نشریهٔ محیط زیست طبیعی، مجلهٔ منابع طبیعی ایران، دورهٔ ۶۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۲
صفحات ۴۴۳- ۴۳۵

ارزیابی ریسک ورود فلزات سنگین موجود در لجن‌های اسیدی کارخانجات بازیافت روغن موتور به آب زیرزمینی و ارائهٔ پوشش مناسب (مطالعهٔ موردی: محل دفن شهرک صنعتی فجر گرمسار)

فرزانه محمودیان[۱]، امیرحسین حمیدیان[۲*]، نعمت‌الله خراسانی[۳]، پوریا حق‌پناه[۴]
۱.کارشناس ارشد مهندسی محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران
۲. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران
۳. استاد گروه محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران
۴.کارشناس ارشد محیط‌زیست، سازمان حفاظت از محیط‌زیست، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۱۷- تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۱/۲۸)

چکیده

در این تحقیق، ریسک ورود شیرابهٔ حاوی فلزات سنگین ناشی از لجن اسیدی به آب زیرزمینی در محل دفن شهرک صنعتی فجر گرمسار با نرم‌افزار IWEM ارزیابی شده است. لجن اسیدی، پسماند صنعتی ویژهٔ خطرناکی است که در نتیجهٔ بازیافت روغن کارکرده به روش اسیدی تولید می‌شود. ابتدا مقدار فلزات سنگین (Cd, Ni, Co, pb, Zn, Mn, Cu) در نمونه‌های ترکیبی لجن اسیدی با استفاده از روش دستگاه جذب اتمی تعیین شد. سپس، با استفاده از نرم‌افزار IWEM و با آنالیز احتمالات مونت کارلو و شبیه‌سازی شرایط گوناگون محل مورد مطالعه، ریسک ورود فلزات سنگین از طریق شیرابه به آب زیرزمینی ارزیابی شد. درنهایت، نرم‌افزار پس از مدل‌سازی مناسب‌ترین پوشش را برای حفاظت از آب زیرزمینی در محل دفن پیشنهاد کرد؛ گزینهٔ بدون پوشش. بالابودن عمق آب زیرزمینی، عمق کم لجن در محل دفن، خصوصیات اقلیمی خشک و کم‌بارش منطقه و نوع خاک دانه‌متوسط تا دانه‌ریز سبب شده خطر آلودگی آب‌های زیرزمینی در محل دفن لجن اسیدی در گرمسار کاهش یابد.

واژگان کلیدی

آب زیرزمینی، ارزیابی ریسک، بازیافت روغن سوخته، پوشش، فلزات سنگین، لجن اسیدی، IWEM.

* نویسنده مسئول تلفن: ۰۹۱۰۹۷۷۴۲۴۵
Email: a.hamidian@ut.ac .ir

۱. مقدمه

روغن حرارت موتور را تنظیم و از اکسیدشدن فلز ممانعت می‌کند و بعد از مدتی که فلزات سنگین دوده (انواع هیدروکربن) و... را به خود جذب کرد روغن سوخته محسوب می‌شود و باید تخلیه شود. تصفیهٔ اول روغن تولید روغن اولیه و تصفیهٔ دوم روغن همان بازیافت روغن سوخته است. در ایران، حدود ۱۸۰ کارگاه صنعتی پالایشگاهی تصفیهٔ دوم روغن وجود دارد. روغن‌های سوخته از مراکزی هم‌چون تعویض روغن‌ها و مکانیکی‌ها خریداری و جمع‌آوری شده، در کارخانه ذخیره می‌شوند و طی مراحلی تصفیه می‌شوند. تصفیهٔ دوم روغن در دنیا به روش‌های گوناگونی صورت می‌گیرد، مانند روش اسیدی (استفاده از اسید سولفوریک)، غیراسیدی (قلیایی- خاک بنتونیت یا رنگ‌بر)، سانتریفوژ، هیدروژناسیون و ... ؛که در این بین روش شست‌وشو با اسید، به‌دلیل تولید لجن اسیدی که زیان‌های زیست‌محیطی آن به‌مراتب بیشتر از خود روغن مستعمل است، در کشورهای اروپایی و آمریکایی منسوخ شده است (Dos Reis & Jeronimo, 1988).

