مجله علمی پژوهشی مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و ششم، زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۲
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۹/۰۳/۰۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۰۳
صفحات: ۱۲۸ - ۱۱۱

مقاله (علمی پژوهشی)

# تأثیر شیرابه دفن زباله اراک بر کیفیت آب های زیرزمینی دشت امان آباد اراک از نظر فلزات سنگین

فریدون قدیمی*[1]، پگاه جوادی شریف[2]

۱*. دانشیار، مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اراک
۲. کارشناسی ارشد، مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی اراک

## چکیده

کیفیت آب زیرزمینی دشت امان آباد اراک از نظر فلزات سنگین (جیوه، آرسنیک، سرب، روی، مس، نیکل و کبالت) بر روی ۱۲ حلقه چاه شرب در پایین دست محل دفن زبالهٔ اراک در دو سال ۷۶ و ۹۶ مقایسه شدند. مقایسهٔ غلظت فلزات سنگین آب چاه ها با استاندارد شرب حاکی از آلوده نبودن آب ها به جیوه، روی، مس، نیکل و کبالت در دو سال مورد نظر است. آب ها آلودگی به عنصر آرسنیک در سال ۹۶ و سرب در سال های ۷۶ و ۹۶ نشان دادند. شاخص آلودگی فلزی آرسنیک و سرب در آب چاه ها در سال ۹۶ بیش از ده برابر آن در سال ۷۶ است. ۵۸ درصد از آب چاه های شرب با درجهٔ آلودگی متوسط در سال ۷۶ دارای درجهٔ آلودگی زیاد در سال ۹۶ بودند. بررسی غلظت آرسنیک و سرب در شیرابه و خاک محل دفن زبالهٔ اراک نشان داد که مقدار آنها بیش از ۵۰ برابر استاندارد آب و حتی آب شرب دشت امان آباد بود. این بررسی نشان داد آرسنیک و سرب آب چاه های منطقه ناشی از شیرابهٔ دفن زباله است. سرب همچنین از ته نشست های اتمسفری صنایع اطراف و تردد وسایط نقلیه منطقه حاصل شده است. بنابراین، بایستی اقدامات لازم جهت کاهش آرسنیک و سرب در محل دفن زباله های جامد شهری اراک و همچنین صنایع و حمل و نقل شهری صورت گیرد.

واژگان کلیدی: آلودگی آب زیرزمینی، فلزات سنگین، شاخص های آلایندگی، دفن زبالهٔ اراک، دشت امان آباد.

*- فریدون قدیمی (نویسنده مسئول) Email: Ghadimi@Arakut.ac.ir

**مقدمه**

تولید پسماندهای جامد مهمترین مشکل محیطی و بهداشتی در دنیا و خصوصاً جوامع در حال توسعه است. رشد سریع فعالیت های شهری، کشاورزی و صنعتی هم زمان با رشد جمعیت، انبوهی از زباله تولید می نماید (اکوتیون[۱] و همکاران، ۲۰۱۱). محل های دفن روباز، قدیمی ترین و فراوان ترین محل های دفن زباله های جامد در دنیا هستند. دفن های روباز کنترل نشده می توانند تاثیر ناخوشایندی بر محیط و بهداشت انسان وارد آورند (دانگ[۲] و همکاران، ۲۰۰۸). از مهمترین ترین خطر های دفن زباله بر بهداشت انسان می توان آلودگی آب های زیرزمینی ناشی از شیرابهٔ زباله ها را نام برد (جهامنانی[۳] و سینق، ۲۰۰۹). شیرابه زمانی ایجاد می شود که آب وارد محل دفن زباله شده و آلاینده ها به داخل مایع راه یافته و محلول مورد نظر جریان یابد. شیرابهٔ حاصل از پسماندهای جامد حاوی عناصر سنگین مس، کروم، نیکل، سرب، روی، آرسنیک و جیوه است ( عبدالسلام[۴] و ابوزاید، ۲۰۱۵). به علاوه، فلزات سنگین کادمیوم، مس، آرسنیک، سرب و کروم در محل های دفن کنترل نشده مهمترین منابع تهدید برای آب زیرزمینی محسوب می شوند. غلظت عناصر سنگین در شیرابه و آب زیرزمینی به ترکیب پسماند جامد بستگی دارد (آلکر[۵] و همکاران، ۱۹۹۵). مقدار و ویژگی های شیرابه به فاکتورهای چندی از قبیل ترکیب پسماند، اندازهٔ ذرات، درجهٔ فشردگی، هیدرولوژی محل، سن محل دفن زباله، رطوبت، درجه حرارت محل دفن و اکسیژن موجود بستگی دارد (آیمن[۶] و همکاران، ۲۰۱۶). شیرابه ضمن حرکت در خاک و آب زیرزمینی محل دفن را آلوده می کند (جهامنانی و سینق، ۲۰۰۹). شیرابه های راه یافته به آب زیرزمینی آلاینده های زیادی را وارد آب نموده که ممکن است بسیار سمّی باشند. آب های زیرزمینی مهمترین منشاء آب شرب برای بشر هستند. بیش از ۹۰ درصد آب شرب و شیرین و با کیفیت عالی برای انسان از آب زیرزمینی فراهم می شود. ترکیب شیمیایی آب زیرزمینی به عنوان منبع آب برای مصرف شرب انسان، حیوان، فعالیت های کشاورزی و صنعتی قابل توجه است ( بابیکر[۷] و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، پایش کیفیت آب زیرزمینی برای دسترسی به آب بهداشتی لازم است. آلودگی آب زیرزمینی توسط شیرابه ها توسط محققین مختلفی چون منوری و همکاران، ۲۰۰۹; کامیابی و همکاران، ۲۰۱۱; عابدین زاده و همکاران، ۲۰۱۳; شکوه و همکاران، ۲۰۱۳; جمشیدی و همکاران، ۲۰۱۴; جعفری و همکاران، ۲۰۱۶; تتا[۸] و هایکوا، ۲۰۱۷; میشرا[۹] و همکاران، ۲۰۱۸; وانگ دالا[۱۰] و همکاران، ۲۰۱۹; اوده سودربرگ[۱۱] و همکاران، ۲۰۱۹; راویندرا[۱۲] و مور، ۲۰۱۹ مطالعه شده است.

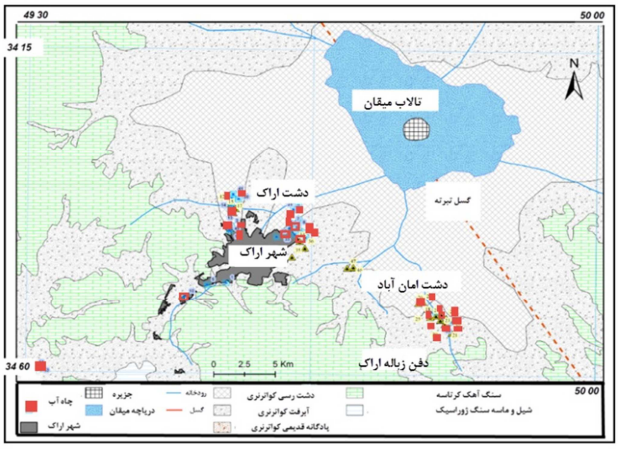
1 -Akoteyon
2 -Dong
3 -Jhamnani and Singh
4 -Abd El-Salam and Abu-Zuid
5 -Alker
6 -Aiman
7 -Babiker
8 - Teta and Hikwa
9 -Mishra
10 -Vongdala
11 -Uddh Söderberg
12 -Ravindra and Mor

هدف از این بررسی تعیین فلزات سنگین آلایندهٔ آب چاه های دشت امان اراک در مقایسه با استاندارد بین المللی شرب، ارزیابی شاخص های آلایندهٔ آب های منطقه، تعیین منابع آلاینده و تعیین نقش دفن زبالهٔ اراک در تولید فلزات سنگین آب چاه ها است.

## داده‌ها و روش‌ها

### الف: منطقهٔ مطالعه

شهر اراک یکی از شهرهای صنعتی بزرگ استان مرکزی با جمعیت بالغ بر ۶۰۰۰۰۰ نفر بوده که بخشی از منابع آب شرب نواحی آن را ۱۲ حلقه چاه موجود در دشت امان آباد با بده یک متر مکعب در ثانیه تامین می کند (شکل۱). این چاه ها در سال ۶۴ توسط سازمان آب استان مرکزی در دشت امان آباد حفر شده اند. محل دفن زبالهٔ اراک در ۲ کیلومتری بالادست چاه های آب شرب روزانه حدود ۳۵۰ تن زباله دریافت کرده که متوسط رطوبت آن ۵۶ درصد است (قدیمی و قمی، ۲۰۱۳). شیرابهٔ حاصل از تجزیهٔ زباله ها به صورت دو چشمه در خروجی دفن با بده حدود یک لیتر بر ثانیه دیده می شود. زباله ها بر روی آبرفتی به ضخامت کمتر از ۵ متر تجمع یافته که سنگ بستر آن اسلیت آهکی و غیر قابل نفوذ است. ضخامت آبرفت در خروجی محل دفن بیش از ۲۰ متر بوده و رودخانه سوارآباد از محل دفن عبور می نماید. رواناب رودخانه در تماس با محل دفن و شیرابه ورودی به آن در مواقع سیلابی به آبرفت بالادست چاه های امان آباد نفوذ نموده، لذا به عنوان پتانسیل آلاینده برای آب چاه های دشت امان آباد محسوب می شوند.




