فصلنامه علوم محیطی، دوره هجدهم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹

۱۵۱-۱۶۴

ارزیابی اثرهای دفن زباله بر میزان غلظت فلزهای سنگین در آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: آزادشهر)

سارا عبداللهی*[۱]، سید محمد حسین حسینی[۲] و ریحانه دهقان[۳]

[۱] گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

[۲] گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده عمران، موسسه آموزش عالی غیرانتفاعی لامعی گرگانی، گرگان، ایران

[۳] گروه محیط زیست، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۰۲

عبداللهی، س.، س.م.ح. حسینی و ر. دهقان. ۱۳۹۹. ارزیابی اثرهای دفن زباله بر میزان غلظت فلزهای سنگین در آب‌های زیرزمینی (مطالعه موردی: آزادشهر). فصلنامه علوم محیطی. ۱۸(۱): ۱۶۴-۱۵۱.

سابقه و هدف: پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی در اطراف محل دفن زباله از لحاظ محیط زیستی بسیار مهم می‌باشد. به‌دلیل زیادی جمعیت و بالا رفتن سطح زندگی و پیشرفت تکنولوژی، مواد زائد جامد گوناگون حاصل از فعالیت‌های انسانی و صنعتی در حال افزایش می‌باشد. هدف از این پژوهش، بررسی کیفیت شیمیایی و غلظت عناصر سنگین سرب، کادمیوم، روی و مس در آب چاه‌های اطراف محل دفن زباله آزادشهر می‌باشد.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق به‌منظور بررسی میزان غلظت فلزهای سنگین در منابع آب‌های زیرزمینی اطراف محل دفن زباله شهرستان آزادشهر، نمونه‌برداری آب از ۷ حلقه چاه عمیق اطراف محل دفن زباله انجام شد. نمونه‌برداری در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ به‌صورت هر فصل یک نمونه انجام شد. نمونه‌برداری در بطری‌های شیشه‌ای مطابق روش استاندارد متد برداشته شد و در مجاورت یخ، بلافاصله به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت منتقل شد. پس از تهیه محلول استاندارد خاص هر یک از عنصرهای سنگین، با استفاده از دستگاه پلاروگراف متروم[۱] غلظت عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی نمونه‌ها بر حسب میکروگرم در لیتر خوانده شد. پس از تعیین غلظت پارامترهای بالا و آنالیزهای آماری و رسم گراف‌های مربوطه توسط نرم افزارهای Excel و SPSS نسبت به تحلیل نتایج و مقایسه غلظت‌ها در پایین‌دست و بالادست اقدام گردید.

نتایج و بحث: نتایج نشان می‌دهد میزان سرب آب چاه‌های اطراف محل دفن زباله ۱/۲ ±۱/۳ میکروگرم در لیتر و میزان کادمیوم ۰/۳۷ ±۱/۱ میکروگرم در لیتر می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور بیشترین میزان سرب و کادمیوم برای آب‌های شرب به‌ترتیب ۱۰ و ۳ میکروگرم در لیتر می‌باشد که با این حساب میزان سرب و کادمیوم در محدوده مجاز قرار می‌گیرد. میزان مس آب چاه‌های اطراف محل دفن زباله ۵/۲۱ ±۵/۲۲ میکروگرم در لیتر می‌باشد و از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. همچنین مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور و WHO[۲] میزان حداکثر مجاز مس برای آب‌های شرب معادل به‌ترتیب ۲ میلی‌گرم در لیتر و ۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که با این حساب، مس آب چاه‌های اطراف در محدوده مجاز قرار می‌گیرند. هر چند اختلاف آماری معنی‌داری بین مس آب‌های بالادست با پائین‌دست وجود ندارد، ولی مقدار آن در چاه‌های پائین‌دست حدود ۱/۲۷ برابر نسبت به چاه‌های بالادست می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل نفوذ مواد آلی شیرابه به آب‌های زیرزمینی باشد. میزان روی آب چاه‌های اطراف محل

*Corresponding Author. *Email Address*: sara.abdollahi@stu.malayeru.ac.ir

دفن زباله ۵/۳۱ ±۲۳/۱ میکروگرم در لیتر می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور میزان حداکثر مجاز روی برای آب‌های شرب معادل ۳ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. هر چند اختلاف آماری معنی‌داری بین روی آب‌های بالادست با پائین‌دست وجود ندارد، ولی مقدار آن در چاه‌های پائین‌دست حدود ۱/۱۶ برابر نسبت به چاه‌های بالادست می‌باشد که باز هم می‌تواند به‌دلیل نفوذ مواد آلی شیرابه به آب‌های زیرزمینی باشد.

نتیجه‌گیری: نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت پارامترهای شیمیایی آب چاه‌های اطراف محل دفن زباله در زیر حد استاندارد آب شرب کشور قرار دارد. همچنین غلظت همه عناصر در چاه‌های پایین‌دست بیشتر از چاه‌های بالادست اندازه‌گیری شد. از آنجایی که آزادشهر یک منطقه کشاورزی است، بنابراین آلودگی آب‌های زیرزمینی که در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند منجر به انتقال فلزهای سنگین از طریق محصول‌های کشاورزی به انسان گردد، بنابراین باید تمهیدات سختگیرانه‌ای برای جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی منطقه اعمال گردد.

واژه‌های کلیدی: لندفیل[۳]، کادمیوم، آزاد شهر، سرب.

