

تأثیر شیرابه‌های محل دفن زباله همدان بر آب‌های زیرزمینی

غلامرضا خانلری^{۱*}، علیرضا طالب بیدختی^۲، علی اکبر مومنی^۱، حاج رضا احمدی^۳

پذیرش مقاله: ۹۲/۰۲/۰۶

دریافت مقاله: ۹۰/۰۲/۰۷

چکیده

نفوذ شیرابه حاصل از دفن پسماندها به داخل زمین و رسیدن آن به سفره‌های آب زیرزمینی به علت وجود آلاینده‌هایی نظیر هیدروکربن‌ها، فلزات سنگین و نظایر آن، باعث آلودگی منابع آب و خاک شده که یکی از مهم‌ترین مخاطرات زیست‌محیطی می‌باشد. نظر به ویژگی‌های اقلیمی کشور ایران که جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌گردد و با توجه به اهمیت منابع آب در توسعه کشور، بررسی و انجام تحقیقات جدی در این زمینه ضروری است. لازم به ذکر است که روزانه ۵۰۰ تن زباله در شهرهای همدان، بهار و جوققان تولید می‌شود و در محلی به وسعت ۲۴۰ هکتار بدون بسترسازی مناسب و بدون ایجاد پوشش اولیه و نهایی مناسب، انباشته می‌گردد. هدف از این پژوهش، ارزیابی تأثیر شیرابه آزاد شده در محل دفن زباله بر آلودگی منابع آبی با تأکید بر غلظت عناصر سنگین است. برای این منظور، نمونه‌های شیرابه از محل انباشت زمستانه و تابستانه جایگاه دفن زباله انتخاب گردیده‌اند. همچنین به منظور بررسی اثر شیرابه رها شده در محیط بر روی منابع آبی منطقه، نمونه‌برداری از ۵ چاه و ۲ چشمه صورت پذیرفته است. ترکیب شیمیایی نمونه‌های شیرابه و نمونه‌های آب با استفاده از روش ICP و فلم فوتومتر و تیتراسیون مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل pH، EC و غلظت عناصر سنگین برای نمونه‌های شیرابه و نمونه‌های آب چاه‌ها و چشمه‌ها می‌باشد. همچنین آنالیز شیمیایی برای اندازه‌گیری کاتیون‌ها و آنیون‌های اصلی بر روی منابع آبی انجام گردیده است. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که بر طبق استاندارد آب آشامیدنی موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و نیز استاندارد خروجی فاضلاب سازمان محیط‌زیست، کلیه نمونه‌های اخذ شده آلوده هستند. مطالعات نشان می‌دهد که شرایط زمین‌شناختی و هیدروژئولوژیکی محل دفن، نقش مهمی در گسترش آلودگی دارد. همچنین نتایج نشان می‌دهد که نمونه‌های اخذ شده از جریان‌های زیرسطحی آلوده‌تر از آبخوان عمیق است.

کلید واژه‌ها: آب زیرزمینی، آلودگی، شیرابه، فلزات سنگین، محل دفن زباله، همدان

۱. گروه زمین‌شناسی دانشگاه بوعلی سینا همدان khanlari_reza@yahoo.com

۲. گروه زمین‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)

۳. موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان

* مسئول مکاتبات

۱. مقدمه

آلودگی در محیط زیست زمانی اتفاق می افتد که ماده ای به محیط طبیعی اضافه شود و طبیعت نتواند آن را به نحو مطلوب دفع نماید که در نتیجه می تواند به عنوان تهدیدی برای سلامتی انسان و محیط زیست محسوب گردد. از منابع آلوده کننده می توان فاضلاب، زباله، انواع آفت کش ها و سموم دفع حشرات را نام برد. در طبیعت انواع مختلفی از آلودگی شامل آلودگی هوا، آلودگی آب، آلودگی های معدنی نظیر مواد هسته ای و نفتی وجود دارد (Al Sabahi et al., 2009). پسماندهای جامد از قبیل زباله، فضولات، لجن، مواد غیرهمگن بازمانه از فعالیت های محیط های خانگی، تجاری، صنعتی و کشاورزی هستند (Leton, 1990). دفن زباله (Landfilling) یکی از روش های ارجح برای مدیریت پسماندهای جامد شهری است. با این حال، در صورتی که محل دفن زباله فاقد طراحی مناسب و فاقد المان های مهندسی باشد، می تواند منجر به آلودگی آب های زیرزمینی، آب های سطحی، خاک و هوا گردد. شایع ترین مخاطرات گزارش شده برای سلامت انسان در مجاورت با محل های دفن زباله، استفاده از آب زیرزمینی می باشد که توسط شیرابه ناشی از زباله آلوده شده است (Chain and DeWalle, 1976; Lo, 1996). یقیناً مواد زائد دفن شده، در مدفن خود حاوی درصد بالایی از آب هستند و علاوه بر آن، آب ناشی از نزولات جوی نیز می تواند در میان توده زباله نفوذ کند. نفوذ و جریان آب در مدفن زباله منجر به انتقال آلودگی از مواد زائد جامد به محیط های مجاور گردد. تولید شیرابه (Leachate) به عنوان محصول نهایی تماس آب با مواد زائد جامد است. شیرابه می تواند حاوی مواد معلق یا محلول مرتبط با نوع زباله موجود در محل دفن باشد. علاوه بر این، شیرابه می تواند حاوی محصولات جانبی ناشی از واکنش های شیمیایی و بیولوژیکی موجود در محل دفن زباله باشد. سرعت تولید شیرابه، حجم شیرابه و ویژگی های آن بستگی به عوامل مختلفی مانند ترکیب مواد زائد جامد، اندازه ذرات،