**شکل ۱: موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی آبخوان اراک**

### ب: نمونه برداری

۱۲نمونه آب با سه تکرار در پاییز سال های ۷۶ و ۹۶ از چاه های شرب دشت امان آباد اراک و همچنین دو نمونه شیرابه از محل دفن زبالهٔ اراک توسط ظروف پلی اتیلن که با اسیدکلریدریک و سپس آب مقطر شسته شده بود، برداشت گردید. جهت تعیین فلزات سنگین با دستگاه جذب اتمی، نمونه های آب به آزمایشگاه آب و فاضلاب شهری در اراک ارسال گردید. در آزمایشگاه آب ها ضمن عبور از صافی با اسید کلریدریک و اسید فلوریدریک غلیظ مخلوط

و به مدت یک ساعت در درجه حرارت ۲۰۰ سانتی گراد حرارت داده شدند تا با فرآیند انحلال به تدریج حجم آن کاهش یابد. محلول حاصل مجدداً با اسید نیتریک غلیظ و اسید پرکلریک غلیظ مخلوط و کمی حرارت داده شد (خیری و همکاران، ۲۰۱۰). سپس با اضافه کردن آب مقطر، حجم معینی به دستگاه جذب اتمی سری 240AA آجیلنت داده شد. حد دقت دستگاه برای فلزات سنگین یک میکروگرم در لیتر بود. دقت تجزیهٔ شیمیایی با خطای کمتر از ۱۰٪ مورد بررسی قرار گرفت. غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، سرب، روی، مس، نیکل و کبالت) آب چاه ها در دو سال مختلف با مقدار مجاز استاندارد بین المللی آب شرب (استاندارد بین المللی شرب[1]، ۲۰۱۷) مقایسه گردید. داده های عناصر سنگین در نرم افزار GIS پردازش تصویری و در نرم افزار Statistica نسخه ۱۰ پردازش آماری گردیدند.

**ج: شاخص های ارزیابی فلزات سنگین**

شاخص آلودگی فلزات سنگین (HPI): شاخص فلزات سنگین[2] جهت امتیاز مجموع فلزات سنگین در آب مورد استفاده قرار می گیرد. در محاسبه HPI محاسبه وزن‌های پارامتر iام و کیفیت هر یک از فلزات سنگین بر اساس شاخص هاکنسون[3] (۱۹۸۰) (Zn=1، Pb=Cu=Ni=5، As=10) است. کیفیت هر فلز با استفاده از رابطهٔ (۱) امتیاز دهی می‌شود. در این رابطه $Q_i$ زیر شاخص‌های پارامتر iام ، $W_i$ ارزش پارامترها، $M_i$ غلظت هر فلز و $S_i$ حد مجاز پارامترها یا میزان استاندارد آن عنصر را بیان می‌کند ( رضا[4] و سینق، ۲۰۱۰).

$$Q_i = \sum_{i=1}^{n} \frac{M_i}{S_i} * 100 \quad (۱)$$

در نهایت شاخص آلودگی فلزات سنگین با استفاده از رابطهٔ (۲) محاسبه شد. براین اساس، رتبهٔ هر نمونه آب از نظر کیفی عبارتند از: ۱۲۰> رتبه کم، ۱۲۰-۲۴۰ رتبه متوسط و ۲۴۰< رتبه زیاد.

$$HPI = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i Q_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} \quad (۲)$$

شاخص فلزی (MI): شاخص فلزی[5] طبق رابطهٔ (۳) جهت تخمین سریع کیفیت کلی آب آشامیدنی مورد استفاده قرار می گیرد که در آن MAC حداکثر غلظت مجاز و $C_i$ غلظت هر فلز است. هرچه غلظت فلز در مقایسه با مقدار MAC بیشتر باشد، آب از کیفیت کمتری برخوردار است. شاخص فلزی جهت تخمین کیفیت کلی آب آشامیدنی به فلزات سنگین استفاده می‌شود. شاخص فلزی برابر حد آستانهٔ آب آلوده و آب قابل استفاده است. لذا در آب‌های قابل استفاده باید مقدار شاخص فلزی که نسبت غلظت عنصر مورد نظر در نمونه و حداکثر مجاز (حداکثر غلظت مجاز بر اساس استاندارد WHO ) است کمتر از یک باشد. مقادیر بزرگ تر از یک در محدوده‌ی هشدار قرار می‌گیرند.

$$MI = \sum [C_i/(MAC)_i] \quad (۳)$$

1 -WHO
2 -Heavy Metal Index
3 -Hakenson
4-Reza and Singh
5 - Metal Index

## نتایج و بحث

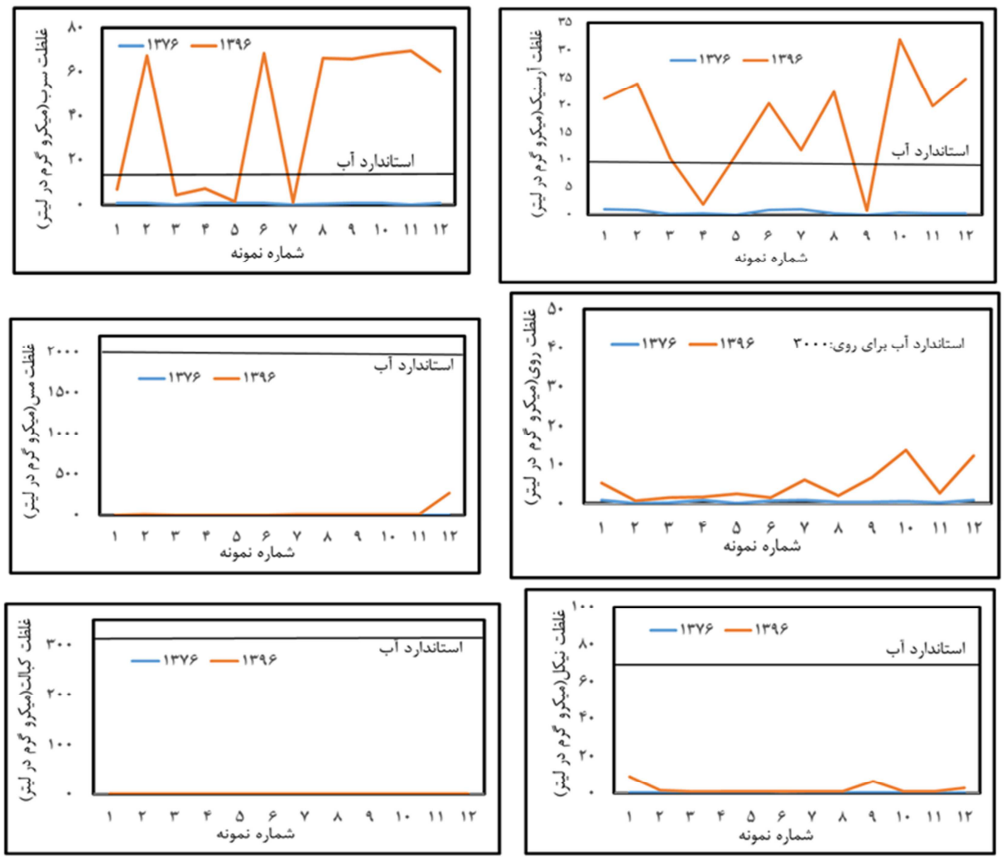
### الف: ترکیب شیمیایی آب

کلیهٔ آب چاه های شرب دشت امان آباد اراک دارای مقدار جیوهٔ کمتر از حد حساسیت دستگاه اندازه گیری بودند (کمتر از ۰/۰۱ میگرو گرم بر لیتر). میانگین غلظت آرسنیک در سال ۷۶ ( ۰/۳۹ میکروگرم بر لیتر) از استاندارد آب شرب (۱۰ میکروگرم بر لیتر) کمتر، اما این مقدار برای سال ۹۶ (۱۶/۷۰ میکروگرم بر لیتر) از استاندارد مورد نظر بیشتر بود (جدول۱). حداکثر غلظت آرسنیک نیز در سال ۷۶ با مقدار یک میکروگرم بر لیتر کمتر از استاندارد شرب بود. بنابراین، غلظت آرسنیک در هیچ یک از چاه های شرب امان آباد در سال ۷۶ از حد استاندارد بیشتر نبوده و آب چاه آلودگی به آرسنیک نشان ندادند. در حالی که، میانگین و حداکثر غلظت آرسنیک آب چاه های امان آباد در سال ۹۶ از استاندارد شرب بیشتر بود. این بررسی نشان داد ۸۳ درصد از چاه های شرب دشت امان آباد، آرسنیکی بیشتر از استاندارد شرب داشته اند. به عبارتی، مقایسهٔ میانگین آرسنیک آب چاه ها نشان داد که مقدار آرسنیک در سال ۹۶ حدود ۴۳ برابر سال ۷۶ بوده است. میانگین و حداکثر غلظت سرب به ترتیب ۰/۷۳ و ۱ میکروگرم بر لیتر آب چاه های منطقه در سال ۷۶ کمتر از استاندارد شرب بود (۱۰ میکروگرم بر لیتر). در حالی که، میانگین و حداکثر غلظت سرب برابر ۴۱ و ۷۰ میکروگرم بر لیتر آب چاه ها در سال ۹۶ بیشتر از استاندارد شرب بوده است. حدود ۵۸ درصد آب چاه های منطقه در سال ۹۶ مقدار سرب بیشتر از استاندارد نشان داده که آلوده به سرب بودند. مقایسهٔ میانگین سرب چاه ها نشان داد که مقدار سرب در سال ۹۶ حدود ۳۰ برابر سال ۷۶ بود. میانگین و حداکثر غلظت عناصر روی، مس، نیکل و کبالت آب چاه های شرب در دو سال ۷۶ و ۹۶ کمتر از استاندارد شرب بوده و آب ها نسبت به عناصر مورد نظر آلوده نبودند (جدول۱).

