰۳). ارزیابی شاخص‌های محیط‌زیستی معادن با تأکید بر آموزش محیط‌زیست (موردمطالعه: معدن مس دیان، دامغان)، فصلنامه علمی آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۱۳(۱)، ۱۳۵-۱۴۸.
(DOI: 10.30473/EE.2023.67084.2611)

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات محیط‌زیستی در معادن، با نگاه ویژه بر معدن مس دیان دامغان انجام شد. این تحقیق از نوع پیمایشی بوده و روش بررسی با بهره‌گیری از مدل ریاضی، از نوع توصیفی تحلیلی بوده است. به این منظور تمامی فاکتورها و مؤلفه‌های مؤثر بر محیط‌زیست، ازجمله اتمسفر مشتمل بر کیفیت هوا و آرامش صوتی؛ بیوسفر مشتمل بر اکولوژی؛ هیدروسفر مشتمل بر آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی و لیتوسفر که شامل کاربری منطقه، تأسیسات سطحی، تأسیسات زیرزمینی، چشم‌انداز منطقه و خاک منطقه است، بررسی و به‌وسیله کارشناسان و افراد خبره امتیازدهی شد. آثار محیط‌زیستی معدن مورد ارزیابی قرار گرفتند و درنهایت با ارائه مدل ریاضی فیلیپس، شاخص‌های توسعه پایدار معدن در مؤلفه‌های محیط‌زیستی به‌صورت کمی بیان و تحلیل شد. نتایج به‌دست‌آمده از مؤلفه‌های محیط‌زیستی، حاکی از آن است که این معدن به کیفیت هوا، آب‌های زیرزمینی و خاک منطقه آسیب می‌رساند. لازم است با استفاده از توان بالقوه مشارکت‌های مردمی و سازمان‌های مردم‌نهاد محیط‌زیستی و نیز از طریق طراحی برنامه‌های درسی آموزش محیط‌زیست، راهکارهای مقابله با آلودگی‌های محیط‌زیست به کلیه اقشار جامعه آموزش داده شود.

واژه‌های کلیدی

ارزیابی آثار محیط‌زیستی، مؤلفه‌های محیط‌زیستی، فاکتورهای مؤثر، آموزش محیط‌زیست، معدن دیان.

حق انتشار این مستند، متعلق به نویسندگان آن است. ۱۴۰۳ ©. ناشر این مقاله، دانشگاه پیام نور است.

این مقاله تحت گواهی زیر منتشرشده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است.
Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

مقدمه

امروزه فعالیت‌های مخرب انسانی بیش از هر عامل دیگری تنوع زیستی، ثبات و تعادل محیطزیست را در معرض تهدید قرار داده است (Askari et al., 2021). اثرات نامطلوب تخریب‌های فراوانی که در نیم‌قرن اخیر به‌وسیله انسان در محیطزیست رخ‌داده است، در جوامع شهری روزبه‌روز مشهودتر شده و سبب کاهش زیستگاه‌های طبیعی و انقراض گونه‌های متعدد جانوری و گیاهی و کاهش تنوع زیستی شده است (Salajeghe & Bahmanpour, 2020). کسب آگاهی‌های محیطزیستی اولین گام در راه پایداری است و اساساً شرط بقای آینده بشریت، توانایی فهم اصول شناخت محیطزیست و زندگی کردن بر اساس مراقبت از آن‌ها است (Sadeghitabar & Shariatmadari, 2021). آموزش محیطزیست به‌منظور تأثیر بر دانش، نگرش و رفتار افراد فرایندی ساختاری است (Eslamieh et al., 2021). وقتی مدیران و کارکنان فهم بهتری از محیطزیست، اهمیت آن برای بقای همه مخلوقات و از همه مهم‌تر نقش خود در حفظ محیطزیست داشته باشند، می‌توانند به‌طور مثبتی در فعالیت‌های محیطزیستی و بهره‌وری پایدار نقش ایفا کنند (Darvishmotevali & Altinay, 2022).

معدن‌کاری یکی از فعالیت‌هایی است که منابع معدنی را مورد بهره‌برداری قرار می‌دهد و نقشی حیاتی در بسیاری از کشورها ایفا می‌کند، به‌گونه‌ای که بهره‌برداری از مواد معدنی فلزی و غیرفلزی و صنایع وابسته به آن‌ها بخش عمده درآمد و اشتغال‌زایی این کشورها را تشکیل می‌دهد. در صنعت فلزی تولید مس، سرب و روی بیش‌ترین آسیب را به محیطزیست وارد می‌کنند (Khosraqi & Delkhosh, 2015).

امروزه خطرات ناشی از آلودگی محیطزیست که در راستای پیشرفت فناوری، صنعت و معدن‌کاری به وجود آمده، سلامت جوامع انسانی را تحت تأثیر قرار داده و بر نگرانی انسان‌ها افزوده است. در مناطقی که معادن جدید تأسیس می‌شود، علی‌رغم ترقی و شکوفایی اقتصادی و صنعتی، اثرات محیطزیستی نیز الزاماً وجود خواهد داشت. در این میان ورود آلاینده‌ها به آب‌وخاک که به‌واسطه معدن‌کاری ایجاد می‌شوند، از اهمیت خاصی برخوردار است. علاوه بر این، مناطق دارای عیار بالای فلزات (کانسارها) به‌طور طبیعی و بر اثر عواملی چون هوازدگی و فرسایش توسط آب، مواد سمی را وارد محیط‌های مختلف ازجمله آب‌وخاک می‌کنند (Moradi Nasab et al., 2014). دورریزهای معدن و مواد معدنی مختلف بسته به شرایط، دارای آثار و پیامدهای محیطزیستی متفاوتی هستند. معادن و صنایع معدنی مس به دلیل داشتن اثرات تخریبی گوناگون و گسترده بر محیطزیست، نیازمند توجه ویژه‌ای هستند؛ برخی از این اثرات شامل تولید زهاب اسیدی، نشست در سطح زمین، از دست رفتن تنوع زیستی محل، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی توسط مواد شیمیایی، آلودگی هوا و همچنین انتشار فلزات سنگین در آب، خاک و... است (Perdicoúlis & Glasson, 2006).