درجه فشردگی زباله، شرایط هیدرولوژیکی محل دفن، شرایط رطوبت و دمای محل دفن، سن مدفن و نحوه اجرای دفن زباله و میزان بارندگی دارد. در محل دفن زباله با گذشت زمان، شرایط از حالت هوایی به حالت بی هوایی تغییر می یابد و در نتیجه امکان انجام واکنش های شیمیایی متفاوتی وجود دارد. شیرابه ناشی از جایگاه دفن زباله ی غیر خطرناک، اغلب شامل ترکیبات پیچیده مواد آلی، هیدروکربن و فلزات سنگین می باشد که می تواند تهدیدی جدی برای آلودگی آب های زیرزمینی و سطحی باشد. کلریدها به عنوان جزء تشکیل دهنده قابل تحرک شیرابه می باشند که اغلب به عنوان شاخص آلودگی مورد استفاده قرار می گیرند (Skultetyov, 2009). لازم به ذکر است که محل های دفن زباله قابلیت تولید شیرابه را پس از ده ها سال از خاتمه ی دفن زباله دارا هستند. بنابراین می بایستی توجه ویژه ای در خصوص مدیریت جایگاه های دفن زباله پس از پایان مراحل دفن به عمل آید. تا کنون نمونه های متعددی از آلودگی آب های زیرزمینی در محل های دفن زباله که دارای طراحی ضعیف بوده اند در کشورهای مختلف جهان گزارش شده است (Srinivasan, 1977; Nicholson et al., 1983; Gopal et al., 1991; Gaily and Gorelick, 1993; Sing et al., 2008; Jaskelavicius and Lynikiene, 2009; Jhamnani and Singh, 2009). تاریخچه مطالعات نشان می دهد که در خصوص تأثیر محل دفن زباله بر روی کیفیت آب زیرزمینی در ایران، مطالعات محدودی انجام شده است (حسینی و همکاران، ۱۳۸۸؛ عابدی کوپایی، ۱۳۸۰؛ رضازاده و غنوی، ۱۳۸۷؛ رضایی و همکاران، ۱۳۸۶). کشور ایران از نظر منابع آبی در وضعیتی قرار دارد که هر گونه غفلت و کوتاهی در مدیریت منابع آب، زیان های غیر قابل جبرانی را در اجرای برنامه های توسعه کشور به وجود خواهد آورد. این مسئله موقعی اهمیت خود را نشان می دهد که بیش از ۵۲ درصد از آب مصرفی کشور به آب های زیرزمینی متکی است و آلودگی ناشی از شیرابه محل دفن زباله از مهم ترین منابع آلاینده آب های زیرزمینی است (عابدی کوپایی، ۱۳۸۰).

انباشت زباله معمولی و زباله عفونی در مورفولوژی طبیعی زمین و بدون بسترسازی مناسب و بدون ایجاد پوشش ابتدایی و نهایی مناسب انباشته می‌شود. زباله‌های معمولی در دو جایگاه انباشت زمستانه و انباشت تابستانه جمع‌آوری می‌شوند. عدم وجود طراحی مناسب برای جایگاه دفن زباله و دفن سنتی و غیر بهداشتی زباله در این مکان، منجر به ایجاد و آزادسازی شیرابه در محیط شده است. شکل ۲ محل انباشت زمستانه زباله و شیرابه تجمع یافته در کف آن را نشان می‌دهد.

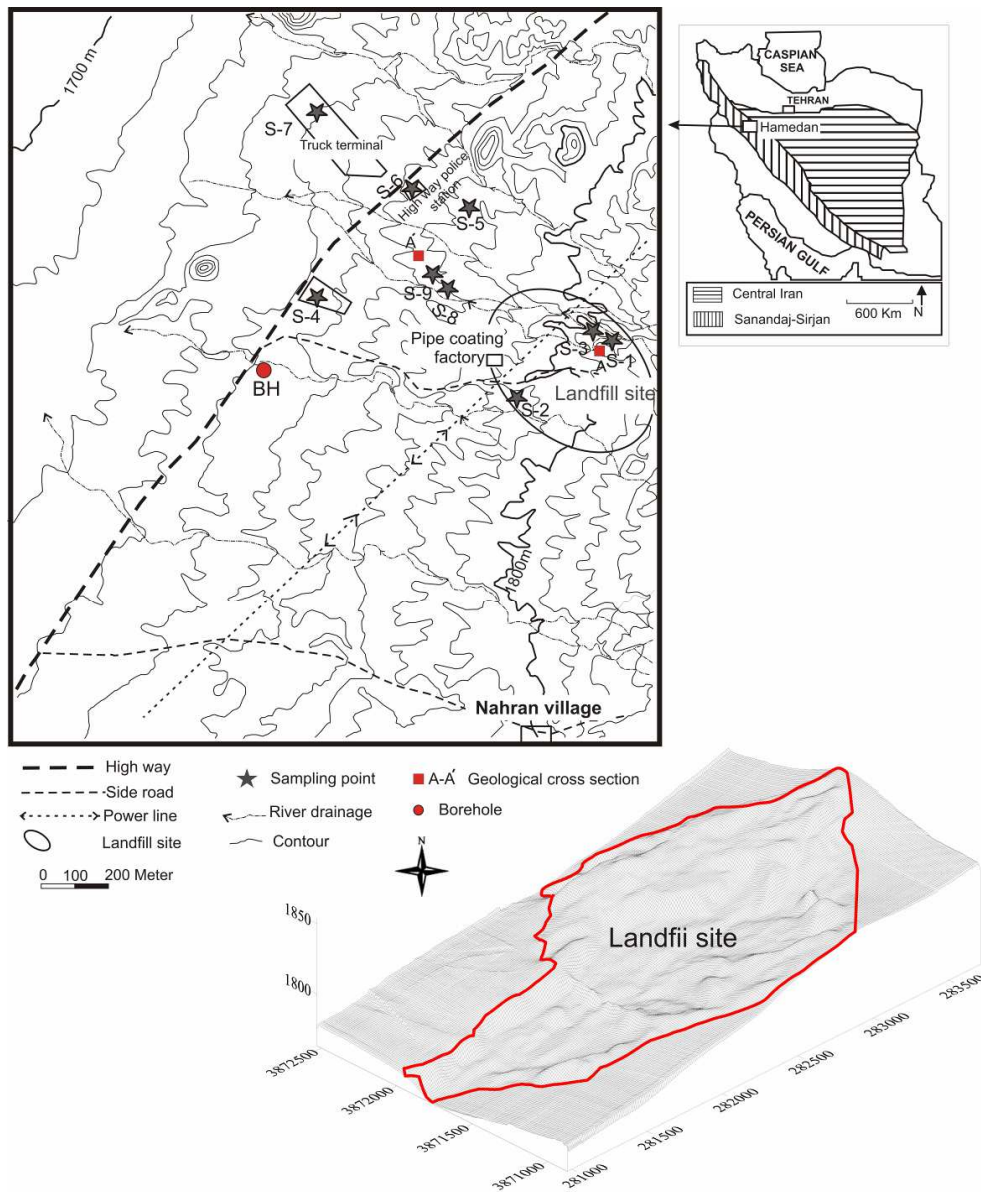
۳. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه از نظر زمین‌شناسی ساختاری در زون سندج - سیرجان واقع شده است. بر اساس پیمایش‌های صحرایی صورت گرفته، قدیمی‌ترین سنگ‌های موجود در رخنمون‌های منطقه، سنگ آهک‌های کمی دگرگون شده و سنگ آهک‌های مارنی مربوط به سازند قم با سن الیگو میوسن می‌باشند. این سازند دارای ضخامت قابل توجهی بوده که در اثر نیروهای تکتونیکی به شدت خردشده و سنگ بستر منطقه را تشکیل می‌دهد (سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹). مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که سازند قم توسط کنگلومرای نسبتاً افقی پوشیده شده است. این کنگلومرا دارای سیمان آهکی و درجه تحکیم یافتگی ضعیف تا متوسط است که به صورت ناپیوستگی زاویه دار بر روی سازند قم قرار می‌گیرد (شکل ۳). قسمت اعظمی از منطقه توسط رسوبات آبرفتی پوشیده شده است که ضخامت این رسوبات به سمت شرق منطقه مورد مطالعه (دشت بهار) افزایش می‌یابد. به منظور اکتشافات زیرسطحی، یک گمانه با عمق ده متر در غرب محل دفن زباله حفاری گردیده است. مطالعه لاگ این چاه نشان می‌دهد که ضخامت رسوبات آبرفتی در بالای کنگلومرا در حدود ۴/۴ متر می‌باشد (شکل ۴).