**جدول۱: مقایسهٔ پارامترهای آماری عناصر سنگین در آب چاه های دشت امان آباد در دو سال ۷۶ و ۹۶ (واحد ها به میکرو گرم بر لیتر)**

| متغیر | سال | میانگین | میانه | حداقل | حداکثر | انحراف معیار | چولگی | کشیدگی | استاندارد آب |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| آرسنیک | ۱۳۷۶ | ۰/۳۹ | ۰/۱۶ | ۰/۰۱ | ۱/۰۰ | ۰/۳۸ | ۰/۷۱ | -۱/۴۷ | ۱۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۱۶/۷۰ | ۲۰ | ۰/۷۵ | ۳۲ | ۹/۵۴ | -۰/۳۷ | -۰/۶۰ | ۱۰ |
| سرب | ۱۳۷۶ | ۰/۷۳ | ۰/۷۱ | ۰/۴۳ | ۱/۰۰ | ۰/۲۰ | ۰/۱۵ | -۱/۴۰ | ۱۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۴۱ | ۶۳ | ۱/۰۶ | ۷۰ | ۳۲ | -۰/۳۸ | -۲/۲۱ | ۱۰ |
| روی | ۱۳۷۶ | ۰/۶۳ | ۰/۶۴ | ۰/۲۱ | ۱/۰۰ | ۰/۲۹ | -۰/۰۱ | -۱/۸۵ | ۳۰۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۴/۷۵ | ۲/۶۰ | ۰/۷۵ | ۱۴ | ۴/۳۴ | ۱/۲۹ | ۰/۶۲ | ۳۰۰۰ |
| مس | ۱۳۷۶ | ۰/۵۵ | ۰/۵۳ | ۰/۱۶ | ۰/۹۶ | ۰/۲۸ | -۰/۰۱ | -۱/۰۲ | ۲۰۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۲۳/۶ | ۲/۲۴ | ۰/۰۷ | ۲۶۷ | ۷۷ | ۳/۴۶ | ۱۲ | ۲۰۰۰ |
| نیکل | ۱۳۷۶ | ۰/۳۲ | ۰/۳۱ | ۰/۰۵ | ۱/۰۰ | ۰/۲۶ | ۱/۶۳ | ۳/۷۶ | ۷۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۲/۱۵ | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | ۸/۹۵ | ۲/۷۴ | ۲/۰۲ | ۳/۱۳ | ۷۰ |
| کبالت | ۱۳۷۶ | ۰/۳۷ | ۰/۳۱ | ۰/۰۱ | ۰/۹۴ | ۰/۳۴ | ۰/۴۴ | -۱/۳۰ | ۳۳۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۰/۸۰ | ۰/۷۵ | ۰/۷۵ | ۱/۱۰ | ۰/۱۲ | ۲/۱۰ | ۳/۰۰ | ۳۳۰ |

در شکل۲ کلیهٔ چاه های شماره ۱، ۲، ۶، ۷، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در سال ۹۶ با توجه به استاندارد شرب، آلوده به آرسنیک و چاه های ۲، ۶، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ آلوده به سرب بودند. به عبارتی، چاه های ۲، ۶، ۸، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ آلوده به آرسنیک و همچنین سرب اند. در شکل۲ کلیهٔ چاه ها در دو سال ۷۶ و ۹۶ نسبت به استاندارد شرب فاقد آلودگی به روی، مس، نیکل و کبالت بودند. مقایسهٔ عناصر روی، مس، نیکل و کبالت در سال ۷۶ و ۹۶ حاکی از افزایش عناصر مورد نظر در سال ۹۶ داشته است.




**شکل۲: مقایسهٔ غلظت عناصر سنگین آب چاه ها در دو سال ۷۶ و ۹۶ نسبت به استاندارد شرب**

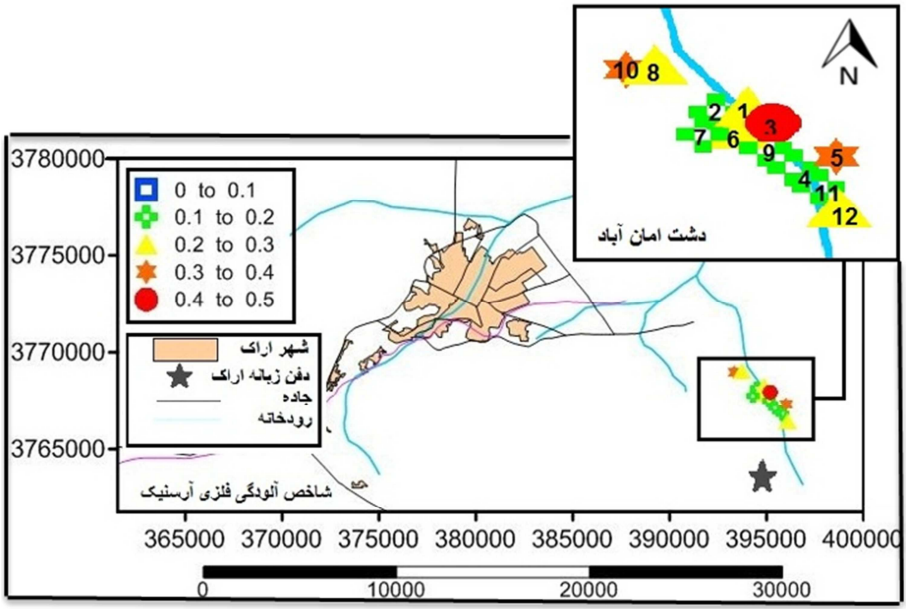
**ب: شاخص آلودگی در آب‌ها**

شاخص فلزی در ۱۲ نمونه آب چاه های شرب امان آباد نشان داد، این شاخص برای آرسنیک در کلیهٔ چاه ها در سال ۹۶ بیش از یک و به عبارتی چاه ها آلوده به آرسنیک بودند (اشکال ۳،۴). شاخص آلودگی سرب بیش از یک حاکی از آلوده بودن کلیهٔ چاه ها در دو سال ۷۶ و ۹۶ به سرب بود. شاخص آلودگی عناصر روی، مس، نیکل و کبالت برای کلیهٔ چاه ها در دو سال ۷۶ و ۹۶ کمتر از یک و حاکی از آلوده نبودن آب ها به عناصر مزبور بود. شاخص فلزی آرسنیک از سال ۷۶ تا سال ۹۶ در اکثر چاه ها ۱۰ برابر شده است (جدول۲). شاخص فلزی سرب نیز روند افزایشی را از سال ۷۶ تا ۹۶ نشان داد. مقدار شاخص فلزی سرب از سال ۷۶ تا ۹۶ از ۷ تا ۱۵ برابر متغیر بود. شاخص فلزی سرب بیش از ۶۵ در سال ۹۶ مربوط به چاه های ۲، ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ بوده است.

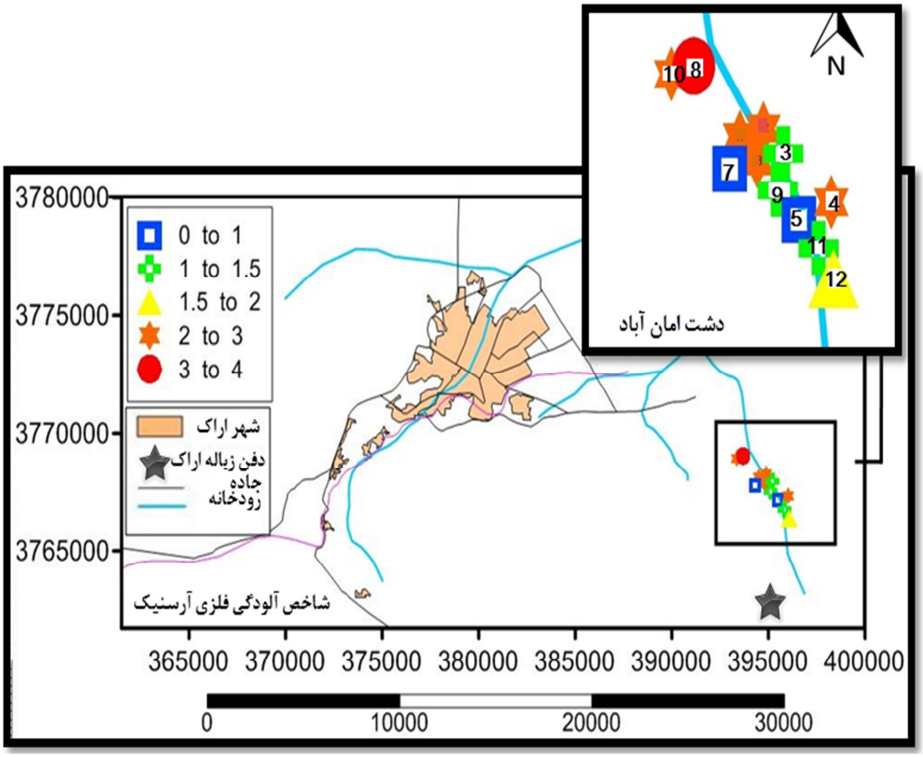
با توجه به این که نزدیک ترین چاه ها به محل دفن به ترتیب ۱۱، ۵، ۴، ۱۲، ۳، ۹، ۲، ۷، ۶، ۱۰ و ۸ است، اما هیچ گونه روند افزایش آرسنیک و سرب با فاصله از محل دفن در چاه ها مشاهده نشد. به عنوان مثال، چاه های ۸ و۱۰ در فاصله دورتر از محل دفن شاخص فلزی بالایی نسبت به آرسنیک داشته اند (شکل۴). چاه ۱۱ نزدیک به دفن زباله بیشترین شاخص فلزی سرب (۶۹/۷۲)، اما چاه ۵ نیز نزدیک به محل دفن زباله، شاخص فلزی ۱/۳۳ و حتی کمتر از سال ۷۶ نشان داد (شاخص فلزی ۹). همچنین چاه های ۸ و ۱۰ به عنوان دورترین چاه ها به محل دفن دارای شاخص آلودگی فلزی سرب بالا و به ترتیب ۶۸/۴۸ و ۶۸/۱۰ در سال ۹۸ داشتند.