صدا یکی از عواملی است که در محیط‌های کاری سبب کاهش سلامت نیروی کاری و بهره‌وری می‌شود. معادن هم با توجه به نوع وسایل و فرایندهای کاری از این قاعده مستثنا نمی‌باشند. کارگران این مراکز نیز در معرض آلودگی بوده و سلامت آن‌ها دستخوش اثرات سوء می‌باشند. با توجه به تأثیرات جسمی و روانی صدا روی کارگران اهمیت بررسی این فاکتور و تعیین علل ایجاد آن در معادن روشن می‌شود (Perdicoúlis & Glasson, 2006). آلودگی منابع خاک به عناصر سمی و سرطان‌زا یکی از مشکلات اصلی محیطزیست است. یکی از اثرات منفی معدن‌کاری بر محیطزیست راه یافتن فاضلاب‌ها و پسماندها به طبیعت و جاری شدن آن‌ها در رودخانه‌ها خواهد بود. بی‌توجهی به دفع صحیح پسماندها در معادن، انباشت آن‌ها در محل‌های نامناسب و عدم تصفیه فاضلاب، از عوامل مهم تخریب محیطزیست محسوب می‌شوند (Phillips, 2013). این بی‌توجهی‌ها وقتی تأثیرات بیش‌تر خود را نشان می‌دهد که عدم رعایت فاصله لازم معادن تا مراکز حساس طبیعی و زیستگاه‌های انسانی نیز به معضلات دیگر اضافه شود. نخستین مشکل محیطزیستی صنعت معدن، فاضلاب اسیدی منابع است که باعث نابودی آبزیان و زیست‌بوم آن‌ها می‌شود. فرایند استخراج، انفجار، بارگیری و حمل مواد معدنی و باراندازی، انبار و برش دادن مواد اولیه، تولید و انبارداری، بارگیری و حمل محصولات کارخانه، آلودگی‌های زیادی در محیط منتشر می‌کنند. آلودگی هوا در مراحل مختلف استخراج معادن بیش‌ترین نگرانی این صنعت را در ارتباط با حفظ تندرستی و سلامت عمومی ایجاد می‌کند. مصرف آب، تولید مواد زائد جامد و لجن، ایجاد گرد و غبار از جنبه‌های دیگر محیطزیستی معادن است. عملیات حفاری و آتش‌کاری، ازجمله مهم‌ترین فرآیندهای استخراج معادن روباز هستند که گاهی اوقات توأم با پیامدهای نامطلوب بوده و باعث به وجود آمدن خطرات و مشکلاتی می‌شوند. ازجمله پیامدهای خطرناک و نامطلوب

عملیات انفجار معادن روباز، پدیده‌های لرزش زمین و پرتاب سنگ می‌باشند که باید به‌دقت مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد تا از خسارت‌های جانی و مالی ناشی از آن جلوگیری به عمل آید (Phillips, 2011).

درهرصورت استخراج از معادن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های رشد اقتصادی همچون هر مؤلفه دیگری دارای مزایا، آسیب‌ها و مضراتی ازجمله بر محیطزیست است. معدن‌کاری غیراصولی و کنترل نشده می‌تواند آسیب‌های جبران‌ناپذیری به محیطزیست وارد کند، بنابراین لازم است فاکتورهای مؤثر بر محیطزیست از طریق ارزیابی اثرات محیطزیستی، در فعالیت معدن‌کاری موردتوجه قرارگیرد.

سلحشور و همکاران[1] (۲۰۱۷) با انجام مطالعات میدانی، آنالیزهای شیمیایی و جمع‌آوری داده‌های اکتشافی و نقشه‌برداری، اقدام به تدوین برنامه‌ریزی تولید محیطزیستی معدن مس سونگون کرده‌اند و پس از مدل‌سازی ذخیره معدنی و تهیه مدل بلوکی، برای هر بلوک، عیار عناصر سنگین را با روش کریجینگ و وزن و تأثیر پساب‌زایی بلوک‌ها با استفاده از روش آنتروپی تعیین کرده‌اند.

سازمان حفاظت محیطزیست (۲۰۱۹) در یک دستورالعمل تخصصی به ارزیابی آثار و پیامدهای محیطزیستی معدن‌کاری و فرآوری طلا پرداخته است.

استواری و همکاران[2] (۲۰۱۵) به بررسی اثرات محیطزیستی زهاب اسیدی معادن بر آب‌های سطحی و زیرزمینی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند زهاب اسیدی تولیدشده از معادن و زهاب اسیدی ایجادشده توسط سنگ‌ها که از اکسیداسیون سولفیدهای فلزی حاصل می‌شوند یکی از جدی‌ترین مشکلات محیطزیستی در آلوده کردن آب‌های سطحی و زیرزمینی به شمار می‌روند. ازجمله راهکارهای مناسب برای جلوگیری از خطرات این زهاب‌ها و آلوده شدن آب‌های سطحی و زیرزمینی توسط آن‌ها، جمع‌آوری و تصفیه آن‌ها است.

خدری[3] (۲۰۱۵) در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد اکتشافات ژئوشیمیایی معدن مس دیان را موردبررسی قرار داد در این مطالعات مشخص شد که عناصر مس، سرب و روی در برخی از قسمت‌های شرقی منطقه به‌صورت عناصر آنومال متمرکز هستند و مقایسه بین مقادیر زمینه و مقادیر آنومال عنصر مس، نشان از کانی‌سازی عنصر مس در قسمت شرقی منطقه دارد. همچنین بر اساس تحلیل مؤلفه اصلی و امتیازات فاکتوری و نقشه امتیازات فاکتوری، مؤلفه اول که بیش‌ترین تغییرات را برای عناصری مثل آهن، منگنز، تیتانیوم و اورانیوم داشت، به‌عنوان مؤلفه سنگ‌ساز عمل کرده‌اند.

مرادی نسب و همکاران[4] (۲۰۱۵) میزان پتانسیل ذخیره کانسارهای مس و آهن را در معدن دیان دامغان موردمطالعه قرار داده‌اند. فردوست و همکاران[5] (۲۰۱۴) در قالب پایان‌نامه کارشناسی ارشد کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس معدن دیان را موردبررسی قرار داده‌اند. حسنی‌پناه و همکاران[6] (۲۰۱۵) خطر ناشی از لرزش زمین بر اثر انفجار در معدن رودخانه‌ای شور را موردبررسی قرار داده‌اند.

تاجی[7] و باقری[8] (۲۰۱۷) نتایج و عوارض ناشی از انفجار مانند پرتاب سنگ، لرزش زمین، لرزش هوا و تولید گردوغبار و گازهای مضر را در معادن موردبررسی قرار داده‌اند و شاخص اثرات محیطزیستی عملیات انفجار در معادن سطحی را ارایه کرده‌اند.

محمودی مدوییه[9] و لطیفی نمین[10] (۲۰۱۷) سدهای باطله در معادن را موردبررسی قرار داده و معتقد هستند متداول‌ترین راه انباشت پسماندهای ایجادشده ناشی از استحصال معادن است.

