

Survey of Arsenic and Copper Ions Concentration in Water Distribution System of Selected Hospitals in Tehran, 2018

Amir-Mohammad Farhoodi¹ , Giti Kashi^{2*} , Arash Hadavand Khani³ 

1. MS Student of Environmental Engineering, Faculty of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

2. Water purification research center, Department of Environmental Health Engineering, Islamic Azad University, Tehran Medical Sciences Branch, Tehran, Iran

3. Graduated MS student of Mechanical Engineering, Razi University, Kermanshah, Iran

* **Corresponding Author:** g.kashi@yahoo.com

Abstract

Background and Objectives: The urbanization, industrial development, mining, agricultural and industrial effluents have led to polluting the environment with heavy metals such as arsenic and copper. The intoxication with high concentration arsenic is adverse effects on skin, liver, lungs, and blood system. The objective of this analytical survey was to evaluate the levels of heavy metal (arsenic and copper ions) in the water distribution system of selected hospitals in Tehran, 2018

Materials & Methods: This descriptive-analytical study was accomplished on the 22 water samples were investigated from 22 water distribution system hospitals in Tehran city in 2018. The arsenic and copper ions concentration was determined according to the procedures 3500-As B at 520 nm and 3500-Cu B at 457 nm, respectively, and after comparing the results with national and international standards, the results were analyzed by using SPSS 18 and geographical information system (Arcview GIS9.3) software.

Results: The arsenic ion concentration of 22 water samples (100%) was lower than the national maximum allowable standard (10 ppb) and the United States-Environmental Protection agency maximum concentration (10 ppb). The copper ion concentration of 22 water samples (100%) was lower than the national maximum allowable standard (2 ppm) and the United States-Environmental Protection agency maximum concentration (1.3 ppm). The maximum arsenic concentration was seen in station No. 20.

Conclusion: According to results, arsenic insecticide and pesticide application in agriculture land use is the most reason of arsenic ion concentration variations.

Keywords: Arsenic ion; Copper ion; Drinking water; Geographical Information System; Tehran city; Water distribution system of hospital

How to cite this article: Farhoodi AM, Kashi G, Hadavand Khani A. Survey of Arsenic and Copper Ions Concentration in Water Distribution System of Selected Hospitals in Tehran, 2018. J Saf Promot Inj Prev. 2020; 7(4):199-207.

بررسی غلظت یون های آرسنیک و مس در شبکه توزیع آب بیمارستان های منتخب کلانشهر تهران در سال ۱۳۹۷

امیرمحمد فرهودی^۱، گیتی کاشی^{۲*}، آرش حدادوندخانی^۳

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات پالایش آب، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳- گروه مکانیک، رشته مهندسی مواد گرایش نانوفناوری، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه رازی کرمانشاه، کرمانشاه، ایران

چکیده

سابقه و هدف: شهرنشینی، توسعه صنعتی، معدن، کشاورزی و پساب های صنعتی به آلودگی محیط زیست به فلزات سنگین از قبیل آرسنیک و مس منجر می شوند. اختلالات پوستی، کبدی، ریوی و خونی از جمله نشانه های تماس با غلظت زیاد آرسنیک محسوب می شوند. افزایش مس در آب آشامیدنی به افزایش طعم و بو منجر می شود. هدف این تحقیق بررسی غلظت فلزات سنگین یون های آرسنیک و مس شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های منتخب کلانشهر تهران در سال ۱۳۹۷ می باشد.

روش بررسی: این پژوهش از نوع توصیفی-تحلیلی بر روی ۲۲ نمونه آب از ۲۲ شبکه توزیع آب بیمارستان کلانشهر تهران در سال ۱۳۹۷ براساس استاندارد ملی انجام گرفت. تعیین غلظت یون های آرسنیک و مس طبق روش های As B-۳۵۰۰ در طول موج ۵۲۰ نانومتر و -۳۵۰۰ Cu B در طول موج ۴۵۷ نانومتر براساس رهنمود استاندارد متد انجام و پس از مقایسه نتایج با استانداردهای ملی و بین المللی، با استفاده از نرم افزارهای SPSS نسخه ۱۸ و سامانه اطلاعات جغرافیایی Arcview GIS ۹.۳ تحلیل گردید.