مقدمه

انسان از زمانی که از چادرنشینی رو به اسکان در روستا و سپس شهرها آورد، به سازماندهی و مدیریت زباله و پسماندهای ناشی از فعالیت‌های خود توجه نمود. در زمان‌های گذشته به این دلیل که تأثیر مخرب مواد زائد جامد بر محیط‌زیست شناخته نشده بود، اهمیت چندانی به مدیریت مواد زائد جامد داده نمی‌شد و از طرفی نبود تکنولوژی، منابع ملی و پرسنلی مانع مدیریت مناسب برای مواد زائد جامد بود. امروزه نظارت بر دفن بهداشتی یا امحای آن و تمیز نگاه داشتن محیط‌زیست یکی از چالش‌ها و مسائل بهداشت محیط است (Rahimi, 2000). آب‌های زیرزمینی یکی از منبع‌های مهم تأمین آب در همه کشورهای دنیا محسوب می‌گردند و استفاده از آن‌ها چه در آبیاری و کشاورزی و چه در مصارف شهری و صنعتی رو به افزایش است. استفاده بیش از حد از منابع طبیعی و تولید فراوان محصول‌های زائد در جامعه مدرن، بیشتر آب‌های زیرزمینی را مورد تهدید قرار داده و سبب آلودگی‌های زیادی می‌گردد. به‌دلیل این‌که حرکت آب‌های زیرزمینی بسیار کند می‌باشد، بعد از شروع آلودگی باید سال‌ها بگذرد تا آب، تحت تأثیر قرار گرفته و آلودگی در چاهی ظاهر شود. اگر منابع آب زیرزمینی آلوده شود مشاهده آن مشکل‌تر و بنابراین نگرانی آن نیز بیشتر است (Pishkar-Dehkordi, 2004). از آنجا که آب‌های زیرزمینی منبع اصلی تأمین آب در شهرستان‌های مختلف در سراسر جهان به‌شمار می‌روند، مطالعات گسترده‌ی جنبه‌های مختلف آن مانند پتانسیل و ذخیره‌سازی، هیدرولوژی و کیفیت آن مورد توجه قرار گرفته است (Abbasi *et al*., 2013). در میان منابع آلاینده آب‌های زیرزمینی، دفع مواد زائد جامد به روش دفن در زمین (لندفیل) از منابع عمده آلاینده می‌باشد، چرا که به‌صراحت می‌توان گفت که تمام کشورهای توسعه نیافته، در حال توسعه و توسعه یافته، با آن مواجه هستند. تحقیق‌های انجام گرفته نشان می‌دهد که در جهان این روش ۹۲٪ دفع مواد زائد جامد شهری را به خود اختصاص می‌دهد (Abedi Kohpayi, 2001). با همه این اوصاف محل‌های دفن زباله هر روز گسترش بیشتری پیدا می‌کند. در اثر فعل و انفعالات شیمیایی و بیولوژیکی که در درون لندفیل رخ می‌دهد در نهایت شیرابه آلوده‌ای تولید می‌گردد که حاوی انواع عنصرهای سمی می‌باشد. نفوذ این شیرابه آلوده، می‌تواند تهدیدی جدی برای آلودگی آب و خاک مناطق اطراف لندفیل به‌شمار آید. شیرابه، زباله حاوی ترکیب‌ها و آلاینده‌های گوناگون از جمله فلزهای سنگین می‌باشد. این عنصرها یکی از مهمترین آلاینده‌های محیط‌زیست محسوب می‌شوند. بعضی از ترکیب‌های سمی مانند آرسنیک، سرب، کادمیوم، مس، سیانید و کروم که ممکن است در آب‌های زیرزمینی در غلظت‌هایی یافت شوند که این آب‌ها را جهت مصارف آشامیدن و آبیاری نامطلوب نمایند (Harter, 2003). در ایران نیز به‌دلیل استاندارد نبودن محل دفن مواد زائد در بیشتر نقاط شهری کشور، شیرابه تولیدی موجبات آلودگی آب و خاک را فراهم نموده است (Rahimi, 2000). فلزهای سنگین در پوسته زمین یافت می‌شوند و می‌توانند در آب‌های زیرزمینی توسط فرآیندهای

طبیعی یا با تغییر در pH خاک انحلال یابند. افزون براین آب زیرزمینی می‌تواند از طریق شیرابه زباله‌ها، فاضلاب، شستشوی پسماندهای معـدنی، نشـت از لاگون‌های[۴] باطله صنعتی یا دریاچه‌های صنعتی، با فلزهای سنگین آلوده شود. تاکنون مطالعات مختلفی بر روی اثرهای اماکن دفن زباله بر کیفیت آب‌های زیرزمینی انجام شده است. اثرهای محل دفن زباله شهر مشهد بر کیفیت آب‌های زیرزمینی اطراف آن توسط عابدی کوپایی بررسی شد. نتایج نشان داد که کیفیت آب چاه‌های پایین‌دست محل، از نظر بعضی پارامترهای مورد مطالعه پایین‌تر از حد استاندارد می‌باشد (Abedi Kohpayi, 2001). همچنین Rajkumar *et al.* (2010) نشان دادند که مقدار پارامترهای SO_4^{2} NO_4^{3-}، HCO_3^-، Alkalinity، Cl^-، Mg^{2+}، Ca^{2+}، TDS، Na^+،K^+ و سختی، در آب زیرزمینی چاه‌های مورد بررسی بیش از استاندارد سازمان بهداشت جهانی جهت آب شرب می‌باشد. Ebrahimi *et al.* (2010) به بررسی کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در مجاورت محل دفن زباله شهر یزد پرداختند. در این مطالعه دو حلقه چاه در پایین‌دست و یک حلقه چاه در بالادست محل دفن زباله انتخاب شد. نتایج نشان داد که pH آب پایین‌دست به نحو معنی‌داری کمتر از pH آب بالادست می‌باشد. همچنین با افزایش فاصله از محل دفن، کیفیت شیمیایی آب زیرزمینی بهبود می‌یابد. Wakida *et al.* (2005) در مطالعه خود درباره وجود نیترات در آب‌های زیرزمینی در ناتینگهام، اماکن دفن زباله را به‌عنوان مهمترین منبع معرفی کرده‌اند. آن‌ها مقدار آلودگی نیتراته ورودی به منابع آبی توسط اماکن دفن را حدود ۵۷۰۰ کیلوگرم ازت بر هکتار در سال (۲تا ۲/۵ میلی‌گرم بر لیتر) برآورد کرده‌اند. این رقم برای آمونیوم حدود ۹۰ تا ۳۰۵ میلی‌گرم بر لیتر بوده است. در مطالعه‌ای کیفیت شیمیایی آب‌های زیرزمینی در مجاورت محل دفن مواد زائد جامد شهر گرگان با آب چاه‌های بالادست محل دفن بررسی گردید. نتیجه این مطالعه نشان داد که جهت کلی جریان آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه از جنوب به سمت شمال است و نفوذ شیرابه زباله‌ها به آب‌های زیرزمینی این منطقه سبب آلودگی آب چاه‌های مجاور محل دفن زباله شده است. Raghimi *et al.* (2004) در بررسی و ارزیابی آلودگی شیمیایی منابع آب زیرزمینی مناطق پایین‌دست محل دفن زباله شهر سنندج بـه این نتیجه رسیدند که آب چاه‌های منطقه مورد مطالعه به‌دلیل بالا بودن مقادیر اکثر پارامترهای شیمیایی اندازه‌گیری شده، قابل شرب نیست. ولی از لحاظ استفاده در کشاورزی و آبیاری محدودیتی ندارند (Rezaei *et al.*, 2010). کادمیم و سرب از مهمترین آلاینده‌های سمی هستند که از منبع‌های گوناگون به محیط‌زیست، پیکره گیاه و در نهایت به زنجیره غذایی انسان‌ها و حیوانات راه می‌یابد و خسارت‌های جدی به بار می‌آورند (Khodaverdi, 2006). از طرفی سرب از جمله فلزهایی است که عوارض سوء بسیاری بر سلامت انسان بر جای می‌گذارد که توسط انسان به طرق مختلف وارد محیط می‌شود (Abdollahi, 2015). کارشناسان سازمان بهداشت جهانی پیشنهاد کردند که غلظت کادمیوم در آب آشامیدنی نباید از ۵ نانوگرم تجاوز کند(WHO, 1997). در استاندارد سازمان جهانی بهداشت در سال ۱۹۹۶، غلظت سرب در آب آشامیدنی به ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر محدود شده است. روی عنصری ضروری برای تمامی ارگانیسم‌های زنده است. مسمومیت با روی سبب اختلال در سیستم گوارش و تب می‌شود (Karbasi *et al.*, 2010). نیمه عمر روی باقی‌مانده در بدن انسان، یک سال است. برخی از عوارض نامطلوب آن مسمومیت، تب، دل پیچه، تهوع، اسهال و استفراغ می‌باشند (Ahmadizadeh-Fini *et al.*, 2014). برخی از مصادیق مس با منشاء فعالیت‌های انسانی شامل استخراج معادن، تولید فلزها، چوب و کودهای فسفاته می‌باشد. گل و لای حاوی مس در کناره‌های رودخانه‌ها ته‌نشین می‌شود که منشاء آن‌ها مواد دور ریختنی موجود در فاضلاب است (Anonymous, 2014). وجود مس به مقدار بالا سبب ایجاد بیماری‌هایی از قبیل کم‌خونی، تغییر در استخوان‌ها، افزایش کلسترول و سبز شدن رنگ موها در بدن و نیز گاهی منجر به مرگ می‌شود (Farias *et al.*, 2003; Mukherjee *et al.*, 2006) در این پژوهش هدف بررسی تاثیر دفن زباله شهرستان آزادشهر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی از طریق پایش غلظت فلزهای سنگین در آب چاه‌های بالادست و پایین‌دست اطراف منطقه لندفیل می‌باشد. در تحقیقی