یکی از مقدمات اصلی رفع مشکلات محیطزیستی درزمینه معدن‌کاری، ارتقای فرهنگ عمومی و آموزش‌های محیطزیستی درزمینه حفظ محیطزیست به معدن‌کاران و کارگران معدن است. به نظر می‌رسد تقویت آگاهی عمومی نسبت به مزایای کاربرد حفظ محیطزیست و عواقب و اثرات عوامل مخرب محیطزیستی و تقویت مشارکت عمومی در زمینه‌های محیطزیستی، ارزیابی راهبردی محیطزیستی، سیاست‌ها، برنامه‌ها و طرح‌های ملی اثرگذار بر محیطزیست در بخش‌های صنعت و معدن، ارزیابی محیطزیستی پروژه‌های معدنی، حمایت از بخش خصوصی برای سرمایه‌گذاری درزمینه حفظ محیطزیست و کاهش آلودگی‌های محیطزیستی در معادن، فعال کردن ظرفیت‌های تحقیقاتی و علمی درزمینه

1. Selahshor et al
2. Estwari et al
3. Khedri
4. Moradi Nasab et al
5. Fardost et al
6. Hasani Panah et al
7. Taji
8. Bagheri
9. Mahmoudi Medaviyeh
10. Latifi Namin

حفظ محیطزیست و معدن در راستای کاهش آلودگی‌های محیطزیستی در معادن می‌تواند مؤثر باشد.

به‌طورکلی با توجه به این‌که تمامی معادن کشور به‌نوعی درگیر آلودگی محیطزیست می‌باشند و ازآنجاکه در سال‌های اخیر ضرورت مواجهه با بحران محیطزیست، ازجمله معادن کشور به‌عنوان یک دغدغه و معضل جهانی مطرح‌شده است، برای پیشگیری از این روند رو به رشد، اولویت با آموزش محیطزیست به‌صورت فراگیر است. استفاده از توان بالقوه مشارکت‌های مردمی و سازمان‌های مردم‌نهاد محیطزیستی، به‌عنوان یک ضرورت ملی مطرح است که ضمانت اجرایی آن ایجاد زمینه‌های اولیه قانونی و اجتماعی از طرف دولت و نهادهای مرتبط، برای فعالیت مؤثر این سازمان‌ها و برقراری ارتباط واقعی و تنگاتنگ بین سازمان حفاظت از محیطزیست و سازمان‌های غیردولتی محیطزیستی می‌باشد. سازمان‌های غیردولتی محیطزیستی از یک‌سو به علت ضرورت جامعه مدنی به وجود آمده‌اند و نقش آن‌ها در بدو امر، آگاه‌سازی عمومی از مسایل محیطزیست بوده و از سوی دیگر به‌نوعی ناظر بر عملکرد دولت در کارهای محیطزیستی محسوب می‌شوند. این سازمان‌ها نقش مؤثری در تحقق اهداف حفاظت از محیطزیست، کاهش آلودگی و ترمیم خسارات محیطزیستی دارند (Allahian et al., 2010). موفقیت سازمان‌های مردم‌نهاد درگرو سیاست و روشی است که برای ارتباط‌گیری و آموزش محیطزیستی با جامعه هدف به کار می‌برد. بدون دانش و آگاهی، عملی صورت نمی‌پذیرد و در صورت عدم انجام فعالیت، تغییری ایجاد نخواهد شد (Rai sing & Abduhl Rahman, 2012).

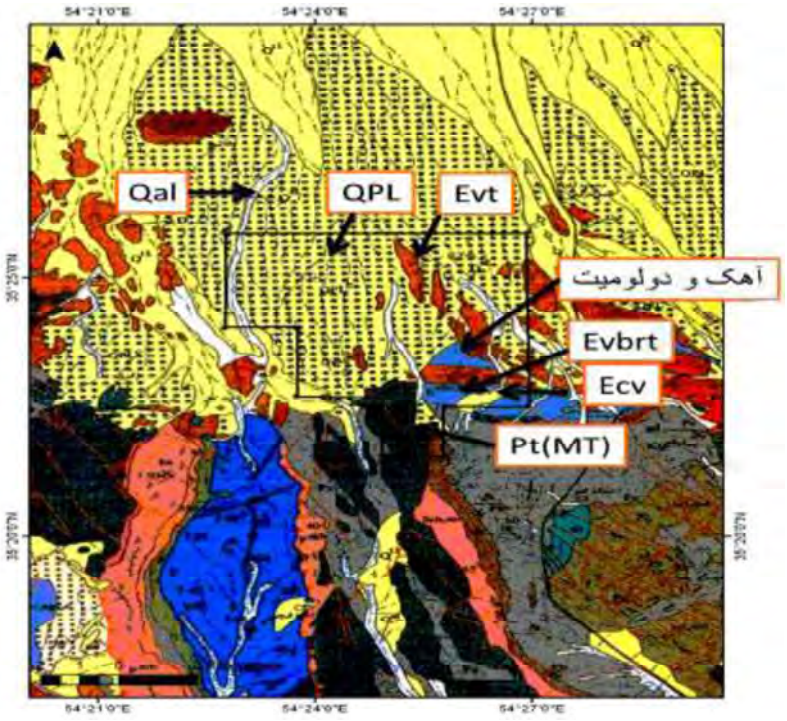
تشدید روزافزون معضلات محیطزیستی به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های بسیاری از کشورهای جهان و سازمان‌های بین‌المللی تبدیل‌شده است. این بحران‌ها به‌قدری گسترش‌یافته‌اند که راهی جز پیشگیری از شدت این تغییرات برای بشر نمانده است. در سال‌های اخیر، آموزش محیطزیست به یک اولویت در حال رشد در سطح محلی، ملی و بین‌المللی تبدیل‌شده است و مشکلات محیطزیستی تنها با آموزش‌های محیطزیستی قابل‌حل خواهند بود.

بررسی پژوهش‌های پیشین نشان داد که تعدادی پژوهش در مورد معدن دیان واقع در ۱۰۰ کیلومتری شهرستان دامغان انجام‌شده است که بر مطالعات زمین‌شناسی متمرکز بوده‌اند. تاکنون این معدن از جنبه‌های مختلف محیطزیستی مورد ارزیابی قرار نگرفته است؛ بنابراین نمی‌توان نتایج حاصل از این مطالعه را با مطالعات پژوهش‌های پیشین مقایسه کرد.

در این پژوهش ابتدا پیامدهای نامطلوب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، نحوه تخلیه مواد باطله، پساب‌های خروجی، لرزش زمین و پرتاب سنگ و نیز عوامل مؤثر بر آن‌ها در معدن مس دیان موردبررسی قرارگرفته است و در ادامه مدل‌های تئوری و تجربی تحلیل و محاسبه این پدیده‌ها ارایه شده است و راهکارهای جلوگیری از تخریب‌های ناشی از عملکرد معدن در حوزه‌های فنی و آموزشی ارایه شده است.