در جریان پالایش مجدد روغن سوخته به‌منظور استفادهٔ مجدد آن به روش استفاده از اسید سولفوریک، این روغن‌ها به‌کمک اسید از کلیهٔ ناخالصی‌ها پاک و سپس آبگیری می‌شوند. در این روش از اسید سولفوریک ۹۸-۹۹ درصد استفاده می‌شود و می‌توان گفت ۱۰۰درصد هیدروکربن‌های باقیمانده شکسته می‌شوند و روغن حاصل بالاترین درجهٔ خلوص را دارد، اما این عمل به تولید پسماندی به نام لجن اسیدی منجر می‌شود که حاوی مقادیر زیادی از رزین‌های سمی و آلوده به قطران و بسیار بدبو و دارای مقدار بالای فلزات سنگین است که با مشکل دفع همراه‌اند (Pendashte & *et al.*, 2007) . سوزاندن این لجن بسیار مشکل و همچنین مخلوط‌کردن آن با سایر سوخت‌ها غیرممکن است (Whisman *et al.*, 1978). بنابراین، لجن اسیدی به مدیریت خاصی نیاز دارد و در غیر این‌صورت احتمال آسیب‌های زیست‌محیطی برگشت‌ناپذیری وجود خواهد داشت (Pendashte & *et al.*, 2007). بااین‌حال، این روش هنوز در ایران یگانه روش مورد استفاده است که دلیل احتمالی آن، سادگی در عملیات و سرمایه‌گذاری به‌نسبت کم از نظر اقتصادی و عملی‌بودن است (Eskandari, 2007; Vakilinejad & *et al.*, 2005).

گرچه استفاده از روش اسیدی برای تصفیهٔ دوم روغن در آمریکا و اروپا ممنوع شده، روش‌های گوناگونی برای تصفیهٔ لجن‌های اسیدی حاصل از تصفیه‌خانه‌ها به‌کار گرفته شده است. این روش‌ها روش‌های ساده‌ای هم‌چون افزودن آهک تا روش‌هایی هم‌چون استفاده از باکتری‌های موجود در محیط‌های اسیدی (Johnson, Rolfe *et al.*, 2001; Küsel, Roth *et al.*, 2002; Hao, Zhang *et al.*,2007; Rowe, Sánchez-España *et al.*, 2007) به‌مثابهٔ تصفیهٔ زیستی (Prasad, Mayilraj *et al.*, 2005; Sood & Lal 2008; Sood, Patle *et al.*, 2010) برای حذف فلزات و روغن‌های لجن، راکتورهای زیستی غشایی (Brindle & Stephenson 1996; Fan & Huang 2002; Llop, Pocurull et al., 2009) برای حذف مواد نفتی از لجن و استفاده از خاکسترهای آتشفشانی گوناگون (Theis & Wirth 1977; Talbot, Anderson *et al.*, 1978; Viraraghavan & Rao 1991; Jackson, Miller *et al.*, 1999; Gupta 2000; Hequet, Ricou *et al.*, 2001; Lin and Chang 2001; Ricou, Lecuyer *et al.*, 2001; Bayat 2002; Lin & Chang 2002; Polat, Guler Polat, Lederman *et al.*, 2002 b; ;*et al.*, 2002 a Polat, Guler *et al.*, 2007) برای خنثی‌سازی و حذف فلزات سمی را شامل می‌شود. در روش استفاده از خاکستر آتشفشانی با کمک خاکستر لجنی، که دارای اسیدیتهٔ بالا (pH= -1.2) و فلزات سنگین است، فلزات سنگین آن با خاکستر آتشفشانی پایدار و خنثی می‌شود (Polat and *et al.*, 2006). در روش استفاده از خاک رس و آهک ، با افزودن آنها همراه آب به لجن برای کنترل گرمای واکنش، pH نهایی محصول به ۶ می‌رسد که برای دفن مناسب است (Pendashte & *et al.*, 2007). روش‌های دیگری نیز برای تصفیهٔ لجن‌های اسیدی وجود دارد (Whisman, Reynolds *et al.*, 1978; Polat, Guler *et al.*, 2002 a; Sood, Patle *et al.*, 2010; Vilve, Vilhunen *et al.*, 2010).

Haghpanah (2007) پسماندهای حاصل از واحد تصفیهٔ دوم روغن در شهر سوادکوه از توابع قائمشهر شامل لجن اسیدی، لجن اسیدی خنثی‌شده با آهک و

لجن اسیدی خنثی‌شده با کربنات کلسیم را ارزیابی ریسک و اثر فلزات سنگین موجود در شیرابهٔ آنها بر آب زیرزمینی را بررسی کرده است. در این تحقیق از IWEM برای مدل‌سازی و ارزیابی اثر این پسماندها بر آب زیرزمینی استفاده شد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که با توجه به پارامترهای هیدرولوژیکی و هیدروژئولوژیکی منطقهٔ محل دفن این لجن‌های اسیدی و همچنین عنایت به نتایج آزمایش‌ها بر هریک از پسماندها، پوشش پیشنهادی مدل ژئوسنتتیک است. (Haghpanah, 2007)

در این تحقیق به بررسی مقدار فلزات سنگین لجن اسیدی پرداخته شده، سپس با کمک نرم‌افزار IWEM[1] به ارزیابی ریسک این پسماند خطرناک و اثر آن بر آب‌های زیرزمینی پرداخته شده و همچنین دفن بهداشتی آن بررسی شده است.

