مجله مهندسی بهداشت محیط، بهار ۱۴۰۰، سال ۸، شماره ۳: ۳۲۹-۳۴۲

بررسی ریسک اکولوژیک و نسبت قابل جذب برخی فلزات سنگین در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز در سال ۱۳۹۸

زهره لجمیری اورک [۱]، سیما سبز علی‌پور [۱*]، ابراهیم پناه پور[۲]، سینا عطار روشن [۱]، هامان توکلی [۳]

[۱] گروه علوم محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۲] گروه علوم خاک، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

[۳] گروه شیمی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۱۱/۰۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: پسماندهای حفاری یکی از بزرگ‌ترین حجم زباله‌های تولید شده در فعالیت‌های اکتشاف و تولید نفت و گاز می‌باشند که حاوی مواد سمی و به‌خصوص فلزات سنگین بوده که به طور بالقوه برای اکوسیستم ضرر دارند. هدف از این مطالعه بررسی شاخص‌های آلودگی، نسبت قابل جذب و ریسک اکولوژیک برخی فلزات سنگین در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز در جنوب غربی ایران است.

مواد و روش‌ها: ۳۰ نمونه پسماند حفاری از ٦ چاه در ٦ عمق مختلف (۱۲۰۰-۲۳۵۰) جمع‌آوری گردید و به آزمایشگاه منتقل شد. مقدار کل و قابل‌جذب عناصر با تیزاب سلطانی و DTPA استخراج و با دستگاه طیف سنج نوری پلاسمای جفت القائی (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry:ICP-OES) و طیف‌سنجی جذب اتمی (Atomic Absorption Spectroscopy: AAS) اندازه‌گیری شد. همچنین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک شامل میزان مواد آلی، EC و pH اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: میانگین غلظت کل استرانسیم، باریم، روی، مس، سرب و کادمیوم در نمونه‌های پسماند حفاری موردمطالعه به ترتیب ۱۲۱۲، ۱۴۱۳، ۱۱۷/٦٦، ۲۰۹/۸۳، ۳٤۲/٦٦، ۲/۳٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم و مقادیر قابل جذب این عناصر ۱۲/۲۹، ۰/۵۰، ٥/۱٤، ۱٤/۷۱، ۲۳/۸۰ و ۰/٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم اندازه‌گیری شد. بیشترین مقدار فاکتور غنی شدگی ۲۰/٦۱ مربوط به سرب، بیشترین مقدار شاخص آلودگی ۹/۱٥ مربوط به کادمیوم بود. بیشترین نسبت قابل جذب ۲٦/٤۰ نیز مربوط به کادمیوم بود. میزان ریسک اکولوژیکی ۸٥۲/۹۱ محاسبه شد. همین‌طور بین نسبت قابل‌جذب سرب و کادمیوم و باریم با اسیدیته، همبستگی منفی وجود دارد.

نتیجه‌گیری: میانگین مقادیر شاخص ریسک اکولوژیکی عناصر مورد بررسی درپسماند های حفاری میدان نفتی اهواز در محدوده ریسک پتانسیل اکولوژیکی خیلی زیاد قرار داشت. نتایج به‌دست‌آمده از فاکتور غنی شدگی و شاخص آلودگی ، نشان داد که منبع آلودگی فلزات مورد مطالعه فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل فعالیت‌های حفاری نفتی در منطقه موردمطالعه است از این رو نظارت مستمر بر غلظت آلاینده‌های فلزی در گل حفاری و همچنین استفاده از روش‌های تثبیت فلزات سنگین در مناطق مورد حفاری ضروری است.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، شاخص آلودگی، ارزیابی ریسک اکولوژیکی

***نویسنده مسئول:** گروه علوم محیط‌زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

ایمیل: shadi582@yahoo.com– شماره تماس: ۰۹۱۶۳۱۲۱۸۲۱;

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

مقدمه

یکی از چالش‌های مهم صنعت حفاری در رابطه با کاهش اثرات زیست‌محیطی ناشی از پسماندهای تولید شده در محیط پیرامون و زمین‌های اطراف تحت عملیات حفاری است ۱. پسماندهای حفاری یکی از بزرگ‌ترین حجم زباله‌های تولید شده در فعالیت‌های اکتشاف و تولید نفت و گاز می‌باشند که حاوی مواد سمی و به‌خصوص فلزات سنگین بوده که به طور بالقوه برای اکوسیستم مضر می‌باشند ۲،۳. صنعت حفاری به علت تخلیه مخلوط گل حفاری و خرده‌های ناشی از کندن لایه‌های زمین، مهم‌ترین صنعت تأثیرگذار بر محیط‌زیست است که شدت تأثیر آن به میزان سمّیت گل حفاری و ترکیب شیمیایی کنده‌های حفاری بستگی دارد ٤. از طرفی تجمع فلزات سنگین در خاک، به علت سمی بودن و سرطان‌زا بودن این فلزات، ریسک بزرگی برای محیط‌زیست می‌باشد۵. در این راستا پایش و سنجش فلزات سنگین ناشی از عملیات حفاری چاه‌های نفت و گاز در خاک‌های آلوده اطراف این صنایع از اهمیت بالایی برخوردار بوده و در ارائه برنامه‌های مدیریت و اصلاح خاک حائز اهمیت خواهد بود٦،۳. بررسی نسبت فلزات سنگین ناشی از فعالیت‌های انسانی به غلظت زمینه فلزات مشتق شده از عوامل طبیعی، در غالب فاکتور غنی‌شدگی و شاخص آلودگی از رایج‌ترین روش‌های بررسی آلاینده‌های خاک به شمار می‌رود۷. شاخص‌های آلودگی در تعیین علت انباشت فلزات سنگین در خاک کمک می‌کنند۸. همین‌طور با توجه به تأثیر همزمان عوامل طبیعی و انسانی بر غلظت فلزات سنگین می‌توانند برای شناسایی منابع انسانی و میزان اثر آن‌ها به ترتیب با توجه به عناصر مشخصه هر منشاء و میزان تجاوز از حدود آستانه طبیعی استفاده شوند ۹ .با این حال امروزه به‌خوبی مشخص شده است که اندازه‌گیری صرف غلظت کل فلزات سنگین در محیط ضرورتاً درجه سمیت آنها را مشخص نمی‌کند و نمی‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی دقیق آلودگی فلزی در خاک محسوب شود؛ بنابراین استفاده از هر دوی مقادیر کل، و میزان قابل‌دسترس و آزمون همبستگی بین آنها در درک اثرات احتمالی فلزات در سیستم‌های زنده و منابع آلودگی‌های جاری کمک قابل توجهی می‌نماید ۱۰،۱۱. پتانسیل زیست دسترس‌پذیری فلزات به میزان کل آنها در خاک‌های آلوده، خصوصیات شیمیایی فلزات در خاک، pH، ظرفیت تبادل کاتیونی و مقدار ماده آلی و معدنی بستگی دارد ۱۲ .سنجش و ارزیاب غلظت کل فلزات سنگین و پتانسیل خطر اکولوژیکی آنها در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. قربانی و همکاران در مطالعه‌ای با ارزیابی پتانسیل ریسک زیست‌محیطی فلزات سنگین در میدان نفتی اهواز بیان کردند که میانگین غلظت آرسنیک، کادمیوم، کبالت، کروم، مس، نیکل، سرب، روی و وانادیم در خاک بیشتر از حد مجاز بوده و میزان غنی‌سازی سرب و روی طور معنی‌داری بالابود. همین‌طور کادمیوم دارای پتانسیل ریسک زیست‌محیطی متوسط و دیگر فلزات دارای پتانسیل ریسک زیست‌محیطی پایین بودند ۱۳. نظرپور و همکاران در تحقیقی با ارزیابی سطح آلودگی و پتانسیل ریسک اکولوژیکی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی میدان نفتی اهواز نشان دادند که پتانسیل ریسک اکولوژی در اکثر نمونه‌ها در محدوده ریسک قابل‌توجه ۶۰۰> IR ≥ ۳۰۰ قرار داشت ١٤. Amin و همکاران با بررسی غلظت فلزات سنگین و شاخص‌های آلودگی در پسماندهای حفاری میدان نفتی زبیر در بصره عراق نشان دادند که میزان شاخص‌های آلودگی بیشتر از حد مجاز بود ۱۵. همین‌طور مطالعه کرباسی و همکاران بر روی فلزات سنگین در اطراف منطقه نفت‌خیز آب تیمور در اهواز نشان داد که میزان فلزات بررسی شده بیشتر از میانگین آنها در پوسته زمین بوده و شاخص ژئوشیمیایی مولر نیز درجه بالایی از غنی شدگی را نشان می‌داد ١٦. مطالعه Mugendi و همکاران بر روی فلزات سنگین در پسماندهای حفاری در حوزه نفتی لوکیچار در کنیا نشان داد که میزان فلزات در پسماندهای حفاری بیشتر از استانداردهای سلامت جهانی است ١٧. Xu و همکاران