محدوده مس دیان با مساحت تقریبی ۴۰ کیلومترمربع در بخش شمالی پهنه ایران مرکزی و در فاصله ۱۰۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان دامغان به طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی واقع‌شده است (شکل ۱). محدوده موردنظر ازنظر زمین‌شناسی ساختاری در شمال پهنه ایران مرکزی و در کمربند آتش‌فشانی ترود – چاه شیرین واقع‌شده است (Alavi Tehrrani, 1976). این پهنه به شکل مثلث، از شرق به بلوک لوت، از شمال به رشته‌کوه‌های البرز و از جنوب به پهنه سنندج – سیرجان محدودشده است. این پهنه دربردارنده چندین زیرمجموعه ساختاری ازلحاظ زمین‌ساختی و متالوژنی ایران است. ایران مرکزی ازنظر زمین‌ساختی در دوران مزوزوئیک و سنوزوئیک منطقه پرتحرکی بوده که علاوه بر چندین دگرشیبی، همراه با فعالیت‌های ماگمایی در دوران پالئوزوئیک، در این منطقه به‌صورت ارتفاعات ترود – چاه شیرین شکل‌گرفته است (Aganbati, 2004). کمربند حاوی ذخایر مهم مس‌دار در کمربند متالوژنی ترود– عباس‌آباد به طول بیش از چند صدکیلومتر در مجموعه تشکیلات ولکانیک ترشیاری (ائوسن و الیگوسن) قرار دارد (Mahabadi & Hasanpour Sedghi, 2018). این کمربند شناخته‌شده متالوژنی آهن و مس‌دار با منشأ ماگمایی است. یکی از محدوده‌های کانی‌سازی مذکور پس از اکتشافات ژئوشیمیایی و تلفیق لایه‌های ساختاری، زمین‌شناسی و پردازش داده‌های سنجش‌ازدور و مشاهدات صحرائی، بهینه‌ترین آنومالی مس‌دار با عیار متوسط یک درصد، به مساحت ۲ کیلومترمربع را پوشش می‌دهد (Moradi Nasab et al., 2014). مس در محدوده دیان به‌صورت مس خالص، سولفیدی و اکسیدی موجود است که بیش‌تر به حالت کانی‌های اکسیدی یافت می‌شود. بر اساس مطالعات انجام‌گرفته، سنگ‌های منطقه شامل آندزیت،

تراکی‌آندزیت، تراکی‌بازلت، تراکیت، توف و کنگلومرا، سنگ‌های آهکی، گدازه‌های آندزیتی، سنگ‌های ولکانیک اولیه و ثانویه، لایه‌های توفی سبز و قرمزرنگ به همراه رسوبات آبرفتی عهد حاضر می‌باشند (شکل ۱).



شکل ۱. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ منطقه دیان و تفکیک واحدهای سنگی. محدوده معدن دیان به شکل چندضلعی با خطوط سیاه مشخص‌شده است (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور).

Figure 1. 1.100,000 Geological Map of Dian Region and Separation of Rock Units. The Area of Dian Mine is Marked as a Polygon with Black Lines (Organization of Geology and Mineral Exploration).

روش‌شناسی پژوهش

تعیین مؤلفه‌های محیط‌زیستی مؤثر: به‌منظور تعیین عوامل مؤثر فعالیت‌های معدن‌کاری بر محیط‌زیست، فاکتورها و مؤلفه‌های مؤثر تعیین شدند. فاکتورهای مؤثر آن دسته از عواملی هستند که در طول معدن‌کاری می‌توانند شرایط محیط‌زیستی قبلی را تغییر دهند (Kuma et al., 2002). این شاخص‌ها در جدول ۱ نمایش داده‌شده‌اند. در این پژوهش صرفاً مؤلفه‌های محیط‌زیستی موردبررسی قرار گرفتند و مؤلفه‌های اقتصادی و فرهنگی موردبررسی قرار نگرفتند.

جدول ۱. مؤلفه‌های محیطی موردبررسی در معدن مس دیان

Table 1. Environmental Components Investigated in Dian Copper Mine

مؤلفه‌های محیطی Environmental components	پارامترهای مؤثر در مؤلفه‌های محیطی Effective parameters in environmental components
اتمسفر Atmosphere	کیفیت هوا (A1)، آرامش صوتی (A2) Air quality (A1), sound comfort (A2)
بیوسفر Biosphere	اکولوژی (B1) Ecology (B1)

مؤلفه‌های محیطی Environmental components	پارامترهای مؤثر در مؤلفه‌های محیطی Effective parameters in environmental components
هیدروسفر Hydrosphere	آب‌های سطحی (H1)، آب‌های زیرزمینی (H2) Groundwater (H2), Surface water (H1)
لیتوسفر Lithosphere	کاربری منطقه (L1)، تأسیسات سطحی (L2)، تأسیسات زیرزمینی (L3)، چشم‌انداز منطقه (L4)، خاک منطقه (L5) Land use (L1), surface facilities (L2), underground facilities (L3), landscape of the area (L4), soil of the area (L5)

تعیین فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های محیطزیستی و امتیازدهی آن‌ها: فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های محیطزیستی آن دسته از عواملی هستند که هر معدن با مشخصات منحصربه‌فرد خود می‌تواند محیطزیست منطقه اطراف خود را دچار تغییر کند (Kuma et al., 2002). برای این منظور برای معدن مس دیان ۱۳ فاکتور مؤثر در نظر گرفته‌شده است که در جدول ۲ نمایش داده‌شده است. امتیاز اکثر این فاکتورها بین ۰ و ۱۰ تغییر می‌کند که صفر به معنی بدون تأثیر بودن فاکتور و ۱۰ نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است. به‌منظور امتیازدهی فاکتورهای مؤثر، سناریوها و جدول‌های مختص هر بخش در اختیار کارشناسان و افراد خبره قرار گرفت که امتیازات داده‌شده نیز در همان جدول ۲ درج‌شده است.

بی مقیاس‌سازی فاکتورها و مؤلفه‌های محیطزیستی: به‌منظور نرمال‌سازی ماتریس مقادیر وزنی، عناصر بردار ستونی با هم جمع و هر یک از این عناصر بر این مجموع تقسیم شد. با توجه به بازه در نظر گرفته‌شده برای محدوده امتیاز فاکتورهای مؤثر، مقادیر به‌دست‌آمده در عدد ۱۰ ضرب شد که نتایج در جدول ۳ ارائه‌شده است.