Kwame Boateng *et al.* (2019) به ارزیابی اثرهای آلودگی فلزهای سنگین در کیفیت آب‌های زیرزمینی در محل دفن زباله اوتی در کوماسی پرداختند. نتایج نشان داد که بجز روی و مس، میانگین غلظت سرب، آهن، کادمیوم و کروم بالاتر از حد قابل قبول سازمان بهداشت جهانی برای آب آشامیدنی بود. همچنین Modabber *et al.* (2018) به بررسی کیفیت آب‌های زیرزمینی اطراف ایستگاه انتقال پسماند شهری اردبیل پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ایستگاه انتقال پسماند شهری اردبیل تاثیر چندانی بر کیفیت آب‌های زیرزمینی اطراف آن ایجاد نکرده است. در پژوهشی دیگر Dadsetan *et al.* (2017) به بررسی تاثیر شیرابه محل دفن زباله بجنورد بر آب‌های زیرزمینی با تاکید بر غلظت فلزهای سنگین پرداختند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بنابر استاندارد آب آشامیدنی ایران و استاندارد خروجی فاضلاب سازمان محیطزیست، کلیه نمونه‌های گرفته شده آلوده هستند. مطالعات نشان داد که شرایط زمین‌شناختی و هیدروژیولوژیکی محل دفن، نقش مهمی در گسترش آلودگی دارد. همچنین نمونه‌های به‌دست آمده از چشمه‌ها به‌دلیل نزدیکی به جایگاه دفن و آلودگی توسط رواناب سطحی، از دیگر نمونه‌ها آلوده‌تر هستند. در تحقیقی Jafari *et al.* (2016) به بررسی آلایندگی فلزهای سنگین در پایین‌دست محل دفن زباله‌های شهری اردبیل پرداختند. روند تغییرات غلظت عنصرهای سرب، روی وکادمیوم در نمونه‌های آب بیانگر آلودگی آب در چاه‌های نمونه‌برداری شده بود. محل دفن در مکانی با شیب زیاد و خاک‌های شنی و کم‌عمق واقع شده که سبب انتشار شیرابه و آلودگی گسترده خاک و آب‌های منطقه شده بود.

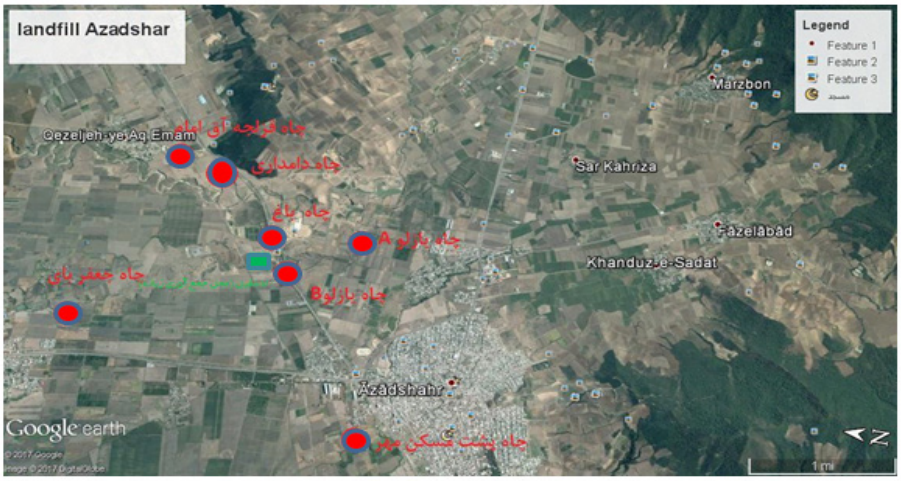
مواد و روش‌ها

محدوده انجام تحقیق

شهرستان آزادشهر یکی از شهرستان‌های استان گلستان می‌باشد. مرکز این شهرستان، شهر آزادشهر است. جمعیت این شهرستان در سال ۱۳۹۵ معادل ۹۶۸۰۳ نفر می‌باشد. مساحت آن ۸۵۲ کیلومتر مربع می‌باشد. شهرستان آزادشهر بیش از ۵۲ درصد معادن فعال استان گلستان را در بر دارد. موقعیت چاه‌های مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. عمر محل تلنبار زباله حدود ۶ سال می‌باشد که با توجه به مکانیزه نبودن سیستم دریافت زباله مقدار ورودی روزانه زباله به سایت ثبت نمی‌شود.

