

بررسی آلودگی نفتی خاک حومه انبار ذخیره نفت شهید تندگویان استان زنجان (تیرماه ۱۳۹۹)

جابر اعظمی*^۱، اورنگ بابایی^۱، عباسعلی زمانی^۱، سالار یزدانی^۲

۱- گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

۲- شرکت پخش فرآورده‌های نفتی منطقه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۸/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۱۷

چکیده

زمینه و هدف: خاک به عنوان منبع طبیعی و بخشی مهم در زیست‌کره، سرمایه ملی و بستر حیات، نقش اساسی در استقرار و رشد زیستگاه‌های گیاهی و جانوری را به عنوان آغازگر زنجیره غذایی دارد. به همین دلیل هرگونه آلودگی موجود در خاک می‌تواند به سطح‌های بالاتر زنجیره‌ی غذایی انتقال یابد. هدف از مطالعه‌ی حاضر، بررسی آلودگی نفتی خاک ناشی از فعالیت انبارنفت شهید تندگویان استان زنجان با مخزن‌های ذخیره‌سازی نفتگاز، بنزین و نفت سفید است.

روش کار: نمونه‌های خاک از عمق ۵-۱۵ سانتی‌متری در ۲۰ ایستگاه جمع‌آوری و پس از انتقال، آماده‌سازی و اندازه‌گیری پراسنجه‌های pH و EC، غلظت هیدروکربن‌های پلی‌آرماطیک (PAHs) در آن‌ها سنجش شد. سپس از آزمون آماری T با سطح احتمال ۹۵٪ جهت مقایسه نتایج با استانداردها و ایستگاه‌های شاهد استفاده شد.

یافته‌ها: میانگین نتایج pH و EC نمونه‌ها به ترتیب ۸/۲۴ و ۲۸۱ (میکروزیمنس بر سانتی‌متر) بوده که در محدوده مجاز قرار داشتند. مقایسه غلظت کل شانزده‌گانه PAH با استانداردهای کیفیت منابع خاک نیز نشان داد که مقدار آن‌ها بسیار کم‌تر از حد استاندارد بوده و بین ایستگاه‌های مطالعاتی با ایستگاه شاهد اختلاف معنی‌دار آماری وجود ندارد ($P > 0.05$). همچنین مقدار ترکیب بنزوپایرن (Benzo(a)pyrene) به عنوان شاخص بررسی اثر سرطان‌زایی کل ترکیب‌های PAHs ۰/۲۳ میکروگرم بر کیلوگرم و کم‌تر از استاندارد بود.

نتیجه‌گیری: در حال حاضر، آلودگی نفتی در خاک‌های اطراف انبار نفت مشاهده نشد و خطر سلامتی برای ساکنان حومه انبار نفت وجود ندارد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی، زنجان، نفت، خاک.

مقدمه

نفت و فرآورده‌های آن با توجه به اهمیت، افزایش میزان مصرف و تاثیری که امروزه بر زندگی انسان دارد می‌تواند سبب آلودگی خاک در مساحت زیاد با حجم بالا شود^۱. تجزیه میکروبی ترکیب‌های نفتی در خاک، سبب در دسترس قرار گرفتن عناصرها و ترکیب‌های سمی برای گیاهان خواهد شد. ایجاد شرایط بی‌هوایی و کاهش اکسیژن خاک، آلودگی‌های آب زیرزمینی، تغییر ساختار خاک و در نهایت از طریق جذب در زنجیره غذایی، ترکیب‌های نفتی وارد بدن موجودات می‌شوند^۲. جهت توزیع فرآورده‌های نفتی، لازم است در برخی از نقاط، محل‌هایی جهت ذخیره و نگهداری منابع نفت و فرآورده‌های آن ایجاد شود. این منابع ضمن داشتن اثر مثبت کاربری آن‌ها، در صورت عدم رعایت اصول علمی و فنی انبارداری به صورت بالقوه، می‌تواند اثرهای منفی بر محیط زیست نیز داشته باشد^۳.

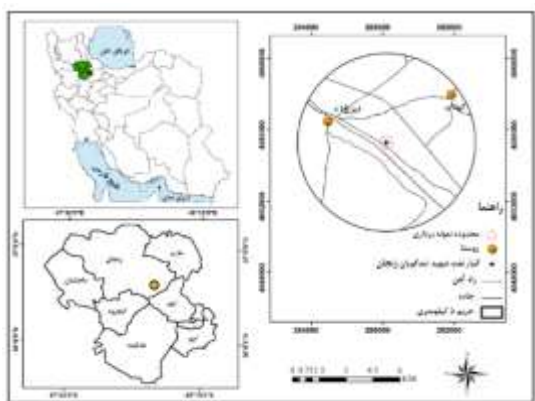
یکی از مرکزهای نگهداری و پخش فرآورده‌های نفتی در شمال غرب ایران، انبار نفت شرکت پخش فرآورده‌های نفتی استان زنجان بوده که در ۱۲ کیلومتری جاده زنجان-تهران واقع شده است. از این انبار، فرآورده‌های نفتی، به تمام نقاط استان سوخت منتقل می‌شود. سیستم اندازه‌گیری LG/TG (Level Gauge (LG) - Temp Gauge (TG)) در ثبت اطلاعات مانیتورینگ مخازن انبار از سال ۱۳۸۸ در انبار نفت زنجان به صورت پایلوت صورت گرفت و در حال حاضر اطلاعات مخازن انبار نفت زنجان از طریق سیستم ابزار دقیق قابل مشاهده و فرآورده‌ی آن به لحاظ موجودی گردانی و محاسبات پورسانت بدون دخالت سیستم سنتی دیپ زنی دستی در دسترس است. در این خصوص، انبار نفت زنجان جزو انبارهای ممتاز در اجرای این سیستم و امر نگهداشت و پایش اطلاعات انبارداری محسوب می‌شود. در واقع، هدف از سیستم اندازه‌گیری LG/TG، سنجش دقیق شرایط مخازن مجاری