ارزیابی آثار محیطزیستی: ارزیابی آثار محیطزیستی (EIA)[1] برای ارزیابی همه مسایل مربوط به توسعه پایدار مورداستفاده قرار می‌گیرد. در سال‌های اخیر با بهبود روش‌های ارزیابی اثرات محیطزیستی، ارزیابی‌های کمی‌تری برای تعیین آثار عملیات معدن‌کاری فراهم‌شده است. اولین بار با ارایه شاخص‌های کیفی محیطزیستی، وضعیت محیطزیست در حوزه زغال‌سنگ غرب مقدونیه (یونان) مورداستفاده قرار گرفت و نتایج نشان داده است که این شاخص جدید به‌عنوان یک ابزار قابل‌اعتماد برای ارزیابی کیفیت محیطزیست در مناطق مختلف می‌تواند مورداستفاده قرار بگیرد (Vatalis, 2006). EIA به‌عنوان یک ابزار مدیریت محیطزیستی، به‌منظور شناخت آثار احتمالی یک پروژه و اطمینان یافتن از اجرای مناسب و صحیح آن به کار می‌رود (Kuma et al., 2002; Perdicoúlis and Glasson 2006). برای به دست آوردن امتیاز تأثیر هر مؤلفه محیطزیستی، مقدار به‌دست‌آمده برای هر فاکتور مؤثر در ردیف مربوط به آن در ماتریس مقادیر وزنی ضرب شد و تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر یک از مؤلفه‌های محیطزیستی به دست آمد. در ماتریس به‌دست‌آمده مجموع اعداد هر ستون بیانگر درصد آسیب محیطزیستی برای هر مؤلفه است که نتایج در جدول ۴ نمایش داده‌شده است.

استفاده از مدل ریاضی: با ارایه یک مدل ریاضی می‌توان شاخص‌های توسعه پایدار یک معدن را به‌صورت کمی بیان کرد، در این مدل، از نتایج شاخص‌های کیفی محیطزیستی به‌عنوان ورودی مدل استفاده می‌شود (Phillips, 2011). در مدل ریاضی پایداری برای محاسبه پایداری معدن، پارامترها و محدودیت‌های مؤلفه‌های کلیدی و همچنین شرایطی که تحت آن پایداری و یا ناپایداری می‌تواند رخ دهد، بیان‌شده است (Phillips, 2011). در این مدل، مقدار E با استفاده از معادله (۱) محاسبه‌شده است.

یافته‌های پژوهش

مؤلفه‌های مؤثر بر مؤلفه‌های محیطزیستی

مؤلفه‌های مؤثر به چند بخش تقسیم‌شده و جدول‌های مختص هر بخش در اختیار کارشناسان و افراد خبره قرار گرفتند.

تمامی مؤلفه‌های مؤثر توسط افراد متخصص و آشنا با مسایل مربوطه امتیازدهی و مقادیر آن‌ها در جدول ۲ درج‌شده است:

1. Environmental Impact Assessment

جدول ۲. مؤلفه‌های مؤثر و محدوده امتیاز آن‌ها

Table 2. Effective Factors and Their Score Range

مؤلفه‌های مؤثر Effective factors	امتیاز Score
تغییر در کاربری منطقه Change in the use of the area	2.45
روش تخلیه مواد باطله Waste disposal method	4.76
مواد موجود در باطله Materials in waste	3.28
لرزش زمین Ground vibration	1
آلودگی صوتی Noise	3.83
تداخل با آب‌های زیرزمینی Interference with underground water	2.83
تداخل با آب‌های سطحی Interference with surface water	3.34
وضعیت رؤیت محدوده معدن‌کاری The state of visibility of the mining area	3.67
پرتاب سنگ Throwing rocks	1
پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری Effluents from the processing plant	8
انتشار گردوغبار Dust emission	3.48
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا Release of toxic pollutants in the air	9
افزایش در ترافیک منطقه Increase in traffic in the area	6.56

بی‌مقیاس‌سازی مقادیر وزنی

است:

نتایج نرمال‌سازی ماتریس مقادیر وزنی در جدول ۳ درج‌شده

جدول ۳. مقادیر وزنی اثر هر مؤلفه مؤثر بر هر مؤلفه محیط‌زیستی

Table 3. Weighted values of the effect of each effective factor on each environmental component

مؤلفه‌های محیط‌زیستی Environmental components / مؤلفه‌های مؤثر Effective components	کیفیت هوا Air quality	آرامش صوتی Sound comfort	اکولوژی Ecology	آب‌های سطحی Surface waters	آب‌های زیرزمینی Groundwater	کاربری منطقه Land use	تأسیسات سطحی Surface installations	تأسیسات زیرزمینی Underground facilities	چشم‌انداز منطقه The landscape of the region	خاک منطقه The soil of the region
تغییر در کاربری منطقه	M	L	M	L	H	H	VL	N	H	M
Change in the use of the area	1.14	1.15	1.96	2.23	1.34	1.48	0.57	1	1.۶۸	1.74
روش تخلیه مواد	VL	N	N	N	N	N	N	N	VL	VL

مؤلفه‌های محیطزیستی Environmental components / مؤلفه‌های مؤثر Effective components	کیفیت هوا Air quality	آرامش صوتی Sound comfort	اکولوژی Ecology	آب‌های سطحی Surface waters	آب‌های زیرزمینی Groundwater	کاربری منطقه Land use	تأسیسات سطحی Surface installations	تأسیسات زیرزمینی Underground facilities	چشم‌انداز منطقه The landscape of the region	خاک منطقه The soil of the region
باطله Waste disposal method	0.56	0	0	0	0	0	0	0	0.74	0.91
مواد موجود در باطله Materials in waste	L	N	L	VL	M	VL	N	N	N	M
لرزش زمین Ground vibration	0.66	0	1.32	1.78	1.42	0.36	0	0	0	1.34
آلودگی صوتی Noise	N	N	VL	N	N	N	N	N	M	VL
تداخل با آب‌های زیرزمینی Interference with ground water	0	0.57	2.35	0	0	0	0	0	3	0.72
تداخل با آب‌های سطحی Interference with surface water	N	L	N	N	H	N	L	VL	VL	L
رؤیت محدوده معدن کاری Viewing the mining area	0	1.36	0	0	1.36	0.69	0.57	0.57	0.67	0
پرتاب سنگ Throwing rocks	N	VL	N	N	M	M	N	N	N	VL
پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری Effluents from the processing plant	0	0.44	0	0	0.42	3.18	3.69	0.67	0	0
انتشار گردوغبار Dust emission	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا Release of toxic pollutants in the air	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
افزایش در ترافیک منطقه Increase in traffic in the area	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
مجموع Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L	N	N	N	N	M	N	VL	N	N
	1.26	0	0	0	0	1.25	0	0.59	0	0
	N	M	N	M	M	N	N	L	N	VH
	0	1.35	0	1.97	1.15	0	0	1.15	0	1.92
	N	N	N	N	VL	L	N	N	N	VH
	0	0	0	0	0.29	0.87	0	0	0	1.89
	N	VL	N	N	L	N	N	N	L	VH
	0	0.41	0	0	0.72	0	0	0	1.24	1.93
	8.1	4.74	8.16	7.7	9. 42	5.11	3. 56	4.61	5.5	7.94