هدف از این تحقیق، ارزیابی تأثیر محل دفن زباله همدان بر روی آلودگی منابع آبی مجاور محل دفن زباله با در نظر گرفتن غلظت عناصر سنگین از قبیل As, Cu, Zn, Al, Mn, Fe, Ni, Cr و Hg, Sb و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌های اصلی می‌باشد.

۲. معرفی منطقه مورد مطالعه

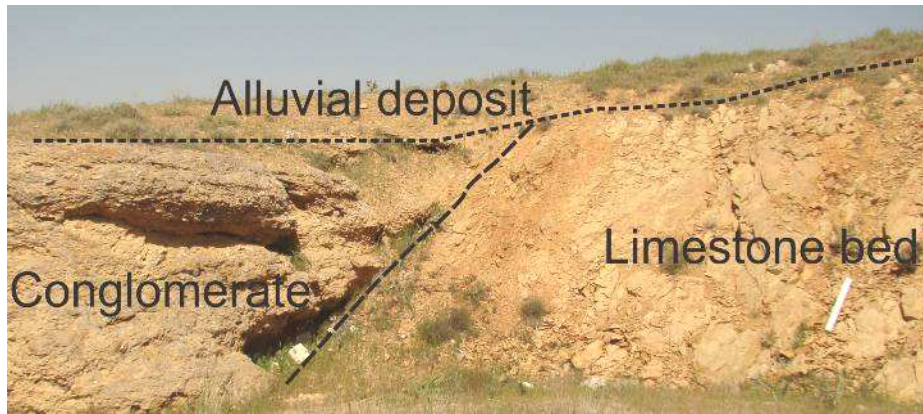
محل دفن زباله شهری همدان در دشت همدان از واحدهای هیدروژئولوژیکی زیرحوزه دشت بهار است که در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال شرق همدان (پلیس راه همدان-تهران) واقع شده است. وسعت تقریبی محل دفن زباله از زمان شروع بهره‌برداری تا کنون ۲۳۰ هکتار می‌باشد. منطقه مورد مطالعه در محدوده ۲۱' ۵۷" تا ۳۴' ۱۷" طول جغرافیایی و ۵۰' ۳۵" تا ۴۸' ۳۷" عرض جغرافیایی واقع گردیده که از شمال و شمال‌شرق به جاده ارتباطی همدان-تهران و دشت بهار و از جنوب به روستای نهران و از غرب به ارتفاعات قطار گونی محدود می‌شود. نزدیکترین روستاها به محل دفن زباله، روستای نهران در جنوب و آق‌بلاغ در شرق به ترتیب در فاصله ۲ کیلومتری و ۴ کیلومتری از محدوده محل دفن هستند (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه دارای آب و هوای سرد و نیمه‌خشک و دارای میانگین حداقل دمای ۱/۹- درجه سانتی‌گراد و حداکثر ۲۴/۶ درجه سانتی‌گراد است و از میانگین بارندگی ۳۳۰ میلی‌متر در سال برخوردار است. رژیم غالب وزش باد در این منطقه، غربی تا جنوب غربی است. از نظر ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه، دارای ارتفاع متوسط ۱۷۹۰ متر از سطح دریا و دارای توپوگرافی تپه ماهوری و شیب متوسط ۱/۵ درجه به سمت دشت بهار (شمال شرق) می‌باشد. در حال حاضر، روزانه در حدود ۵۰۰ تن زباله خانگی و ۵ تن زباله بیمارستانی تولید شده در شهر همدان و بهار و جورقان به این محل منتقل می‌شود که این زباله‌ها در دو جایگاه



شکل ۱. موقعیت محل دفن زباله شهر همدان و محل های نمونه برداری



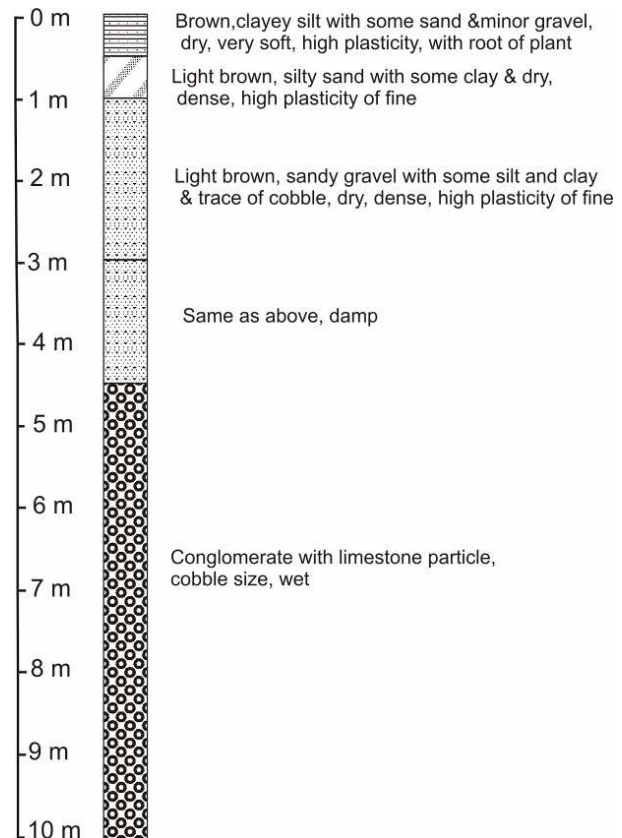
شکل ۲. حوضچه شیرابه تشکیل شده در پایین دست محل دفن زمستانه زباله



