نشر عمقی آلودگی هیدروکربنی در خاک محدودهٔ پالایشگاه سرخون

سهیلا ابراهیمی[1]، جلال شایگان[2]، محمدجعفر ملکوتی[3]

1- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و دانش‌آموخته دکتری دانشگاه تربیت مدرس، گرگان، میدان بسیج، پردیس دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی، گروه خاک‌شناسی

2- استاد گروه مهندسی شیمی دانشگاه شریف، تهران، دانشگاه صنعتی شریف، گروه مهندسی شیمی و نفت

3-استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی تربیت مدرس، تهران، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی

آدرس پست الکترونیکی مکاتبه کننده: sohebrahimi@gmail.com

چکیده

هدف این پژوهش، بررسی شمای نفوذ عمقی آلودگی هیدروکربنی در خاک اطراف پالایشگاه سرخون بود. بدین‌منظور حفر گمانه ها، نمونه‌برداری و سنجش آلودگی انجام شد. پهنه‌بندی نشر آلودگی با نرم‌افزارهای Surfer و ArcGIS و شبیه سازی با نرم‌افزار MATLAB صورت پذیرفت. نتایج نشان‌داد که بعلت بالابودن سخت‌کفه‌های غیرقابل نفوذ، نشر میعانات گازی از ناحیه محصور بالای سخت‌کفه است. بیشترین نفوذ تا عمق بی‌بعد 0/2 بود و با افزایش عمق، مقدار آلودگی به‌شدت کاهش یافت که موید استقرار بخش اعظم آلودگی در لایه‌های سطحی‌تر خاک بود. نتایج این پژوهش، ابزاری کارآمد در برنامه‌ریزی کاربردی پالایش و انتخاب مناسبترین نوع آن، به‌شمار می‌رود.

کلمات کلیدی: پالایشگاه، خاک، میعانات گازی، نفوذ عمقی، هیدروکربن

مقدمه

آلودگی نفتی پیامد اجتناب ناپذیر افزایش سریع جمعیت و صنعتی شدن روزافزون است که به‌دنبال آن آلودگی خاک توسط مواد هیدروکربنه نفتی به شکل وسیع در اطراف تاسیسات اکتشاف و پالایش و به شکل موضعی در مسیرهای انتقال این مواد قابل مشاهده است. بدیهیست هرقدر مواد نفتی به عمق بیشتری از خاک نفوذ کنند رفع آن آلودگی مشکل‌تر خواهد بود. کشور ایران، با توجه به دارا بودن 58/8 درصد از منابع نفتی جهان و تولیدات پتروشیمی حدود 30 میلیون تن درسال و دارا بودن مقام دوم ذخایر گازی جهان، وجود بیش از 25000 کیلومتر خطوط انتقال نفت و گاز، دارا بودن بیش از 1300 ایستگاه انتقال سوختگیری و 10000 تانکر حمل نفت و فراورده های نفتی، ر در معرض آلوده شدن شدید خاک به فراورده های نفتی قرار دارد. از اینرو، نیاز به روش‌های تشخیص آلودگی‌محیط زیرزمینی، شناسایی نحوه نشر، برنامه ریزی مدیریت پاکسازی کارا، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای رفع یا کاهش آلودگی خاک‌های آغشته به نفت ضروریست.