عرضه، کنترل سطح داخلی، دما و ایمنی مخازن در جایگاه‌های عرضه سوخت است. سیستم مزبور، تمام آیت‌های مربوط به پراسنجه‌های کمی و کیفی فرآورده را پوشش داده و مانیتورینگ این سیستم، علاوه بر عملیات پخش در تاسیسات خطوط لوله، به صورت آنلاین مورد بهره‌برداری آن شرکت نیز قرار می‌گیرد. گازوییل، نفت سفید، بنزین، مازوت، ال پی جی، روان سازه‌ها و قیر از مهم‌ترین فرآورده‌های نفتی هستند که پس از انجام عملیات‌های مختلف فرآوری به دست می‌آیند که در انبار نفت زنجان، نفت سفید، نفتگاز و بنزین موجود است. میزان استفاده از نفت سفید، با توجه به استفاده از گاز طبیعی به‌عنوان سوخت مورد نیاز در صنعت و بخش خانگی کم‌تر است اما نفتگاز و بنزین بیش‌ترین فرآورده نفتی مورد نیاز در کشور بوده و روز به روز بنا به دلایلی هم‌چون رشد جمعیت، تغییر الگوی مصرف سوخت، گسترش سیستم حمل و نقل، افزایش عرضه و استفاده از خودرو و ... در حال افزایش است^۴.

در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۷ در کشور نیجریه توسط Okogo در انبار نفت صورت گرفت نتایج تجزیه و تحلیل PAHs از ۶/۳۰ تا ۷/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و غلظت هیدروکربن‌های پلی‌آرما تیک (PAHs) در نمونه‌های خاک انبار NNPC در مقایسه با نمونه‌های شاهد اختلاف معنی‌داری داشتند^۵. هم‌چنین آلودگی خاک‌های جنوب پالایشگاه نفت تهران مشخص کرد که خاک برخی از منطقه‌های نمونه‌برداری شده آلوده به مواد نفتی بوده و پتانسیل سمیت‌زایی دارد^۶.

مهم‌ترین محل انباشت آلودگی‌های نفتی، خاک‌ها هستند و امروز پایش خاک‌ها به‌عنوان یک شاخص بسیار خوب برای ارزیابی شرایط محیط زیست استفاده شده است^۷. هرگونه آلودگی موجود در خاک می‌تواند در طی زنجیره غذایی، به سطح‌های بالاتر انتقال یافته و در نهایت در بدن انسان و موجودات دیگر تمرکز یابد. گرچه خاک از منابع تجدیدپذیر

استان دارای اقلیم نیمه خشک فراسرد و ارتفاع ۱۶۵۹ متر بوده که متوسط بارش و دمای سالیانه آن به ترتیب ۲۹۵ میلی‌متر و ۱۰ سانتی‌گراد است. متوسط کمینه و بیشینه دما در بهمن و مرداد است. در زنجان کمینه و بیشینه مطلق دما به میزان ۳۰- و ۴۰ سانتی‌گراد ثبت گردیده است^{۱۳}. انبار نفت شهید تندگویان زنجان در سال ۱۳۷۱ افتتاح و به بهره‌برداری رسیده است. این انبار با دارا بودن مخازن ذخیره‌سازی متعدد سوخت، نیاز سوختی بیش از یک میلیون نفر در زنجان با بیش از ۶۰ جایگاه سوختی و ۲۰۰ فروشگاه روستایی را تامین می‌کند. در واقع، از انبار نفت شهید تندگویان زنجان به تمام نقاط استان سوخت بارگیری و منتقل شده و این انبار سوخت مورد نیاز کلیه شهرها و روستاها در استان زنجان را تامین می‌کند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار GIS

نمونه‌برداری خاک: با توجه به این که مهم‌ترین منبع تولید PAHs دارای وزن مولکولی بالا (HMW)، منابع انسانی بوده و بیش‌تر در سطح خاک وجود دارند و از طرف دیگر با افزایش عمق خاک، غلظت آن‌ها کاهش می‌یابد، نمونه‌های خاک در این مطالعه مطابق با استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست و سایر منابع علمی از ۲۰ ایستگاه با عمق ۵-۱۵ سانتی متری در تیرماه ۱۳۹۹ برداشته شد^{۱۴،۲} (شکل ۲، جدول ۱). از آنجایی که ترکیب‌های نفتی مزبور فرار هستند و با افزایش

به شمار می‌رود اما براساس منابع علمی تشکیل هر سانتی‌متر خاک بیش از ۱۰۰ سال زمان بر است^۸. به عبارت دیگر زندگی سالم و پایدار بدون خاک سالم امکان‌پذیر نیست زیرا خاک سالم، امنیت غذایی را تامین می‌کند و آلودگی آن می‌تواند تهدیدی جدی برای سلامت محیط و انسان باشد^۹. براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا، ۱۶ ترکیب از هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقوی به عنوان مهم‌ترین ترکیب‌های ردیابی و پایش آلودگی محیط زیست استفاده می‌شود^{۱۰}. همچنین ترکیب‌های PAH براساس ساختار ملکولی به دو گروه تقسیم می‌شوند که شامل ترکیب‌هایی با چهار حلقه آروماتیک یا کم‌تر و ترکیب‌های با پنج حلقه یا بیش‌تر هستند^{۱۱،۱۲}.