**جدول۲: شاخص آلودگی فلزی داده‌های چاه‌های آب دشت امان آباد**

| شماره نمونه | سال | آرسنیک | سرب | روی | مس | نیکل | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ۱ | ۱۳۷۶ | ۰/۱۴ | ۹/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۱۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۲/۱۲ | ۷/۰۹ | ۰/۰۰ | ۰/۰۳ | ۰/۴۵ | ۰/۰۲ |
| ۲ | ۱۳۷۶ | ۰/۲۵ | ۷/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۳۳ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۲/۳۹ | ۶۷/۵۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۰ |
| ۳ | ۱۳۷۶ | ۰/۱۰ | ۹/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۱۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۱/۰۳ | ۴/۳۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۴ | ۱۳۷۶ | ۰/۱۰ | ۵/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۰/۱۸ | ۷/۳۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۵ | ۱۳۷۶ | ۰/۱۵ | ۹/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۱۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۱/۰۹ | ۱/۳۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۶ | ۱۳۷۶ | ۰/۲۰ | ۸/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۷ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۲/۰۴ | ۶۸/۶۴ | ۰/۰۰ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۷ | ۱۳۷۶ | ۰/۴۰ | ۹/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۱۳ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۱/۱۸ | ۱/۰۶ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۸ | ۱۳۷۶ | ۰/۳۵ | ۶/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۲۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۲/۲۴ | ۶۶/۴۸ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۹ | ۱۳۷۶ | ۰/۱۵ | ۹/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۹ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۳/۲۰ | ۶۸/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۱۰ | ۱۳۷۶ | ۰/۲۵ | ۷/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۳۰ | ۰/۰۲ | ۰/۰۰ |
| | ۱۳۹۶ | ۳/۲۰ | ۶۸/۱۰ | ۰/۰۱ | ۰۰/۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۱۱ | ۱۳۷۶ | ۰/۲۷ | ۴/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۲۹ | ۰/۰۲ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۱/۹۸ | ۶۹/۷۲ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ | ۰/۰۰ |
| ۱۲ | ۱۳۷۶ | ۰/۳۵ | ۸/۰۰ | ۰/۰۱ | ۰/۲۹ | ۰/۰۱ | ۰/۰۱ |
| | ۱۳۹۶ | ۲/۴۸ | ۶۰/۳۸ | ۰/۰۱ | ۰/۰۶ | ۰/۱۴ | ۰/۰۲ |

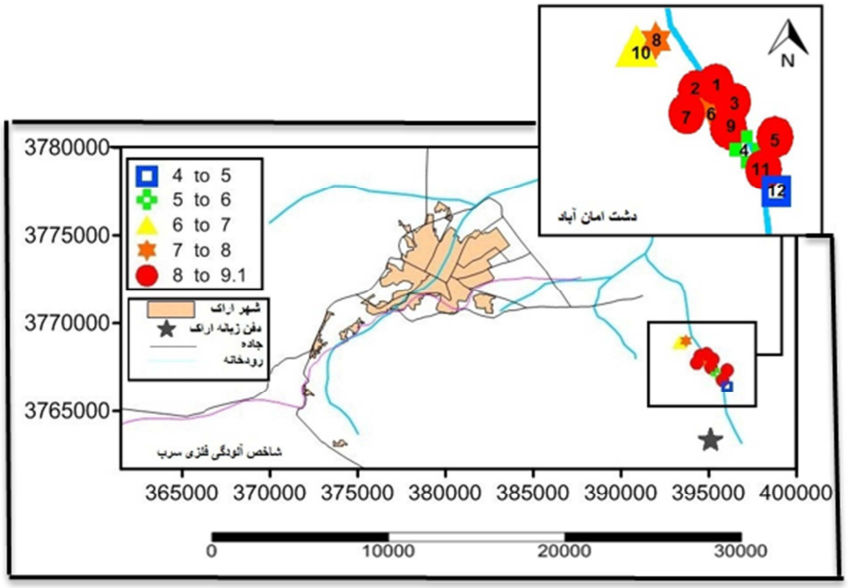



**شکل۳: شاخص آلودگی فلزی آرسنیک داده‌های چاه‌های آب امان آباد اراک در سال۷۶**

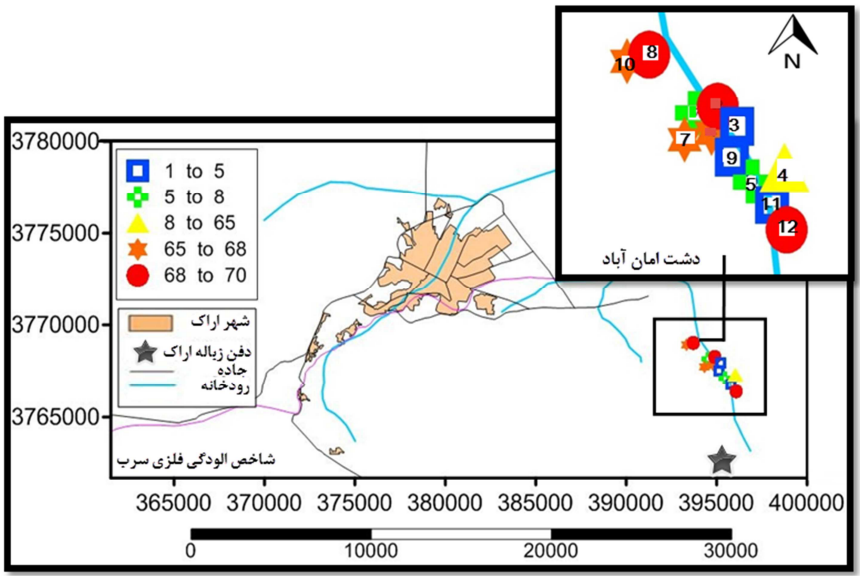



**شکل۴: شاخص آلودگی فلزی آرسنیک داده‌های چاه‌های آب امان آباد اراک در سال۹۶**

مقایسهٔ شاخص آلودگی فلزی سرب در چاه های دشت امان آباد و دشت اراک در سال ۷۶ نشان داد، شاخص فلزی سرب نه تنها در چاه های دشت امان آباد، بلکه در اکثر چاه های دشت اراک نیز از یک بیشتر بود (شکل۵). بنابراین، آلودگی به سرب چاه های دشت امان آباد در سال ۷۶ به منشایی غیر از محل دفن زباله و احتمالاً به ته نشست های اتمسفری ناشی از وسایط سبک و سنگین درون و برون شهری اراک موجود در خاک بر می گردد. به علاوه، مقایسهٔ شاخص آلودگی فلزی سرب سال ۹۶ با ۷۶ حاکی از افزایش بالای این شاخص در سال ۹۶ بود (شکل۶).