مواد و روشها

اراضی پالایشگاه گاز سرخون که در 50 کیلومتری شمال‌شرق بندرعباس واقع شده‌است، دارای تشکیلات مارن و ماسه سنگی و فاقد مخازن آب زیرزمینی می‌باشد. بررسی منابع نشر آلودگی نشان‌داد پالایشگاه گاز سرخون از 13 حلقه چاه، زیر نظر شرکت زاگرس جنوبی، تغذیه و ظرفیت آن 14 میلیون متر مکعب در روز می‌باشد. فاضلابهای مجتمع به دو مخزن ذخیره هدایت و از آنجا توسط پمپ و خط لوله مشترک به صورت ناپیوسته به چاله‌های سوزان هدایت می‌شوند. انتخاب محل‌های گمانه‌زنی تا رسیدن به سخت کفه‌های غیر قابل نفوذ انجام و پس از بررسی لایه‌بندی‌های موجود از لایه‌های مختلف نمونه‌گیری شد. نمونه برداری از خاک، در عمق های مورد نظر پس از حفر چاه، با لوله نمونه گیر پولیکا با قطر 15 سانتیمتر و ارتفاع 20 سانتیمتر، انجام شد که پس از برداشت از عمق مورد نظر، دو سر آن برای حفظ ویژگیهای تغییرپذیر خاک، مسدود و پس از برچسب گذاری به یخدان منتقل گردید و به آزمایشگاه انتقال یافت. سنجش آلودگی با روش استاندارد بر مبنای استخراج با حلال توسط جذب در مقابل اشعه IR با فرکانس $2940cm^{-1}$ بود که از دسته روشهای استاندارد به‌شمار می‌رود[1]. در اندازه‌گیری مقدارکل آلاینده هیدروکربنی[1] و نفتی[2]، میزان جذب نشان داده شده توسط دستگاه سنجش TOG/TPH، با محلولهای با غلظت مشخص که استانداردهای کالیبراسیون دستگاه از آن تهیه شد، گزارش گردید. تهیه محلولهای استاندارد بر این اساس، با غلظت مشخص (500 ، 400 ، 300 ، 200 ، 100 ، 0 میلی‌گرم در لیتر) از یک مخلوط کلروبنزن، هگزادکان و اکتادکان با ترکیب درصد مشخص مطابق استاندارد مربوطه، کالیبره شده سپس نتایج نمونه‌های اندازه‌گیری‌شده توسط دستگاه، با استفاده از نمودار کالیبراسیون به مقدار واقعی مربوط شدند. برای سنجش میزان آلودگی موجود، در این مرحله به 5 تا 15 گرم خاک، 2 تا 5 گرم سولفات سدیم به منظور آبگیری اضافه و استخراج با 100 سی‌سی حلال تترا کلرو اتیلن صورت گرفت. با گذشت زمان لازم و انتقال آلاینده از محیط خاک به محیط حلال، سرانجام مایعی شفاف به رنگ زرد یا سفید جمع‌آوری و به محفظه دستگاه انتقال و قرائت انجام شد. هر آزمون 3 بار تکرارگردید تا احتمال داده‌های مشکوک حذف گردد. مرحله بعدی، گذراندن مایع شفاف بدست آمده از پودر سیلیکاژل به منظور تمایز آلایندگی قطبی و غیر قطبی است. سیلیکاژل مواد قطبی مانند گریس و آب را جذب و تنها مواد هیدروکربنی غیر قطبی را از خود عبور می دهد. در اینصورت آنچه قبل از سیلیکاژل خوانده می‌شود TOG و آنچه بعد از سیلیکاژل خوانده می‌شود TPH می باشد. پس از برداشت نمونه ها و آنالیز آنها، پهنه‌بندی آلودگی محدوده موردنظر با تکنیک‌های زمین‌آماری صورت پذیرفت[2]. بدین منظور، داده های برداشت شده، با نرم‌افزارهای Surfer و Arc GIS آنالیز، نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه و مدل‌های مناسب با کم‌ترین خطا انتخاب گردیدند[3]. همزمان با مطالعات زمین آماری و استفاده از بهترین تخمین نشر آلایندگی، شبیه‌سازی نشر آلودگی هیدروکربنی با نرم افزار MATLAB انجام شد.

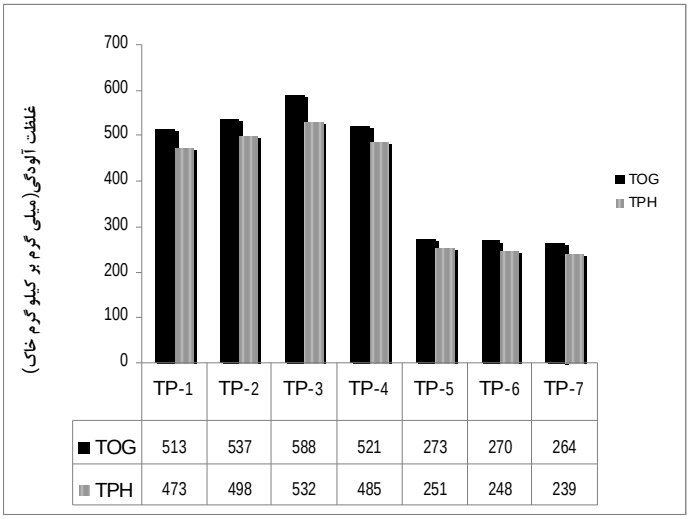
نتایج و بحث

بررسی خاک شناسی منطقه سرخون نشان داد خاک اکثر منطقه ماسه‌ای دانه‌ریز سیلت‌دار با تراکم‌پذیری متوسط تا زیاد است. مشاهدات کمّی و کیفی بافت خاک، تخلخل و وزن مخصوص ظاهری بالا، وجود اقلیم خشک و نیمه خشک و درصد رطوبت پایین و علاوه بر آن، بالا بودن نسبی عمق سخت‌کفه نفوذ ناپذیر (بین 80 سانتیمتر تا 2 متر) در اکثر مسیرهای مورد مطالعه نشان داد انتقال و نشر آلایندگی در ناحیه غیر اشباع بخش بالایی سخت‌کف انجام می‌شود. پس