ذخیره‌سازی فرآورده‌های نفتی جهت نیازهای جامعه، امری اجتناب‌ناپذیر است که به‌طور بالقوه می‌تواند سبب آلودگی‌های محیط زیست به‌ویژه خاک شود. هدف از مطالعه حاضر، بررسی آلودگی نفتی در خاک ناشی از استقرار این انبار نفت در استان زنجان، بود که براساس قرارداد علمی با شرکت پخش فرآورده‌های نفتی استان زنجان صورت گرفت تا وضعیت موجود در خصوص آلودگی خاک ناشی از این انبار و در صورت وجود آلودگی، راهکارهای احتمالی کنترل و کاهش آن ارایه گردد. بررسی آلودگی نفتی در خاک اطراف انبار نفت شهید تندگویان استان زنجان و مقایسه با استانداردهای مربوطه که تاکنون گزارش نشده، نوآوری این مطالعه این است. اهمیت مطالعه نیز، پایش مقدار آلودگی جهت کنترل و مدیریت انبار ذخیره‌سازی است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

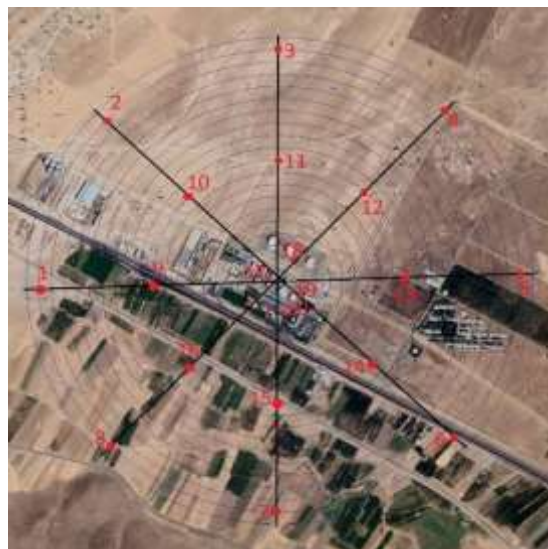
انبار نفت شهید تندگویان زنجان در فاصله ۱۲ کیلومتری شرق شهر زنجان واقع شده است (شکل ۱). شهر زنجان مرکز

برای اندازه گیری pH و EC از روش تهیه گل اشباع نمونه‌ها و اندازه‌گیری با استفاده از pH متر و EC متر استفاده گردید^{۱۰،۱۴،۱۶}.

دستگاه مولتی متر (HQ40D) پس از درجه‌بندی در اندازه‌گیری pH و EC استفاده شد. برای استخراج و سنجش غلظت ترکیب‌های PAH، از دستگاه کروماتوگرافی گازی با آشکارساز طیف سنج جرمی GC-MS (آزمایشگاه ملی اقیانوس شناسی مورد تایید سازمان حفاظت محیط زیست و سازمان استاندارد ایران) استفاده شد. مشخصات دستگاه مورد استفاده، GC-MS مدل Agilent 5973N و ستون سنجنده دستگاه Rxi 5ms, 30m, 0.25mm ID و روش مطالعه عینا مطابق با ISO 18287 بود. ترکیب‌های نفتی از جمله‌ی آروماتیک‌ها فرار هستند و اگر عمل خشک کردن با استفاده از حرارت باشد، مقدار زیادی از این ترکیب‌ها بخار شده و داده‌های اندازه‌گیری شده از صحت مناسب برخوردار نخواهد بود. بنابراین تمامی نمونه‌ها تا پیش از اندازه‌گیری در دستگاه خشک‌کن انجمادی (فریزدرایر) قرار داده شدند^{۱۰}. برای استخراج و اندازه‌گیری، ۲۰ گرم از نمونه خاک در داخل لوله ریخته شد و سپس ترکیب‌های نفتی با اضافه کردن ۳۵۰ سی سی محلول دی کلرومتان (ویژه کروماتوگرافی گازی) در دستگاه سوکسله استخراج گردید. فرآیند استخراج برای گردش سه دور در ساعت و مدت ۸ ساعت تنظیم شد. نمونه‌ی استخراج شده در نهایت به دستگاه گاز کروماتوگرافی گازی تزریق گردید^{۱۵}.

برای یافتن منشاء ترکیب‌های PAH از روش‌های مختلف از جمله از نسبت بین ترکیب‌های PAH که از نظر فیزیکی و شیمیایی شبیه هم استفاده می‌شود. اگر نسبت فنانتین بر آنتراسن بزرگ‌تر از عدد ۱۰ باشد منشاء نفتی و در صورت کوچک‌تر از عدد ۱۰ بودن منشاء سوختی است؛ نسبت کربازین بر بنزوآنتراسین بزرگ‌تر از عدد ۱ نشان‌دهنده‌ی

دما به طور معنی‌داری کاهش می‌یابند و از طرف دیگر با باران و جریان آب سطحی جابه‌جا می‌شوند و براساس توصیه استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست، نمونه‌برداری در تیرماه انجام گرفت. در فرآیند نمونه‌برداری، برای این که خاک برداشته شده نماینده خوبی از وضعیت خاک هر ایستگاه باشد، در هر ایستگاه نمونه‌ی مورد نیاز از پنج نقطه از مرکز و چهار گوشه‌ی مربعی با ضلع یک متر انتخاب شدند. پس از مخلوط کردن نمونه‌ی خاک یک کیلوگرمی پنج نقطه و آسیاب کردن و عبور از الک فولادی با مش ۲ میلی‌متری، ۲۰۰ گرم نمونه برداشته شده و در داخل ظرف شیشه‌ای استاندارد ریخته شدند^{۱۵}. ظرف شیشه‌ای پیش از نمونه‌برداری به‌طور کامل با آب مقطر شستشو و سپس با استون با خلوص تجزیه‌ای مناسب کروماتوگرافی چندین بار شستشو داده شد. باتوجه به فرار بودن ترکیب‌های PAH، تمامی نمونه‌ها در داخل باکس‌های یخچالی در حضور یخ قرار داده شدند. نمونه‌ها در دمای زیر صفر درجه به آزمایشگاه علوم محیط زیست دانشگاه زنجان و پژوهشگاه ملی اقیانوس شناسی و علوم جوی منتقل شد.