یافته ها: غلظت یون آرسنیک در ۱۰۰ درصد نمونه های بررسی شده کم تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی (۱۰ میکروگرم بر لیتر) و حداکثر غلظت سازمان محیط زیست آمریکا (۱۰ میکروگرم بر لیتر) بدست آمد. غلظت یون مس در ۱۰۰ درصد نمونه های بررسی شده کم تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی (۲ میلی گرم بر لیتر) و حداکثر غلظت سازمان محیط زیست آمریکا (۱/۳ میلی گرم بر لیتر) بدست آمد. بیش ترین غلظت یون آرسنیک در ایستگاه ۲۰ مشاهده گردید.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد که غلظت یون های آرسنیک و مس در ۱۰۰ درصد نمونه های بررسی شده کم تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی (به ترتیب ۱۰ میکروگرم بر لیتر و ۲ میلی گرم بر لیتر) بدست آمد. مهم ترین دلیل تغییرات غلظت یون آرسنیک مربوط به کاربرد حشره کش ها و آفت کش های آرسنیک دار در کاربری کشاورزی می باشد.

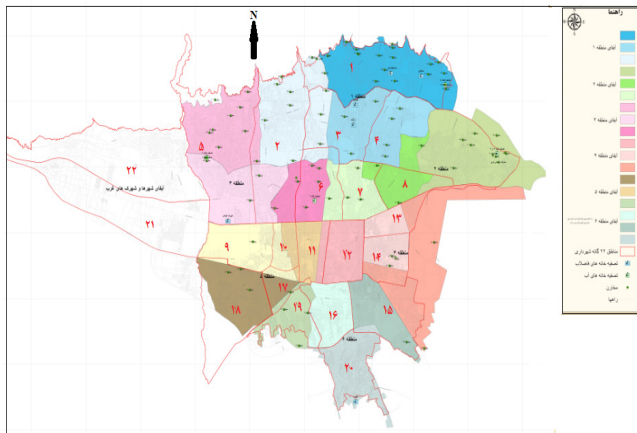
واژه های کلیدی: آب آشامیدنی، یون آرسنیک، سامانه اطلاعات جغرافیایی، شبکه توزیع بیمارستان، کلانشهر تهران، یون مس

مقدمه

جهانی محسوب می شود (۳). فلزات سنگین دارای جرم مخصوص کم تر از ۵ هستند. هوازگی، فرسایش سنگ بستر و رسوبات سنگ معدن از جمله منابع طبیعی ورود فلزات سنگین محسوب می شوند. استخراج معدن، حجم زیاد پساب صنایع، آبیاری و کشاورزی از جمله منابع انسان ساخت ورود فلزات سنگین به منابع آب سطحی و زیرزمینی محسوب می شوند (۴). سمیت عصبی، سمیت کلیوی، سرطانزایی، نقص عملکرد دستگاه قلبی-عروقی از جمله نشانه های تماس با غلظت زیاد فلزات سنگین محسوب می شوند (۵). آرسنیک به فرم آرسنیت و آرسنات به طور طبیعی در آب زیرزمینی برخی نواحی

کیفیت آب آشامیدنی تصفیه شده باید از مقررات سخت در مورد آلاینده های شیمیایی و میکروبی به علت حفاظت از بهداشت عمومی پیروی کند (۱). آلاینده های محیط زیست از جمله فلزات سنگین به عنوان تهدید جدی برای منابع آب، موجودات زنده و سلامت انسان محسوب می شوند (۲). آلودگی آب سطحی و زیرزمینی و هوا به فلزات سنگین به علت ماهیت سمی، فراوانی و تجمع پذیری زیستی مشکل

غرب و شمال کلانشهر تهران قراردادند (جدول ۱). معیارهای انتخاب بیمارستان ها نوع مالکیت بیمارستان (دولتی، خصوصی)، موافقت با مجوز نمونه برداری و تحت پوشش بودن آب و فاضلاب ۶ گانه شهری تهران بود.