[1] TPH (Total Petroleum Hydrocarbon)
[2] TOG (Total Oil and Grease)

از انتخاب محل‌های گمانه‌زنی و حفر چاه‌ها تا رسیدن به سخت‌کفه‌های غیر قابل نفوذ، برداشت نمونه‌ها انجام شد. پس از برداشت کمّی آلایندگی TOG و TPH در محدودهٔ اطراف پالایشگاه، مطالعات زمین‌آماری انجام شد. در آنالیز داده های بدست آمده پس از نرمال‌سازی به‌وسیله نرم‌افزار Arc GIS، یک مدل پارامتری بر واریوگرام تجربی داده‌ها برازش شد. بررسی پارامتریک مدلهای برازش شدهٔ واریوگرام، مدل گوسی برای هر دو نوع آلودگی را بهترین مدل نشان داد و پارامترهای آن با نرم‌افزار مشخص گردید. سپس بهترین میان‌یابی با کمترین خطا به‌وسیله نرم‌افزار تعیین شد. بهترین مدل برای تخمین میان‌یابی داده‌ها، روش کریجینگ برای داده‌های TOG و روش اسپلاین تنشی[3] برای داده‌هایTPH تعیین گردید. بررسی نقشه تراز آلودگی هیدروکربنی TOG وTPH، نشان داد قسمت عمده نشر آلودگی سطحی هیدروکربنی در شمال و مرکز محدوده اطراف پالایشگاه متمرکز بوده و تراکم خطوط تراز، نشانگر مقادیر بالای نشر هیدروکربن‌های آلی و میعانات گازی به خصوص در اطراف چاله‌های سوزان (منابع موجد آلودگی) می‌باشند. همین امر وجود چاله‌های سوزان را به عنوان منابع اصلی احتمالی آلودگی تایید کرد.

در قسمت شرقی در هر دو نقشهٔ نشر آلودگی، مقدار آلودگی TPH و TOG به صورت ناگهانی افزایش یافته بود که علت آن به شکستگی چندین سال قبل لوله شماره 8، نسبت داده شد به منظور بررسی دقیق تر چگونگی نشر و بروز آلودگی، گمانه‌های TP-1 تا TP-7 در این محل تعبیه و نمونه برداری و سنجش مقادیر تغییرات TPH و TOG بر اساس میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، انجام شد.



	TP-1	TP-2	TP-3	TP-4	TP-5	TP-6	TP-7
TOG	513	537	588	521	273	270	264
TPH	473	498	532	485	251	248	239

شکل 1- مقادیر TOG و TPH در محل گمانه های پیرامون محل شکستگی لوله شماره 8

همانطور که در شکل 1 مشاهده می‌شود، بیشترین مقدار آلودگی هیدروکربنی در گمانه شماره سوم (کنار لوله شکسته شده) برداشت‌شد. از سویی در محل‌های مجاور یعنی گمانه‌های شماره 1، 2 و 4 نیز مقدار آلودگی همگون بود، لیکن در مسیر منتهی به رودخانه شور (گمانه‌های 5، 6 و 7) مقدار آلودگی نشر شده روندی کاهشی نشان داد. در تعیین نشر آلودگی در اطراف لوله شکسته شده، با توجه به اینکه وجود آلودگی و نشر آن در مناطق شمالی و غربی محل شکستگی لوله بسیار کمتر و عمده نشر و گسترش آن به سمت رودخانه شور بود، از سوی دیگر بدلیل حذف و توقف این منبع موجد آلودگی، بعلت گذشتن مدت زمان نسبتا طولانی از زمان وقوع شکستگی لوله و به دلیل اینکه مقدار آلودگی برداشت‌شده در محل گمانه‌های این ناحیه بسیار کمتر از مقدار آلودگی در نواحی شمالی پالایشگاه و در مجاورت چاله