۲. مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه محل دفن شهرک صنعتی فجر در شهرستان گرمسار است. برای مدل‌سازی از طریق نرم‌افزار، برای ارزیابی ریسک اثرهای ناشی از فلزات سنگین در شیرابه، ابتدا می‌بایست داده‌های ورودی نرم‌افزار برای مدل‌سازی گردآوری شود. روند کار به‌طور خلاصه به این صورت بوده است: نمونه‌برداری از لجن اسیدی در مخازن ذخیره‌ای کارخانجات، اندازه‌گیری فلزات سنگین در لجن، جمع‌آوری سایر داده‌های مربوط به مشخصات هیدرولوژی، اقلیم، خاک منطقه و سپس مدل‌سازی با نرم‌افزار.

۱.۲. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

این تحقیق در شهرک صنعتی فجر شهرستان گرمسار انجام شده است. گرمسار از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین مدار ۳۴ درجه و ۲۸ دقیقه و ۳۰ دقیقهٔ عرض شمالی و بین ۵۱ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۵۲ درجه و ۵۵ دقیقهٔ طول شرقی قرار دارد. شهرک صنعتی فجر گرمسار با مساحت حدود ۳۰۰ هکتار در کیلومتر ۱۰ محور گرمسار به‌سمت تهران واقع شده است. مقدار زمین‌های صنعتی شهرک ۲۱۰ هکتار است که ۲۹۳ واحد استقراریافته و ۶۰ واحد فعال دارد. ۲۸ واحد تصفیهٔ دوم روغن در این شهرک مستقرند که تقریباً تمام آنها با روش اسیدی روغن سوخته را بازیافت و لجن حاصل را در محل دفن شهرک بدون رعایت موارد بهداشتی دفن می‌کنند. محل دفن شهرک در حدود ۲۰ کیلومتری شهرک و در قسمت میانی به‌سمت انتهای دشت گرمسار قرار دارد.

۲.۲. منطقهٔ مدل IWEM

نرم‌افزار IWEM نحوهٔ عملکرد چهار نوع تأسیسات دفن، که یکی از آنها لندفیل است، را با توجه به سه سناریوی گوناگون لاینینگ (بدون پوشش، پوشش رسی، پوشش ژئوسنتتیتک) آنالیز و تحلیل می‌کند. هدف از هریک از روش‌های ارزیابی طبقهٔ اول و طبقهٔ دوم تعیین حداقل پوشش مورد نیاز است که توانایی حفاظت از آب‌های زیرزمینی در مقابل عناصر تشکیل‌دهندهٔ مواد زاید را داشته باشند.

ابتدایی‌ترین روش کنترل انتشار آلاینده‌های ناشی از مواد زاید به زیرزمین نصب یک لایهٔ پوشش با قابلیت نفوذپذیری کم در زیر تأسیسات دفن است. به‌طورکلی، پوشش شامل یک لایه رس یا مواد دیگری است که دارای قابلیت هدایت هیدرولیکی کمی‌اند. این پوشش، به‌منظور جلوگیری از انتشار و سپس انتقال جریان مایع ناشی از تأسیسات دفن به محلی که برای آن در نظر گرفته شده، طراحی و اجرا می‌شود. به‌هرحال، نوع پوشش مناسب برای تأسیسات دفن هر منطقه به خصوصیات منطقه و پارامترهای مربوط به آن مانند اقلیم و هیدرولوژی منطقه وابستگی زیادی دارد. به‌علاوه، مقدار مایعی که از تأسیسات دفن به سطح زیرزمین انتقال می‌یابد در تخمین انتشار آلاینده‌ها به آب زیرزمینی عامل مهمی است. بنابراین، یکی از مهم‌ترین اهداف مدل‌سازی با توجه به سطوح حفاظتی طبقهٔ ۱ و ۲ ارزیابی مقدار تناسب پوشش پیشنهادی برای هر مکان با خصوصیات مکانی خاص آن منطقه و شامل پارامترهای محلی متفاوت (مانند مقدار نزولات جوی، تبخیر، خصوصیات هیدرولوژیکی و خصوصیات خاک و محیط آبی زیر تأسیسات) است.

IWEM غلظت شیرابهٔ مورد انتظار برای هریک از عناصر تشکیل‌دهندهٔ مواد زاید را که از سوی کاربر

1. Industrial Waste Management Evaluation Model

تعیین می‌شود با حد آستانهٔ غلظت شیرابه (LCTV)[1] یا غلظت تماس محاسبه‌شده براساس مدل سرنوشت و نحوهٔ انتقال مواد در آب‌های زیرزمینی درمورد هر سه نوع پوشش استاندارد موجود را با مقادیر ارائه‌شده در استانداردها یا مقادیر ارائه‌شده به‌مثابهٔ غلظت پایه در آب زیرزمینی برای سلامتی (RGCs)[2] مقایسه می‌کند. این نرم‌افزار نتایج مربوط به هریک از مواد موجود در شیرابه را بررسی و ارزیابی و سپس حداقل پوشش مورد نیاز برای حفاظت آب‌های زیرزمینی از اثرهای نامطلوب این عناصر تشکیل‌دهنده را پیشنهاد می‌کند.