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری انبار نفت شهید تندگویان زنجان

شماره ۹ (ضلع جنوبی به سمت غرب در پایین دست جاده ترانزیت زنجان-تهران) به میزان ۷/۹۵ و بیشترین مقدار pH در ایستگاه شماره ۱۱ (گوشه شمال غربی مجموعه انبار نفت، قسمت بیرون) به میزان ۸/۵۵ و ایستگاه شماره ۱۷ (مابین مخازن انبار) است (جدول ۱). نتایج هدایت الکتریکی نمونه‌های خاک، نشان داد کم‌ترین آن مربوطه به ایستگاه شماره ۱۸ (مابین مخازن بنزین داخل محوطه انبار نفت) به میزان ۱۲۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر و بیشترین مقدار نیز در داخل محوطه انبار در نمونه ایستگاه شماره ۲۰ در کنار پمپ شیدها به میزان ۱۱۵۸ میکروزیمنس در سانتی‌متر است. نتایج اندازه‌گیری میانگین ترکیب‌های ۱۶ گانه PAH در ایستگاه‌های نمونه‌برداری و مقایسه آن‌ها با استانداردهای کیفیت منابع خاک نشان داد که نگهداری و بارگیری سه فرآورده نفتگاز، نفت سفید و بنزین در انبار نفت شهید تندگویان استان زنجان بسیار کم‌تر از حد استاندارد مذکور بوده و سبب آلودگی نفتی خاک نشده است (جدول ۱ و ۲). مطالعه درصد سهم هر ترکیب نشان داد که نفتالین بیشترین مقدار را در بین ترکیب‌های شانزده گانه در مجموع ایستگاه‌ها دارد (شکل ۳).

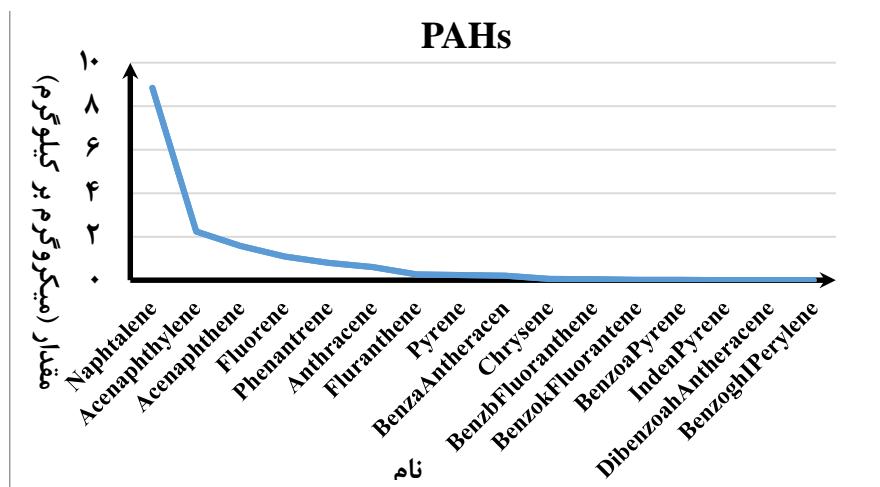
منشاء نفتی و اگر کوچک‌تر از عدد ۱ باشد منشاء سوختی است. اگر هم نسبت فلورانتین بر پیرن کوچک‌تر از عدد ۱ باشد منشاء نفتی و اگر بزرگ‌تر از عدد ۱ منشاء سوختی خواهد بود؛ در حالی که اگر نسبت بنزوا آنتراسین بر مخلوط بنزوا آنتراسین و کرایزین کوچک‌تر از عدد ۰/۲ نمایانگر منشاء نفتی و نسبت بزرگ‌تر از عدد ۰/۳۵ نمایانگر منشاء سوختی برای ترکیب‌های PAH وجود دارد^{۱۷}.

تجزیه و تحلیل آماری:

در این بررسی برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای اکسل و SPSS-22 استفاده گردید. با استفاده از آزمون شاپروویلیکسیون نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از آن جایی که داده‌ها توزیع آماری زنگوله‌ای نداشتند با تغییر مقیاس داده‌ها از طریق فرمول $y = \ln(x + 1)$ و تطابق داده‌ها با توزیع نرمال، برای مقایسه پراسنجه‌ها با ایستگاه شاهد از آزمون t-test استفاده شد.

یافته‌ها:

نتایج اندازه‌گیری دو ویژگی فیزیکی نمونه‌های خاک جمع‌آوری شده (pH و EC) نشان داد کم‌ترین pH در ایستگاه



شکل ۳: مقایسه درصد ترکیب‌های PAH در نمونه‌های اطراف انبار نفت زنجان

جدول ۱ - میزان PAH کل در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده (برحسب نانوگرم بر کیلوگرم)

شماره ایستگاه	محل ایستگاه	*EC	pH	PAH کل
۱	فاصله هزار متری غرب مجموعه انبار نفت	۲۲۸	۸/۱۲	۵/۷۴
۲	فاصله هزار متری شمال غرب مجموعه انبار نفت	۳۵۴	۸/۰۱	۱۴/۱۲
۳	فاصله هزار متری شمال مجموعه انبار نفت	۱۷۲	۸/۱۹	۵/۵۳
۴	فاصله هزار متری شمال شرق مجموعه انبار نفت	۱۵۰	۸/۱۵	۶/۵۱
۶	فاصله هزار متری جنوب شرق مجموعه انبار نفت	۲۵۰	۸/۲۶	۹/۲
۷	فاصله هزار متری جنوب مجموعه انبار نفت	۶۸۱	۷/۹۶	۵/۷۳
۸	فاصله هزار متری جنوب غرب مجموعه انبار نفت	۳۷۰	۸/۰۹	۲۱/۲۳
۹	فاصله پانصد متری غرب مجموعه انبار نفت	۲۸۵	۷/۹۵	۲۱/۷۱
۱۰	فاصله پانصد متری شمال غرب مجموعه انبار نفت	۱۲۹	۸/۵۱	۲/۴۷
۱۱	فاصله پانصد متری شمال مجموعه انبار نفت	۱۳۳	۸/۵۵	۲/۶۷
۱۲	فاصله پانصد متری شمال شرق مجموعه انبار نفت	۲۰۶	۸/۲۸	۴/۷۲
۱۴	فاصله پانصد متری شرق مجموعه انبار نفت	۴۰۳	۷/۹۷	۲۰
۱۵	فاصله پانصد متری جنوب مجموعه انبار نفت	۱۵۹	۸/۲۲	۱۰/۴۵
۱۶	فاصله پانصد متری جنوب غرب مجموعه انبار نفت	۱۸۲	۸/۳۷	۴/۷۷
۱۷	مایین مخازن نفت سفید انبار نفت	۱۷۳	۸/۵۵	۱/۶۲
۱۸	کنار مخازن بنزین مجموعه انبار نفت	۱۲۱	۸/۴۷	۲/۱۴
۱۹	کنار مخازن نفتگاز مجموعه انبار نفت	۱۳۰	۸/۵۴	۱۱/۷۲
۲۰	کنار قسمت پمپاژ (پمپ شید) مجموعه انبار نفت	۱۵۸	۷/۹۸	۸/۶۱
۲۱	پایین دست محل بارگیری مجموعه انبار نفت	۱۸۴	۸/۳۶	۷/۱۴
شاهد	فاصله ۵ کیلومتری جنوب شرق مجموعه انبار نفت	۱۵۷	۸/۲۰	۳/۷۱