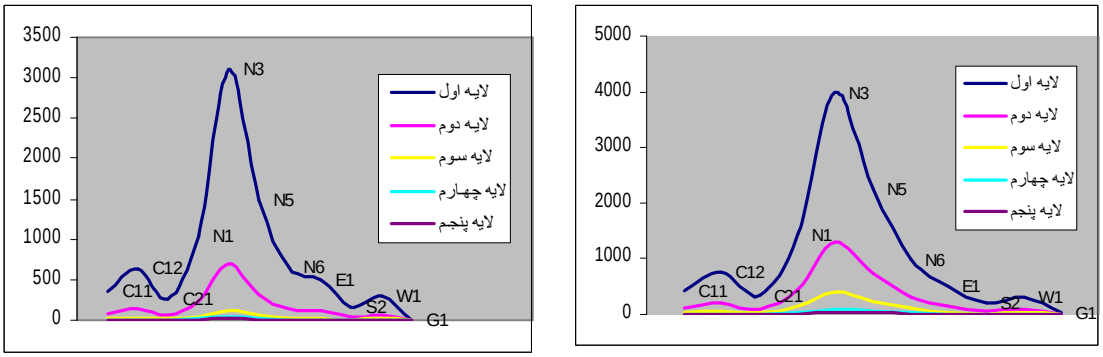
[3] Spline with Tension

های سوزان بود، لذا در بررسی کمی نشر آلودگی و مدلسازی آن فقط چاله های سوزان و مخزن تبخیر به عنوان منبع اصلی آلودگی لحاظ شدند.

مرحله بعدی، تهیه برش عرضی از نفوذ عمقی یا نشر عمودی آلودگی TOG و TPH با کمک اطلاعات برداشت شده از لایه‌های مختلف و تهیه نقشه‌های زمین آماری برای کل منطقه بود. در شکل 2 مقدار غلظت آلاینده، در اعماق بدون بعد متفاوت خاک نشان داده شده‌اند. علت انتخاب اعماق بدون‌بعد علاوه بر ارتفاع متغیر و متنوع لایه‌های خاک در مناطق مختلف، عمق متغیر سخت کفه غیر قابل نفوذ هم بود. لیکن برای نشان دادن تصویری درست از عمق برداشتی، لایه‌های مختلف خاک به صورت بی‌بعد نمایانده شده‌اند. عمق بدون بعد به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$z = \frac{h_i}{h_{\max}} \qquad [1]$$

که z عمق بی بعد و h_i عمق لایه مورد نظر و h_{max} عمق تا سخت کفه غیر قابل نفوذ است. در شکل زیر لایه اول تا پنجم نمایانگر اعماق بی‌بعد 0/2، 0/4، 0/6، 0/8 و 1 (از سطح خاک تا سخت کفه) می‌باشد.



شکل 2- پروفیل نشر عمودی الودگی در محل برخی از گمانه ها در اعماق بی‌بعد برای آلودگی TOG (راست) و TPH (چپ)

در شکل2، پروفیل نفوذ عمقی آلودگی TOG و TPH در محل برخی از گمانه های مذکور نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، بیشترین نشر آلودگی‌های مذکور تا عمق بی‌بعد 0/2 نفوذ یافته‌اند و با افزایش فاصله از سطح خاک به سمت سخت کفه غیر قابل نفوذ، با افزایش عمق برداشت آلودگی مقدار آن به شدت کاهش می‌یابد و به عبارت دیگر بخش اعظم آلودگی در لایه‌های سطحی خاک موجودند. این نمودار راهنمای مناسبی در مدیریت نشر آلودگی و تعیین بهترین روش پالایش، به‌شمار می‌رود. نتایج این تحقیق می‌تواند در تخمین نشر آلودگی در هر نقطه از منطقه مورد مطالعه در هر لحظه از زمان، برنامه‌ریزی کاربری پالایش و انتخاب مناسبترین روش آن استفاده شود.

منابع

[1] U.S. Environmental Protection Agency, 1992. Evaluation of ground water extraction remedies: Phase II, Volume1 Summary Report, EPA OERR 9355.4-05, Washington, DC, U.S.A
[2] Bivand RS, Pebesma, EJ and Gomez-Rubio V, 2008. Applied Spatial Data Analysis with R, Springer, New York
[3] Diggle PJ and Ribeiro JP. J, 2007. Model-based Geostatistics, Springer, New York