روش محاسبهٔ LCTV به‌صورت زیر است (فرمول ۱) :

$$LCTV = DAF \times RGC$$

که در آن:

LCTV : حد آستانهٔ غلظت شیرابه

DAF[3] : فاکتور ترقیق

RGC : غلظت مرجع در آب زیرزمینی

در رابطهٔ بالا، DAF نشان‌دهندهٔ کاهش در غلظت مواد از نقطهٔ انتشار در زیر تأسیسات دفن و محل چاهک مشاهده‌ای در پایین‌دست محل دفن است. IWEM، برای تعیین غلظت در نقطه‌هایی که DAF ها تعیین می‌شوند، از مدل دیگری به نام EPACMTP[4] در حالت آنالیز احتمالات (Monte Carlo) برای تولید تابع توزیع احتمال غلظت در چاهک مشاهده‌ای استفاده می‌کند. این تابع توزیع احتمالی منعکس‌کنندهٔ تغییرات پارامترهای گوناگون است، مقدار ۹۰امین درصد غلظت تماس با محاسبات مدل EPACMTP در حالت مونت کارلو و برای ده هزار بار تکرار مربوط به مقادیر گوناگون و شرایط گوناگون تولید می‌شود. پس از محاسبهٔ این مقدار برای هریک از ده هزار تکرار، این غلظت‌ها به‌ترتیب از مقدار کم به زیاد مرتب می‌شوند، سپس مقدار ۹۰امین درصد این تابع توزیع غلظت تماس در نظر گرفته می‌شود. از آنالیز احتمالات مونت کارلو به‌طور گسترده‌ای در ارزیابی ریسک استفاده شده است و به مدیر ریسک این امکان را می‌دهد تا براساس سطح آماری از حفاظت تصمیم‌گیری کند و پارامترها و فرایندهای گوناگون و نامشخص را درنظر بگیرد.

۳.۲. تعیین ایستگاه نمونه‌برداری لجن اسیدی

در این شهرک صنعتی ۲۸ واحد تصفیهٔ دوم روغن وجود دارد. به‌علت تشابه فراوان در روش و مواد به‌کاررفته در این کارخانه‌ها برای تصفیهٔ دوم روغن‌های کارکرده، چهار ایستگاه نمونه‌برداری به‌طور تصادفی تعیین شدند. در هر کدام از ایستگاه‌های نمونه‌برداری (کارخانه‌های تصفیهٔ دوم روغن) از مخزن ذخیرهٔ لجن اسیدی طی دو فصل خشک و تر ۱۲ نمونهٔ ترکیبی تهیه شد.

۴.۲. آزمایش‌ها (نحوهٔ آماده‌سازی نمونه‌های لجن اسیدی برای تعیین فلزات سنگین)

نحوهٔ آماده‌سازی نمونه‌ها شامل مراحل زیر است: اندازه‌گیری وزن تر، وزن خشک، وزن خاکستر، وزن محلول نمونهٔ آماده‌شده برای دستگاه جذب اتمی. سپس مقدار فلزات سنگین در نمونه‌های آماده‌شده برای هفت فلز سنگین با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. دستگاه جذب اتمی ذکرشده مدل SHIMADZU AA-670 است و تمام آزمایش‌ها در آزمایشگاه دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تهران انجام شد. سپس مقدار فلزات سنگین در ۱ گرم وزن تر تعیین شد که به‌مثابهٔ یکی از مهم‌ترین داده‌های ورودی برای مدل‌سازی وارد IWEM شد.

۵.۲ . طرح سه سناریو

سناریوی ۱. عمق لجن ۱ متر، سناریوی۲. عمق لجن ۳ متر و سناریوی ۳. عمق لجن ۵ متر.