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

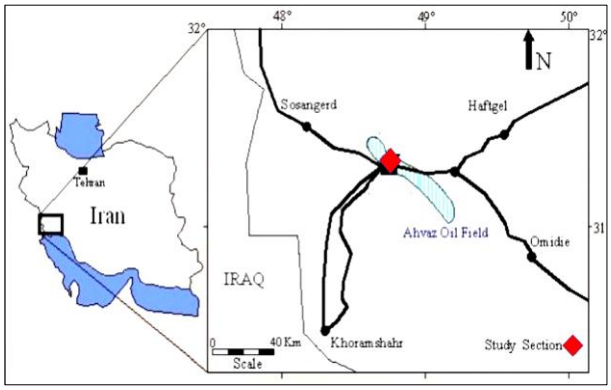
[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

درجات مختلفی از ریسک اکولوژیکی و سطح غنی شدگی را در بررسی فلزات سنگین موجود در پسماند حفاری واقع در شهر چونگ‌کینگ در کشور چین مشاهده کردند ۱۸. طبق مطالعه بابا اکبری ساری و همکاران بالا بودن پتانسیل خطرپذیری آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های شهرستان ورامین بیانگر افزایش شاخص نسبت قابل جذب (AR) فلزات سرب، مس و روی ناشی از مصرف پساب در فعالیت‌های کشاورزی بود ۱۹. Afkhami و همکاران نیز افزایش میزان کادمیوم، وانادیم و آرسنیک در خاک را به فعالیت‌های حفاری نفت و ساختارهای زمین‌شناسی در اعماق مختلف حفاری در خاک‌های اهواز نسبت دادند ۲۰. میدان نفتی اهواز بزرگ‌ترین میدان نفتی ایران و همچنین سومین میدان نفتی بزرگ جهان بعد از غوار (عربستان سعودی) و بورگان (کویت) با ظرفیت تولید ۸۰۰۰۰۰ بشکه در روز است ۱۳ که در آنجا سالانه حجم زیادی از کنده‌های حفاری حاصل از فعالیت‌های استخراج و اکتشاف نفت دپو می‌شود که احتمال آلودگی شدید خاک این مناطق به فلزات سنگین وجود دارد؛ در این راستا هدف از این تحقیق اندازه‌گیری غلظت کل و دسترس‌پذیر فلزات سنگین (استرانسیم، باریم، روی، مس، سرب و کادمیوم) و ارزیابی میزان خطر زیست‌محیطی آنها در پسماندهای حفاری با استفاده از شاخص‌های آلودگی از جمله شاخص غنی‌شدگی، شاخص آلودگی، شاخص خطراکولوژیکی، بررسی زیست دسترس پذیری و نسبت قابل جذب می‌باشد که بررسی زیست دسترس پذیری فلزات سنگین در پسماند حفاری اولین بار در میدان نفتی اهواز انجام می‌شود. این مقاله می‌تواند در بررسی مشکلات زیست‌محیطی ناشی از پسماندهای حفاری و ارائه استراتژی‌های پالایش مؤثر بوده و به اهمیت مدیریت پسماندها در میدان نفتی اهواز بپردازد.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مطالعاتی

میدان نفتی اهواز (شکل ۱) ، یکی از مهم‌ترین میدان‌های نفتی استان خوزستان در جنوب غربی ایران است که در سال ۱۹۵۶ کشف شد و اکنون بیش از ٤٥٠ حلقه چاه دارد. این میدان نفتی دارای ساختار تاقدیس به طول ۷۲ کیلومتر و ٦ کیلومتر است که از شمال با میدان رامین از شرق با میدان مارون، از جنوب با میدان‌های شادگان و منصوری و از غرب با میدان‌های آب تیمور و سوسنگرد مجاور است. این میدان که دارای روند شمال غربی – جنوب شرقی (به‌موازات رشته‌کوه زاگرس) می‌باشد در افق آسماری به‌صورت دو تاقدیس مجزا از هم درمی‌آید [۲۱].



شکل ۱: موقعیت میدان نفتی اهواز در جنوب غربی ایران [۲۲]

نمونه‌برداری

این مطالعه مقطعی و از نوع توصیفی تحلیلی بود. نمونه‌برداری به‌صورت کاملاً تصادفی و برخلاف جهت باد از پسماند حفاری باتوجه‌به زمان‌بندی حفاری چاه‌های نفت و هماهنگی با اداره زمین‌شناسی مناطق نفت‌خیز (کارون) از ٦ چاه (WA1- WA6) در ٦ عمق مختلف (۱۲۰۰–۲۳۵۰) متر (جدول شماره یک) واقع در میدان نفتی اهواز و در بهار ۱۳۹۸ صورت گرفت. تعداد ۳۰ نمونه با میانگین وزنی ۱/۵±۵۰۰ کیلوگرم از لیتولوژی‌های سازندهای هر چاه (۵ نمونه از هر چاه) ، ازروی الک لرزان برداشته شدند. نمونه‌ها به گونه‌ای

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

انتخاب شد که تا حد امکان وضعیت ورود آلودگی های ناشی از گل حفاری به اعماق زمین را نشان دهد. لازم به ذکر است که این اعماق، بر اساس ورود به یک سازند جدید یا ضخامت زیاد سازند، تغییر در ترکیبات سیال حفاری، زمین‌شناسی لایه‌های مختلف زمین تعیین شده است ۲۳. نمونه‌های پسماند پس از جمع‌آوری درون کیسه‌های پلاستیکی گذاشته و به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