**شکل۵: شاخص آلودگی فلزی سرب داده‌های چاه‌های آب دشت جنوبی اراک در سال ۷۶**

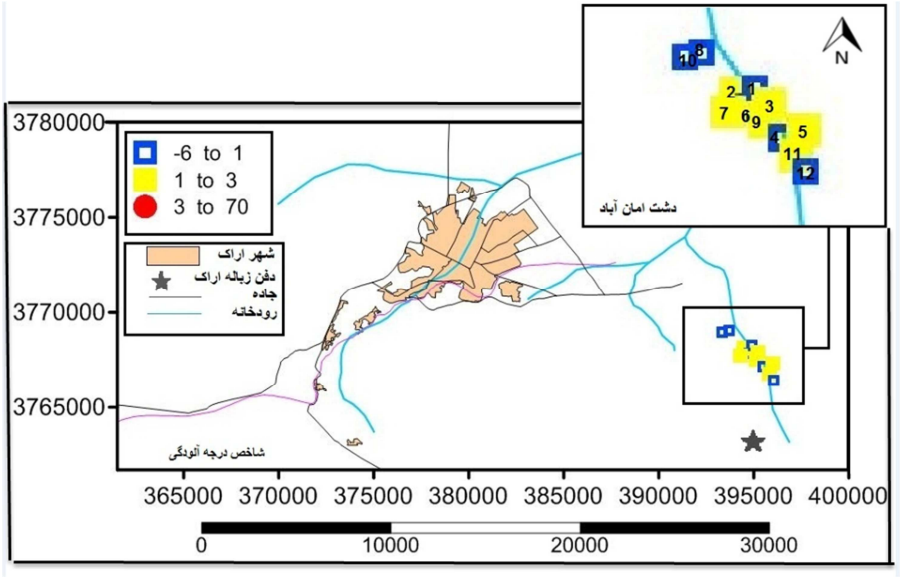



**شکل۶: شاخص آلودگی فلز سرب داده‌های چاه‌های آب امان آباد اراک در سال ۹۶**

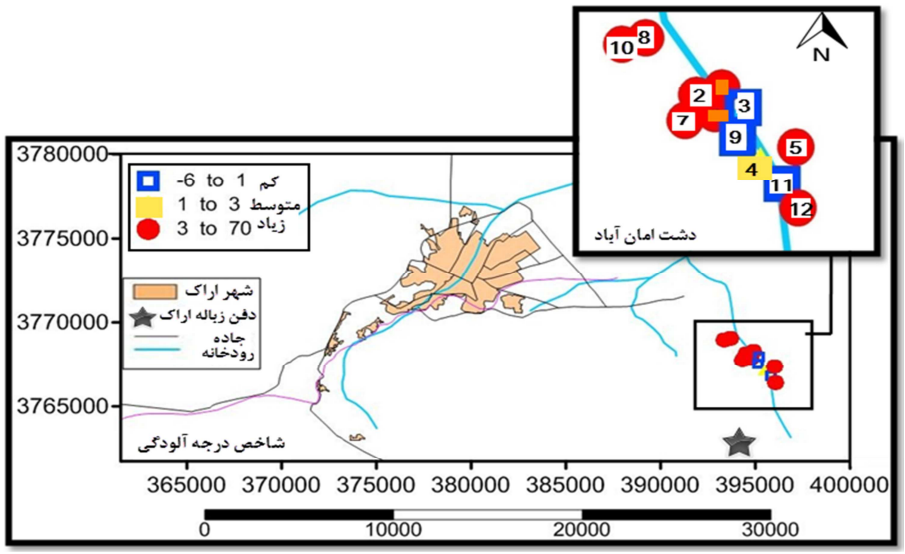
۵۸ درصد از چاه های آب دشت امان آباد در سال ۷۶ دارای درجهٔ آلودگی متوسط بوده، در حالی که همین درصد چاه ها درجهٔ آلودگی زیاد در سال ۹۶ نشان دادند (جدول۳). بنابراین، درجهٔ آلودگی آب چاه ها از سال ۷۶ به سال ۹۶ افزایش یافته است. در آب چاه هایی چون ۲، ۶، ۸، ۱۰و ۱۱ درجهٔ آلودگی از کم در سال ۷۶ به زیاد در سال ۹۶ تغییر یافته بود. همچنین در چاه هایی چون ۳، ۵ و ۷ درجهٔ آلودگی از سال ۷۶ به ۹۶ از متوسط به کم روند کاهشی داشته است. در چاه شماره یک تغییری در درجهٔ کیفی در دو سال صورت نگرفته بود. مقایسهٔ درجه آلودگی در دو دشت اراک و دشت امان آباد نشان داد، درجهٔ آلودگی در چاه های دشت امان آباد به مراتب بیشتر از دشت اراک در سال ۷۶ بوده است (شکل۷). از سویی روند خاصی از درجهٔ آلودگی در چاه های دشت امان آباد مشاهده نگردید. با توجه به این که درجهٔ آلودگی چاه ها در سال ۹۶ افزایش نشان داد، اما روند خاصی از درجهٔ آلودگی نسبت به محل دفن زبالهٔ اراک تعیین نگردید (شکل۸). چاه هایی چون ۸ و ۱۰ که دورتر از محل دفن زبالهٔ اراک بوده درجهٔ آلودگی زیاد نشان دادند.

**جدول ۳: شاخص درجهٔ آلودگی داده‌های چاه‌های آب امان آباد اراک**

| شماره چاه | ۱۳۷۶ | | ۱۳۹۶ | |
|---|---|---|---|---|
| | شاخص کمی | شاخص کیفی | شاخص کمی | شاخص کیفی |
| ۱ | ۱/۵۶ | متوسط | ۳/۷۲ | متوسط |
| ۲ | -۰/۲۳ | کم | ۶۴/۰۷ | زیاد |
| ۳ | ۱/۵۰ | متوسط | -۰/۵۷ | کم |
| ۴ | -۲/۵۲ | کم | ۱/۶۰ | متوسط |
| ۵ | ۱/۷۳ | متوسط | -۳/۵۴ | کم |
| ۶ | ۰/۶۸ | کم | ۶۴/۷۳ | زیاد |
| ۷ | ۱/۹۸ | متوسط | -۳/۷۵ | کم |
| ۸ | -۱/۱۶ | کم | ۶۲/۷۳ | زیاد |
| ۹ | ۱/۵۷ | متوسط | ۶۰/۴۵ | زیاد |
| ۱۰ | -۰/۲۳ | کم | ۶۵/۳۱ | زیاد |
| ۱۱ | -۳/۰۸ | کم | ۶۵/۷۱ | زیاد |
| ۱۲ | ۱/۱۳ | متوسط | ۵۷/۰۸ | زیاد |




**شکل۷: شاخص درجهٔ آلودگی داده‌های چاه‌های آب دشت امان آباد در سال۷۶**



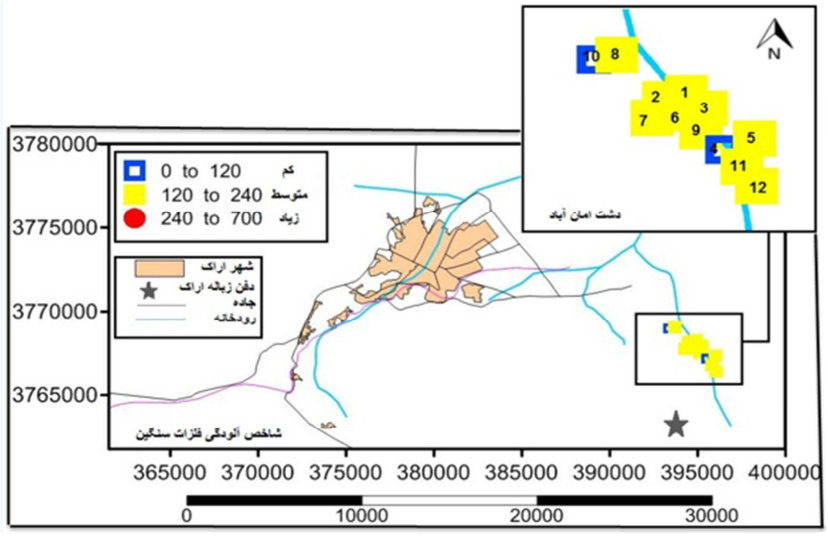

**شکل ۸: شاخص درجهٔ آلودگی داده‌های چاه‌های آب دشت امان آباد در سال۹۶**

با محاسبهٔ شاخص آلودگی فلزات سنگین می‌توان اثر فلزات سنگین را بر روی سلامت انسان تعیین کرد. در این بررسی شاخص آلودگی فلزات سنگین با توجه به عناصر سرب، روی، مس، نیکل و آرسنیک مورد سنجش قرار گرفت. در سال ۷۶ حدود ۸۳ درصد از آب چاه های دشت امان آباد دارای شاخص آلودگی فلزات سنگین متوسط بودند. اما در سال ۹۶، حدود ۵۸ درصد از آب چاه ها در ردهٔ شاخص آلودگی فلزات سنگین زیاد و ۲۵ درصد در ردهٔ متوسط قرار داشتند. ضمناً در چاه های ۲،۴، ۵ و ۷ تغییری در شاخص آلودگی از سال ۷۶ تا ۹۶ دیده نشد (جدول۴).

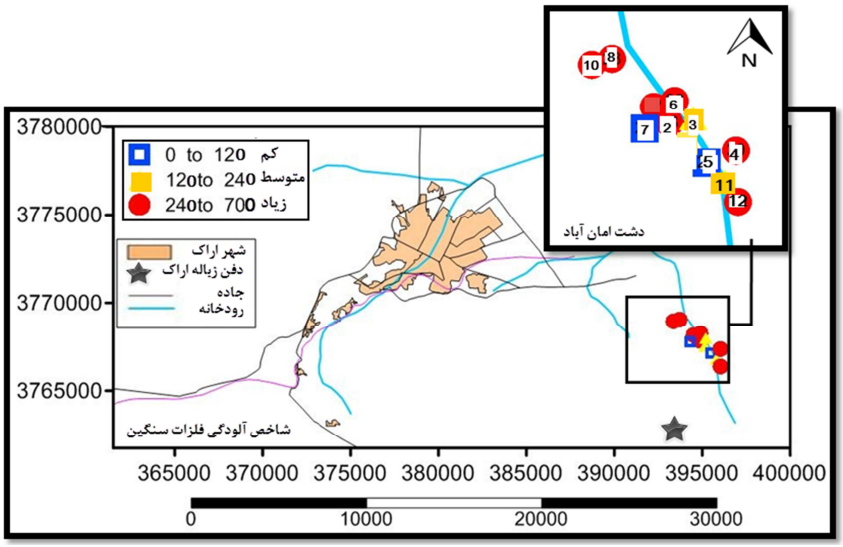
مقایسهٔ شاخص آلودگی فلزات سنگین داده‌های چاه‌های آب دشت امان آباد و دشت اراک در سال ۷۶ نشان داد که مقدار شاخص در دشت امان آباد بیشتر از دشت اراک بوئ (شکل۹). اکثر آب چاه ها در دشت اراک در ردهٔ کم بودند. شاخص آلودگی فلزات سنگین داده‌های چاه‌های آب امان آباد اراک در سال ۹۶ در طیف کم تا زیاد متغیر بوده است (شکل۱۰). از طرفی، روند خاصی از نظر کاهشی و افزایشی در شاخص مورد نظر نسبت به محل دفن زبالهٔ اراک دیده نشد.