شکل ۳. دگرشیبی بین واحد کنگلومرایی با سنگ آهک سازند قم

با نفوذپذیری پایین از آبخوان عمیق متمایز می‌گردد. در حقیقت آبخوان عمیق در سنگ بستر آهکی تشکیل شده است که ضخامت آن به مرور به سمت غرب (دشت بهار) افزایش می‌یابد. این آبخوان، منبع اصلی آب زیرزمینی در سازندهای سخت منطقه است. از این منبع جهت تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و تأمین بخشی از آب شرب شهر همدان نیز استفاده می‌گردد. لازم به ذکر است که این آبخوان نیمه محصور بوده و تغذیه آن از محل‌هایی که سنگ‌های کربناته در سطح زمین رخنمون دارند، صورت می‌پذیرد (شکل ۵). لازم به ذکر است که رسوبات آبرفتی نزدیک به سطح زمین یک آبخوان آزاد را تشکیل می‌دهند که در محل دفن زباله و مناطق اطراف آن، به دلیل کم بودن ضخامت آبرفت، حجم آب زیرسطحی قابل توجه نمی‌باشد و فقط در مکان‌هایی که لایه کنگلومرایی در سطح زمین ظاهر می‌شود منجر به ظهور چشمه و تخلیه آب زیر سطحی فوق‌الذکر می‌گردد.

آب‌های سطحی به طور طبیعی توسط آبراهه‌های موجود در منطقه زهکشی می‌شوند. شایان توجه است که محل دفن زباله به دلیل شرایط ژئومورفولوژیکی خاص در مسیر جریان رواناب است. این به معنی آن است که سیلاب‌ها می‌توانند محل دفن زباله را تحت تأثیر قرار داده و امکان نفوذ آب و شیرابه را به داخل زمین فراهم آورند.



شکل ۴. لوگ چاهک حفاری شده در سمت غرب جایگاه

دفن زباله در همدان

(موقعیت این گمانه در شکل ۱ نشان داده شده است)

۳. ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی

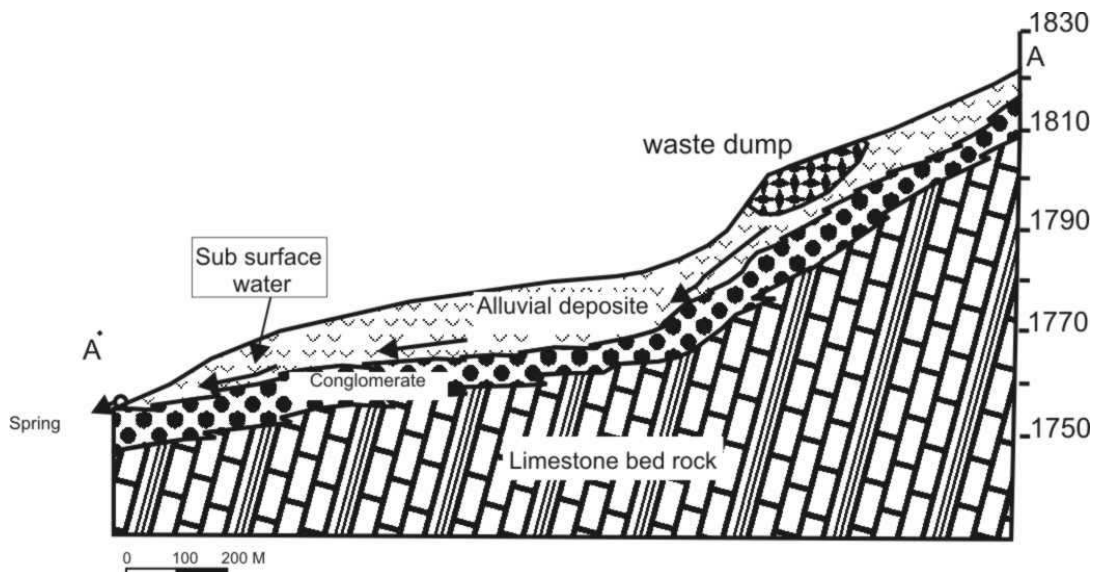
منطقه مورد مطالعه از یک آبخوان کم‌عمق در رسوبات آبرفتی کوتاه‌تری تشکیل شده است که توسط یک واحد کنگلومرایی

۴. مواد و روش‌ها

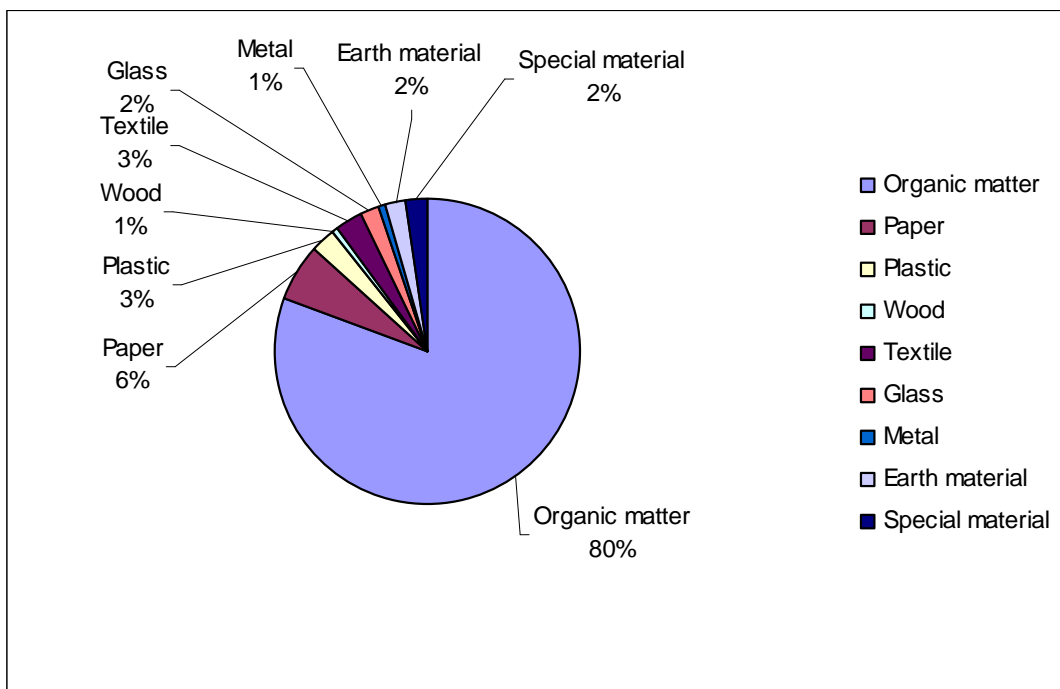
۴-۱. مطالعات صحرائی

نمونه‌برداری از زباله جامد، شیرابه ناشی از آن و منابع آبی موجود در مجاورت محل دفن زباله در خرداد ماه ۱۳۸۹ انجام گرفته است. نمونه‌برداری از زباله به وسیله روش نمونه‌برداری

از بار کامیون (Truck-Load Sampling) به وسیله یک ظرف به حجم ۵۰۰ لیتر در محل دفن انجام شده است. میانگین ترکیب فیزیکی زباله جامد در فصل بهار در شکل ۶ قابل مشاهده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود بخش زیادی از زباله، از مواد آلی فسادپذیر تشکیل شده است.