۶.۲. آماده‌سازی پارامترهای ورودی مدل

پارامترهای ورودی نرم‌افزار IWEM برای مدل‌سازی طبق جدول زیر است (جدول ۱):

1. Leachate Concentration Threshold Value
2. Reference Groundwater Concentration
3. Dilution and Attenuation Factor
4. Environmental Protected Agency's Composite Model for leachate migration with Transportation Products

جدول ۱. مشخصات محل دفن و شرایط هیدروژئولوژیکی

مشخصات محل دفن		
پارامتر	مقدار	واحد
ارتفاع لجن در کف لندفیل سناریوی ۱	۱	متر
ارتفاع لجن در کف لندفیل سناریوی ۲	۳	متر
ارتفاع لجن در کف لندفیل سناریوی ۳	۵	متر
فاصله تا اولین چاهک (آب سطحی)	۱۰۰۰	متر
مساحت محل دفن	۵۰۰۰	مترمربع
عمق محل دفن	۷	منر
پارامترهای هیدروژئولوژیکی محل دفن		
pH آب	۷	-
عمق آب زیرزمینی	۴۵	متر
قابلیت هدایت هیدرولیکی	۶	متر/سال
گرادیان هیدرولیکی منطقه	۰/۵	-
ضخامت لایهٔ آبخوان	۹۰	متر

پارامترهای ذکرشده در جدول بالا، با استفاده از مطالعات خاکشناسی و هیدرولوژی صورت گرفته از منطقه و اطلاعات موجود در بانک اطلاعاتی مراکز و سازمان‌های مربوطه، از طریق گزارش‌های ارزیابی تهیه شده است.

از سایر پارامترها می‌توان به جنس خاک، که سیلتی- رسی است، و شرایط اقلیمی، که از طریق بانک اطلاعاتی IWEM استفاده شد، اشاره کرد.

۳. نتایج

غلظت فلزات سنگین موجود در لجن اسیدی که برای مدل‌سازی وارد نرم‌افزار IWEM شد به‌صورت زیر (جدول ۲) بود:

جدول ۲. مقدار غلظت فلزات سنگین موجود در لجن اسیدی

نام فلز	غلظت (میلی‌گرم بر لیتر)
Cd	۱/۷۲۳
Ni	۱۱/۳۷
Co	۰/۶۵
Pb	۷۲/۹۹
Zn	۱۰۰۰
Mn	۷۸/۴۲
Cu	۶۷/۶۵

غلظت فلزات سنگین موجود در لجن اسیدی طی دو نمونه‌برداری از لجن در فصل خشک و فصل تر و هر بار طی ۱۲ تکرار تعیین شده است.

نتیجهٔ مدل‌سازی نرم‌افزار برای هر سه سناریوی ۱ متر، ۳ متر و ۵ متر عمق لجن اسیدی در محل دفن شهرک صنعتی فجر پیشنهاد No Linear بوده که در جدول ۳ نشان داده شده است:

جدول ۳. نتایج مدل‌سازی اثر فلزات سنگین موجود در شیرابه بر آب زیرزمینی

Constituent name	Leachate con. (mg/l)	DAF (mg/l)	LCTV (mg/l)	Selected RGC	RGC (mg/l)	90%the Exp. Concentration (mg/l)	Protective?
Lead	۷۲/۹۹	۳/۸۰ E +۱۰	۵ (A)	MCL	۰/۰۱۵	۱/۹۴ E -۰۹	Yes
Manganese	۷۸/۴۲	۴/۳۰ E +۱۰	۱۰۰۰ (B)	HBN-Ingestion noncancer	۱/۲	۱/۸۴ E -۰۹	Yes
Nickel	۱۱/۳۷	۳/۷۰ E +۰۹	۱۰۰۰ (B)	HBN-Ingestion noncancer	۰/۴۹	۳/۰۹ E -۰۹	Yes
Cadmium	۱/۷۲۳	۲/۹۰ E +۰۸	۱ (A)	MCL	۰/۰۰۵	۵/۹۷ E -۰۹	Yes
Cadmium	۱/۷۲۳	۲/۹۰ E +۰۸	۱ (A)	HBN-Ingestion noncancer	۰/۰۱۲	۵/۹۷ E -۰۹	Yes
Cobalt	۰/۶۵	۹/۴۰ E +۰۷	۱۰۰۰ (B)	HBN-Ingestion noncancer	۰/۴۹	۶/۹۳ E -۰۹	Yes
Copper	۶۷/۶۵	۳/۶۰ E +۱۰	۱۰۰۰ (B)	MCL	۱/۳	۱/۹۰ E -۰۹	Yes
Zinc	۱۰۰۰	۱/۰۰ E +۳۰	۱۰۰۰	HBN-Ingestion noncancer	۰	۰	Yes

CAPS & WARNINGS
A - The LCTV is capped by the Toxicity Characteristic Rule Exit Level (TC LEVEL) of the constituent.
B - The LCTV is capped by 1000 mg/L (EPA Policy).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از نرم‌افزار IWEM براساس ارزیابی درجهٔ ۲ (Tier2) که پارامترهای محل دفن زباله‌های صنعتی شهرک صنعتی فجر را مورد توجه قرار داد و سپس براساس مدل EPACMTP تحلیل صورت گرفت، گزینهٔ No Linear برای هر سه سناریو پیشنهاد شد.