شکل ۱. نقشه ایستگاه های نمونه برداری (محدوده آب های مناطق ۶ گانه به همراه مناطق ۲۲ گانه شهرداری)

نمونه برداری در بازه زمانی ۱۳۹۷/۱۰/۱ الی ۱۳۹۷/۱۲/۲۹ انجام گرفت. برای این منظور در شرایط تمیز (ظرف پلی اتیلنی شستشوده شده با اسید نیتریک ۱٪ و آب دوبار تقطیر شده ۳۰۰ میلی لیتر دهان گشاد و بدون هواگیری) نمونه برداری انجام گرفت. نمونه به منظور جلوگیری از رشد میکروبی، جذب و رسوب کاتیون ها بر روی جدار ظرف با تنظیم pH به کمتر از ۲ با افزودن اسید نیتریک دارای درجه خلوص ۶۹-۶۷ درصد (مرک، آلمان) نگهداری و جهت بررسی به آزمایشگاه بخش شیمی آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده و آزمایشگاه مورد تأیید محیط زیست منتقل شدند. هنگام نمونه گیری از هر محل دو نمونه تهیه شد. روش نمونه برداری آب و آنالیز فلزات سنگین یون های آرسنیک و مس براساس دستورالعمل شماره ۷۹۶۴ استاندارد ملی ایران و دستورالعمل های موجود در کتاب روش های استاندارد آب و فاضلاب انجام گرفت. اندازه گیری غلظت فلز سنگین یون های آرسنیک و مس توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی مدل A۲۲۰ (واریان، ساخت آمریکا) طبق روش های As B-۳۵۰۰ در طول موج ۵۲۰ نانومتر و Cu B-۳۵۰۰ در طول موج ۴۵۷ نانومتر کتاب روش های استاندارد جهت انجام آزمایش های آب و فاضلاب انجام گرفت (۱۲). ابتدا نقاط نمونه برداری براساس آخرین شیر برداشت آب در بیمارستان مشخص و کروکی نقاط تهیه شد.

برای تجزیه و تحلیل داده ها، آزمایشات ۳ بار تکرار و میانگین آن ها گزارش شدند. تهیه نقشه پراکنش جغرافیایی آلودگی آب در کلانشهر تهران با استفاده از GIS (۱۰.۱، Arc GIS) تعیین گردید. بررسی ارتباط میان متغیرها و غلظت یون های آرسنیک و مس با توجه

دنیا وجود دارد و مشکلات بهداشتی سیستماتیک شدید به علت ویژگی تجمع پذیری در بدن ایجاد می کند (۶). بیماری های پوستی، کبدی، ریوی و خونی از جمله نشانه های مواجهه با یون آرسنیک بیش از غلظت استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۱۰ میکروگرم بر لیتر) محسوب می شوند. افزایش یون مس در آب آشامیدنی به افزایش طعم و بو منجر می شود (۷). یون مس از توانایی انباشت در کبد برخوردار است. بیماری های سیروز کبدی، کم خونی همولیتیک و پراکسیداسیون چربی از جمله نشانه های مواجهه با مس بیش از غلظت استاندارد سازمان بهداشت جهانی (۱/۳ میلی گرم بر لیتر) می باشند. بررسی مطالعات کیفی آب نقش بسیار مفیدی در حفاظت منابع آب دارد. سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) در شناسایی داده های نقشه، تجزیه و تحلیل، تفسیر و جمع بندی داده ها کاربرد دارد. امروزه دسترسی به داده های فضایی از جمله سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) ابزار مؤثری برای عملیات ضروری از قبیل نقشه برداری کیفی، پایش، مدلسازی و تعیین تغییرات زیست محیطی است (۸). هو و همکاران در سال ۲۰۱۳ تحقیقی را با عنوان ارزیابی آلودگی فلزات سنگین و آرسنیک در رسوبات دهانه رودخانه کم در استان هایفونگ در کشور ویتنام انجام دادند (۹). گائو و همکاران در سال ۲۰۱۴ تحقیقی با عنوان آلودگی منبع غیرنقطه ای کشاورزی در آبگیر رودخانه یونگدینگ انجام دادند. آنان رواناب کشاورزی را به عنوان مهم ترین منبع آلودگی شناسایی نمودند (۱۰). کاشی و خوشاب در سال ۲۰۱۵ تحقیقی با عنوان بررسی کیفیت شیمیایی منابع آب آشامیدنی در شهر سمنان در کشور ایران انجام دادند. نتایج تحقیق نشان دادند که گستره سختی کل ۴۵ نمونه بررسی شده ۱۶۰۰-۷۲۰ میلی گرم برحسب کربنات کلسیم بر لیتر (رده سخت و خیلی سخت) است (۱۱). هدف در این تحقیق بررسی غلظت فلزات سنگین یون های آرسنیک و مس در شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های منتخب کلانشهر تهران در سال ۱۳۹۷ می باشد.