آماده‌سازی نمونه‌ها

در این تحقیق به‌منظور بررسی میزان غلظت فلزهای سنگین در منابع آب‌های زیرزمینی اطراف محل دفن زباله شهرستان آزادشهر، با توجه به شیب عمومی منطقه، نمونه‌برداری آب از ۷ حلقه چاه عمیق شرب و کشاورزی در حال بهره‌برداری در بالادست (چاه یازرلو A و چاه یازرلو B) و پایین‌دست (چاه جعفربای، مسکن مهر، قزلجه، دامداری،



شکل ۱- موقعیت شهرستان آزادشهر و چاه‌های آب و لندفیل (چاه ● لندفیل ■)

Fig. 1- Location of Azadshahr city, water wells and the landfill (well ● landfill ■)

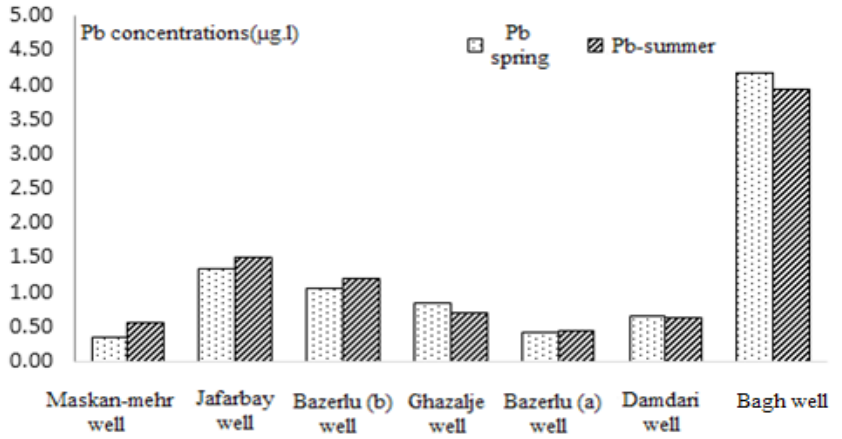
چاه باغ) محل دفن زباله انجام شد. نمونه‌برداری در فصل بهار و تابستان سال ۱۳۹۶ به‌صورت هر فصل یک نمونه انجام شد. نمونه‌برداری در بطری‌های شیشه‌ای مطابق روش استاندارد متد برداشته شد و در مجاورت یخ، بلافاصله به آزمایشگاه شیمی آب و فاضلاب دانشکده بهداشت منتقل شد. پس از تهیه محلول استاندارد خاص هر یک از عنصرهای سنگین، با استفاده از دستگاه پلاروگراف متروم ساخت کشور سوئیس غلظت عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی نمونه‌ها بر حسب میکروگرم در لیتر خوانده شد. پس از تعیین غلظت پارامترهای بالا و آنالیزهای آماری و رسم گراف‌های مربوطه توسط نرم‌افزارهای Excel و SPSS نسبت به تحلیل نتایج و مقایسه غلظت‌ها در پایین‌دست و بالادست اقدام گردید.

نتایج و بحث

نتایج غلظت فلزهای سنگین در آب چاه‌های اطراف لندفیل

همان‌طور که شکل (۲) نشان می‌دهد بیشترین میزان سرب مربوط به چاه باغ در پایین‌دست و کمترین آن مربوط به چاه مسکن مهر واقع در پائین‌دست در فصل بهار به‌ترتیب با مقادیر ۴/۳۴ و ۰/۳۶ میکروگرم در لیتر می‌باشد.

به‌طور کلی میزان سرب آب چاه‌های اطراف لندفیل۱/۲ ±۱/۳ میکروگرم در لیتر می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور بیشترین میزان سرب برای

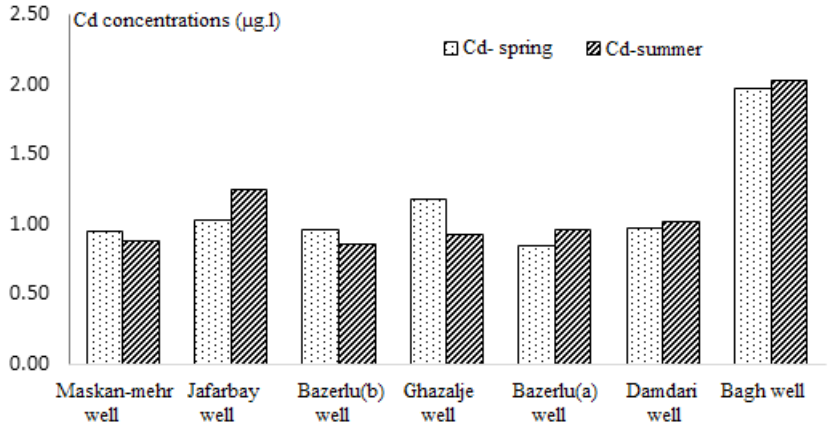


شکل ۲- نمودار میزان سرب (µg/l) آب چاه‌های اطراف لندفیل در دو فصل بهار و تابستان ۹۶

Fig. 2- Chart of lead level (µg/l) in water wells around the landfill in the spring and summer of 2016

آب‌های شرب ۱۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد که با این حساب میزان سرب آب چاه‌های اطراف در محدوده مجاز قرار می‌گیرد. این در حالی است که در تحقیق‌های Baghvand *et al.* (2015) در مورد چاه‌های اطراف محل دفن زباله در تاکستان واقع در جنوب شرقی قزوین نتایج سرب بسیار نامطلوب و در حدود ۳۰۰ برا بر حداکثر مجاز استاندارد بود. هر چند اختلاف آماری معنی‌داری بین سرب آب‌های بالادست با پایین‌دست از لحاظ آماری وجود ندارد، ولی مقدار آن در چاه‌های پایین‌دست حدود ۱/۸ برابر نسبت به چاه‌های بالادست می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل نفوذ مواد آلی شیرابه به آب‌های زیرزمینی باشد (Mor *et al.*, 2006). همان‌گونه که شکل (۳) نشان می‌دهد بیشترین میزان کادمیوم مربوط به چاه باغ در پایین‌دست در فصل تابستان و کمترین آن مربوط به چاه یارزلو A، واقع در بالادست در فصل بهار با مقادیر به‌ترتیب ۲/۰۴ و ۰/۸۵ میکروگرم در لیتر می‌باشد.