شورای تنظیم مقررات و فناوری بین ایالتی (ITRC)[1] کتاب راهنمایی با عنوان برنامهٔ حفاظت و ایمنی مراکز دفن زباله پس از بسته‌شدن آنها تهیه کرد. در این راهنما تلاش شده برای کنترل شیرابه‌ها و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و کنترل گازها در لندفیل راهکارهایی ارائه شود تا تهدیدهای مراکز دفن زباله را پس از بسته‌شدن به‌حداقل برساند. یکی از بخش‌های این کتاب راهنما به بحث کنترل شیرابه‌ها اشاره دارد که به ایجاد پوشش در زیر محل دفن زباله باز می‌گردد (ITRC, 2006).

پژوهشی که Ancuta و Paulica (2008) دربارهٔ آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از مراکز ذخیره و جمع‌آوری پسماندها انجام دادند نشان داد که ریسک آلودگی آب زیرزمینی، در بین ریسک‌های ژئولوژیکی، پرخطرترین است. در این تحقیق بیان شد که پارامترهای محدودهٔ موردنظر مانند جنس خاک، عمق آب زیرزمینی، غلظت عناصر در شیرابه و نزولات جوی نقش مهمی در ریسک‌پذیری آلودگی آب زیرزمینی دارند.

بر مبنای پژوهشی که EPA (2002a) در ایالت کالیفرنیای شمالی انجام داد، پوشش ژئوسنتتیک گزینهٔ برتر برای لندفیل مورد مطالعه با IWEM پیشنهاد شد. این تحقیق در منطقه‌ای با آب و هوای مرطوب، عمق لندفیل ۶.۵ متر و خاک سیلتی- لومی برای بررسی مقدار خطر آلودگی آب زیرزمینی نسبت به ترکیبات آلی Acrylonitrile و Acrylamide و Acrylic acid (propionic acid) صورت پذیرفت. برای Acrylonitrile و Acrylamide گزینهٔ پیشنهادی پوشش ژئوسنتتیک (Composite Linear) و برای Acrylic acid گزینهٔ بدون پوشش (No Linear) پیشنهاد شد. همان‌طورکه از نتایج برمی‌آید، با توجه به بالابودن مقدار بارندگی در این منطقه و غلظت بالای ترکیبات آلی Acrylonitrile و Acrylamide، بهترین گزینه برای حفاظت از آب‌های زیرزمینی گزینهٔ پوشش ژئوسنتتیک است.

1. the Interstate Technology & Regulatory Council

طبق پژوهش Haghpanah (2009)، پسماندهای حاصل از واحد تصفیهٔ دوم روغن در شهر سوادکوه از توابع قائمشهر شامل لجن اسیدی، لجن اسیدی خنثی‌شده با آهک و لجن اسیدی خنثی‌شده با کربنات کلسیم در ارزیابی ریسک و بررسی اثر آنها بر آب زیرزمینی بررسی شدند. در این تحقیق از IWEM برای مدل‌سازی و ارزیابی اثر این پسماندها بر آب زیرزمینی استفاده شد. نتایج حاصل از مدل‌سازی نشان داد که با توجه به پارامترهای هیدرولوژیکی و خاکشناسی منطقهٔ محل دفن این لجن‌های اسیدی و همچنین عنایت به نتایج آزمایش‌ها بر هریک از پسماندها، پوشش پیشنهادی مدل ژئوسنتتیک بود. این تحقیق نشان داد که در مناطقی مانند سوادکوه، که سطح آب زیرزمینی بسیار بالا و نزولات جوی نیز بالاست، خاک دارای نفوذپذیری بالایی است؛ بنابراین، احتمال خطر ناشی از نفوذ شیرابه به آب زیرزمینی افزایش می‌یابد و درزمینهٔ فعالیت‌هایی که پسماندهای خطرناک به‌دنبال دارند اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی سخت‌گیرانه‌تر نیاز است و باید به دفع این مواد و مدیریت آنها توجه ویژه شود.

بنابراین، در منطقهٔ مورد مطالعه در شهرک صنعتی فجر در گرمسار، این مسئله را می‌توان به این صورت مطرح کرد که به دلایل توجیه‌پذیر زیر No Linear گزینهٔ مناسبی است و به صرف هزینه‌های بالا برای جلوگیری از نشت شیرابه به آب‌های زیرزمینی نیاز نیست:

۱. به‌دلیل پایین‌بودن سطح آب زیرزمینی یا به‌عبارتی بالابودن عمق دسترسی به آب زیرزمینی، غلظت شیرابه‌ای که به آب زیرزمینی راه می‌یابد بسیار کم است؛

۲. خاک منطقهٔ سیلتی- رسی یا به‌عبارتی دانه‌متوسط متمایل به دانه‌ریز است و در بخش‌هایی دارای رس فراوان است. این مسئله نیز در انتقال شیرابه به آب زیرزمینی مؤثر است و سبب کاهش غلظت شیرابه در اعماق مس‌شود و خود در مقابل آب زیرزمینی هم‌چون فیلتر و عایق عمل می‌کند؛