سنجش غلظت کل فلزات سنگین در نمونه‌های پسماند حفاری

ابتدا نمونه‌های پسماند به‌دست‌آمده از هر چاه در دمای محیط آزمایشگاه نگهداری و هوا خشک شدند و سپس در داخل آون به مدت ۲ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتند. بعد از آن نمونه‌های خشک شده را با چکش پلاستیکی خردکرده و به‌منظور ایجاد یکنواختی از الک دو میلیمتری عبور داده شدند. سپس ۵ گرم از هر یک از نمونه‌های غربال شده به‌دقت وزن شد و با هضم چهار اسیدی شامل ۱۰ میلی‌لیتر HF، ۵ میلی‌لیتر $HClO_4$، ۲/۵ میلی‌لیتر HCl و ۲/۵ میلی‌لیتر HNO_3 هضم گردید و پس از عبور از کاغذ صافی واتمن ٤٢، محتویات ارلن به بالن ژوژه ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و با آب مقطر به حجم رسانده شد [۲٤]. در نهایت غلظت فلزات سنگین نمونه‌ها با استفاده از دستگاه ICP-OES مدل Varian-OES-730 ساخت کشور آمریکا تعیین شد. pH نمونه‌ها با استفاده از روشD-9045 سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا اندازه‌گیری شد. بر اساس این روش،pH در آب مقطر بدون یون، با نسبت جامد به محلول ۱:۲، پس از به تعادل رسیدن به مدت ۱ ساعت، با دستگاه pH متر کالیبره شده (مدل YK-2001 CT) اندازه‌گیری شد. EC نمونه‌ها از طریق عصاره‌گیری با نسبت ۱ به ۵ نمونه‌های پسماند به آب و به‌وسیله مولتی متر تعیین شد [۲۵]. مقدار ماده آلی نمونه‌های پسماند به روش والکی و بلک محاسبه شد [۲٦]. بخش دسترس‌پذیر فلزات با استفاده از DTPA استخراج و سپس غلظت قابل‌دسترس فلزات سنگین(استرانسیم، باریم، روی، مس، سرب و کادمیوم) با دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی اندازه‌گیری شد [۲۷].

آنالیزهای آماری

قبل از انجام آنالیزهای آماری ابتدا نرمال بودن یا نرمال نبودن داده‌ها با آزمون کولموگروف اسمیرنوف مشخص شد. نتایج نشان داد که کلیه عناصر از توزیع نرمال برخوردار بودند. جهت بررسی معنی‌داری تفاوت آماری بین متغیرها در نمونه‌های پسماند حفاری مورد بررسی از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (ANOVA) و برای تعیین همبستگی بین متغیرها از ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و EXCEL استفاده شد.

روش‌های ارزیابی میزان آلودگی

فاکتور غنی شدگی

فاکتور غنی شدگی یک روش متداول جهت تفکیک منشأ طبیعی و انسان زاد آلودگی فلزات سنگین در نمونه‌های خاک و رسوب است [۱۰،۲۸]. در این روش غلظت فلزات سنگین اندازه‌گیری شده نسبت به فلز مرجع مثل آهن نرمالیزه می‌شود. مقدار میانگین فلز آهن در نمونه‌های پسماند ۳۸۸۳۳/۳۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شد. همچنین میانگین فلز آهن در شیل برابر ٤٦۷۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. فاکتور غنی شدگی برای هر فلز از نسبت بین عنصر نرمالیزه کننده به مقدار زمینه عناصر، طبق (معادله ۱) محاسبه شد. بر اساس فاکتور غنی شدگی پنج رده آلودگی مطابق جدول ۱ وجود دارد [۲۸،۲۹].

معادله(۱)

$$EF= (Cs /C\ Fe)\ Sample / (Cs /C\ Fe)\ Background$$

که در این معادله Cs/Sample غلظت یک عنصر مشخص در نمونه پسماند، C_{Fe}/Sample غلظت عنصر آهن در نمونه

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

پســماند، Cs/Background غلظت میانگین عنصــر در شــیل و C_{Fe}/Background، غلظت عنصر آهن در شیل می‌باشد.

شاخص آلودگی (PI)

شـــاخـص آلودگی نیز معمولاً برای ارزیـابی کیفیـت محیط‌زیسـت مورداسـتفاده قرار می‌گیرد [۳۰]. بر اسـاس فاکتور شاخص آلودگی می‌توان مقدار فلزات را نسبت به مقدار زمینه طبیعی آن‌هـا ســنجیـد و میزان آلایندگی خاک را تعیین کرد. براین‌اساس، شاخص آلودگی هر فلز در چهار طبقه آورده شده اسـت (جدول۱) [۳۱]. رابطه شـاخص آلودگی مطابق معادله (۲) می‌باشد.

$$PI = \frac{Ci_{(sample)}}{Cn_{(background)}}$$ معادله(۲)

که در این معادله $C_{i(sample)}$ میزان فلز در نمونه‌های پسـماند موردمطالعه و $C_{n(background)}$ متوسـط غلظت هر عنصر در زمینه است.

جدول ۱ :کلاس و سطح آلودگی مربوط به شاخص غنی‌شدگی شاخص آلودگی [۲۹،۳۲]

مقدار	کیفیت خاک	مقدار	کیفیت خاک
PI≤۱	غیرآلوده	EF< ۲	غیرآلوده تا آلودگی کم
۱ < PI≤۲	آلودگی کم	۲ < EF<۵	نسبتاً آلودگی
۲ < PI≤۳	آلودگی متوسط	۵ < EF<۲۰	آلودگی بالا
PI<۳	آلودگی شدید	۲۰ < EF<٤۰	آلودگی شدید
		EF>٤۰	آلودگی خیلی شدید

ارزیـابی خطر اکولوژیکی فلزات سـنگین در پسماندهای حفاری موردمطالعه

ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سـنگین فلز در نمونه‌های پسـماند با استفاده از پتانسیل خطر اکولوژیکی (RI) که توسط هاکانسن [۳۳] پیشنهاد شده است، محاسبه شد. شاخص (RI) در پژوهش‌هـای متنوعی از جملـه برآورد سـمیت بیولوژیکی اسـتفاده شـده و می‌تواند برآورد جامعی از خطرات زیسـتی فلزات در محیط داشته باشد. پتانسیل خطر اکولوژیکی (RI) از طریق معادله‌های (٤ و ٥) محاسبه می‌گردد [۳٤].

$$Er = Tr \times C_F$$ (معادله ٤)

$$RI = \sum Er$$ (معادله ٥)

دراین‌رابطه CF: فاکتور آلودگی، Er: شاخص پتانسیل خطر اکولوژیکی هر عنصـر، RI: ریسـک اکولوژیکی مجموع عناصر را نشان می‌دهد. ضریب پتانسیل خطر زیست‌محیطی Er دارای پنج رده است که از حاصل‌ضرب ضریب سمیت هر فلز Tr در درجه آلودگی هر عنصـر CF به دسـت می‌آید [۳۰،۳۵].بر اسـاس گزارش هاکانسـن [۳۳] ضـریب واکنش سـمیت برای عنصرهای روی، مس، سرب و کادمیوم به ترتیب برابر است با ۱، ۵، ۵ و ۳۰ اسـت (ضـریب واکنش سـمیت برای عناصـر موردمطالعه دیگر در منبع ذکر شده وجود ندارد). پتانسیل کل خطر آلودگی محیط‌زیسـتی، برابر با مجموع پتانسـیل خطر محیط‌زیسـتی عنصرهای موردمطالعه در نمونه‌های پسماند است. Hakanson برای Er پنج کلاس و برای RI چهار کلاس تعریف کرده است که در جدول (۲) آورده شده است [۳۳].