ارزیابی آثار محیطزیستی

که نتایج در جدول ۴ نمایش داده‌شده است:

در ماتریس به‌دست‌آمده مجموع اعداد هر ستون آن بیانگر درصد آسیب محیطزیستی برای هر مؤلفه محیطزیستی است

جدول۴. تأثیرات کلی مؤلفه‌های مؤثر بر مؤلفه‌های محیطزیستی

Table 4. General Effects of Effective Factors on Environmental Components

مؤلفه‌های محیطزیستی Environmental components / مؤلفه‌های مؤثر Effective components	کیفیت هوا Air quality	آرامش صوتی Sound comfort	اکولوژی Ecology	آب‌های سطحی Surface waters	آب‌های زیرزمینی Groundwater	کاربری منطقه Land use	تأسیسات سطحی Surface installations	تأسیسات زیرزمینی Underground facilities	چشم‌انداز منطقه The landscape of the region	خاک منطقه The soil of the region
	A1	A2	B1	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5
تغییر در کاربری منطقه Change in the use of the area	1.54	1.64	2.6	3.57	2.52	2.26	1.28	0	2.82	2.92
روش تخلیه مواد باطله Waste disposal method	1.45	0	0	0	0	0	0	0	1.56	2.75
مواد موجود در باطله Materials in waste	2.31	0	3.65	3.75	3.29	1.18	0	0	0	5.59
لرزش زمین Ground vibration	0	0	0.79	0	0	0	0.81	3	0.88	0.58
آلودگی صوتی Noise	0	9.68	2.75	0	0	0	0	0	0	0
تداخل با آب‌های زیرزمینی Interference with ground water	0	0	3.72	0	4.56	2.95	1.79	2.49	0	3.69
تداخل با آب‌های سطحی Interference with surface water	0	0	2.28	12.73	4.92	1.27	0	0	1.42	2.64
رؤیت محدوده معدن کاری Viewing the mining area	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.45
پرتاب سنگ Throwing rocks	0	0	0	0	0	0	0	0	0.89	0
پساب‌های خروجی از کارخانه فرآوری Effluents from the processing plant	0	0	6.47	0	12.56	0	0	0	0	12.56
انتشار گردوغبار Dust emission	8.79	0	5.69	0	0	5.22	5.59	0	6.72	0

مؤلفه‌های محیطزیستی Environmental components / مؤلفه‌های مؤثر Effective components	کیفیت هوا Air quality	آرامش صوتی Sound comfort	اکولوژی Ecology	آب‌های سطحی Surface waters	آب‌های زیرزمینی Groundwater	کاربری منطقه Land use	تأسیسات سطحی Surface installations	تأسیسات زیرزمینی Underground facilities	چشم‌انداز منطقه The landscape of the region	خاک منطقه The soil of the region
	A1	B1	H1	H2	L1	L2	L3	L4	L5
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا Release of toxic pollutants in the air	18.12	0	0	0	8.31	3.68	0	0	0	0
افزایش در ترافیک منطقه Increase in traffic in the area	13.67	0	0	0	0	5.33	0	3.27	0	7.74
مجموع Total	45.88	25.99	20.05	31.16	8.76	21.89	9.46	14.29	8.76	39.92

مدل ریاضی پایداری محیطزیستی معدن

با استفاده از معادله (۱) پایداری محیطزیستی معدن محاسبه و تعیین شد:

معادله (۱) $$E = \frac{E_{max} - \sum E}{\sum Emax}$$

$$= \frac{(\sum Amax - \sum A) + (\sum Bmax - \sum B) + (\sum Hmax - \sum H) + (\sum Lmax - \sum L)}{\sum Amax + \sum Bmax + \sum Hmax + \sum Lmax}$$

در این معادله:

A معرف اتمسفر و مؤلفه‌های آن یعنی کیفیت هوا و آرامش صوتی است. Amax مقدار بیشینه اتمسفر است که از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های کیفیت هوا و آرامش صوتی به دست می‌آید.

B معرف بیوسفر و اکولوژی منطقه است و Bmax نیز مقدار حداکثر اکولوژی است.

H بیانگر هیدروسفر و مؤلفه‌های آن یعنی آب‌های سطحی و زیرزمینی است و Hmax مقدار ماکزیمم هیدروسفر است که از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های آب‌های سطحی و آب‌های زیرزمینی به دست می‌آید.

L بیانگر لیتوسفر است و Lmax که مقدار ماکزیمم L است از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های کاربری منطقه، تأسیسات سطحی، تأسیسات زیرزمینی، چشم‌انداز منطقه و خاک منطقه به دست می‌آید.

E معرف مؤلفه‌های محیطی و Emax مقدار ماکزیمم E است که از جمع مقادیر حداکثر اتمسفر، بیوسفر، هیدروسفر و لیتوسفر به دست می‌آید.

در این معادله اگر مقدار نهایی E> ۰ باشد معدن ازلحاظ مؤلفه‌های محیطی پایدار و اگر مقدار نهایی E< ۰ باشد، معدن ازلحاظ مؤلفه‌های محیطی ناپایدار است (Phillips, 2011).

با توجه به مقادیر به‌دست‌آمده در جدول‌های ۳ و ۴ معادله به‌صورت زیر است:

A_1=۴۵/۸۸

A_2=۱۹/۵۸

B_1=۲۵/۹۹

H_1= ۲۰/۰۵

H_2= ۳۱/۱۶

L_1= ۲۱/۸۹

مقدار بیشینه برای هر مؤلفه محیطزیستی ۱۰۰ درصد در نظر گرفته می‌شود:

$\sum A_{max} = ۲۰۰$

$\sum B_{max} = ۱۰۰$

$\sum H_{max} = ۲۰۰$

$\sum L_{max} = ۵۰۰$

L_2= ۹/۴۶

L_3= ۸/۷۶

L_4= ۱۴/۲۹

L_5= ۳۹/۹۲

$$E = \frac{\frac{(200-65/46)+(100-27/95)+(200-56/21)+(500-94/32)}{(200+100+200+500)}}{\frac{(134/54)+(72/05)+(143/79)+(405/68)}{1000}}$$

$$E = \frac{756/06}{1000} \quad 0.75606$$

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از انجام این تحقیق، در گام نخست شناسایی نوع و میزان آلودگی‌هایی است که معادن در محیط‌زیست ایجاد می‌کنند و در گام دوم راهکارهای کاهش این آلودگی‌ها از طریق آموزش محیط‌زیست در بخش‌های مختلف جامعه است.