شکل ۵. مقطع عرضی زیر سطحی در محل دفن زباله همدان (نقاط A-A' در شکل ۱ نشان داده شده است)



شکل ۶. میانگین درصد وزنی اجزای فیزیکی موجود در زباله شهر همدان، در بهار سال ۱۳۸۹

(PET) تمیز صورت پذیرفته است. جدول ۱ جزئیات محل‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

۴-۲. روش آنالیزهای شیمیایی

به منظور بررسی ترکیب شیمیایی نمونه‌های شیرابه و همچنین نمونه‌های آب زیرزمینی از روش آنالیزهای شیمیایی استفاده شده است. این آزمایش‌ها در آزمایشگاه شیمی اداره کل استاندارد و تحقیقات صنعتی استان همدان و بر اساس پارامترهای زیر انجام شده‌اند:

نمونه‌برداری از شیرابه در محل حوضچه‌ی تشکیل شده در پائین‌دست محل انباشت زمستانه زباله و نیز از محل حوضچه شیرابه‌های روان شده در زیر محل انباشت تابستانه انجام شده است که به ترتیب با علامت S-۱ و S-۲ مشخص شده‌اند. به منظور ارزیابی تأثیر شیرابه بر آلودگی منابع آبی موجود در منطقه، از آب ۲ چاه عمیق و ۲ چاه کم عمق و یک چاهک در پایین‌دست محل دفن زباله نمونه‌برداری به عمل آمده است. همچنین از آب دو چشمه در فاصله ۲۰۰۰ و ۲۵۰۰ متری پایین‌دست محل دفن زباله (S-۸ و S-۹) نیز نمونه‌برداری به عمل آمده است. نمونه‌برداری توسط بطری‌های پلی اتیلنی

جدول ۱. مشخصات مکان‌های نمونه‌برداری

شماره نمونه	محل نمونه‌برداری	ارتفاع (متر)	Type of source	عمق سطح آب زیرزمینی (متر)
S-۱	N 34° 57' 57" E 048° 37' 07"	۱۸۲۵	شیرابه	-
S-۲	N 34° 58' 17" E 048° 37' 07"	۱۸۱۰	شیرابه	-
S-۳	N 34° 58' 18" E 048° 37' 03"	۱۷۹۹	چاه دستی	۳
S-۴	N 34° 58' 26" E 048° 35' 31"	۱۷۴۶	چاه عمیق	۳۰
S-۵	N 34° 58' 57" E 048° 36' 55"	۱۷۸۰	چاه کم عمق	۱۰
S-۶	N 34° 58' 56" E 048° 36' 05"	۱۷۶۲	چاه کم عمق	۹
S-۷	N 34° 59' 00" E 048° 35' 57"	۱۷۴۰	چاه عمیق	۲۵
S-۸	N 34° 58' 32" E 048° 36' 00"	۱۷۶۵	چشمه	-
S-۹	N 34° 58' 33" E 048° 35' 59"	۱۷۶۴	چشمه	-

هدایت الکتریکی (EC) و pH آب در محل، با استفاده از دستگاه EC متر و pH متر اندازه‌گیری شده است. کلیه آنالیزهای شیمیایی بر اساس استاندارد (APHA, 1995) انجام شده‌اند.

۵. بحث و تجزیه و تحلیل نتایج

بر اساس آنالیزهای شیمیایی صورت گرفته، غلظت عناصر سنگین بر روی شیرابه اخذ شده از محل انباشت زمستانه جایگاه دفن (S-۱) و از محل انباشت تابستانه جایگاه دفن (S-۲) تعیین و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

الف- غلظت عناصر سنگین (As, Cu, Zn, Al, Mn, Fe, Ni, Hg, Sb and Cr) در نمونه‌های شیرابه و آب با استفاده از دستگاه ICP مدل Ametek تعیین گردیده است.

ب- غلظت چهار آنیون (HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4 , Cl^-) و سه کاتیون (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) در نمونه‌های آب با استفاده از تکنیک تیتراسیون تعیین شده است.

پ- غلظت یون Na^+ در نمونه‌های آب با استفاده از Flame photometer تعیین شده است.

جدول ۲. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های شیرابه محل دفن زباله

محل نمونه برداری	pH	غلظت (میلی‌گرم در لیتر)									
		As	Cu	Zn	Al	Mn	Fe	Ni	Hg	Sb	Cr
S-۱	۶٫۷	۱٫۲	۱٫۵	۱۱٫۳	۲۷٫۲	۲۳٫۴	۱۱۵٫۰	۰٫۲	۱٫۳	۰٫۲	۶٫۶
S-۲	۶٫۱	۱٫۸	۲٫۲	۶٫۲	۵۴٫۲	۱۰۹٫۴	۴۱۸٫۵	۰٫۳	۱٫۶	۰٫۲۲	۷٫۷
استاندارد دفع شیرابه	۵٫۵-۹	۰٫۱	۱	۲	۵	۱	۳	۲	جزئی	-	۲٫۵