به‌طور کلی میزان کادمیوم آب چاه‌های اطراف لندفیل ۰/۳۷ ±۱/۱ میکروگرم در لیتر می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور میزان حداکثر مجاز کادمیوم برای آب‌های شرب ۳ میکروگرم در لیتر است. با این حساب کادمیوم آب چاه‌های اطراف در محدوده مجاز برای همه استانداردهای بیان شده قرار می‌گیرد (WHO, 2004). هر چند اختلاف آماری معنی‌داری بین کادمیوم آب‌های



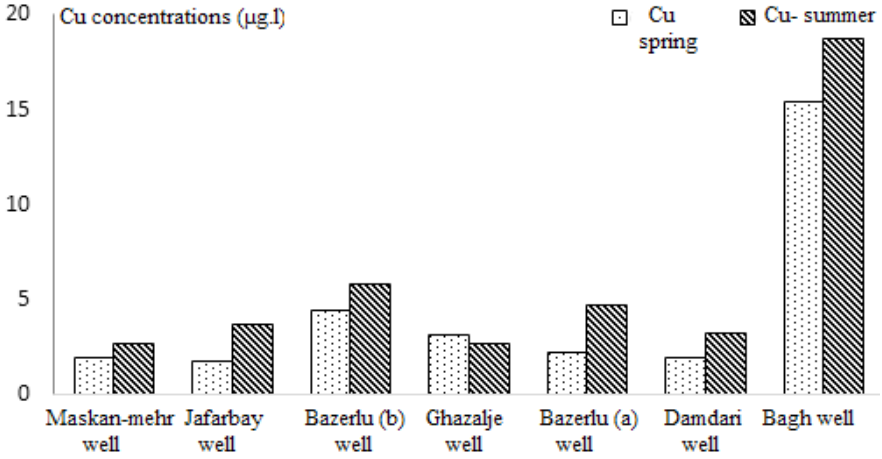
شکل ۳- نمودار میزان کادمیوم (µg/l) آب چاه‌های اطراف لندفیل در بهار و تابستان ۶۹

Fig. 3- Chart of Cd level (µg/l) of water wells around the landfill in the spring and summer 2016

بالادست با پائین‌دست از لحاظ آماری وجود ندارد، ولی مقدار آن در چاه‌های پائین‌دست حدود ۱/۳ برابر نسبت به چاه‌های بالادست می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل نفوذ مواد آلی شیرابه به آب‌های زیرزمینی باشد. در مطالعه حاضر غلظت کادمیوم در چاه‌های مورد بررسی ۱/۱۴ میکروگرم در لیتر با انحراف معیار ۰/۳۷ بوده است که این مقدار زیر حد استاندارد می‌باشد (Iranian National Standard, 1985). در شکل شماره (۴) بیشترین میزان مس در فصل تابستان و مربوط به چاه باغ در پایین‌دست و کمترین آن مربوط به چاه جعفر بای واقع در پائین‌دست با مقادیر به‌ترتیب ۱۸/۸ و ۱/۷۶ میکروگرم در لیتر می‌باشد.

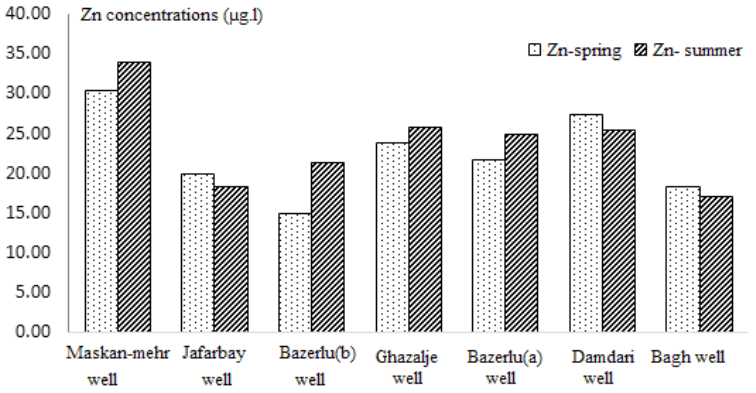
میزان مس در آب چاه‌های اطراف لندفیل ۵/۲۱ ±۵/۲۲ میکروگرم در لیتر می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور و WHO میزان حداکثر مجاز مس برای آب‌های شرب به‌ترتیب۲ میلی‌گرم در لیتر و ۱میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که با این حساب، مس آب چاه‌های اطراف در محدوده مجاز قرار می‌گیرند. همانطور که در شکل (۵) مشخص است بیشترین میزان روی مربوط به چاه مسکن مهر در پایین‌دست و کمترین آن مربوط به چاه یازرلو B واقع در بالادست با مقادیر به‌ترتیب ۳۴ و ۱۵/۰۴ میکروگرم در لیتر می‌باشد.

به‌طور کلی میزان روی آب چاه‌های اطراف لندفیل ۵/۳۱ ± ۲۳/۱ میکروگرم بر لیتر می‌باشد که از لحاظ آماری تفاوتی بین فصل بهار و تابستان وجود ندارد. مطابق استاندارد ۱۰۵۳ کشور میزان حداکثر مجاز روی برای آب‌های شرب معادل ۳ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد



شکل ۴- نمودار میزان مس (µg/l) آب چاه‌های اطراف لندفیل در دو فصل بهار و تابستان ۹۶

Fig. 4- Chart of Cu level (µg/l) of wells' water around the landfill in the spring and summer of 2016



شکل۵- نمودار میزان روی (µg/ l) آب چاه‌های اطراف لندفیل در دو فصل بهار و تابستان ۹۶

Fig. 5- Chart of Zn level (µg/l) of wells' water around the landfill in the spring and summer of 2016

جدول ۱- مقادیر مانگین پارامترهای فلزهای سنگین آب چاه‌های بالادست و پائین‌دست لندفیل

Table 1. The mean values of heavy metals in wells' water upstream and downstream of the landfill