۳. پایین‌بودن مقدار نزولات جوی در منطقه یکی از عواملی است که سبب می‌شود غلظت شیرابه و قابلیت هدایت هیدرولیکی آن افزایش نیابد و

۴. از عوامل دیگر می‌توان به عمق پایین لجن در محل‌های دفن اشاره کرد. ازآنجاکه مساحت وسیعی را به مکان دفن زباله‌های صنعتی و به‌ویژه لجن اسیدی در این منطقه اختصاص داده‌اند، عمق دفن لجن بالا نیست و حتی در مراحل ارزیابی، درسناریوی سوم یعنی ۵ متر، این مقدار خیلی بیشتر از حد معمول در نظر گرفته شد که باز هم گزینهٔ No Linear پیشنهاد شد.

با اینکه در این منطقه به ایجاد لاینر برای حفاظت از آب زیرزمینی نیاز نیست، همچنان خطر آلودگی خاک منطقه به شیرابهٔ حاصل از ترکیبات این لجن وجود دارد.

پیشنهادهایی که براساس تحقیق حاضر می‌توان مطرح کرد به شرح زیر است:

۱. تشویق سرمایه‌گذاران به ایجاد کارخانه‌هایی که لجن اسیدی را در تولید آسفالت و موارد مشابه در جاده‌سازی استفاده می‌کنند یا ایجاد امکانات برای بازیافت این مواد؛

۲. با توجه به دلایل ذکرشده، خطر آلودگی آب زیرزمینی در منطقه بسیار کم است، ولی همچنان احتمال آلودگی خاک در منطقه وجود دارد و شیرابهٔ حاوی فلزات سنگین در این لجن آلودگی خاک و مشکلات فراوانی برای گیاهان و موجودات خاکزی به‌همراه دارد که این امر به اهمیت دفن بهداشتی و کنترل این شیرابهٔ خطرناک تأکید می‌کند و

۳. براساس نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق و با توجه به اینکه در این منطقه هنوز مکان‌یابی لندفیل انجام نشده است، این تحقیق می‌تواند به‌مثابهٔ پایه‌ای برای تعیین محل دفن مناسب در منطقه استفاده شود.

Refrences

1. Bayat, B (2002) "Combined removal of Zinc (II) and Cadmium(II) from aqueous solutions by adsorption onto high-calcium Turkish fly ash," *Water Air and Soil Pollution*, 136: 69-92.
2. Brindle, K. and Stephenson T (1996) "The application of membrane biological
3. reactors for the treatment of wastewaters," Biotechnology and Bioengineering, 49: 601-610.
4. Dabiri, A (2005) Project of M.S., Investigation of Environmental Impacts of used oil recycling. Faculty of Natural Resources, university of Tehran.
5. Daryabari, J (1999) "Investigation Impacts of Development on the Environments of Garmsar city," Organization of Environment Protected. Semnan Environment office.
6. Dos Reis, M. A. and Jeronimo M. S (1988) "Waste Lubricating Oil Rerefining by Extraction Flocculation. 1. A Scientific Basis to Design Efficient Solvents," *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 27(7): 1222-1228.
7. EPA (2002) Industrial Waste Management Evaluation Model (IWEM) Uses' Guide. EPA 530-R-02-013.
8. EPA (U.S. Environmental Protection Agency) (1988) "Statistical Methods for Evaluating Groundwater Monitoring Data from Hazardous Waste Facilities: Final Rule," in *Federal Register*, 40 CFR Part 264.
9. EPA (2002) "Industrial Waste Management Evaluation Model (IWEM) Technical Background Document," EPA 530-R-02-012.
10. EPA (2002a) "evaluating of groundwater contamination with organic compounds (case study: NC state), data and parameter background document"
11. Eskandari, m (2007) "Methods of recycling for motor used oil and ways of their contraband," Report of environmental office of Garmsar city.
12. Fan, B. and Huang X (2002) "Characteristics of a self-forming dynamic membrane coupled with a bioreactor for municipal wastewater treatment," *Environmental Science and Technology*, 36: 5245-5251.
13. Gault-Ringold, M. S., C.; Frew, R.D.; Hamidian, A.H.; Hunter, K.A (2008) "Cadmium Isotope Fractionation and Nutrient Cycling in the Southern Ocean," *Chemistry and the Biosphere; The NZIC, NZSBMB and the NZSPB combined conference* (November 30th - December 4th, 2008), University of Otago, Dunedin, New Zealand
14. Gupta, K. V (2000) "Utilization of bagasse fly ash (a sugar industry waste) for the removal of copper and zinc from wastewater," *Separation and Purification Technology*, 18: 131-140.
15. Hao, C., Zhang, H., Haas, R., Bai, Z (2007) "A novel community of acidophiles in an acid mine drainage sediment," *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 23: 15-21.
16. Hequet, V., Ricou, P., Jeronimo, M.S (2001) "Removal of Cu2+ and Zn2+ in aqueous solutions by sorption onto mixed fly ash," *Fuel*, 80: 851-856.
17. Izadpanah, s (2002) "biological adsorption of heavy metals (pb, Cu) by Activated Aerobic Sludge," Project of M.S., Azad University, branch of Tehran Shomal.
18. ITRC (2006) Evaluating, Optimizing, or Ending Post-Closure Care at Municipal Solid Waste Landfills Based on Site-Specific Data Evaluations.
19. Johnson, W. E., Kimbrough, K. L., Rolfe, S (2009) "Chemical contamination assessment of Gulf of Mexico oysters in response to hurricanes Katrina and Rita," *Environmental Monitoring and Assessment*, 150(1-4): 211-225.
20. Küsel, K., Roth, U., Drake, H.L (2002) "Microbial reduction of Fe(III) in the presence of oxygen under low pH conditions," *Environtal Microbiology*, 4: 414-421.
21. Llop, A., Pocurull, E., Borrull, F (2009) "Evaluation of the Removal of Pollutants from Petrochemical Wastewater Using A Membrane Bioreactor Treatment Plant," *Water Air and Soil Pollution*, 197(1-4): 349-359.
22. Ozyurt, G., Polat A., Patle S (2009) "Vitamin and mineral content of pike perch (*Sander lucioperca*), common carp (*Cyprinus carpio*), and European catfish (*Silurus glanis*)," *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 33: 351-356.
23. Prasad, G. S., Mayilraj, S., Sood, N., Singh, V., Biswas, K., Lal B (2005) "Candida digboiensis TERI ASN6 sp. nov., a novel anamorphic yeast species from an acidic sludge contaminated oil field," *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55: 967-972.
24. Pendashte, A. , Bakhsh langeroudi, N. ,Ghavidel, A (2007) Suitable disposal of Acidic Sludge in refinery of oil.