* میکروزیمنس بر سانتی‌متر

جدول ۲- استاندارد آلودگی نفت خاک (pH>۷) ترکیب‌های آروماتیک چندحلقه ای) برحسب میکروگرم بر کیلوگرم

نام ترکیب PAH	مقدار میانگین و انحراف استاندارد ترکیب PAH	مقدار استاندارد × ۱۰ ^۳			
		آب‌های زیرمینی	حفاظت محیط زیست	کشاورزی	مسکونی
Acenaphthene	۰/۱۳ ± ۰/۰۹	۰/۳۲	۳/۶	۰/۲	۰/۲
Acenaphthylene	۰/۱۴ ± ۰/۰۸	۵/۰۲	—	۰/۲	۰/۲
Anthracene	۰/۱۰ ± ۰/۱۷	۰/۰۰۵	۲/۲	۰/۵	۰/۵
Fluoranthene	۰/۵۸ ± ۰/۶۱	۰/۰۳	۲/۲	۰/۵	۰/۵
*LMW Fluorene	۰/۰۵ ± ۰/۰۷	۰/۲۹	۲/۲	۰/۱	۰/۱
Naphthalene	۳/۳۴ ± ۳/۹۱	۰/۰۲	۱/۳	۰/۳	۰/۳
Phenanthrene	۰/۸۶ ± ۰/۶۴	۰/۰۵	۷/۸	۰/۴	۰/۴
Pyrene	۰/۶۷ ± ۰/۵۹	۲۰	۱/۲	۰/۱۵	۰/۱۵
Chrysene	۰/۷۲ ± ۰/۹۵	۲۰۰	۱	۰/۱	۰/۱
HMW Benzo[a]anthracene	۰/۱۴ ± ۰/۲۲	۲۰۰	۱	۰/۰۵	۰/۰۵
Benzo[b]fluoranthene	۰/۴۳ ± ۰/۴۹	۲۰۰	۱	۰/۱	۰/۱
Benzo[k]fluoranthene	۰/۳۳ ± ۰/۳۲	۱۲۰	۱	۰/۱	۰/۱
Benzo[g,h,i]perylene	۰/۶۶ ± ۰/۷۳	۱۲۰	۱	۰/۰۵	۰/۰۵
Benzo[a]pyrene	۰/۱۶ ± ۰/۲۳	۱۲۰	۰/۲	۰/۱	۰/۱
Dibenzo[a]anthracene	۰/۱۲ ± ۰/۰۷	۵۰۰	۰/۲	۰/۱	۰/۱
Indeno[1,2,3-c,d]pyrene	۰/۳۴ ± ۰/۳۱	۶/۴۳	۱/۵	۰/۰۷	۰/۰۷

* (ترکیب‌های با وزن مولکولی بالا) HMW, (ترکیب‌های با وزن مولکولی پایین) LMW

انبار نفت زنجان از هر دو منشأ سوختی Pyrogenic و Petrogenic است. داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که فعالیت ذخیره سازی فرآورده‌های نفتی در زنجان سبب ورود آلودگی نفتی شده است. این مقدار آلودگی وارد شده به محیط از مقدارهای توصیه شده استاندارد کم‌تر است با این حال بایستی فعالیت‌های محیط زیستی در شرکت نفت بیش‌تر مورد توجه قرار گیرد.

نتایج مقایسه داده‌های اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه با ایستگاه شاهد بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری است (T-Test; P-Value > ۰/۰۵) و در نتیجه، فعالیت ذخیره‌سازی فرآورده‌های نفتی در زنجان، تاثیر معنی‌داری بر آلودگی نفتی نداشته است.

نتایج منشأیابی جدول ۳ به‌وسیله نسبت ترکیب‌ها نشان می‌دهد که ترکیب‌های PAH اندازه‌گیری شده در نمونه‌های