**جدول ۴: شاخص آلودگی فلزات سنگین داده‌های چاه‌های آب دشت امان آباد**

| شماره چاه | ۱۳۷۶ | | ۱۳۹۶ | |
|---|---|---|---|---|
| | شاخص کمی | شاخص کیفی | شاخص کمی | شاخص کیفی |
| ۱ | ۱۷۳ | متوسط | ۴۴۶ | زیاد |
| ۲ | ۱۹۲ | متوسط | ۴۶۸ | زیاد |
| ۳ | ۱۸۱ | متوسط | ۲۰۰ | متوسط |
| ۴ | ۱۰۶ | کم | ۳۷ | کم |
| ۵ | ۱۸۱ | متوسط | ۲۱۲ | متوسط |
| ۶ | ۱۲۳ | متوسط | ۳۹۶ | زیاد |
| ۷ | ۱۵۴ | متوسط | ۲۳۰ | متوسط |
| ۸ | ۱۱۵ | کم | ۴۳۲ | زیاد |
| ۹ | ۱۴۱ | متوسط | ۶۲ | کم |
| ۱۰ | ۱۸۸ | متوسط | ۶۱۸ | زیاد |
| ۱۱ | ۱۸۰ | متوسط | ۳۸۲ | زیاد |
| ۱۲ | ۱۲۱ | متوسط | ۴۹۴ | زیاد |




**شکل ۹: شاخص آلودگی فلزات سنگین داده‌های چاه‌های آب دشت امان آباد در سال ۷۶**




**شکل۱۰: شاخص آلودگی فلزات سنگین داده‌های چاه‌های آب امان آباد اراک در سال ۹۶**

بررسی عناصر سنگین شیرابه در دو منطقهٔ محل دفن زباله اراک (شیرابهٔ الف و ب) (شکل۱۱) نشان داد آرسنیک آنها از ۷۲۴ تا ۳۹۹ میکروگرم در لیتر متغیر بوده که متوسط غلظت آنها ۵۰ برابر استاندارد آب شرب بوده است (جدول۵). همچنین مقدار سرب نیز با طیف ۹۲ تا ۱۳۵ میکروگرم در لیتر دارای متوسط غلظت بیش از ۲۰ برابر استاندارد شرب بود. غلظت عناصری چون روی، مس، نیکل و کبالت در شیرابه ها کمتر از مقدار استاندارد شرب بود. غلظت عناصر آرسنیک، روی، مس و نیکل برخلاف سرب در آب باران اراک از استاندارد شرب کمتر بود (قدیمی و همکاران، ۲۰۱۳a). سرب همچنین در فاضلاب اراک ۵ برابر استاندارد شرب بود (قدیمی و قمی، ۲۰۱۳). غلظت عناصر سنگین در آب های زیرزمینی دشت اراک کمتر از استاندارد شرب بود (قدیمی و قمی، ۲۰۱۲).

**جدول ۵: مقدار عناصر سنگین در آب های مختلف دشت اراک ( واحد به میکروگرم بر لیتر)**

| نوع آب | آرسنیک | سرب | روی | مس | نیکل | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| شیرابه الف | ۷۲۴ | ۹۲ | ۰/۰۷ | ۷۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ |
| شیرابه ب | ۳۹۹ | ۱۳۵ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ | ۰/۰۷ |
| باران اراک | ۰/۲۶ | ۱۹ | ۱۸ | ۹ | ۹ | - |
| فاضلاب اراک | - | ۵۰ | ۳۰۰ | ۴ | ۱۸ | - |
| آب زیرزمینی اراک | - | ۶/۵ | ۱۵ | ۱۳ | - | - |
| استاندارد آب | ۱۰ | ۱۰ | ۳۰۰۰ | ۲۰۰۰ | ۷۰ | ۳۳۰ |



**شکل۱۱: برداشت نمونه از شیرابه پایین دست دفن زباله اراک**

قدیمی (۲۰۱۴) نشان داد غلظت عناصر سنگین آرسنیک، سرب، روی، مس، نیکل در خاک محل دفن زبالۀ اراک از استاندارد آن در پوسته فوقانی بیشتر بود (جدول۶). غلظت آرسنیک در خاک مورد نظر ۷ برابر آن در پوسته زمین بود. قدیمی و همکاران (۲۰۱۳b) مشخص کردند در گرد و غبار های نزدیک دو شهر صنعتی اراک (الف) و خیرآباد اراک (ب) غلظت های عناصر آرسنیک و سرب نیز از مقدار آنها در پوسته زمین بیشتر بودند. در خاک برخی از مناطق محل دفن زباله نیز مقدار سرب از مقدار متوسط پوسته فوقانی بیشتر بود (قدیمی ،۲۰۱۴). بنابراین، آرسنیک و سرب دو عنصر سنگین بوده که غلظت آنها در شیرابه و خاک محل دفن زباله به مراتب بیشتر از استاندارد موجود بوده است. همچنین سرب مهمترین عنصری بوده که در ته نشست های اتمسفری (باران و گرد و غبار) و خاک های اطراف شهرک های صنعتی نزدیک به محل دفن زباله از استاندارد متداول بیشتر نشان داد.

**جدول ۶: مقدار عناصر سنگین درخاک های مختلف دشت اراک (واحد به میلی گرم بر کیلوگرم)**

| نوع خاک | آرسنیک | سرب | روی | مس | نیکل | کبالت |
|---|---|---|---|---|---|---|
| خاک محل دفن زباله | ۳۸ | ۳۱ | ۷۵ | ۳۱ | ۵۲ | - |
| گرد و غبار( الف) | ۶ | ۱۰۴ | ۷ | ۱۵ | ۴۰ | - |
| گرد و غبار (ب) | ۸ | ۸۳ | ۷ | ۱۸ | ۲۶ | - |
| خاک (الف) | ۳ | ۱۸ | ۶۰ | ۱۵ | ۴۶ | ۱۰ |
| خاک (ب) | ۲ | ۷ | ۶ | ۳۱ | ۴۵ | ۱۳ |
| متوسط پوسته زمین1* | ۵ | ۱۷ | ۶۷ | ۲۸ | ۴۷ | ۱۷ |

*کاریتیت[1] و ریمن (۲۰۱۲)

آرسنیک بالای آب چاه های دشت امان آباد توزیع محلی داشته و عمدتاً ناشی از شیرابۀ محل دفن زبالۀ اراک بوده است. نوروزی و همکاران ( ۲۰۱۶) با مطالعه عناصر سنگین آب چاه های دشت ملکان، منشاء آرسنیک را انسان زاد و ناشی از فاضلاب شهری نشت یافته به آب زیرزمینی دانستند. فخری و همکاران (۲۰۱۶) با مطالعه فلزات سنگین در آب زیرزمینی آبخوان دشت مرند منشاء آرسنیک را نشت پساب های شهری و چاه های جذب خانگی قید نمودند.

1 -Caritat and Reimann.

بررسی های هان[1] و همکاران (۲۰۱۴) در آب های زیرزمینی محل دفن زباله در منطقه زاکوی چین نقش دفن زباله را در افزایش آرسنیک در آب های زیرزمینی منطقه مشخص نمودند. به علاوه مشخص کردند غلظت فلزات سنگینی چون جیوه، سلنیم، روی، کادمیوم و کروم به دلیل جذب و ته نشست در لایه های آبرفت از حد استاندارد شرب کمتر بوده است.

سرب زیاد در آب چاه های دشت امان آباد از دو منشاء محلی و ناحیه ای بود. توزیع محلی آن ناشی از جریان شیرابهٔ محل دفن زباله و توزیع ناحیه ای آن ناشی از ته نشست های اتمسفری موجود در خاک منطقه بوده است. تتا و هایکوا (۲۰۱۷) با بررسی فلزات سنگین آب زیرزمینی منطقه بولاوایو[2]در زیمباوه نشان دادند، بالا بودن سرب آب زیرزمینی ناشی از نشت شیرابهٔ محل دفن زباله به آب زیرزمینی بود. میشرا و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که فلزات سنگین سرب، کادمیوم، روی و مس از شیرابهٔ دفن زبالهٔ توربه[3]در هندوستان به آب های زیرزمینی راه یافته بود. وانگ دالا و همکاران (۲۰۱۹) با بررسی دفن زبالهٔ منطقه وین تیان[4] از لائوس دریافتند، سرب و کروم بالاتر از استاندارد شرب آب های زیرزمینی ناشی از شیرابهٔ دفن زباله بوده است. ولی نژاد و همکاران ( ۲۰۱۶) با بررسی فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی شهرستان اسلامشهر دریافتند، سرب بالا در آب های زیرزمینی منطقه ناشی از تراکم بالای صنایع بود.