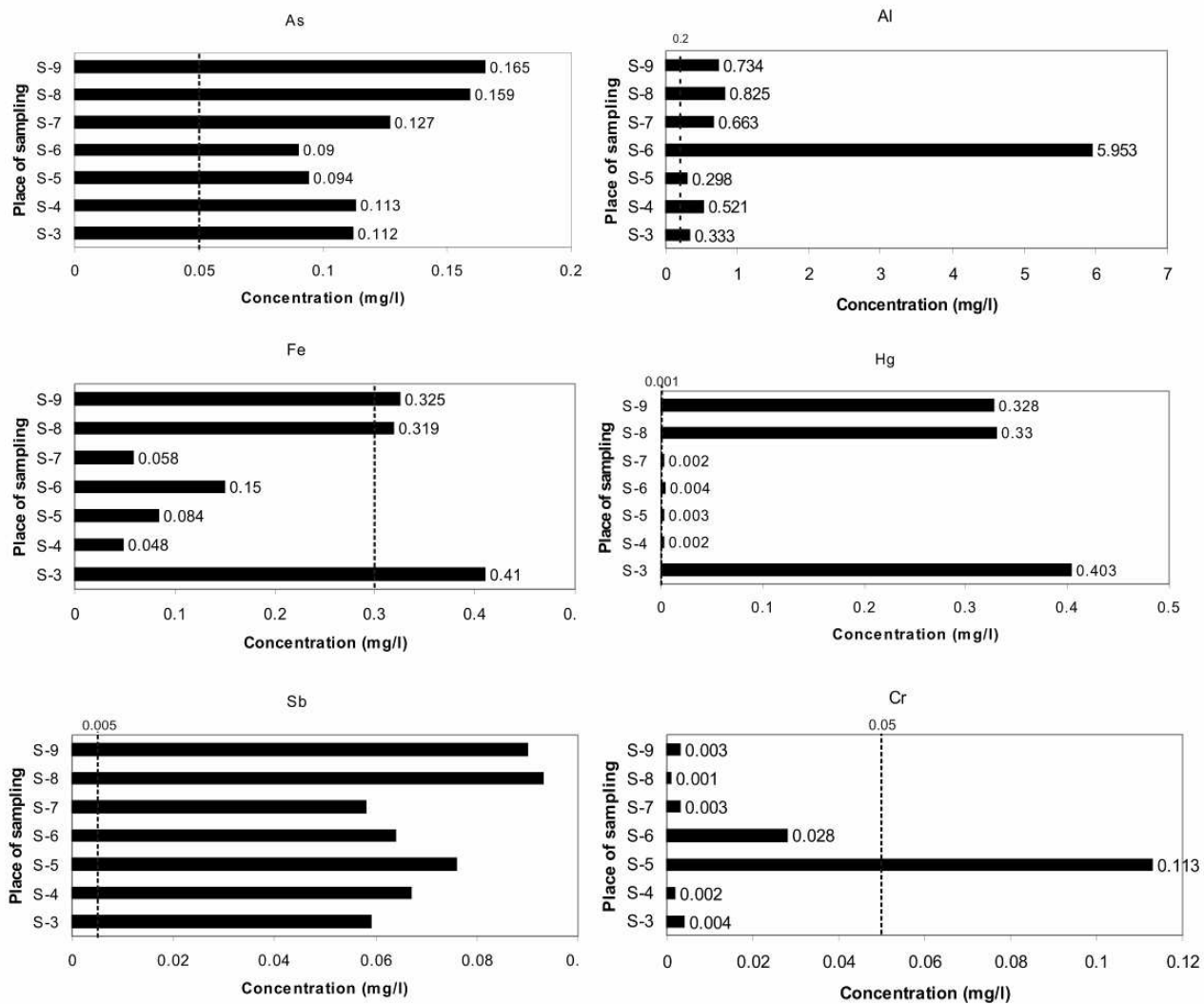
دامنه و در مسیر آبراهه‌ها قرار گرفته است. به علاوه، به دلیل فقدان لایه‌های پوششی بر روی زباله‌ها در فصول بارانی، حجم قابل توجهی از آب به داخل زباله نفوذ می‌کند که منجر به تولید شیرابه بیشتری می‌شود. عدم کنترل در زهکشی این شیرابه‌ها و رها شدن آن‌ها در محیط، می‌تواند باعث گسترش بیشتر آلودگی شود. به منظور ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی توسط شیرابه آزاد شده از محل دفن زباله، از ۷ نمونه آب از آبخوان عمیق و آبخوان کم‌عمق اخذ شده است. نتایج آنالیز عناصر سنگین بر روی این نمونه‌ها در جدول ۳ و شکل ۷ نشان داده شده است. همان طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، غلظت As, Al, Hg, Sb در همه نمونه‌ها بیشتر از استاندارد آب آشامیدنی ایران است (جدول ۳- سطر ۶). غلظت آلومینیم در نمونه S-۶ بیش از ۲۹ برابر حد استاندارد، غلظت جیوه در نمونه S-۳ بیش از ۴۰۰ برابر و غلظت آنتیموان در نمونه S-۸ بیش از ۱۸ برابر حد استاندارد، به دست آمده است. تمرکز آهن در S-۳، S-۸، S-۹ و غلظت کروم در نمونه S-۵ بیش‌تر از حد استاندارد است.

نتایج به دست آمده از آنالیزهای شیمیایی نشان می‌دهد که غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های شیرابه دو جایگاه تابستانه و زمستانه، تفاوت چشم‌گیری دارد. این تفاوت ممکن است به علت تفاوت در ترکیب زباله‌های موجود در تابستان و زمستان باشد. همچنین ممکن است به دلیل تخلیه فاضلاب صنعتی کارخانه‌ی پوشش لوله در مجاورت جایگاه زمستانه دفن زباله باشد. مقدار مجاز فلزات سنگین موجود در فاضلاب‌ها بر اساس "استاندارد خروجی فاضلاب‌ها" سازمان حفاظت محیط‌زیست در سطر آخر جدول ۲ ارائه شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در جدول ۲، غلظت کلیه عناصر سنگین آزمایش شده در شیرابه‌ها بالاتر از حد مجاز استاندارد می‌باشد.

مطالعات زمین‌شناسی نشان می‌دهد که وجود لایه کنگلومرایی منجر به جدایی آبخوان عمیق از آبخوان سطحی شده است. بنابراین شیب و جهت شیب لایه، همراه با شرایط ژئومورفولوژیکی محل دفن زباله، منجر به ظهور چشمه‌هایی در محل تماس لایه کنگلومرایی با سطح زمین شده است. موقعیت محل دفن زباله از دیدگاه ژئومورفولوژیکی بر روی

جدول ۳. غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب اخذ شده از منابع آبی مختلف در اطراف جایگاه دفن زباله