نتایج این تحقیقات با مطالعه حسنی‌پناه و همکاران (۲۰۱۵) که خطر ناشی از لرزش زمین بر اثر انفجار در معدن رودخانه‌ای شور را موردبررسی قرار داده‌اند منطبق است، زیرا مشابه این تحقیق آنان نیز معتقد هستند که لرزش زمین مهم‌ترین اثر نامطلوب عملیات آتش‌کاری است که در صورت نبود واپایش، موجب افزایش احتمال خسارت بر محیط اطراف ازجمله ساختمان‌های مجاور و نیز انسان می‌شود. در این مقاله از نظام‌مهندسی سنگ به‌منظور ارزیابی خطر لرزش زمین ناشی از عملیات انفجار در ناحیه سد رودخانه‌ای شور استفاده‌شده است. نتایج این تحقیقات با مطالعه تاجی و باقری (۲۰۱۷) منطبق است، این محققین نتایج و عوارض ناشی از انفجار مانند پرتاب سنگ، لرزش زمین، لرزش هوا و تولید گردوغبار و گازهای مضر را در معادن موردبررسی قرار داده‌اند و شاخص اثرات محیط‌زیستی عملیات انفجار در معادن سطحی را ارایه کرده‌اند. در این پژوهش به کمک نظر خبرگان، ارزش شاخص انفجار از منظر ویژگی‌های محیط‌زیستی، ملاحظات فنی و ملاحظات اقتصادی به ترتیب برابر با ۰/۶۲، ۰/۰۶ و ۰/۳۲ حاصل شد. تأثیرات محیط‌زیستی انفجار که شامل اثرات محیط‌زیستی حاصل از گردوغبار، اثرات محیط‌زیستی حاصل از پرتاب سنگ، اثرات محیط‌زیستی حاصل از سروصدا و اثرات محیط‌زیستی حاصل از لرزش زمین به ترتیب برابر است با ۰/۴۸، ۰/۰۷، ۰/۱۴ و ۰/۳۱ به دست آمد. نتایج مطالعات این محققان و مقادیر به‌دست‌آمده تقریباً مشابه مقادیر به‌دست‌آمده در این مقاله در مورد معدن دیان است. نتایج این تحقیقات با مطالعه محمودی مدوییه و لطیفی نمین (۲۰۱۷) منطبق است. این محققین نیز معتقدند سدهای باطله به‌عنوان متداول‌ترین راه انباشت پسماندهای ایجادشده ناشی از استحصال معادن ساخته می‌شوند. در این تحقیق اثر سرعت تخلیه مواد باطله یا به عبارتی سرعت افزایش ارتفاع سد بر روی پایداری سد باطله بالادست موردبررسی قرارگرفته است، نتایج تحلیل‌های نشان می‌دهد، سرعت تخلیه مواد باطله اثر بسیار جدی بر روی پایداری سدهای باطله و بالادست داشته و کنترل آن در مدیریت اجرا و بهره‌برداری آن‌ها اجتناب‌ناپذیر است.

عمده‌ترین تفاوت پژوهش‌های انجام‌شده در مورد اثرات مختلف محیط‌زیستی معادن با این پژوهش در آن است که در اکثر پژوهش‌های قبلی ارزیابی‌های صورت گرفته از نوع توصیفی بوده‌اند و کم‌تر تحلیل‌های ریاضی در آن‌ها به کار گرفته‌شده است؛ درحالی‌که در این پژوهش آلودگی‌های ایجادشده در معدن مس دیان، اعم از فعالیت‌های آماده‌سازی معدن، باطله‌برداری، معدن‌کاری، فرآوری ماده معدنی با توجه به روش یا روش‌های تولید در بخش آلاینده‌های هوا، آب، خاک و آلودگی صوتی بررسی شدند که هر یک از این موارد ذیل میزان آلودگی و آلاینده‌ها تشریح شد. با استفاده از نتایج ارزیابی آثار محیط‌زیستی معدن مس دیان و با بهره‌گیری از مدل ریاضی فیلیپس، پایداری این معدن ارزیابی‌شده است.

با توجه به این‌که پیامدهای محیط‌زیستی هر معدن منحصربه‌فرد است، لذا برای مقابله با پیامدهای محیط‌زیستی معادن لازم است ابتدا هر معدن ازلحاظ نوع آلودگی‌ها و پیامدهای محیط‌زیستی خاص خود مشخص و تبیین شود و سپس راهکارهای مقابله با آن معدن موردتوجه قرار گیرد.

برای ارایه آموزش محیط‌زیست، به‌ویژه در حوزه معدن‌کاری، در دو بخش سازمان‌های مردم‌نهاد و طراحی برنامه درسی آموزشی در مدارس و دانشگاه می‌توان اقدام کرد:

سازمان‌های مردم‌نهاد با تکیه بر حمایت و توانمندی‌های مردم، بازوی قدرتمند دولت برای اجرای طرح‌ها و فعالیت‌های منابع طبیعی و محیط‌زیستی به شمار می‌روند. سازمان‌های غیردولتی با ارایه آموزش‌های لازم و کاربردی می‌توانند نقش بسیار مؤثری در آموزش معدن‌کاران و سایر کاربران محیط‌زیست ایفا کنند؛ زیرا ممکن است نسل فعلی معدن‌کاران درزمینه آموزش محیط‌زیست و راهکارهای حفاظت از محیط‌زیست در دوران تحصیل آموزش‌های لازم را ندیده باشند، لذا لازم است تحت آموزش سازمان‌های مردم‌نهاد قرار بگیرند. آنچه به تعامل معدن و محیط‌زیست کمک می‌کند آموزش مهندسان معدن برای آشنایی با ضوابط محیط‌زیستی معدن است.

از سوی دیگر ضروری است توسط وزارتخانه‌های

آموزش‌وپرورش و علوم، تحقیقات و فناوری با طراحی برنامه‌های درسی، آموزش محیطزیست، مفاهیم و مؤلفه‌های اصلی محیطزیست و ابعاد مختلف آن به‌صورت تلفیقی در محتوای دروس مرتبط گنجانیده شود.