مواد و روش ها

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی-تحلیلی مقطعی می باشد. جامعه آماری این پژوهش را ۲۲ بیمارستان در ۲۲ منطقه کلانشهر تهران در سال ۱۳۹۷ تشکیل می دهند. شکل ۱ محل نمونه برداری را نشان می دهد. جمعیت تهران ۷۷۰۵۰۳۶ نفر و مساحت آن ۷۳۰ کیلومتر مربع است که از نظر مختصات جغرافیایی در «۱۱/۲۱/۴۱' ۳۵° عرض شمالی و «۲۰/۳۱' ۵۱° طول شرقی قرار گرفته است. این تحقیق به روش نمونه گیری خوشه ای تصادفی در ۲۲ شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان ها در کلانشهر تهران انجام گردید. ۲۲ شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان ها از نظر موقعیت جغرافیایی تحت پوشش آب و فاضلاب ۶ گانه شهری تهران در مرکز، جنوب، شرق،

و استاندارد کشوری مقایسه گردید. بررسی تغییرات کیفیت آب به کنترل و پیشگیری بیماری‌های منتقله از آب در کلانشهر تهران منجر می‌شود.

به نرمال بودن و غیرنرمال بودن توزیع متغیرها با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۱۸) مدل آماری T-test و اسپیرمن تعیین گردید. متوسط داده‌ها با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی

جدول ۱- موقعیت بیمارستان‌ها

منطقه	ایستگاه نمونه برداری	نوع مالکیت	منطقه	ایستگاه نمونه برداری	نوع مالکیت
۱	مسیح دانشوری (آبفای ۱)	دولتی	۱۲	اشرفی اصفهانی (آبفای ۴)	دولتی
۲	بهمن (آبفای ۱)	خصوصی	۱۳	بوعلی (آبفای ۴)	خصوصی
۳	جواهری (آبفای ۱)	دولتی	۱۴	مردم (آبفای ۴)	خصوصی
۴	تهران پارس (آبفای ۱)	خصوصی	۱۵	مهدیه (آبفای ۶)	دولتی
۵	پیامبران (آبفای ۳)	خصوصی	۱۶	امیرالمومنین (آبفای ۶)	خصوصی
۶	پاستورنو (آبفای ۳)	خصوصی	۱۷	ضیائیان (آبفای ۵)	دولتی
۷	امام حسین (آبفای ۲)	دولتی	۱۸	شهدای یافت‌آباد (آبفای ۵)	دولتی
۸	الغدیر (آبفای ۲)	دولتی	۱۹	فارابی (آبفای ۶)	دولتی
۹	آزادی (آبفای ۵)	خصوصی	۲۰	فیروزآبادی (آبفای ۶)	دولتی
۱۰	اقبال (آبفای ۵)	خصوصی	۲۱	روانپزشکی ایران (آبفای ۵)	دولتی
۱۱	سورنا (آبفای ۵)	خصوصی	۲۲	تیریتا (آبفای ۳)	خصوصی