## نتیجه گیری

بررسی غلظت عناصر سنگین در آب چاه های دشت امان آباد اراک نشان داد که در سال۹۶ حدود ۸۳ درصد از آب چاه های شرب دشت امان آباد به آرسنیک و حدود ۵۸ درصد به سرب آلوده بودند. درجهٔ آلودگی فلزی در سال ۹۶ در ۵۸ درصد از آب چاه های دشت امان آباد زیاد بود. نفوذ شیرابهٔ حاصل از تجزیهٔ زبالهٔ محل دفن به آب زیرزمینی مهمترین منشاء فلزات مذکور در منطقه بوده است. از طرفی، سرب موجود در آب چاه ها می تواند ناشی از فعالیت های صنعتی و حمل و نقل شهری و شهرک های صنعتی اطراف بوده باشد. پایش در کیفیت آب شرب چاه ها از نظر فلزات سنگین در ماه های مختلف و مدل سازی کیفی آب زیرزمینی در محدودهٔ دفن زبالهٔ اراک و تعیین جبهه پیشرونده شیرابه با مدل سازی لیچات[5] در تعیین روند آلودگی از قدم های اساسی در مطالعهٔ منطقه توسط شرکت آب و فاضلاب منطقه است.

## منابع

جمشیدی ارسلان، تاج امیری علی، میرباقری سید احمد(۱۳۹۲)، تأثیر شیرابه محل دفن زباله‌های شهر یاسوج بر کیفیت منبع آبی پایین دست (چاه شماره ۶ تنگ‌کناره)، نشریه ارمغان دانش، جلد ۱۹، شماره ۴، صص ۳۴۷-۳۶۰.

[1] -Han
[2] -Bulawayo
[3] -Turbhe
[4] -Vintian
[5] -Leachate

جعفری کبری، حافظی مقدس ناصر، مظلومی بجستانی علیرضا، قزی اعظم( ۲۰۱۶)، بررسی آلایندگی فلزات سنگین در پایین دست محل دفن زباله های شهری اردبیل، محیط شناسی، دوره ۴۲، شماره۳، صص۴۸۹-۵۰۶.

شکوه علیرضا، صفری ادوین، هاشمی سید حسین( ۱۳۹۲)، بررسی کیفیت شیرابه حاصل از محل دفن زباله شهری و کارخانه کمپوست (مطالعه موردی: شهر مشهد)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۵، شماره ۴،صص ۹۷-۱۰۵.

عابدین زاده نیلوفر، روانبخش مکرم، عابدی طوبی (۱۳۹۲)، ارزیابی اثرات زیست محیطی محل دفن بهداشتی مهندسی پسماندهای شهری شهرستان سمنان، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۵، شماره۲، صص۱۰۵-۱۰۷.

فخری میر سجاد، اصغری مقدم اصغر، برزگر رحیم، کاظمیان نعیمه، نجیب مرتضی(۱۳۹۵)، بررسی منشاء برخی فلزات سنگین در آب زیرزمینی آبخوان دشت مرند با استفاده از روش های آماری چند متغیره، نشریه دانش و آب و خاک، جلد ۲۶، شماره۲/۲، صص ۲۳۷-۲۵۳.

فخری میر سجاد، اصغری مقدم اصغر، برزگر رحیم، کاظمیان نعیمه، نجیب مرتضی(۱۳۹۵)، بررسی منشاء برخی فلزات سنگین در آب زیرزمینی آبخوان دشت مرند با استفاده از روش های آماری چند متغیره، نشریه دانش و آب و خاک، جلد ۲۶، شماره۲/۲، صص ۲۳۷-۲۵۳.

قدیمی، فریدون، جوادی شریف، پگاه (۱۳۹۸)، تعیین منابع آلاینده شیمیایی آب زیرزمینی دشت جنوبی اراک به روش های شاخص آلودگی و هندسه فراکتال، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، جلد 30، شماره۲، صص۳۵-۵۴.

کامیابی سعید، قطب بابک، حسن آبادی مرتضی (۱۳۹۰)، مکان یابی دفن زباله با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی(AHP) با تاکید بر مطالعات زیست محیطی ( مطالعه موردی : دفن زباله های شهرک صنعتی سمنان )، دوره۹، شماره ۳، صص ۲۷-۳۸.

منوری مسعود، عمرانی قاسمعلی، قنبری فاطمه(۱۳۸۹ )، بررسی آلودگی ناشی از شیرابه، در محل دفن پسماندهای شهر رشت، نشریه انسان و محیط زیست، ۱۳۸۹، دوره ۸، شماره ۲، ۲۹صص-۳۴.

نوروزی حسین، ندیری عطاالله، اصغری مقدم اصغر(۱۳۹۵)، بررسی آلودگی آب زیرزمینی دشت ملکان به آرسنیک، نشریه اکوهیدرولوژی، دوره۳، شماره ۲، صص ۱۵۱-۱۶۶.

ولی نژاد فاطمه، حسنی امیر حسام، صیادی مجتبی(۱۳۹۵)، بررسی میزان فلزات سنگین (کادمیوم، کروم، نیکل، سرب، روی) در منابع آب زیرزمینی شهرستان اسلامشهر و تهیه نقشه پراکنش آن در محیط GIS، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره ۱۸، شماره۲، صص۱۸۷-۱۹۹.

Abd El-Salam, M.M & Abu-Zuid, G.I.,(2015), Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt, Journal of Advanced Research, 6,579-586.

Aiman, U., Mahmood, A., Waheed, S & Malik, R.N., (2016), Enrichment, geo-accumulation, and risk surveillance of toxic metals for different environmental compartments from Mehmood Booti dumping site, Lahore city, Pakistan, Chemosphere, 144, 2229-2237.

Akoteyon, I.S, Mbata, U.A & Olalude, G.A., (2011), Investigation of heavy metal contamination in groundwater around landfill site in a typical sub-urban settlement in Alimosho Lagos-Nigeria. Journal of Applied Science Environment Sanitation, 6(2), 155-163.

Alker, S.C., Sarsby, R.W & Howell, R., (1995), Composition of leachate from waste disposal sites. In: Proceedings waste disposal by landfill—Green 1993, Balkemia, 215–221.

Babiker, S.I., Mohamed, A. A & Mohamed, T.H., (2007), Assessing groundwater quality using GIS. Water Resource Management, 21,699–715.

Caritat. P.D & Reimann.C., (2012), Comparing results from two continental geochemical surveys to world soil composition and deriving Predicted Empirical Global Soil (PEGS2) reference values, Earth and Planetary Science Letters, 319, 269–276.

Dong, S., Liu, B &Tang, Z., (2008), Investigation and modeling of the environmental impact of landfill leachate on groundwater quality at Jiaxing Southern China. Journal of Environmental Technology Engineering,1(1), 23–30.

Ghadimi, F & Ghomi, M., (2012), Statistical analysis of the hydrochemical evolution of groundwater in alluvial aquife of Arak Mighan Markazi province, Iran, Journal of Water Sciences Research, 1, 12-35.

Ghadimi, F, & Ghomi, M.,(2013), Assessment of the effects of municipal wastewater on the heavy metal pollution of water and sediment in Arak Mighan Lake, Iran, Journal of Tethys, 1(3), 205-214.

Ghadimi, F., Ghomi, M., Ranjbar, M & Hajati, M., (2013a), Sources of Contamination in rainwater by major and heavy elements in Arak, Iran, Journal of Water Sciences Research,5(2),67-84.

Ghadimi, F., Ghomi, M., Ranjbar, M & Hajati, A.,(2013b), Statistical Analysis of heavy metal in urban dust of Arak, Iran, Iranian Journal of Energy and Environment,4(4), 406-418.

Ghadimi, F.,(2014), Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Arak industrial City, Iran, Journal of Tethys, 2( 3), 196–209.

Hakanson, L.,(1980), An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach, Water Research, 14, 975-1001.

Han, D., Tong, X., Currel, M.J., Cao, G., Jin, M &Tong, Ch., (2014). Evaluation of the impact of an uncontrolled landfill on surrounding groundwater quality, Zhoukou, China, Journal of Geochemical Exploration,136, 24-39.

Jhamnani, B., Singh, S.K., (2009). Groundwater contamination due to the Bhalaswa landfill site in New Delhi. International Journal of Environmental Science Engineering, 1(3), 121–125.

Mishra, H., Karmakar, S., Kumar, R & Kadambala, P.,(2018). A long-term comparative assessment of human health risk to leachate-contaminated groundwater from heavy metal with different liner systems, Environmental Science and Pollution Research 25(3), 2911-2923.

Ravindra, K & Mor, S.,(2019).Distribution and health risk assessment of arsenic and selected heavy metals in Groundwater of Chandigarh, India, Environmental Pollution, 250, 820-830.

Reza, R & Singh.G., (2010). Heavy metal contamination and its indexing approach for river water, International Journal of Environmental Science Technology, 7(4),785–792.

Teta ,Ch ., Hikwa,T.,(2017). Heavy metal contamination of groundwater from an unlined landfill in Bulawayo, Zimbabwe, Journal of Health Pollution,7(15),18-27 .

Uddh Söderberg, T., Berggren Kleja, D., Åström, M., Jarsjö, J., Fröberg, M., Svensson, A & Augustsson, A., (2019). Metal solubility and transport at a contaminated landfill site – From the source zone into the groundwater, Science of The Total Environment, 668, 1064-1076.