25. Roturu, A.; Raileanu, P (2008) "Groundwater contamination from waste storage work," *environment engineering and management journal*, 7(69): 731-735.

26. Ricou, P., Lecuyer I., Palte S (2001) "Experimental design methodology applied to adsorption of metallic ions onto fly ash," *Water Research*, 35: 965-976.

27. Rowe, Sánchez-España, O. F., J., Hallberg, K.B., Johnson, D.B (2005) "Microbial communities and geochemical dynamics in an extremely acidic, metal-rich stream at an abandoned sulfide mine; Huelva, Spain; underpinned by two functional primary production systems," *Environmental Microbiology*, 9: 1761-1771.

28. Shahidipour. R (2005) *Book of Lubricate industries of Iran*, Bazar Pazhoohan Noavar.

29. Sericano, J. L., Wade T .L., Sood, N (1995) "Trace organic contamination in the Americas: An overview of the US national status and trends and the international mussel watch progammes," *Marine Pollution Bulletin*, 31: 214-225.

30. Sood, N., Lal B (2008) "Isolation of a novel yeast strain Candida digboiensis TERI ASN6 capable of degrading petroleum hydrocarbons under acidic conditions," *Journal of Environmental Management*, 90: 1728-1736.

31. Sood, N., Patle, S. , Ricou P (2010) "Bioremediation of acidic oily sludge-contaminated soil by the novel yeast strain Candida digboiensis TERI ASN6," *Environmental Science and Pollution Research*, 17(3): 603-610.

32. Talbot, R. W., Anderson, M. A., Theis T.L (1978) "Qualitative model of heterogeneous equilibria in a fly ash pond," *Environmental Science and Technology*, 12: 1056-1062.

33. Theis, T. L. and Wirth. J. L (1977) "Sorptive behavior of trace metals on fly ash in aqueous systems," *Environmental Science and Technology*, 11: 1096-1100.

34. Vakilinejad, G., Shariatiniasar,M. Ghadami, M (2005) "Recycling of used oil by extraction with," *Magazine of chemistry and chemistry engineering*, Iran. 30 (1); 35-44.

35. Vilve, M., Vilhunen S., and Wade, T.L (2010) "Degradation of 1, 2-dichloroethane from wash water of ion-exchange resin using Fenton's oxidation," *Environmental Science and Pollution Research*, 17(4): 875-884.

36. Viraraghavan, T. and Rao G. A. K (1991) "Adsorption of cadmium and chromium from wastewater by fly ash," *journal of environmental Science-Health Part A*, 26(5): 721-753.

37. Whisman, M. L., Reynolds J. W (1978) "Rerefining Makes Quality Oils," *Hydrocarbon Processing*, 57 (10) : 141-145.