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

جدول ۲: ارزیابی خطر اکولوژیکی فلزات سنگین[۳۶]

Er شاخص خطر	خطر اکولوژیکی هر فلز	RI شاخص	خطر اکولوژیکی و زیست‌محیطی
Er <۴۰	خطر پایین	RI <۱۵۰	خطر پایین
۴۰≤ Er <۸۰	خطر متوسط	۱۵۰≤ RI <۳۰۰	خطر متوسط
۸۰≤ Er <۱۶۰	خطر قابل قابل‌توجه	۳۰۰≤ RI <۶۰۰	خطر قابل‌ملاحظه (زیاد)
Er <۳۲۰ ۱۶۰≤	خطر زیاد	RI ≥۶۰۰	خطر خیلی زیاد
Er≥۳۲۰	خطر خیلی زیاد		

شاخص نسبت قابل جذب (AR)

برحسب تعریف مقدار AR عبارت است از شاخص‌های قابلیت جذب فلزات که بر اساس غلظت کل هر فلز نرمال‌سازی شده‌اند و در نتیجه درصد قابل جذب از مقدار کل هر فلز را در خاک‌نشان می‌دهند. این شاخص بیانگر میزان فراهمی عناصر برای موجودات زنده و گیاهان می‌باشد [۱۹]. قابل‌دسترس بودن فلزات در خاک‌ها به طور عمده تحت تأثیر مقدار رس، ماده آلی،pH، و ترکیبات مادری خاک است و این عوامل موجب تمایز مقادیر AR در خاک‌های مختلف حتی تحت کاربری‌های یکسان و مقادیر برابر غلظت کل فلزات می‌شود. برای محاسبه مقدار نسب قابل جذب از معادله ٦ استفاده می‌شود ۱۰.

$$AR = (C_{ia} / C_{it}) \times 10^2 \qquad \text{(معادله ٦)}$$

که در این معادله C_{ia} غلظت قابل جذب فلز در نمونه i ام و C_{it} غلظت کل فلز در نمونه i ام می‌باشد.

یافته‌ها

خصوصیات پسماندهای حفاری

آمار توصیفی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی پسماند حفاری در میدان نفتی اهواز در جدول شماره ۳ نشان‌داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میزان ماده آلی پسماندهای حفاری موردمطالعه عموماً بیشتر از ۲درصد می‌باشد. اسیدیته نمونه‌ها نیز در محدوده قلیایی می‌باشد. میانگین هدایت الکتریکی نمونه‌های پسماند حفاری ۲۲۹/۳۸ میلی زیمنس بر سانتی‌متر محاسبه شد. ضریب تغییرات خصوصیات در محدوده قابل‌قبول می‌باشد.

جدول ۳: آمار توصیفی برخی خصوصیات فیزیکی - شیمیایی پسماندهای حفاری موردمطالعه در میدان نفتی اهواز

	TOM (٪)	pH	EC ($ms\ cm^{-1}$)
حداقل	۱/۳۵	۸/۱	۲۱۳
حداکثر	۲/۳۲	۱۰/۱	۲٤۲
میانگین	۱/۷۹	۹/۱٤	۲۲۹/۳۸
انحراف معیار	۰/۳۷	۰/۷۹	۱۱/٤۷
ضریب تغییرات	۰/۲۰۷	۰/۰۸٦	۰/۰۵

غلظت کل و قابل جذب عناصر در نمونه‌های پسماند حفاری میدان نفتی اهواز

آلودگی فلزات سنگین نه تنها بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تأثیر می‌گذارند، بلکه خطر جدی برای سلامتی انسان از طریق ورود در زنجیره غذایی محسوب می‌شوند [۳۷]. بنابراین بررسی میزان غلظت فلزات سنگین در خاک‌های آلوده صنعتی بسیار با اهمیت است. پارامترهای آماری مربوط به داده‌های خام فلزات مورد بررسی در نمونه پسماندهای حفاری چاه‌های موردمطالعه در میدان نفتی اهواز در جدول ٤ ارائه شده است. ترتیب میانگین غلظت فلزات در پسماندهای

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

موردمطالعه به‌صورت کادمیوم (۱/۵٤) < روی (۱۰۳) < مس (۱۵۸) < سرب (۳۳۷) < استرانسیم (۱۰۸۷) < باریم (۱۳٤۰) میلی‌گرم بر کیلوگرم است که کمترین و بیشترین مقدار غلظت میانگین مربوط به کادمیوم و باریم بوده است (جدول ٤). الگوی میانگین غلظت قابل جذب فلزات در پسماندهای موردمطالعه به‌صورت کادمیوم (۰/۳۸) < باریم (۰/٤٦) <روی (۳/٦۳) < استرانسیم (۱۰/۵۸) < مس (۱۳/۰۵) < سرب (۳٤/٤۵) به دست آمد که کمترین و بیشترین مقدار میانگین غلظت قابل جذب مربوط به کادمیوم و سرب بوده است.

جدول ٤: پارامترهای آماری غلظت کل و قابل‌دسترس فلزات سنگین در نمونه‌های پسماند حفاری و مقایسه با غلظت شیل و پوسته زمین (میلی‌گرم بر کیلوگرم)

مقدار کل فلز						مقدار قابل جذب فلز						
	کادمیوم	سرب	مس	روی	باریم	استرانسیم	کادمیوم	سرب	مس	روی	باریم	استرانسیم
حداقل	۰/۵۳	۲٤۸	٤۸	۷۹	٤۵۳	۷۸۲	۰/۱	۲٤/۲٦	۵/۲۵	۱/۲۷	۰/۱۸	۷/۹۷
حداکثر	۵/۸۸	٤۲۱	۵۰۷	۱۹۸	۲۳۷۷	۲۱۰۵	۱/۰۲	٤۱/۱۹	۲۹/٦	۱۳/۲۱	۰/۸۹	۲۱/۵
میانگین	۲/۳۵	۳٤۲/٦	۲۰۹/۸۳	۱۱۷/٦٦	۱٤۱۳	۱۲۱۲	۰/٤٦	۳۳/۸	۱٤/۷۱	۵/۰٤	۰/۵۰۸	۱۲/۲۹
انحراف معیار	۲/۰۳	٦۸/٦٤	۱۷۲/۲	٤٤/۵٦	۷۳۷/۵٤	٤۸۰/۷٦	۰/۳۵	٦/۵	۹/۱٦	٤/۷٦	۰/۲۸٤	۵/۲۱
ضریب تغییرات	۰/۸٦	۰/۲	۰/۸۲	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۳۹	۰/۷۷	۰/۱۹	۰/٦۲	۰/۹	۰/۵٦	۰/٤۲
شیل	۰/۲	۲۰	٤۵	۹۵								
پوسته زمین	۰/۱	۱٤	۵۰	۷۵								

برآورد آلودگی زیست‌محیطی عناصر سنگین در اراضی موردمطالعه

جدول شماره ۵ میزان شاخص فاکتور غنی شدگی (EF) فلزات سنگین در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود میانگین فاکتور غنی شدگی (EF) در فلزات سنگین موردمطالعه در نمونه‌های پسماند حفاری به‌صورت سرب> کادمیوم > استرانسیم > مس > باریم > روی کاهش می‌یابد که بیشترین میانگین فاکتور غنی‌شدگی (EF) به فلز سرب (۲۰/٦۱) و کمترین میانگین به فلز روی (۱/٤۸) اختصاص یافت. سطح آلودگی هر یک از فلزات سنگین در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز بر اساس میانگین شاخص غنی‌شدگی نسبت به فلز سرب در محدوده آلودگی بسیار زیاد (٤۰>EF > ۲۰)، کادمیوم، مس و استرانسیم دارای آلودگی زیاد (۲۰> EF> ۵) ، باریم آلودگی متوسط (۵>EF > ۲) و فلز روی دارای آلودگی کم (۲>EF) می‌باشند. این نتایج نشان می‌دهد که غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های پسماندهای حفاری به طور معنی‌داری تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است. مقادیر حداکثر، حداقل و میانگین شاخص آلودگی (PI) برای هر فلز در جدول ۵ ارائه شده است. میانگین شاخص آلودگی (PI) برای فلزات سنگین موردمطالعه در نمونه‌های پسماند حفاری به‌صورت کادمیوم> مس> سرب> استرانسیم> باریم> روی کاهش می‌یابد. سطح آلودگی هر یک از عناصر در منطقه موردمطالعه بر اساس میانگین این شاخص بدین شرح است که فلز روی، باریم و استرانسیم در رده آلودگی متوسط (۳> PI> ۱) و فلزات سرب و کادمیوم و مس در رده آلودگی شدید (۳<PI) قرار گرفتند.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