جدول ۳ - نسبت ترکیب‌های PAH اندازه‌گیری شده در نمونه‌های انبار نفت زنجان

شماره نمونه	بنزوا آنتراسین / مجموع بنزوا آنتراسین و کرایزین	فلورانتین / پیرین	کرایزین / بنزوا آنتراسین	فناترین / آنتراسین
	<۰/۲ نفتی، >۰/۳۵ سوختی	<۱ نفتی، >۱ سوختی	<۱ نفتی، >۱ سوختی	<۱۰ نفتی، >۱۰ سوختی
۱	۰/۲۰	۰/۵۰	۳/۹۲	-
۲	۰/۴۲	۱/۲۱	۱/۳۹	۱۱/۱۲
۳	۰/۱۶	۱/۱۰	۵/۲۸	-
۴	۰/۰۰	۰/۷۲	-	۸/۲۵
۶	۰/۱۷	۱/۲۹	۴/۸۶	۱۲/۶۸
۷	۰/۰۰	۰/۹۵	-	-
۸	۰/۲۴	۰/۸۸	۳/۱۳	-
۹	۰/۰۷	۰/۶۱	۱۳/۳۷	۶/۰۱
۱۰	۰/۲۱	۱/۱۰	۳/۸۴	-
۱۱	۰/۰۰	۰/۷۳	-	-
۱۲	۰/۰۲	۰/۷۳	۵۹/۲۵	۰/۷۵
۱۴	۰/۱۳	۱/۰۱	۶/۴۵	۱۰/۷۳
۱۵	۰/۳۰	۱/۰۸	۲/۲۳	۱۹/۰۳
۱۶	۰/۲۱	۰/۸۹	۳/۶۷	۲۲/۹۵
۱۷	۰/۰۰	۰/۶۰	-	-
۱۸	-	۰/۵۴	-	-
۱۹	۰/۲۳	۰/۸۱	۳/۴۱	۱۵/۳۱
۲۰	۰/۰۸	۰/۵۵	۱۰/۷۸	۳/۲۳
۲۱	۰/۱۳	۰/۶۵	۶/۹۹	۱۸/۰۰
شاهد	۰/۲۳	۰/۶۳	۳/۳۲	-

* عددهای با نوشتار برجسته منشا نفتی و عددهای با نوشتار معمولی منشا سوختی را نشان می‌دهند.

بحث

میانگین pH نمونه‌ها ۸/۲۴ بوده که با توجه به فصل نمونه‌برداری و همچنین شرایط جوی منطقه‌ی کم بارش و بافت خاک زنجان دور از انتظار نیست. بارش کم در این منطقه سبب تجمع کاتیون‌های قلیایی و قلیایی خاکی در بافت خاک شده و همچنین عنصرهای قلیایی خاک مانند کلسیم و منیزیم در خاک به شکل کربنات و بی‌کربنات سبب به افزایش اندک pH شده است^{۱۸}. با این حال pH نمونه‌ها در محدوده

مجاز و طبیعی قرار گرفته و با مطالعه پری زنگنه و همکاران (۲۰۱۰) در استان زنجان مطابقت دارد^{۱۹} و نتایج بیانگر آن است که انبار شهید تندگویان زنجان سبب تغییر در pH خاک منطقه مورد مطالعه نشده است. هدایت الکتریکی نمونه‌ها در بازه ۱۲۰ تا ۶۸۱ است که با داده‌های مطالعه صفری و دلاور (۲۰۱۹) تطابق دارد^{۲۰}. همچنین به نظر می‌رسد میزان بالای هدایت الکتریکی مربوط به ایستگاه ۲۰ می‌تواند به دلیل نشت باشد؛ گرچه نتایج هیچ کدام از نمونه‌ها، بیش‌تر از حد

(ترکیب‌های با وزن مولکولی پایین) بسیار کم‌تر مشاهده شده است و در نتیجه، ریزش مستقیم نفت و فرآورده‌های آن وجود نداشته است و بیش‌تر این ترکیب‌ها به‌صورت غیر مستقیم وارد محیط منطقه مورد مطالعه شده است.

انبارداری فرآورده‌های نفتی در انبار نفت شهید تندگویان زنجان، تاثیر معنی‌داری بر آلودگی نفتی خاک نداشته است؛ این درحالی است که در مطالعه‌ای که در سال ۲۰۱۷ در کشور نیجریه توسط Okogo و همکاران در انبار نفت صورت گرفت نتایج تجزیه و تحلیل PAHs از ۶/۳۰ تا ۷/۴۰ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و مقدارهای PAHs در نمونه‌های خاک انبار NNPC در مقایسه با نمونه‌های شاهد اختلاف معنی‌داری دارند.^۵ بررسی آلودگی خاک‌های جنوب پالایشگاه نفت تهران مشخص کرد که خاک برخی از منطقه‌های نمونه‌برداری شده آلوده به مواد نفتی هستند^۶؛ بنابراین در صورت تغییر فعالیت انبار نفت زنجان، لازم است مطالعه دوباره انجام شود. به نظر می‌رسد که وجود جاده‌ی ترانزیتی در نزدیکی انبار نفت، کاربری مسکونی و احتراق فرآورده‌های نفتی از مهم‌ترین منشاء سوختی باشد درحالی که نشت یا تبخیر فرآورده‌های نفتی و ته‌نشست مجدد آن‌ها از عوامل مهم در منشاء نفتی ترکیب‌های مورد مطالعه‌ی حاضر بوده است؛ ولی آنچه مهم است این است که تمام داده‌ها بسیار کم‌تر از حد استاندارد است. به هر حال، همان‌طور که در مطالعه‌های پیشین تاکید شده است^{۲۶}، توسعه کشت گیاهان در محوطه داخلی انبار نفت جهت کاهش آلودگی‌های نفتی (گیاه پالایی) بسیار ضروری است. در ضمن استفاده از جاذب‌های ساده هم‌چون کاه و کلش در جذب سریع مواد نفتی در خصوص گازوئیل پیشنهاد می‌شود^{۲۷}.

نتیجه‌گیری:

اندازه‌گیری مقدار ترکیب‌های PAH در نمونه‌های خاک نشان داد که نگهداری و بارگیری فرآورده‌های نفتی سبب

استاندارد نیست. هم‌چنین با داده‌های مطالعه‌های قبلی انجام شده در استان زنجان، نیز هم‌پوشانی است^{۲۱، ۱۸}.