References

Aganbati, A. (2004). "Geology of Iran". Tehran: Organization of Geology and Mineral Explorations of the country. [In Prsian] https://www.gisoom.com/book//

Allahian, Z., Lahijanian, A. & Haghshenas, F. (2010). "The survey on. efficiency indicators of the environmental NGOs in the pursuit of ensuring environmental sustainability". *Human and Environment,* 8(4), 39-48. [In Persian] https://he.srbiau.ac.ir/article_6474.html

Alavi Tehrrani, A. (1976). "Geology and petrography in Ophiolite rang NW of Sabzevar (Khorasan/iran) with special regard to metamorphism and genetic relations in an ophiolite suite". Tehran: Ministry of Mines and Metals, geological survey of Iran. [In Prsian] http://www.lib.ir/book/69881454/Geology-and-petrography-in-the-ophiolite-rang-NW-o/

Askari, F., Parasteh Ghombavani, F., & Haghighi, F. (2021). "Investigating the Necessity to Pay Attention to the Environmental Education Based on Futures Studies in Elementary School", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 10(1), 111-129. [In Persian] https://ee.journals.pnu.ac.ir/article_8308.html

Darvishmotevali, M., & Altinay, L. (2022). "Green HRM, environmental awareness and green behaviors: the moderating role of servant leadership". *Tourism Management*, 88(22), 1-12. [In Prsian] https://iranarze.ir/11961

Eslamieh, F. Oladiyan, M. & Safari, M. (2021). "Prioritizing green components with a fuzzy approach in Iran's education system". *New Approach in Educational Management*, 11(41), 283-304. [In Persian] https://journals.marvdasht.iau.ir/article_4119.html

Estwari, R., Kabiri Samaneh, B. & Sargazi, H. (2015). "Investigating the environmental effects of acidic mine drainage on surface and underground waters". *Tehran: Water engineering conference and exhibition.* [In Prsian] https://civilica.com/doc/407752/

Environmental Protection Organization. (2019). "Instruction of Environmental Impacts and Effects Assessment for Gold Mining and Processing Plant". Final Report of research project. Tehran: Kalam Mandagh Publications. [In Persian] https://eia.doe.ir/portal/file/?1166230/7.pdf

Fardost, F., Rezaei, M. & Nahidifar, A. (2014). "Mineralogy, geochemistry and copper genesis of Dian (south of Damghan)". Master's thesis, *Faculty of Environmental Sciences*, *Shahroud University of Technology*. [In Prsian] https://shahroodut.ac.ir/fa/thesis/files/somefiles/sf_QE224.pdf

Hasni Panah, M., Mokhtari, H. & Thankful Aminhe, H. (2015). "Management, evaluation and measurement of the risk caused by ground shaking due to explosion in mining projects: a case study of the Shur river dam". *Two-chapter scientific and research paper on crisis management,* 7(29), 29-37. [In Prsian] http://www.joem.ir/article_14792_84ff5131fe6fa8da0dcabd2e57c188b5.pdf

Khedri, F. (2015). "Geochemical explorations of Dian copper mine area (south of Damghan)". Master's thesis. *Faculty of Environmental Sciences*, *Shahrood University of Technology*. [In Prsian] https://shahroodut.ac.ir/fa/thesis/thesis.php?thid=TN533

Khosraqi, R.R. & Delkhosh, F. (2015). "Investigating the environmental effects of mining operations (Songun copper mine case study)". *Theran: The second international conference on HSE in construction, mining, oil, gas and power projects*. [In Prsian] https://civilica.com/doc/461347/

Kuma, J., Younger, P. & Bowell, R. (2002). "Expanding the hydrogeological base in mining EIA studies A focus on Ghana".

Environmental Impact Assessment Review, 22(4), 273-287. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925502000069

Mahabadi, R. & Hasanpour Sedghi, M. (2017). "Investigating the occurrence of mineralization in Abgareh copper deposit, south of Damghan: based on geological, mineralogical and geochemical evidence". *Iran Geology Quarterly*, 13(51), 45-61. [In Prsian] http://geology.saminatech.ir/Article/9744

Mahmoudi Medaviyeh, A.R. & Latifi Namin, M. (2018). "Investigating the effect of tailings discharge on the static stability of upstream tailings dams". *Theran: 8th Civil Engineering Congress*. [In Prsian] https://civilica.com/doc/295841/

Moradi Nasab, H., Mehrania, S.R. & Nabai, T. (2015). "Studying the reserve potential of copper and iron mineral occurrence in Dian mine (south of Damghan city)". *Theran:The 19th annual conference of the Geological Society of Iran and the 9th National Geological Conference of Payam Noor University*. [In Prsian] https://civilica.com/doc/475635/

Perdicoúlis, A. & Glasson, J. (2006). "Causal networks in EIA". *Environmental Impact Assessment Review*, 26(6), 553-569. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S019592550600045X

Phillips, J. (2011). "The conceptual development of a geocybernetic relationship between sustainable development and Environmental Impact Assessment". *Applied Geography*, 31(3), 969-979. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622811000166

Phillips, J. (2013). "The application of a mathematical model of sustainability to the results of a semi-quantitative Environmental Impact Assessment of two iron ore opencast mines in Iran". *Applied Mathematical Modelling*, 37(15), 7839-7854. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0307904X13001844

Rai sing, H. & Abduhl rahman, S. (2012). "An approach for environmental education by NGOs in biodiversity conservation". *Social and Behavioral sciences.* 42(8),144-152. https://pdf.sciencedirectassets.com/277811/1-s2.0-S1877042812X00132/1-s2.0-S1877042812010579/main.pdf

Sadeghitabar, P., & Shariatmadari, M. (2021). "Identification of the Dimensions and Components of Continuing Medical Education Based on Blended Learning with Sustainable Development Approach", *Quarterly Journal of Environmental Education and Sustainable Development*, 9(2), 63-82. [In Persian] https://ee.journals.pnu.ac.ir/article_7537.html

Salajeghe, B., & Bahmanpour, H. (2020). "Biodiversity; environmental literacy training toolkit for educators and facilitators", Theran: Zaranoshet Publications, First Edt. 203 pp. [In Persian] https://elmnet.ir/article/31782442

Selahshor, A.; Bahrami, A. & Abdulahi Sharif, J. (2017). "Designing the exploitation of open pit mines with an attitude towards reducing the environmental impact of Sungun copper mine". *Mineral resources engineering*, 3(3), 43-55. [In Prsian] https://www.sid.ir/paper/265388/fa

Taji, M. & Bagheri, B. (2018). "Providing quantitative indicators of the environmental effects of surface mine blasting operations". *The second national conference on planning, environmental protection and sustainable development.* PCEPSD02_209 [In Prsian] https://civilica.com/doc/358652/

Vatalis, K. & Kaliampakos, D. (2006). "An Overall Index of Environmental Quality in Coal Mining Areas and Energy Facilities". *Environ Manage*, 38(6), 1031-1045. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17091322/