جدول ۵: شاخص غنی شدگی و شاخص آلودگی و شاخص آلودگی بالقوه فلزات سنگین در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز

شاخص‌های آلودگی خاک		کادمیوم	سرب	مس	روی	باریم	استرانسیم
شاخص غنی‌شدگی (EF)	حداقل	۳/۱٦	۱٤/۹۱	۱/۲۸	۱/۰۰	۰/۹۳	۵/۵۳
	حداکثر	۳۵/۲۰	۲۵/۳۱	۱۳/۵٤	۲/۵۰	٤/۹۲	۱٤/۸۹
	میانگین	۱٤/۱۳	۲۰/٦۱	۵/٦۰	۱/٤۸	۲/۹۲	۸/۵۷
شاخص آلودگی (PI)	حداقل	۲/۰۳۸	۳/٦۱۵	۱/۸۲	۱/۲۹	۰/۹۷۰	۱/۵٤۵
	حداکثر	۲۲/٦۱	٦/۱۳	۱۹/۲۹	۳/۲۳	۳/٦۲	٤/۱٦
	میانگین	۹/۱۵	٤/۹۹	۷/۹۸	۱/۹۲	۲/۱٤۹	۲/۳۹٦

برآورد ضـریب پتانسـیل خطر زیست‌محیطی (Er)

شاخص پتانسیل خطر زیست‌محیطی (RI) بیانگر ضریب میزان سمیت فلزات مختلف است و باتوجه‌به تجمع بیولوژیکی و خطر زیستی در اندام‌های زنده تعریف و محاسبه می‌شود ٦. میانگین ضریب پتانسیل خطر زیست‌محیطی (Er) و شاخص پتانسیل خطر زیست‌محیطی (RI) برای فلزات موردمطالعه در پسماند حفاری در جدول ٦ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول ٦ پتانسیل ریسک زیست‌محیطی فلزات سنگین نشان داد که فلزات کادمیوم و سرب در رده‌بندی پتانسیل ریسک زیست‌محیطی خیلی زیاد و پتانسیل ریسک زیست‌محیطی قابل‌توجه قرار داشتند، اما روی و مس در رده پتانسیل ریسک زیست‌محیطی کم قرار داشتند. میانگین شاخص پتانسیل خطر زیست‌محیطی (RI) (۸۵۲/۹۱) نیز نشان داد که فلزات سنگین موجود در پسماند حفاری ریسک پتانسیل زیست‌محیطی خیلی زیاد دارند.

جدول ۶: میانگین ضریب پتانسیل خطر زیست‌محیطی (Er)و شاخص پتانسیل خطر زیست‌محیطی (RI)فلزات سنگین در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز

	Er			RI	
	کادمیوم	سرب	مس	روی	
حداقل	۱۵۹	۸۸/۵۵	٤/۸۰	۱/۰۵	۲۵۳/۷
حداکثر	۱۷٦٤	۱۵۰/۳۵	۵۰/۷۰	۲/٦٤	۱۹٦۷/٦۱
میانگین	۷۰۸	۱۲۲/٤۰	۲۰/۹۵	۱/۵٦	۸۵۲/۹۱

میانگین شـاخص نسـبت‌های قابل‌جذب (AR) در فلزات سـنگین موردمطالعه در نمونه‌های پسـماند حفاری به‌صـورت کادمیوم> سـرب >مس > روی > اسـترانسیم > باریم کاهش می‌یابد (جدول ۷). بیشترین و کمترین مقدار میانگین شاخص نسـبت‌های قابل‌جذب به ترتیب مربوط به کادمیوم (۲٦/٤۰٦) و باریم (۰/۰٦۰) میلی‌گرم بر کیلوگرم محاسبه شد (جدول ۸). مطابق ماتریس همبستگی پیرسون بین نسبت قابل‌جذب سرب (AR_{Pb}) و کـادمیوم (AR_{Cd}) و بـاریم (AR_{Ba}) با اسـیدیته، همبسـتگی منفی وجود دارد (جدول ۸). بین میزان مواد آلی و نسبت قابل جذب مس و روی رابطه معنی‌دار وجود دارد.

برآورد شاخص نسبت‌های قابل جذب (AR)

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

جدول ۷: میانگین شاخص نسبت‌های قابل جذب در پسماندهای حفاری میدان نفتی اهواز

	کادمیوم	سرب	مس	روی	باریم	استرانسیم
حداقل	۸/٤۲۳	٦/۸۹۲	۳/۰۱۷	۱/۱٦٥	۰/۰۱٤	۰/٤۱۷
حداکثر	۷۰/۸۳	۱۳/۹٦	۱٤/٤۳	۷/۳۱	۰/۱۹٦	۱/٦۳
میانگین	۲٦/٤۰	۱۰/۱۲	۸/۸٥٥	۳/۹۱۰	۰/۰٦۰	۱/۱۱۲

جدول ۸: بررسی ماتریس همبستگی نسبت‌های قابل جذب و ویژگی‌های پسماند حفاری موردمطالعه در میدان نفتی اهواز

	TOM	EC	PH	AR Ba	AR Sr	AR Pb	AR Cu	AR Zn	AR Cd
TOM	۱								
EC	-۰/٤۲٥	۱							
PH	۰/۱۲۰	-۰/۱۳٦	۱						
AR Ba	-۰/۳۹٥	۰/۲۸	-۰/٥۷٤	۱					
AR Sr	-۰/۲۹۹	۰/٤۸۲	۰/۲۰٦	-۰/۲٦	۱				
AR Pb	۰/۳۸٥	۰/۲۳٤	-۰/٦٥۹	۰/٦۰٤	-۰/۱۷۳	۱			
AR Cu	۰/۹۱۳	۰/٦۳۰	-۰/۰٥٤	۰/۲۳۰	۰/٥۹٤	-۰/٤۲۲	۱		
AR Zn	۰/٥۹۸	-۰/۳۷٤	-۰/٤۳٤	۰/۲٦۷	-۰/۳٥٤	۰/٥٥۷	-۰/٤۷۷	۱	
AR Cd	-۰/٥٤۹	۰/٦٦۰	-۰/٥۰٦	۰/۹٥۷	-۰/۰٥۷	۰/٥۰۸	۰/٤۳۰	۰/۲۰٦	۱