با وجود این‌که داده‌ها حاکی از پایین بودن مقدار ترکیب‌های PAH نسبت به مقدار توصیه شده استاندارد منابع خاک کشور است اما بررسی نقاط دارای PAH بالا نشان می‌دهد که بیش‌ترین نقاط دارای PAH در فاصله ۵۰۰ متری از مرکزیت انبار ذخیره نفت قرار دارند (۴ نقطه از ۷ نقطه نمونه‌برداری شده در فاصله ۵۰۰ متری) که می‌توان نتیجه گرفت با افزایش فاصله از انبار، انتشار PAH به مقدار بسیار اندکی کاهش یافته است. با توجه به موقعیت ایستگاه‌های دارای PAH زیاد که در چهار طرف از مرکزیت انبار نفت قرار دارند و هم‌چنین جهت وزش باد غالب در منطقه مورد مطالعه که از شرق به غرب با میانگین سرعت یازده کیلومتر بر ساعت است، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که جهت وزش باد بر انتشار PAH ناشی از انبار نفت زنجان تاثیری نداشته است.

همان‌طوری که در مطالعه‌های دیگر هم گزارش شده است، بنزوآ پیرن Benzo(a)pyrene (BaP) به عنوان یک شاخص بسیار عالی برای کل گروه PAHs به‌دلیل پتانسیل سرطانزایی استفاده می‌شود^{۲۲} که میانگین غلظت BaP گزارش شده در چین ۲۳ تا ۸۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم بوده در حالی که در ایالت تیاجین در شمال شرقی این کشور، ۱۱۱۸ میکروگرم بر کیلوگرم گزارش شده است^{۲۳، ۱۴}، این در حالی است که این مقدار در منطقه‌ی مورد مطالعه ۰/۲۳ بوده و نسبت به استانداردهای بیان شده در جدول ۲، بسیار کم‌تر است؛ بنابراین به نظر می‌رسد در حال حاضر، تهدید سلامتی خاصی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد.

مقدار زیاد ترکیب نفتالین نسبت به سایر ترکیب‌ها، منطقی است و با مطالعه‌های مشابه پیشین همخوانی دارد^{۲۴}. وجود مقدار زیاد نفتالین ممکن است به‌دلیل وجود آن در حلال‌های آزمایشگاهی باشد^{۲۵، ۲۴} در ضمن مقدارهای HMW (ترکیب‌های با وزن مولکولی بالا) نسبت به LMW

سپاسگزاری:

این مطالعه تحت حمایت مالی شرکت ملی پخش فرآورده‌های نفتی ایران با شماره قرارداد ۱۶/۹۸۰۷۱۰ و ابلاغ قرارداد مورخه ۱۳۹۸/۰۷/۲۳ شماره نامه ۱۶/۱۱۸۸۰۴ انجام شده است، بنابراین از حسن اعتماد شرکت در حمایت مالی این مطالعه به‌ویژه خانم مهندس سحر سلیمانان و سایر کارکنان شرکت پخش فرآورده‌های نفتی منطقه زنجان، سپاسگزاری می‌شود. همچنین از همکاری آقای دکتر یونس خسروی در تهیه نقشه‌ی مورد مطالعه و پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی که در سنجش مقادیر PAHs تشکر می‌شود.

آلودگی خاک در داخل و اطراف (تا فاصله ۱۰۰۰ متری) مجموعه انبار نفت شهید تندگویان استان زنجان نشده است. ریسک خطر آلودگی با توجه به وجود سفره‌ی آب زیرزمینی در محل انبار نفت و همچنین شیب منطقه‌ی مورد مطالعه به سمت رودخانه‌ی زنجان‌رود زیاد است. لازم است با توجه به وجود سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی در داخل محوطه انبار و انتقال آن به حوضچه‌های بازیافت و خطر انتقال آلودگی در صورت بارندگی شدید و جریان سیلابی در محوطه محل بارگیری و پمپ شیدها، پیشنهاد می‌شود که بررسی آلودگی در آب‌های محوطه انبار برای تعیین میزان آلودگی نفتی و مقایسه با استانداردهای کیفی آب انجام گیرد. همچنین، بررسی فلزهای سنگین در خاک محوطه شرکت به‌ویژه نیکل، کادمیوم، سرب و جیوه پیشنهاد می‌شود.

References

1. Mehrasebi MR, Baziar M, Naddafi K, et al. Efficiency of Brij 35 and Tween 80 surfactants for treatment of gasoline contaminated soil. *Iran J Health Envi* 2013;6(2): 211-20 [In Persian].
2. Rosell-Melé A, Moraleda-Cibrián N, Cartró-Sabaté M, et al. Oil pollution in soils and sediments from the Northern Peruvian Amazon. *Sci Total Environ* 2018;610: 1010-9.
3. Ogoko E. Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons, total petroleum hydrocarbons and some heavy metals in soils of NNPC oil depot Aba metropolis, Abia State, Nigeria. *Journal of Environmental Science, Toxi Food Tech* 2014;8(5): 21-7.
4. Daneshzand F, Amin-Naseri MR, Elkamel A, Fowler M. A System Dynamics Model for Analyzing Future Natural Gas Supply and Demand. *Ind Eng Chem Res* 2018;57(32): 11061-75.
5. Olayinka O, Adedeji O, Ahmed S. Oil spillage measures caused drastic reduction in total petroleum hydrocarbon levels in petroleum depot in Ibadan, Southwestern Nigeria. *Cogent Env Sci* 2020;6(1): 1826744.
6. Gitipour S, Nabi Bgr, Gorgi M. Assessment of soil pollution at the south of Tehran's oil refinery due to the contaminates leak. *Env Stu* 2004; 3(4)23-28.
7. Wu S, Zhou S, Bao H, et al. Improving risk management by using the spatial interaction relationship of heavy metals and PAHs in urban soil. *J Hazard Mater* 2019;364: 108-16.
8. Khamisabadi A, Parvanak K, Nasrabadi M. Effect of the Use Treated Wastewater on Microbial Contamination of Soils of Urban Landscapes. *J Environ Health Eng* 2019;7(1): 42-52 [In Persian].
9. Baneshi MM, Rezaei Kalantary R, Jonidi Jafari A, et al. The Effect of Phytoremediation and Bioaugmentation on the Removal of Phenanthrene and Pyrene from Contaminated Soil. *J Environ Health Eng* 2015;2(2): 154-65 [In Persian].
10. Wise SA, Sander LC, Schantz MM. Analytical methods for determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)—a historical perspective on the 16 US EPA priority pollutant PAHs. *Pol Aro Comp* 2015;35(2-4): 187-247.
11. Gilavand F, Ebrahimpour G, Karkhane M, Marzban A. Evaluation of Aliphatic and Aromatic Compounds Degradation by Indigenous Bacteria Isolated from Soil Contaminated with Petroleum. *J Environ Health Eng* 2015;3(1): 42-50 [In Persian].
12. Kakaie H, Jafari Nodoushan R, Kamalvandi M, et al. Identification and Classification of Risks and Potential Events by using Preliminary Hazard Analysis Method (PHA) in Kermanshah Oil Refinery. *J Environ Health Eng* 2015;3(1): 1-9 [In Persian].
13. Khazaei MR, Bayazidi M, Sharafati A. Climate change impact on annual precipitation and temperature