محل نمونه برداری	غلظت (میلی‌گرم در لیتر)									
	As	Cu	Zn	Al	Mn	Fe	Ni	Hg	Sb	Cr
عناصر سنگین در نمونه‌های آب زیر زمینی										
-۳S	۰/۱۱۲	۰/۰۱۲	۰/۱۰۸	۰/۳۳۳	۰/۰۴۱	۰/۴۱۰	۰/۰۰۷	۰/۴۰۳	۰/۰۵۹	۰/۰۰۴
-۴S	۰/۱۱۳	۰/۰۲۷	۰/۹۰۲	۰/۵۲۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۰۶۷	۰/۰۰۲
-۵S	۰/۰۹۴	۰/۰۰۸	۰/۱۱۴	۰/۲۹۸	۰/۰۰۱	۰/۰۸۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۷۶	۰/۱۱۳
-۶S	۰/۰۹۰	۰/۰۱۰	۰/۱۶۲	۵/۹۵۳	۰/۰۰۵	۰/۱۵۰	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۶۴	۰/۰۲۸
-۷S	۰/۱۲۷	۰/۰۱۴	۰/۴۲۸	۰/۶۶۳	۰/۰۰۳	۰/۰۵۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۵۸	۰/۰۰۳
عناصر سنگین در نمونه‌های آب چشمه‌ها										
-۸S	۰/۱۵۹	۰/۰۰۴	۰/۰۸۱	۰/۸۲۵	۰/۲۴۲	۰/۳۱۹	۰/۰۰۴	۰/۳۳۰	۰/۰۹۳	۰/۰۰۱
-۹S	۰/۱۶۵	۰/۰۰۳	۰/۰۲۴	۰/۷۳۴	۰/۵۳۶	۰/۳۲۵	۰/۰۰۴	۰/۳۲۸	۰/۰۹۰	۰/۰۰۳
استاندارد آب آشامیدنی	۰/۰۵	۱	۳	۰/۲	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۰۵



شکل ۷. غلظت آرسنیک، آلومینیم، آهن، جیوه، آنتیموان و کروم در نمونه‌های آب زیرزمینی و آب چشمه‌ها

برای این یون، به ویژه در نمونه‌های S-۸ و S-۹ خیلی بالا می‌باشد. بدلیل فقدان منشاء زمین‌شناختی برای بالا بودن غلظت یون کلر می‌توان به این نتیجه رسید که بالا بودن غلظت یون کلر در آب زیرزمینی ناشی از نفوذ شیرابه به منابع آب زیرزمینی است. همچنین نتایج EC اندازه‌گیری شده بر روی نمونه‌ها هم این فرضیه را تأیید می‌کند.

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، شیرابه ناشی از محل دفن زباله بر روی کیفیت آب زیرزمینی اثر قابل ملاحظه‌ای داشته است. به منظور بررسی بیشتر، غلظت چهار کاتیون و چهار آنیون اصلی بر روی نمونه‌های آب تعیین گردیده است که نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. از غلظت یون کلراید اغلب به عنوان یک شاخص برای تشخیص میزان آلودگی استفاده می‌شود. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نتایج به دست آمده

جدول ۴. غلظت آنیون و کاتیون های اصلی موجود در نمونه های آب زیرزمینی و چشمه ها

محل نمونه برداری	pH	EC	T.H	T.D.S (mg/l)	غلظت (میلی گرم در لیتر)							
					Ca	Mg	Na	K	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄
آنالیز شیمیایی بر روی نمونه های آب زیرزمینی												
S-۳	۷/۶۰	۱۵۹۳	۵۰۰	۱۰۵۱	۹۰	۶۶	۱۴۳/۷۵	۱/۹۵	۰	۵۱۸/۵	۱۹۱/۷	۱۲۴/۸
S-۴	۷/۸۸	۱۴۸۰	۵۷۰	۹۷۶	۱۵۴	۴۴/۴	۹۰/۸۵	۱/۵۶	۰	۲۳۷/۹	۱۲۰/۷	۳۷۴/۴
S-۵	۷/۵۴	۱۰۹۸	۳۴۰	۷۱۳/۷	۹۶	۲۴	۹۰/۸۵	۱/۱۷	۰	۳۰۵	۹۲/۳	۱۳۹/۲
S-۶	۷/۸۸	۱۳۹۰	۵۰۰	۹۱۷/۴	۱۲۴	۴۵/۶	۸۰/۹۶	۱/۱۷	۰	۲۹۲/۸	۱۳۴/۹	۲۲۶/۵۶
S-۷	۷/۹۰	۱۸۱۸	۷۹۰	۱۲۱۸	۲۱۰	۶۳/۶	۶۳/۴۸	۱/۹۵	۰	۲۵۰/۱	۱۹۱/۷	۴۵۶
آنالیز شیمیایی بر روی نمونه های آب چشمه ها												
S-۸	۷/۹۵	۲۸۱۰	۱۹۹۰	۱۹۷۳	۱۸۹	۱۲۰	۲۱۸	۲/۹	۰	۳۹۲	۶۱۰	۲۷۳
S-۹	۷/۳۴	۲۹۸۰	۱۰۲۵	۱۹۹۶	۱۹۶	۱۲۸/۴	۲۶۱	۳/۱	۰	۴۰۸/۷	۶۴۹/۵	۲۸۸

آب زیرزمینی به وسیله شیرابه کنترل نشده در محل دفن زباله است.

۲- غلظت عناصر سنگین در شیرابه جایگاه دفن زباله زمستانه بیشتر از غلظت آن در جایگاه تابستانه است. به عنوان مثال غلظت آهن و منگنز در محل انباشت زمستانه به ترتیب ۳/۶ و ۴/۷ برابر مقادیر آن در محل انباشت تابستانه می باشد.

۳- نمونه های اخذ شده شیرابه از هر دو مکان جایگاه دفن زباله، غلظت بالایی از عناصر سنگین را نشان می دهند که تماماً بیش از مقادیر مجاز استاندارد سازمان محیط زیست ایران در رابطه با چگونگی تخلیه فاضلاب محیط است. غلظت آهن در شیرابه جایگاه زمستانه و تابستانه به ترتیب بیش از ۱۳۹ و ۳۵ برابر مقادیر مجاز می باشد.

۴- ارزیابی آلودگی آب زیرزمینی نسبت به عناصر سنگین نشان می دهد که تمام نمونه ها آلوده هستند. نمونه های اخذ شده از چشمه ها نسبت به سایر نمونه های اخذ شده از منابع آبی به دلیل نفوذپذیری بالای آبرفت و تخلیه سریع از آبخوان سطحی، آلوده تر است.

۵- غلظت کلر به عنوان یک شاخص برای تعیین آلودگی مطرح است. حداکثر مقدار کلر در S-۹، ۶۴۹/۵ میلی گرم در لیتر اندازه گیری شده است که نشان از آلودگی این منبع آبی دارد.