معنی داری در سطح پنج درصد

بحث

بررسی غلظت فلزات سنگین در پسماند حفاری نسبت به غلظت این فلزات در پوسته زمین نشان داد که میانگین غلظت فلزات مورد بررسی بالاتر از غلظت آنها در پوسته زمین است که این مسئله می‌تواند مؤید این نکته باشد که نقش فعالیت‌های انسانی در تغلیظ فلزات سنگین در پسماند حفاری قابل توجه است. مطالعات متعددی وجود عناصر کادمیوم، روی، مس، سرب، استرانسیوم و باریم را به منابع انسانی و به‌خصوص فعالیت‌های حفاری نسبت داده است. غلظت بالای عناصر در پسماند حفاری از یک طرف مربوط به افزودنی‌های موجود در گل حفاری مصرفی و از طرف دیگر می‌تواند مربوط به سازندهای حفاری شده باشند که با مطالعات (Khalilova and Mammadov and Amin et al) مطابقت داشت ۳،۱۵. وجود فلزات سنگین در کنده‌های حفاری می تواند به دلایل مختلفی صورت پذیرد. برخی از فلزات سنگین در قالب نمک‌ها و یا ترکیبات فلزات آلی به سیال حفاری اضافه می‌شوند. منشأ فلز باریم، باریت و بنتونیت مورداستفاده در عملیات حفاری می‌باشد که معمولاً دارای مقادیر زیادی از این فلز هستند بنابراین می‌توان گفت به همین دلیل فلز باریم بالاترین مقادیر را در نمونه‌های پسماند حفاری موردمطالعه داشت. با توجه به جدول آمار توصیفی داده‌ها (جدول ۱) و بر اساس ضریب تغییرات، عناصر دارای توزیع نرمال می‌باشند و ضریب تغییرات کادمیوم و مس نزدیک به یک است که می‌تواند نشان‌دهنده منشاء برون‌زاد برای این فلزات باشد ۳۸. اندازه‌گیری محتوای دسترس‌پذیر فلزات موردمطالعه با استفاده از محلول DTPA مبین آن است که به علت ماهیت قلیایی نمونه‌های پسماند دسترس‌پذیری فلزات مقدار کمی از غلظت کل آن‌ها را شامل می‌شود میزان مقادیر قابل جذب در مس و

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

سرب بیشتر از بقیه فلزات بود. این مقدار می‌تواند به‌وسیله گیاهان جذب شده و مخاطرات زیست‌محیطی ایجاد کند. Massas و همکاران بیان نمودند که مقادیر بالای غلظت قابل جذب فلزات در خاک ممکن است نشانه‌ای از غنی‌سازی جدید خاک با فلزات سنگین باشد که هنوز فرصت جداسازی و تثبیت توسط کلوئیدهای خاک را پیدا نکرده است ۱۰. همین‌طور هدایت الکتریکی پسماندهای حفاری بین ۲۱۳ تا ۲۴۲ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر مربع محاسبه شد. مخازن نفت اغلب در نزدیک محیط‌های آبی شور و یا تبخیری یافت می‌شوند و آبی که در مخازن نفتی وجود دارد بسیار شور است همین‌طور غلظت بالایی از نمک به‌منظور ایجاد سد اسمزی و ممانعت از تورم لایهٔ حفر شده به گل‌های حفاری اضافه می‌شود و بنابراین حجم زیادی از کنده‌های حفاری با گل بسیار شور آغشته می‌شود که باعث افزایش هدایت الکتریکی نمونه‌های پسماند حفاری می‌شود ۳۹. باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده غنی شدگی فلزات سرب، کادمیوم، مس، استرانسیم و باریم در پسماندهای موردمطالعه علاوه بر هوازدگی مواد مادری و فرایندهای پدوژینیکی، تحت فعالیت‌هایی با منشأ انسان زاد از قبیل مواد استفاده شده در ترکیبات گل حفاری قرار دارند و فلزات مورد بررسی غنی شدگی کم تا غنی شدگی بسیار بالا را نشان می‌دادند. Liu و همکاران با بررسی شاخص غنی شدگی در منطقه بیجینگ واقع در چین در پنج فلز کادمیوم، کروم، مس، روی و سرب نشان دادند که غلظت هر فلز در خاک منطقه در مقایسه با سطوح زمینه روند افزایشی داشته است (EF>۱)۴۰. نظر پور و همکاران در مطالعه‌ای به ارزیابی فاکتور غنی‌شدگی برخی فلزات سنگین در خاک‌های سطحی میدان نفتی اهواز بیان کردند که منبع آلودگی فلزات مورد مطالعه فعالیت‌های انسان‌زاد از قبیل فعالیت‌های حفاری نفتی در منطقه موردمطالعه است ۱۴. نتایج شاخص آلودگی (PI) رده‌های مختلف آلودگی از متوسط تا شدید را نشان می‌داد. طبق نتایج شالباف و همکاران شاخص آلودگی برای ۵ نمونه خاک پسماند حفاری در میدان نفتی اهواز، سطح بالای آلودگی را نشان داد ۴۱. فرهادیان بابادی و همکاران در بررسی زیست‌محیطی فلزات استرانسیم، باریم، مس، روی، کروم، نیکل، وانادیم، کادمیوم و نقره در پسماندهای حفاری چاه شماره ۴۴۹ میدان نفتی نشان دادند که این پسماندها نسبت به فلزات نقره و مس آلودگی متوسط تا شدید، نسبت به کادمیوم نسبتاً آلوده، نسبت به Sr و Ba غیرآلوده تا نسبتاً آلوده هستند و نسبت به دیگر فلزات آلوده نیستند ۴۲. از نظر خواص ژئوشیمیایی فلز کادمیوم، فلزی با تحرک پذیری بالا به‌حساب می‌آید با این حال به علت قلیایی بودن pH خاک، زیست دسترس‌پذیری کادمیوم درصد کمی از غلظت کل فلز را به خود اختصاص می‌دهد زیرا در pH قلیایی کادمیوم به دلیل تشکیل کمپلکس‌های پایدار کربنات کادمیوم تمایل به ته‌نشینی دارد ۴۳ که با نتایج رخ بر و همکاران مطابقت دارد ۱۱. فلزات سنگین در pH های قلیایی تا خنثی می‌تواند تشکیل کمپلکس‌های هیدروکسیدی ناپایدار یا انحلال‌پذیر دهند و این امر می‌تواند زیست دسترس‌پذیری آنها را برای گیاهان کنترل کند ۴۴. میانگین شاخص پتانسیل خطر زیست‌محیطی (RI) نیز نشان داد که فلزات سنگین موجود در پسماند حفاری ریسک پتانسیل زیست‌محیطی خیلی زیاد دارند که با نتایج مطالعه عادلی و همکاران ۴۵ بر روی پسماند گل چاه‌های حفاری در میدان نفتی اهواز مطابقت دارد. قابل‌دسترس بودن فلزات در خاک‌ها به طور عمده تحت تأثیر برخی عوامل مانند pH و EC می‌باشد. این عوامل موجب تمایز غلظت قابل جذب AR در خاک‌های مختلف حتی تحت کاربری‌های یکسان و مقادیر برابر غلظت کل فلزات می‌باشد. این شاخص بیانگر میزان زیست‌فراهمی عناصر برای موجودات زنده و گیاهان می‌باشد ۱۹. بین میزان مواد آلی و نسبت قابل جذب مس و روی رابطه معنی‌دار وجود دارد که با مطالعه Clemente و همکاران مطابقت دارد ۴۶.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