Vongdala, N., Tran, H.D., Xuan, T.D., Teschke, R & Khanh, T.D.,(2019). Heavy Metal Accumulation in Water, Soil, and Plants of Municipal Solid Waste Landfill in Vientiane, Laos, International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(1): 10.3390/ijerph16010022.

WHO.,(2017). Guidelines for Drinking-water Quality, fourth ed. incorporating the first addendum. Geneva.

**Research Article**

# Impact of Arak landfill leachate on groundwater quality in terms of heavy metals in Amanabad Arak plain

**FeridonGhadimi[1*], PegahJavadi Sharif[2]**

1*. Associate Professor of Geology, Arak University of Technology, Arak, Iran
2. Graduate Master of Mining Engineering, Arak University of Technology, Arak, Iran

Received: 03-12-2019 Final Revised: 26-05-2020 Accepted: 23-06-2020

## Abstract

Heavy metals (Mercury, Arsenic, Lead, Zinc, Copper, Nickel, and Cobalt) of groundwater in Amanabad plain on the 12 drinking wells were compared in the years of 1997 and 2016 downstream of Arak Landfill. A comparison of heavy metal concentrations of wells with drinking standards indicates that water is not contaminated with Mercury, Zinc, Copper, Nickel, and Cobalt in the two years. The waters showed contamination with Arsenic in 2016 and Pb in 1997 and 2016 respectively. The index of Arsenic and Lead metal contamination in wells in 2016 was more than ten times that of 1997. Fifty-eight percent of drinking water wells, which had a moderate level of pollution in the 1997 year, but, were high polluted in 2016 year. Examination of Arsenic and Lead concentrations in leachate and soil of Arak landfill showed that they are more than 50 times the standard water and even drinking water of Amanabad plain. The study showed that Arsenic and Lead in the wells of the area were caused by landfill leachate. Lead has also been derived from atmospheric dust in nearby industries and traffic in the area. Therefore, measures should be taken to reduce Arsenic and Lead in the Arak municipal solid waste landfill as well as industries and urban transport.

**Keywords**: Groundwater pollution, Heavy metals, Pollution indices, Arak landfill, Amanabad plain.

* Corresponding Author Email: Ghadimi@Arakut.ac.ir

## References

## References (in Persian)

Abedinzadeh, N., Ravanbakhsh, M., Abedi, T.,(2013), Environmental impact assessment of sanitary waste, Semnan city, International Journal of Science and Technology, Vol, 15(2), pp.105-107.[In Persian]

Fakhari, M.S., Asghari Moghaddam., Barzegar, R., Kazemian, N., Najib, M., (2016), Origin of some heavy metals in groundwater of Marand plain using multivariate statistical methods, International Journal of Science and Technology, Vol, 26 (2/2), pp.237-253. [In Persian]

Ghadimi, F., Javadi Sharif, P.,(2019), Assessment of sources of groundwater pollution in the southern plain of Arak by contamination indices and fractal geometry methods, Geography and Environmental Planning, Vol,30(2), pp.35-54. [In Persian]

Jafari, K., Hafezi Moghadas, N., Mazloomi, A., Ghazi Azam, A.R., (2016), Investigation of heavy metal pollution downstream of Ardebil municipal landfill, Journal of Environmental Studies, Vol, 42(3), pp:489-506. [In Persian]

Jamshidi, A., TajAmiri, A., Mirbagheri, S., (2014), Investigation of Yasuj Landfill Leachate and its Impact on lower Water Resource Quality, Vol, 19(4), pp.347-360. [In Persian]

Kamyabi, S., Ghatboee, B., Hassanabadi, M., (2011), Presenting a decision - making model for landfill site selection Using analytical hierarchy process (AHP) ) Case study: landfill of Semnan Industrial Town, Scientific and Research Journal, Vol, 9(3), PP. 27-38. [In Persian]

Kheiri, A., Shaghaghi, G.R., Bina Motlagh, P., (2010), Guidelines for Measurement of Heavy Metals in Drinking Water, Department of Water and Sanitation, pp.45-46. [In Persian]

Monavari, M., Omrani, Gh., Ghanbari, F., (2009), Study of Landfill leachate pollution of Rasht City, Journal of Human and Environment, Vol, 8(2), pp.29-34. [In Persian]

Norouzi, H., Nadiri, A., ؛Asghari Moghaddam, A., (2016), Investigation of Malikan Plain Groundwater's Pollution to Arsenic, Ecohydrology Journal, Vol, 3(2), pp.151-166. [In Persian]

Shokoh, A.R., Safari, A., Hashami, S.H., (2013), Evaluation of leachate quality from municipal and factory landfill Compost (Case Study: Mashhad City), International Journal of Science and Technology, Vol, 15(4), pp.97-105. [In Persian]

Valinejhad, F., Hassani, A.H., Sayadi, M., (2016), Investigation of heavy metals (Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) in Islamshahr groundwater resources and their regional distribution pattern in GIS, International Journal of Science and Technology, Vol, 18(2), pp.187-199. [In Persian]

### References (in English)

Abd El-Salam, M.M & Abu-Zuid, G.I.,(2015), Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt, Journal of Advanced Research, 6,579-586.

Aiman, U., Mahmood, A., Waheed, S & Malik, R.N., (2016), Enrichment, geo-accumulation, and risk surveillance of toxic metals for different environmental compartments from Mehmood Booti dumping site, Lahore city, Pakistan, Chemosphere, 144, 2229-2237.

Akoteyon, I.S, Mbata, U.A & Olalude, G.A., (2011), Investigation of heavy metal contamination in groundwater around landfill site in a typical sub-urban settlement in Alimosho Lagos-Nigeria. Journal of Applied Science Environment Sanitation, 6(2), 155-163.

Alker, S.C., Sarsby, R.W & Howell, R., (1995), Composition of leachate from waste disposal sites. In: Proceedings waste disposal by landfill—Green 1993, Balkemia, 215–221.

Babiker, S.I., Mohamed, A. A & Mohamed, T.H., (2007), Assessing groundwater quality using GIS. Water Resource Management, 21,699–715.

Caritat. P.D & Reimann.C., (2012), Comparing results from two continental geochemical surveys to world soil composition and deriving Predicted Empirical Global Soil (PEGS2) reference values, Earth and Planetary Science Letters, 319, 269–276.

Dong, S., Liu, B &Tang, Z., (2008), Investigation and modeling of the environmental impact of landfill leachate on groundwater quality at Jiaxing Southern China. Journal of Environmental Technology Engineering,1(1), 23–30.

Ghadimi, F & Ghomi, M., (2012), Statistical analysis of the hydrochemical evolution of groundwater in alluvial aquife of Arak Mighan Markazi province, Iran, Journal of Water Sciences Research, 1, 12-35.

Ghadimi, F, & Ghomi, M.,(2013), Assessment of the effects of municipal wastewater on the heavy metal pollution of water and sediment in Arak Mighan Lake, Iran, Journal of Tethys, 1(3), 205-214.

Ghadimi, F., Ghomi, M., Ranjbar, M & Hajati, M., (2013a), Sources of Contamination in rainwater by major and heavy elements in Arak, Iran, Journal of Water Sciences Research,5(2),67-84.

Ghadimi, F., Ghomi, M., Ranjbar, M & Hajati, A.,(2013b), Statistical Analysis of heavy metal in urban dust of Arak, Iran, Iranian Journal of Energy and Environment,4(4), 406-418.

Ghadimi, F.,(2014), Assessment of heavy metals contamination in urban topsoil from Arak industrial City, Iran, Journal of Tethys, 2( 3), 196–209.

Hakanson, L.,(1980), An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach, Water Research, 14, 975-1001.

Han, D., Tong, X., Currel, M.J., Cao, G., Jin, M &Tong, Ch., (2014). Evaluation of the impact of an uncontrolled landfill on surrounding groundwater quality, Zhoukou, China, Journal of Geochemical Exploration,136, 24-39.

Jhamnani, B., Singh, S.K., (2009). Groundwater contamination due to the Bhalaswa landfill site in New Delhi. International Journal of Environmental Science Engineering, 1(3), 121–125.

Mishra, H., Karmakar, S., Kumar, R & Kadambala, P.,(2018). A long-term comparative assessment of human health risk to leachate-contaminated groundwater from heavy metal with different liner systems, Environmental Science and Pollution Research 25(3), 2911-2923.

Ravindra, K & Mor, S.,(2019).Distribution and health risk assessment of arsenic and selected heavy metals in Groundwater of Chandigarh, India, Environmental Pollution, 250, 820-830.

Reza, R & Singh.G., (2010). Heavy metal contamination and its indexing approach for river water, International Journal of Environmental Science Technology, 7(4),785–792.

Teta ,Ch ., Hikwa,T.,(2017). Heavy metal contamination of groundwater from an unlined landfill in Bulawayo, Zimbabwe, Journal of Health Pollution,7(15),18-27 .

Uddh Söderberg, T., Berggren Kleja, D., Åström, M., Jarsjö, J., Fröberg, M., Svensson, A & Augustsson, A., (2019). Metal solubility and transport at a contaminated landfill site – From the source zone into the groundwater, Science of The Total Environment, 668, 1064-1076.

Vongdala, N., Tran, H.D., Xuan, T.D., Teschke, R & Khanh, T.D.,(2019). Heavy Metal Accumulation in Water, Soil, and Plants of Municipal Solid Waste Landfill in Vientiane, Laos, International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(1): 10.3390/ijerph16010022.

WHO.,(2017). Guidelines for Drinking-water Quality, fourth ed. incorporating the first addendum. Geneva.