		کادمیوم (میکروگرم بر لیتر) Cd (µg/L)	سرب (میکروگرم بر لیتر) Pb (µg/L)	روی (میکروگرم بر لیتر) Zn (µg/L)	مس (میکروگرم بر لیتر) Cu (µg/L)
بالادست Upstream	میانگین Mean	0.95	0.8	20.75	4.37
	انحراف معیار Std.	0.05	0.4	4.14	1.50
	مینیمم Min	0.9	0.4	15	2.30
	ماکسیمم Max	1	1.2	24.90	5.90
پایین دست Downstream	میانگین Mean	1.22	1.5	24.14	5.56
	انحراف معیار Std.	0.42	1.44	5.60	6.16
	مینیمم Min	0.9	0.4	17.20	1.80
	ماکسیمم Max	2	4.3	34	18.8
کل Total	میانگین Mean	1.14	1.3	23.17	5.22
	انحراف معیار Std.	0.37	0.25	5.31	
	مینیمم Min	0.9	0.4	15	1.80
	ماکسیمم Max	2	4.3	34	18.8

(Iranian National Standard, 1985) و دیگر استانداردها عددی را گزارش نکرده‌اند. با این حساب، روی آب چاه‌های اطراف در محدوده مجاز قرار می‌گیرد. هر چند اختلاف آماری معنی‌داری بین روی آب‌های بالادست با پائین‌دست از لحاظ آماری وجود ندارد، ولی مقدار آن در چاه‌های پائین‌دست حدود ۱/۱۶ برابر نسبت به چاه‌های بالادست می‌باشد که می‌تواند به‌دلیل نفوذ مواد آلی شیرابه به آب‌های زیرزمینی باشد.

جدول ۲- آزمون آماری t مستقل میان پارامترهای آب در چاه‌های بالادست و پائین‌دست لندفیل
Table 2. Independent t-test between the water parameters in wells upstream and downstream of the landfill

پارامتر Parameter	اختلاف میانگین Mean difference	حد بالایی فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪ Upper (95% C. I)	حد پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪ Lower (95% C. I)	درجه آزادی df	t	P-value
Cd (µg/l)	-0.27	0.20	-0.74	12	-1.24	0.23
Pb (µg/l)	-0.7	0.93	- 2.33	12	-0.93	0.36
Zn (µg/l)	-3.39	3.41	-10.19	12	-1.08	0.29
Cu (µg/l)	-1.18	5.76	-8.13	12	-0.37	0.71

جدول ۳- مقادیر میانگین پارامترهای شیمیایی آب چاه‌های اطراف لندفیل در دو فصل
Table 3. Average values of chemical parameters of water in the wells around the landfill in two seasons

پارامتر(میکروگرم بر لیتر) Parameter	فصل Season	میانگین Mean	N	انحراف معیار Std.deviation
کادمیوم Cd (µg/l)	بهار Spring	1.15	7	0.38
	تابستان Summer	1.12	7	0.39
سرب Pb (µg/l)	بهار Spring	1.30	7	1.37
	تابستان Summer	1.30	7	1.24
روی Zn (µg/l)	بهار Spring	22.44	7	5.30
	تابستان Summer	23.90	7	5.64
مس Cu (µg/l)	بهار Spring	4.45	7	4.91
	تابستان Summer	5.98	7	5.76

جدول ۴- آزمون آماری t مستقل میان پارامترهای آب در چاه‌های لندفیل میان دو فصل
Table 4. Independent t-test between water parameters in the landfill wells between two seasons

پارامتر Parameter	اختلاف میانگین Mean difference	حد بالایی فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪ Upper (95% C. I)	حد پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵٪ Lower (95% C. I)	درجه آزادی df	t	P-value
Cd (µg/l)	0.28	0.48	-0.42	12	0.13	0.89
Pb (µg/l)	0.00	1.52	- 1.52	12	0.00	1.00
Zn (µg/l)	-1.45	4.91	-7.83	12	-0.49	0.62
Cu (µg/l)	-1.52	4.71	-7.77	12	-0.53	0.60

نتایج آماری اختلاف کل پارامترهای کیفی آب چاه‌های بالادست و پایین‌دست لندفیل

در (جدول ۱) مقادیر میانگین فلزهای سنگین آب چاه‌های بالادست و پایین‌دست لندفیل نشان داده شده است. همچنین در (جدول ۲) آزمون آماری t مستقل میان پارامترهای بالادست و پایین‌دست تجزیه و تحلیل شده است.

جدول ۵- آزمون آماری همبستگی اسپیرمن میان کل پارامترهای کیفی آب چاه‌ها
Table 5. Spearman correlation test among the total water quality parameters of wells

پارامتر (میکروگرم بر لیتر) Parameter (µg/l)		Cd	Pb	Zn	Cu
Cd	Correlation	1.00			
	Sig				
	N	14			
Pb	Correlation	0.603*	1.000		
	Sig	0.22			
	N	14	14		
Zn	Correlation	-0.511	-0.736**	1.000	
	Sig	0.062	0.003		
	N	14	14	14	
Cu	Correlation	0.423	0.517	-0.575*	1.00
	Sig	0.131	0.058	0.032	
	N	14	14	14	14

*معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ درصد **معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ درصد

بنابر مقدار میانگین محاسبه شده در (جدول۱) همه ۴ پارامتر اندازه‌گیری شده فلزهای سنگین در چاه‌های پایین‌دست لندفیل بیشتر از مقادیر چاه‌های بالادست می‌باشد، ولی از لحاظ آماری اختلاف این پارامترها در آب چاه‌های بالادست با پایین‌دست معنی‌دار نمی‌باشد. بدین معنی که لندفیل سبب افزایش فلزهای سنگین در آب چاه‌های پایین‌دست نشده است.

نتایج اختلاف آماری کل پارامترهای کیفی آب چاه‌ها در فصل بهار و تابستان

در (جدول۳) مقادیر کل پارامترهای شیمیایی آب چاه‌های بالا دست و پایین‌دست لندفیل در دو فصل بهار و تابستان نشان داده شده است. همچنین در (جدول۴) آزمون آماری t مستقل میان پارامترهای آب کل چاه‌ها در دو فصل بهار و تابستان تجزیه و تحلیل شده است. نتایج این دو جدول نشان می‌دهد، بین مقادیر همه فلزهای سنگین در کل چاه‌ها در دو فصل بهار و تابستان اختلاف معنی‌داری وجود ندارد.