نتیجه‌گیری

صـــنایع حفاری نفت و گاز از یکی از عوامل ورود فلزات سـنگین به محیط پیرامونی به‌ویژه محیط خاک می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی غلظت قابل جذب و ریسک اکولوژیکی فلزات ســـنگین در میدان نفتی اهواز اســـت. نتایج به‌طورکلی نشـــان داد کـه غلظت و درجه آلودگی پســـماندهای حفاری بررسـی شـده نسبت به سه فلز اصلی (سرب روی و کادمیوم) بسـیار زیاد اسـت. نتایج شـاخص غنی شدگی در فلزات مورد بررسـی نشـان‌دهنده انسـان‌زاد بودن منشأ این فلزات می‌باشند همین‌طور وجود فلزات در ســـازندهای مختلف و همچنین افزودن فلز یا فلزات در ترکیبات اولیهٔ ســـیالات حفاری در اعماق مختلف، دلیل قانع‌کننده‌ای برای بالا بودن فلزات سنگین موردمطالعه در نمونه‌های پســماند حفاری موردمطالعه اســت. در رابطه با فلزات مورد بررســـی، همهٔ آنها در شـــرایط قلیایی غیر متحرک بوده و تمـایـل بـه تجمع دارنـد. بـالا بودن جز قابل‌دسـترس فلزات در برخی نمونه‌های پسماند حفاری نشان می‌دهد که این فلزات پتانسیل ورود به چرخه غذایی انسانی را دارا می‌باشد. همچنین به دلیل تحرک پذیری جزء قابل‌دسترس برخی از فلزات در نمونـه‌هـای پســـماند، امکان نفوذ عمودی همراه با آب‌های فرورو و آلوده شدن منابع آب زیرزمینی و یا انتقال با آب‌های جاری و آلوده‌سازی مناطق دوردست نیز دور از انتظار نمی‌باشـــد. بر اســـاس نتایج این تحقیق غلظت قابل جذب (AR)کادمیوم و سـرب و مس بیشتر از سایر عناصر بود و بـا توجه به زیســـت‌فراهمی بالای این عناصـــر و همچنین شـاخص آلودگی بالای محاسـبه شده، منشأ اصلی آلودگی این عناصـــر ترکیبات اســـتفاده شـــده در گل حفاری و آب مورد استفاده در عملیات حفاری است. براین‌اساس پیشنهاد می‌شود با اسـتفاده از روش‌های مختلف پاک‌سازی فیزیکی و شیمیایی و یا روش گیاه‌پالایی، میزان آلودگی در مناطقی که پسماندهای حفاری وجود دارد کاهش یابد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضـر حاصـل بخشـی از رسـاله دکتری مصوب دانشـگاه آزاد اسـلامی واحد اهواز با کد۱۶۲۴۰۷۶۰۶ می‌باشد که با حمایت شـرکت ملی حفاری و اداره زمین‌شـناسی مناطق نفت‌خیز جنوب (کارون) واقع در اهواز انجام شـــده اســـت. بدین‌وسـیله از دانشـگاه آزاد اسلامی واحد اهواز جهت فراهم نمودن امکانات آزمایشـگاهی برای اجرایی شـدن این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

References

1. Onwukwe SI, Nwakaudu MS.Drilling Wastes Generation and Management Approach. Int J Environ Sci Dev 2012;3(3):252-257.
2. Ismail AR, Aliasc AH, Sulaimana WRW,Zaidi M. Drilling fluid waste management in drilling for oil and gas wells. Chem Eng Trans 2017; 56: 1351
3. Khalilova H and Mammadov V. Assessing the Anthropogenic Impact on Heavy Metal Pollution of Soils and Sediments in Urban Areas of Azerbaijan's Oil Industrial Region. Pol J Environ Stud 2016; 25(1): 159-166.
4. Neff JM. Composition, environmental fates, and biological effect of water-based drilling muds and cuttings discharged to the marine environment: A synthesis and annotated bibliography. Report prepared for PERF. Washington DC: American Petroleum Institute.2005: 73.
5. Hu B, Wang J, Jin B, Li Y, Shi Z.Assessment of the potential health risks of heavy metals in soils in a coastal industrial region of the Yangtze River Delta. Environ. Sci Pollut Res 2017; 24 (24) : 1-11.
6. Sun Y, Zhou Q, Xie X, Liu R. 2010.Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. J Hazard Mater 2010; 174(1):455-462.
7. Franco-Uria A, Lopez-Mateo C, Roca E, Fernandez-Marcos ML. Source identification of heavy metals in pastureland by multivariate analysis in NW Spain. J Hazard Mater 2009; 165(1-3): 1008-1015.
8. Elias P, Gbadegesin A. Spatial relationships of urban land use, soils and heavy metal concentrations in Lagos Mainland Area. J App Sci Environ Manage 2011, 15: 391–399

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

9. Ta W, Xiao H, Qu J, et al. Measurements of dust deposition in Gansu Province, China, 1986-2000. Geomorphol 2004;57(1-2):41-51.

10. Massas I, Ehaliotis C, Kalivas D, Panagopoulou G. Concentrations and availability indicators of soil heavy metals; the case of children's playgrounds in the city of Athens (Greece). J Water Air and Soil Pollut 2010; 212(1-4): 51-63.

11. Rokhbar M, qishlaqh A, forghani G. Bioavailability and Concentration of Heavy Metals in Soils and Plants near Irankuh mine Tailing Dams. J Eng Geol 2018; 11 (4) :363-384 [in Persian]

12. Leita L, Margon A, Pastrello A, et al. Soil humic acids may favor the persistence of hexavalent chromium in soil. Environ Pollut 2009;157:1862-1866.

13. Ghorbani MR, Ghanavati N, Babaenejad T,Nazarpour A, Payandeh K. Assessment of the potential ecological and human health risks of heavy metals in Ahvaz oil field, Iran. PLoS ONE 2020;15(11): e0242703.

14. Nazarpour A, Ghanavati N, Babaenejad T. Evaluation of the level of pollution and potential ecological risk of some heavy metals in surface soils in the Ahvaz oil-field. Iran. J Health Environ 2017;10(3):391-400.

15. Amin SA, Al-Obiady AM, Alani RR,Al-Mashhady A. Assesment of some Heavy Metal concentrations in Drilling Mudsample in Az ZUBAIR Oil Field,Basra,Iraq, J Eng Technol 2018;36(1):68-75.

16. Karbassi, AR, Tajziehchi S, Afshar S. An investigation on heavy metals in soils around oil field area. Global J. Environ. Sci. Manage 2015;1 (4): 275-282.

17. Mugendi D, Mireri C, Kibwage J. Assessment of heavy metals concentration in mud cuttings of reserve pit 7 in Twiga 1 well pad South Lokichar Basin relative to acceptable levels in drinking water. J Basic Environ Sci. 2019;15(1):87-94.

18. Xu T, Wang L, Wang X, Li T, Zhan X. Heavy Metal Pollution of Oil-Based Drill Cuttings at a Shale Gas Drilling Field in Chongqing, China: A Human Health Risk Assessment for the Workers. Earth Environ Sci 2019; 165:160-163.

19. Babaakbari Sari M, Shakouri M, Hasani A. Assessing Heavy Metals Risk Indices Caused by Vegetable Consumption in Varamin city. J Soil Manage Sustain 2019; 9(1): 119-133 {In Persian]

20. Afkhami F, Karbassi AR, Nasrabadi T, Vosoogh T. Impact of oil excavation activities on soil metallic pollution, the case study of an Iran southern oil field. Environ. Earth Sci 2013; 70(3): 1219-1224.

21. Rabbani AR, Bagheri Tirtashi R. Hydrocarbon source rock evaluation of the super-giant Ahwaz oilfield, SW Iran. Aust J Basic Appl Sci 2010; 4:673–686

22. Asghari M, Adabi MH. Digenesis and geochemistry of the sarvak formation in Ahvaz oil field-Iran. Geochemistry Journal 2014;1 (1):1-7.