۶- به طور کلی مقادیر غلظت عناصر مختلف در آب زیرزمینی با افزایش فاصله از محل انباشت زباله کاهش می یابد. به طوری

غلظت فلزات سنگین در آب چشمه های S-۸ و S-۹ خیلی بیشتر از نمونه های آب زیرزمینی، به دست آمده است (جدول ۳ و شکل ۷). بنابراین می توان نتیجه گرفت که این چشمه ها از آب های سطحی آلوده شده توسط زباله ها و شیرابه ها تغذیه می شوند.

همان طور که در بخش هیدروژئولوژی بیان شد، حضور آبرفت های درشت دانه با نفوذپذیری بالا منجر به اختلاط آب های سطحی و شیرابه گردیده و تشکیل جریان زیرسطحی را می دهد که بر روی لایه کنگلومرایی جریان می یابد. این جریان آلوده به صورت چشمه های کوچک در مناطقی که لایه کنگلومرایی در تماس با سطح زمین است، ظاهر می شود. سطح آلودگی در چشمه ها نسبت به سایر منابع آبی به دلیل سرعت جریان آب و ظرفیت کم فیلتره کردن آبرفت های درشت دانه در آبخوان سطحی، نسبتاً بالاتر از آبخوان عمیق می باشد. به عنوان مثال غلظت بالای عناصر سنگین در S-۳ ناشی از نزدیکی این چاه به حوضچه شیرابه است.

۶- نتیجه گیری

در این مقاله تأثیر محل دفن زباله همدان بر روی منابع آب زیرزمینی اطراف آن بررسی گردیده است. نتایج به دست آمده از این تحقیق را می توان به صورت زیر خلاصه نمود:

۱- طراحی ضعیف محل دفن زباله، شرایط زمین شناختی و هیدروژئولوژیکی نامناسب محل از جمله دلایل اصلی آلودگی

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از همکاری مدیریت و کارکنان سازمان بازیافت همدان بخصوص آقای مهندس آزاد و نیز از جناب آقای مهندس معین، رئیس بخش مطالعات منابع آب زیرزمینی شرکت آب منطقه‌ای استان همدان، به جهت همکاری در آنالیز هیدروشیمیایی نمونه‌های آب، کمال تقدیر و تشکر را دارند.

که مقادیر تمرکز عناصر در ۳-S خیلی بیشتر از محل‌های دیگر است.

۷- با توجه به نتایج به دست آمده از این پژوهش، لزوم طراحی مناسب و انتخاب و اجرای یک محل دفن زباله بهداشتی (Sanitary Landfill) الزامی است. همچنین در خصوص تصفیه شیرابه‌های رها شده در محیط می‌بایستی تدابیر ویژه‌ای جهت جلوگیری از نشت و گسترش بیشتر آن در نظر گرفته شود.

منابع

- حسینی، م.، کرمی، غ.، کاظمی، غ.، ۱۳۸۸. بررسی غلظت آلاینده‌ها در شیرابه حاصله از دفن زباله شهر ساری، سومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.
- رضازاده، س.، غنوی، ز.، ۱۳۸۷. بررسی روند تغییرات کیفی شیرابه زباله و آب‌های زیرزمینی مجاور محل دفن زباله‌ی شهر قزوین، چهارمین همایش ملی مدیریت پسماند.
- رضایی، ر.، ملکی، ا.، سیفی، ح.، زند سلیمی، ی.، قوامی، ع. و عبدخدا، ب.، ۱۳۸۶. ارزیابی آلودگی شیمیایی آب زیرزمینی مناطق پایین دست محل دفن زباله شهر سنندج در سال ۱۳۸۶، دهمین همایش ملی بهداشت محیط، صفحات ۱۰۱-۹۳.
- سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران، ۱۳۷۳. استاندارد تخلیه فاضلاب‌ها.
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۷۹. نقشه زمین‌شناسی همدان، مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰.
- عابدی کوپایی، ج.، ۱۳۸۰. تأثیر لندفیل مشهد بر آلودگی منابع آب زیرزمینی، چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط، صفحات ۷۲۰-۷۱۴.
- موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، استاندارد شماره ۱۰۵۳، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی.

Sabahi, E.A., Rahim, S.A., Zuhairi, W.Y.W., Nozaily, F.A., Alshaebi, F., 2009. The characteristic of leachate and groundwater pollution at municipal solid waste landfill of Ibb city, Yemen. *American Journal of Environmental Science*, 5(3): 256-266.

APHA, 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19th ed.)*. Washington, DC: American Public Health Association.

Chain, E. S. K., DeWalle, F. B., 1976. Sanitary Landfill Leachates and their Treatment. *Journal of Environmental Engineering Divisio (ASCE)*, 102(2): 411-431.

Gaily, R.M., Gorelick, S.M., 1993. Design of optimal, reliable plume capture schemes: application to the Gloucester landfill groundwater contamination problem. *Groundwater*, 31:107-114.

Gopal, D., Singh, R.P., Kapoor, R.C., 1991. Groundwater pollution by solid wastes, A case study. *Pollution Research Enviromedia*, 10: 111-116.

Jaskelevicius, B., Lynikiene, V., 2009. Investigation of influence of Lapes landfill leachate on ground and surface water pollution with heavy metals. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 17(3): 131-139.

Jhamani, B., Singh, S.K., 2009. Groundwater contamination due to Bhalaswa landfill site in New Delhi. *International Journal of Environmental Science and Engineering*, 1(3): 121-125.

Leton, T.G., 1990. Waste management part II (solid wastes). In: Leton, T.T. (Ed.), *Pollution Control in the Oil Industry*, Short Course by PCE Unit, CORDEC, University of Port Harcourt, Port Harcourt, Nigeria.

Lo, I.M.C., 1996. Characteristics and Treatment of Leachates from Domestic Landfills. *Environment International*, 22(4): 433-442.

-
- Nicholson, R.V., Cherry, J.A., Reardon, E.J., 1983. Migration of contaminants in groundwater at a landfill - a case study of Hydro Geochemistry. *Journal of Hydrology, Netherlands*, 63: 131-176.
- Sing, U.K., Kumar, M., Chauhan, R., Jha, P.K, Ramanathan, A.L., Subramanian, V., 2008. Assessment of the impact of landfill on groundwater quality: A case study of the Pirana site in western India. *Environmental Monitoring Assessment*, 141: 309-321.
- Skultetyov, I., 2009. Water Source Protection from Landfills Leachate. *International Symposium on Water Management and Hydraulic Engineering, Ohrid/Macedonia*, paper A46.
- Srinivasan, V.S., 1977. The influence of USW dumps on groundwater. *Cientifica*, 111-117.