آزمون همبستگی کل پارامترهای شیمیایی آب چاه‌های اطراف لندفیل

آزمون آماری همبستگی ناپارامتری اسپیرمن میان کل پارامترهای آب همه چاه‌ها در (جدول ۵) نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد بین پارامترهای سرب - کادمیوم، روی- سرب، مس - روی ارتباط معنی‌دار وجود دارد. به‌طوری که این ارتباط بین سرب - کادمیوم مثبت می‌باشد و بدین معنی است که افزایش یکی سبب افزایش دیگری شده است. به‌عبارت دیگر منبع ورود آلاینده مشترک است که می‌تواند همان شیرابه زباله باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت پارامترهای شیمیایی آب چاه‌های اطراف لندفیل در زیر حد استاندارد آب شرب کشور قرار دارد و غلظت فلزهای سنگین کادمیوم، سرب، روی و مس کمتر از حد استاندار می‌باشد. در تحقیق Shirani *et al*. (2013) در مورد ارزیابی و شناخت وضعیت کیفی و عامل‌های تهدید منابع آب زیرزمینی منطقه ۱۴ شهرداری تهران نتایج نشان داد میزان غلظت فلزهای سنگین با استانداردهای آب آبیاری مقایسه، بجز کادمیوم، پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد (Shirani *et al.*, 2013). همچنین Maiti *et al*. (2017) به ارزیابی تأثیر شیرابه دفن زباله بر کیفیت آب‌های زیرزمینی در کلکته هند پرداختند. نتایج نشان داد بیشتر نمونه‌های آب‌های زیرزمینی با جیوه، سرب، کادمیوم، کروم، آهن و منگنز آلوده شدند. در مطالعه Baghvand *et al*. (2015) در تاکستان با مقایسه‌ی مقادیر پارامترهای کیفی در شیرابه با استاندارد ملی تخلیه به آب‌های سطحی و چاه‌های جاذب، نشان داد که شیرابهٔ لندفیل تاکستان در سال‌های ۱۳۸۳ و ۱۳۹۳ دارای مقادیری بیش از استاندارد ملی تخلیه بوده است. همچنین، مقایسهٔ نتایج آنالیز

پارامترهای کیفی آب‌های زیرزمینی محدودهٔ مطالعاتی بیانگر افزایش شایان توجه بر خیل آلاینده‌ها بویژه فلزهای سنگین بوده است. دلیل احتمالی این امر می‌تواند نشت شیرابه به محیط و نفوذ به منابع آب‌های زیرزمینی مجاور لندفیل باشد (Baghvand *et al*., 2015). بنابر نتایج به‌دست آمده از مطالعه حاضر، غلظت همه پارامترهای کمی در چاه‌های پایین‌دست بیشتر از چاه‌های بالادست اندازه‌گیری شد. از آنجایی که آزادشهر یک منطقه کشاورزی است. بنابراین آلودگی آب‌های زیرزمینی که در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌تواند منجر به انتقال فلزهای سنگین از طریق محصول‌های کشاورزی به انسان گردد، بنابراین باید تمهیدات سختگیرانه‌ای برای جلوگیری از آب‌های زیرزمینی منطقه اعمال نمود.

سپاسگزاری

سپاس از سرکار خانم بیرامی مسئول آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی گرگان که در این پژوهش همراهمان بودند.

پی‌نوشت‌ها

[1] Metrohm Polarograph

[2] World Health Organization

[3] Landfill

[4] Lagoon

منابع

Abbasi, S., Mohammadi, K., Kholghi, M. and Harward, K., 2013. Aquifer vulnerability assessments using DRAStIC. Weights of Evidence and the Analytic Element Method Hydrological Science Journal. 58, 186-197.

Abdollahi, S., 2015. The studing of falling dust quantitative changes of Zahedan during winter 2014-Spring 2015. MSc. Thesis. Yazd University, Iran.

Abedi Kohpayi, J., 2001. Impact of Mashhad Landfill on ground water contamination. 4th National Conference on Environmental Health. 21th March, Yazd, Iran. pp. 714-720. (In Persian with English abstract).

Ahmadizadeh Fini, A., Razmand, N. and Zamani, A.A., 2014. Investigating the concentration of heavy metals (cadmium, lead, zinc) in drinking water supply sources in Bandar Abbas villages. Hormozgan Medical Journal. 18(3), 239-245. (In Persian with English abstract).

Baghvand, A., Nasirzadeh, R., Abdoli, M.A. and Vosough, A., 2015. Contamination of groundwater around landfills (case study: Takestan landfill). Ecology. 41, 909-921. (In Persian with English abstract).

Anonymous, 2014. Copper and the Environment. Available online at: http://www.ngdir.ir/GeoportalInfo/PSubjectInfo Detail. Asp PID=161.

Dadsetan, A., Khorsandi-Aghaie, A., Yaghoubi, M. and Mousavi, M., 2017. The impact of landfill leachate on groundwater Bojnoord with an emphasis on heavy metal concentrations. In Proceedings 4th International Conference on Environmental Planning and Management, 23th- 24th May, Faculty of Environment, University of Tehran. (In Persian with English abstract).

Ebrahimi, A., Ahrampoosh, M.H., Ghaneian, M.T. and Davari, M., 2010. Evaluation of chemical quality of groundwater near the landfill site of Yazd city in 2009. Journal of Health Research. 6, 1048- 1056. (In Persian with English abstract).

Farias, S.S., Casa, V.A., Vázquez, C., Ferpozzi, L., Pucci, G.N. and Cohen, I.M., 2003. Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain. Science of the Total Environment. 309(1-3), 187-199.

Harter, T., 2003. Groundwater Quality and Groundwater Pollution. UCANR Publications, University of California, USA.

Anonymous, Iranian National Standard (INS), 1985. The characteristics of drinking water in the institute standard and industrial research of Iran 4th Standard No. 1053. Available online at: https://vct.iums.ac.ir/uploads/payvast1_ab_1053.pdf.

Jafari, K., Hafezi-Moghaddas, N., Mazloumi, A.R. and Ghezee, A., 2016. Investigation of heavy metals pollution downstream of Ardabil municipal landfill. Environmental Studies. 42(3), 489-506.

Karbasi, M., Karbasi, E., Saremi, A. and Ghorbaniza-de-Kharazi, H., 2010. Determination of heavy metals concentration in drinking water resources of Aleshtar in 2009. Yafteh Journal. 12(1), 10-12. (In Persian with English abstract).

Khodaverdi, H., 2006. Modeling of green refining of contaminated soils of Cd and Pb. Ph.D. Thesis. Faculty of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Iran.