23. Sarkheil H, Kalhor M,Azimi Y, et al. Investigating the effectiveness of drilling Mud-Cutting on heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons contamination by case study in well b of Azadegan south oil field.Department of human environment, Iran Environ Plann 2020; 1(2):34-49

24. Lu X, Wang L, Lei K, Huang J, Zhai Y. Contamination assessment of copper, lead, zinc, manganese and nickel in street dust of Baoji, NW China. J Hazard Mater. 2009;161(2):1058-62.

25. Garavand M, Ghasemi H, Hafezi Moghddas N.Geochemical and Environmental Assessment of the Heavy Metals in the Soils Derived from the Gorgan Schists. Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES 2013; 22(86): 35-46 [in Persian]

26. Walkley A, Black IA. "An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method", Soil sci 1934; 37: 29-38.

27. Lindsay WL, Norvell WA. Development of a DTPA test for Zn, iron, manganese, and copper. Soil Sci Soc Am J 1978; 42:421-428.

28. Chabukdhara M, Arvind K, Nema AK. Heavy metals assessment in urban soil around industrial clusters in Ghaziabad, India: probabilistic health risk approach. Ecotoxicol Environ Saf 2012; 87:57-64.

29. Sutherland RA. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. Environ Geol 2000; 39: 611 - 37.

30. Chen TB, Zheng YM, Lei M, Huang ZC, et al. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. Chemosphere 2005; 60: 542-551.

31. Yu L, Zhang B, Zhang SQ. Heavy metal elements pollution evaluation on the ecological environment of the Sanjiang Plain based on GIS. Chin J Soil Sci 2004;35 (5): 529-532 [In Chinese]

32. Meza-Montenegro M M, Gandolfi A J, Santana-Alcanter M.E, et al. Metals in residential soils and cumulative risk assessment in Yaqui and Mayo agricultural valleys, Northern Mexico. Sci.Total Environ 2012;433: 472-481.

33. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. Water research 1980; 14(8): 975-1001.

34. Ali MM, Ali ML Islam MS, Rahman MZ. Preliminary assessment of heavy metals in water and sediment of Karnaphuli River, Bangladesh. Environ Nanotechnol Monitor Manage 2016; 5:27-35.

35. Xu Z, Ni S, Tuo X, Zhang C. Calculation of heavy metals toxicity coefficient in the evaluation of potential

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

ecological risk index. Environ Sci Technol 2008;31:112-115.

36. Shi G, Chen Z, Bi C, et al. Comprehensive assessment of toxic metals in urban and suburban street deposited sediments (SDSs) in the bioggestmetrolitan area of China. Environ. Pollut 2010; 158: 694-703.

37. Javan Siamardi S, Rezaei Kahkha M R, Safaei Moghaddam A, Noori R. Survey of Heavy Metals Concentration (Fe ،Ni ،Cu ،Zn ،Pb) in Farmland Soils of Sistan Central Part. Iran. J. Environ Health Eng 2014; 2 (1) :46-53 [in Persian]

38. Riemann C, Filzmoser P, Garrett R, Dutter R, "Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics with R", John Wiley & Sons 2011; 362.

39. Dastgheib SMM, Amoozegar MA, Khajeh K, Ventosa A.. A halotolerant Alcanivorax sp. strain with potential application in saline soil remediation. Appl Microbiol Biotechnol 2011; 90(1): 305-12.

40. Liu W, Zhao J, Ouyang Z, et al.Impacts of sewage irrigation on heavy metal distribution and contamination in Beijing, China, Environ Int 2005; 31(6):805–812.

41. Shalbaf F, Rastmanesh F, Moradi R. Investigation of heavy metal enrichment in contaminated soils due to drilling and oil exploitation activities in Ahvaz oil field, a case study of Ahvaz city.Master of Science Geology.Department: Environmental Geology.Shahid Chamran University of Ahvaz,2018 [in Persian]

42. Farhadian Babadi M, Masoudi F, zarasvandi A.Environmental Assessment of Drilling Wastes: Wastes of Well No. 449 in Ahvaz Oil Field (A Case Study). J Adv Appl Geol 2012; 2(3): 100-11[in Persian]

43. Kabata-Pendias A. Trace elements in soil and plants, CRC Press, 2010:548.

44. Turkdogan M K, Kilicel F, Kara K, et al. "Heavy metals in soil, vegetables and fruits in the endemic upper gastrointestinal cancer region of Turkey", Environ toxic pharmacol 2003; 13: 175-179.

45. Adeli F, Bahram Alizadeh B, Rastmanesh F, Karimi MR.Assessment and Study of the Pollution in Drilling Fluid of Oil Wells in Ahvaz Oil Field from Environmental Geology Perspective. Master of Science Geology.Department: Environmental Geology.Shahid Chamran University of Ahvaz,2017 [in Persian]

46. Clemente R, Walker DJ, Roig A, Bernal M P. "Heavy metal bioavailability in a soil affected by mineral sulfides contamination following the mine spillage at Aznalcóllar (Spain)", Biodegradation 2003;14:199-205.

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]

Journal of Environmental Health Engineering, May 2021; Vol. 8, No3: 329-342

Investigation of Ecological Risk (ER) and Available Ratio (AR) of some heavy metals in drill cutting of Ahvaz Oil Field in 2019

Zohre Lajmiri Orak[1] ,Sima Sabzalipour[1*], Ebrahim Panahpour[2], Sina Attarroshan[1], Haman Tavakkoli[3]

[1]Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[2] Department of Soil Science, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
[3]Department of Chemistry, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

***Email: shadi582@yahoo.com**

Received: 28 January 2021 ; Accepted: 24 May 2021

ABSTRACT

Background: Drill cutting is one of the largest volumes of waste generated in oil and gas exploration and production activities, which contain toxic substances, especially heavy metals, which are potentially harmful to the ecosystem. This study aimed to investigate the pollution indices, available ratio, and ecological risk of some heavy metals in the Drill cutting of the Ahvaz oil field in southwestern Iran.
Methods: 30 samples of drill cutting were collected from 6 wells in 6 different depths (1250-2350 m), and there were sent to the laboratory. The total and available concentration of metals extracted by Aqua Regia method and by DTPA extracting solution and metals were analyzed by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES) and Atomic Absorption Spectrophotometry(AAS). The soil chemical and physical parameters such as organic matter, EC, and pH were also measured.
Results: The mean total concentration (Sr, Ba, Zn, Cu, Pb, Cd) in the drill cutting samples studied 1212, 1413, 117.66, 209.83, 342.66, 2.36 mg/Kg, respectively and the available amounts of these elements 12.29, 0.50, 5.14, 14.71, 23.80 and 0.46 mg/kg were measured. The highest amount of enrichment factor 20.61 was related to Pb and the highest amount of pollution index 9.15 was related to Cd, respectively. The highest available ratio (26.40) was related to Cd. The environmental risk potential index (852.91) showed that drill cuttings have very high environmental potential risk .Also, there is a negative correlation between pH and the availability ratios of Pb, Cd, and Ba in drill cutting($p<0.05$).
Conclusion: The average values of the potential ecological risk index (RI) of the studied elements in the drill cutting of the Ahvaz oil field were in the range of very high environmental potential risk. The results obtained from the enrichment factor(EF) and the pollution index(PI) showed that the source of contamination of the studied metals is anthropogenic activities such as oil drilling activities in the study area. Therefore, continuous monitoring of the concentration of metal contaminants in the drill cuttings as well as the use of heavy metal stabilization methods in the drilled areas is essential.

Keywords: Heavy metals, Pollution factors, Ecological Risk Assessment

[Downloaded from jehe.abzums.ac.ir on 2026-11-18]

[DOI: 10.52547/jehe.8.3.329]