- of Zanzan province with uncertainties investigation. Iran. J Ecohy 2017;4(3): 847-60 [In Persian].
14. Hussain K, Hoque RR, Balachandran S, et al. Monitoring and risk analysis of PAHs in the environment. Handbook of Environmental Materials Management 2018: 1-35.
 15. Poster DL, Schantz MM, Sander LC, Wise SA. Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in environmental samples: a critical review of gas chromatographic (GC) methods. Anal bio chem 2006;386(4): 859-81.
 16. Goswami K, Das KN, Bhattacharyya D, et al. Effect of Crude Oil Spillage on Chemical Properties of Soils of Moran and Duliajan Oil Fields of Assam. Inte Agri, Envi Biot 2020;13(2): 253-60.
 17. Siemering GS, Thiboldeaux R. Background Concentration, Risk Assessment and Regulatory Threshold Development: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in Milwaukee, Wisconsin Surface Soils. Envir Poll 2020: 115772.
 18. Parizanganeh AH, Bijnavand V, Zamani AA, Hajabolfath A. Concentration, distribution and comparison of total and bioavailable heavy metals in top soils of Bonab District in Zanzan province. Soil Sci 2012;2(02): 123.
 19. Parizanganeh A, Hajisoltani P, Zamani A. Concentration, distribution and comparison of total and bioavailable metals in top soils and plants accumulation in Zanzan Zinc Industrial Town-Iran. Procedia Envir Sci 2010;2: 167-74.
 20. Safari Y, Delavar M-A. The influence of soil pollution by heavy metals on the land suitability for irrigated wheat farming in Zanzan region, northwest Iran. Arab. J. Geosci 2019;12(2): 21.
 21. Zamani A, Yaftian M, Parizanganeh A. Statistical evaluation of topsoil heavy metal pollution around a lead and zinc production plant in Zanzan province, Iran. CJES 2015;13(4): 349-61.
 22. Roudbari A, Nazari RR, Shariatifar N, et al. Concentration and health risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in commercial tea and coffee samples marketed in Iran. Environ. Sci. Pollut. Res 2020: 1-13.
 23. Liang Y, Ji M, Zhai H, Wang R. Removal of benzo [a] pyrene from soil in a novel permeable electroactive well system: Optimal integration of filtration, adsorption and bioelectrochemical degradation. Sep. Purif. Technol 2020;252: 117458.
 24. Yan DY, Lo IM. Removal effectiveness and mechanisms of naphthalene and heavy metals from artificially contaminated soil by iron chelate-activated persulfate. Environ. Pollut 2013;178: 15-22.
 25. Sommer T, Zapletal M, Trejbal J. Production of cyclic alcohols. Chem. Zvesti 2018;72(10): 2397-412.
 26. Alavi Bakhtiarvand S, Ahmadimoghadam M, Parseh I, et al. Assessment of Phytoremediation Efficiency on reducing oilhydrocarbons from clay-silt soil using *Aeluropus litaralis*. Iran J Health Envi 2014;7(1): 73-84.
 27. Abolhasani Mh, Pirestani N, Ahmadi P. Investigating the use of straw in removing oil pollution from water (Absorb gasoline by straw. J. Environ. Health Res 2019;5(3): 249-62.

Assessing of oil pollution in suburbs of Shahid Tondgoian Oil Storage in Zanjan Province (July 2020)

Jaber Aazami^{*1}, Owrang Babaei¹, Abbasali Zamani¹, Salar Yazdani²

*Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran
Zanjan Oil Products Distribution Company, Zanjan, Iran*

**E-mail: j.aazami@znu.ac.ir*

Received: 19 Nov 2020; Accepted: 6 Jan 2021

ABSTRACT

Background: Soils have a key role in establishment and growth of biota and also are as a natural resource, national capital and life substrate in any country. Therefore, every contamination can be transferred from soils to higher food levels with its negative impacts. Therefore, the purpose of the present study is to investigate oil pollution in soils caused by the establishment of Shahid Tondgoian Oil Storage in Zanjan province. The depot has three storage tanks with capacity of 47, 35 and 26 million liters of oil and gasoline and kerosene, respectively.

Methods: Soil samples were collected from a depth of 5-15 cm at 20 sites and the values of EC, pH and PAHs were measured. Then T-test was used to compare the results with standards and control sites.

Results: The mean of pH and EC results were 8.24 and 281 μ /cm, respectively. The results showed PAHs values were lower than the standard and there was no statistically significant difference between the study sites and the control one ($P > 0.05$). Also, the amount of benzo (a) pyrene compound, used as an indicator of total PAHs to study carcinogenic effects, was lower than standard in study area. Therefore, there is no health risk for the oil residents in collected samples from Shahid Tondgoian Oil Storage.

Conclusion: Currently, oil pollution is not observed in the soils around the study area and there is no health risk for the residents in the suburbs.

Keywords: Pollution, Zanjan, Oil, Soil.