Kwame Boateng, T., Opoku, F. and Akoto, O., 2019. Heavy metal contamination assessment of groundwater quality: a case study of Oti landfill site, Kumasi. Applied Water Science. 9, 1-15.

Maiti, D., Hazra, S.K. and Dutta, A., 2017. Evaluation of the impact of landfill leachate on groundwat quality in Kolkata, India. Pollution. 3(3), 443- 452.

Modabber, B., Alighadri, M. and Rahmani, K., 2018. Evaluation of groundwater quality around the solid waste transfer station Ardabil. Journal of Environmental Health Engineering. 5(3), 277-85. (In Persian with English abstract).

Mor, S., Ravindra, K., Dahiya, R.P. and Chandra, A., 2006. Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site. Environemntal Monitoring Assessessment. 118(1–3), 435–456.

Mukherjee, A., Sengupta, M.K., Hossain, M.A., Ahamed, S., Das, B. and Nayak, B., 2006. Arsenic contamination in groundwater: a global perspective with emphasis on the Asian scenario. Journal of Health, Population and Nutrition. 24(2), 142-163.

Pishkar Dehkordi, A.R., 2004. Survey the possible effects of industrial wastewater disposal lagoon steel on groundwater chemical quality of the surrounding. MSc. Thesis. Isfahan University of Medical Sciences, MUI, Iran.

Rahimi, M., 2000. Need for standardization of urban waste management system. The first Conference to Promote the Development and Standard, 23th-24th October, Institute of Iran Standards and Industrial Research, Tehran, Iran. pp. 289-292.

Rajkumar, N., Subramani, T. and Elango, L., 2010. Groundwater contamination due to municipal Solid waste disposal – a GIS based study in erode city. International Journal of Environmental Science. 1, 39-54.

Raghimi, M.M., Shahpasandzadeh, M. and Seyed khademi, S.M., 2004. Investigation of the chemical quality of groundwater near the solid waste landfill site of Gorgan. Journal of Environmental Research. 35, 77-84. (In Persian with English abstract).

Rezaei, R., Maleki, A., Safari, M. and Ghavami, A., 2010. Assessment of chemical pollution of groundwater resources in downstream areas of Sanandaj city landfill. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences. 15, 89-98. (In Persian with English abstract).

Shirani, Z., Abbaspour, M., Javid, A.M. and Taghavi, L., 2013. Assessment of groundwater pollution sources in the urban environment (case study: Tehran Municipality of District 14). Journal of Human & Environment. 11(24), 1-16. (In Persian with English abstract).

Wakida, F.T. and Lerner, D.N., 2005. Non-agricultural sources of groundwater nitrate: a review and case study. Water Research. 39, 3-16.

WHO, 2004. Guidelines for drinking-water quality, World Health Organization. Available online at: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/GDWQ2004web.pdf.

WHO, 1997. Drinking water quality guidelines _ recommendations. Available online at: https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edaddvol2a.pdf.

Environmental Sciences Vol.18/ No.1/ Spring 2020

151-164

Evaluation of the effects of landfill on the concentration of heavy metals in groundwater (case study: Azadshahr)

Sara Abdollahi*[1], Seyed Mohammad Hossein Hosseini[2], Reyhane Dehghan[3]

[1]Department of Environment, Faculty of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

[2]Department of Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Non-Profit Higher Education Institute Lamie Gorgani,Gorgan, Iran

[3]Department of Environment, Faculty of Environmental Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2018.09.09 Accepted: 2019.12.23

Abdollahi, S., Hosseini, S.M.H. and Dehghan, R., 2020. Evaluation of the effects of landfill on the concentration of heavy metals in groundwater (case study: Azadshahr). Environmental Sciences. 18(1): 151-164.

Introduction: Monitoring the quality of groundwater around the landfill is very important for environmental health. Due to the increase in the population and their living standards and technological advances, the amount of solid wastes from human and industrial activities are increasing. The aim of this study was to investigate the amount of heavy metals e.g. lead, cadmium, copper, and zinc in water wells near Azadshahr landfill (Golestan Province).

Material and methods: In this research, to investigate the concentration of heavy metals in groundwater resources around the landfill site of Azadshahr city, sampling of water was carried out from seven deep wells around the landfill site in spring and summer of 2016. Sampling was carried out in accordance with standard methods. Samples were immediately transferred to the water and wastewater laboratory of the School of Public Health in Gorgan University of Medical Sciences, in glass bottles surrounded by ice. After preparation of the standard solution of each heavy element, the concentration of lead, cadmium, copper and zinc elements was read in micrograms per liter using the metrological polarogram. After determining the concentration of the above parameters, statistical analysis and drawing of the corresponding graphs were performed by Excel and SPSS software to analyze the results and compare the concentrations in downstream and upstream.

Results and discussion: The results showed that the amount of lead in the wells around the landfill was 3.1± 2.1

*Corresponding Author. *Email Address*: sara.abdollahi@stu.malayeru.ac.irac.ir

μg/l and cadmium content was 1.1± 0.37 μg/l, which was not statistically different between spring and summer. According to the standard of 1053 countries, the maximum lead and cadmium levels for drinking water are 10 and 3 μg/l, respectively, which demonstrates that our calculations are within the allowable range. The copper content of wells around landfill was 5.22 ± 5.21 μg/l and there was no statistical difference between spring and summer. Also, according to the standard of 1053 countries and WHO, the maximum allowable amount of copper for drinking water is 2 and 1 mg/l, respectively. So, the copper content of the studied water was within the allowable range. Although there was no statistically significant difference between upstream and downstream copper, its content in downstream wells was about 1.27 times more than that of upstream wells. This may be due to the organic matter penetration into the groundwater. The amount of zink in the wells around the landfill was 23.1 ± 5.31 μg/l, which was not statistically different between spring and summer. According to the standard of 1053 countries, the maximum allowable amount of zink for drinking water is 3 mg/l. Although there was no statistically significant difference between the upstream and downstream waters, its value in the downstream wells was about 1.16 times higher than that of the upstream wells, which can still be due to infiltration organic substances leach into the groundwater.

Conclusion: The results of this study showed that the concentration of chemical parameters of water wells around the landfill was below the drinking water standard of the country. Also, the concentration of all elements in downstream wells was calculated more than the upstream wells. Since Azadshahr is an agricultural area, contaminated groundwater that is used in agriculture can transfer heavy metals to humans through agricultural products and, therefore, strict measures should be taken to prevent groundwater contamination in the area.

Keywords: Landfill, Cadmium, Azadshahr, Lead.