یافته‌ها

بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی

نتایج کیفیت فیزیکوشیمیایی نمونه‌های شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان‌های بررسی شده سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهند که میانگین غلظت کلر باقی مانده، دما، کدورت، pH، مجموع سختی، مجموع کل کربن آلی، مجموع جامدات محلول و هدایت الکتریکی به ترتیب $0/65 \pm 0/51$ (۰/۰-۱/۵) میلی گرم بر لیتر، $19/7 \pm 4/9$ (۱۲-۲۷) درجه سانتی‌گراد، $0/7 \pm 0/49$ (۰/۰-۱/۵) نفلومتری، $7/4 \pm 0/25$ (۷/۰-۷/۸)، $226/1 \pm 68/4$ (۹۰-۳۱۰) میلی گرم بر حسب کربنات کلسیم بر لیتر، $0/26 \pm 0/05$ (۰/۰۱۵-۰/۰۳۴) میلی گرم بر لیتر، $372/8 \pm 113/1$ (۱۴۸-۵۱۱) میلی گرم بر لیتر و $573/1 \pm 174/01$ (۲۲۷-۷۸۶) میکرومتر می‌باشند (جدول ۲). به عبارت دیگر نمونه های آب آشامیدنی ۲ و ۲۰ به ترتیب در شمال و جنوب کلانشهر تهران از کمترین و بیشترین غلظت متغیرهای فوق در سال ۱۳۹۷ برخوردار بودند.

جدول ۲. کیفیت فیزیکوشیمیایی نمونه های شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های بررسی شده سال ۱۳۹۷

ایستگاه	کلر باقی مانده (میلی گرم بر لیتر)	دما (درجه سانتی گراد)	کدورت (نفلومتری)	pH	مجموع سختی (میلی گرم بر حسب کربنات کلسیم بر لیتر)	مجموع کربن آلی (میلی گرم بر لیتر)	مجموع جامدات محلول (میلی گرم بر لیتر)	هدایت الکتریکی (میکروموس سانتی متر)
۱	۱/۴	۱۳	۰/۱	۷/۱	۱۱۰	۰/۰۲۰	۱۸۱	۲۷۸
۲	۱/۵	۱۲	۰/۰	۷/۰	۹۰	۰/۰۱۵	۱۴۸	۲۲۷
۳	۱/۵	۱۲	۰/۰	۷/۰	۹۰	۰/۰۱۵	۱۴۸	۲۲۷
۴	۱/۳	۱۴	۰/۲	۷/۱۵	۱۵۰	۰/۰۲۱	۲۴۷	۳۸۰
۵	۱/۲	۱۵	۰/۳	۷/۲۰	۱۶۵	۰/۰۲۲	۲۷۲	۴۱۸
۶	۱/۱	۱۶	۰/۴	۷/۲۵	۲۰۰	۰/۰۲۳	۳۳۰	۵۰۷
۷	۱/۰	۱۷	۰/۵	۷/۳۰	۲۱۰	۰/۰۲۴	۳۴۶	۵۳۲
۸	۰/۹	۱۸	۰/۶	۷/۳۵	۲۲۰	۰/۰۲۵	۳۶۳	۵۵۸
۹	۰/۸	۱۹	۰/۷	۷/۴۰	۲۳۰	۰/۰۲۶	۳۷۹	۵۸۳
۱۰	۰/۷	۲۰	۰/۸	۷/۴۵	۲۴۰	۰/۰۲۷	۳۹۶	۶۰۹
۱۱	۰/۶	۲۱	۰/۹	۷/۵۰	۲۵۰	۰/۰۲۸	۴۱۲	۶۳۳
۱۲	۰/۵	۲۲	۱/۰	۷/۵۵	۲۶۰	۰/۰۲۹	۴۲۹	۶۶۰
۱۳	۰/۴	۲۳	۱/۱	۷/۶۰	۲۷۰	۰/۰۳۰	۴۴۵	۶۸۴
۱۴	۰/۳	۲۴	۱/۲	۷/۶۵	۲۸۰	۰/۰۳۱	۴۶۲	۷۱۰
۱۵	۰/۳	۲۴	۱/۲	۷/۶۵	۲۸۰	۰/۰۳۱	۴۶۲	۷۱۰
۱۶	۰/۲	۲۵	۱/۳	۷/۷۰	۲۹۰	۰/۰۳۲	۴۷۸	۷۳۵
۱۷	۰/۱	۲۶	۱/۴	۷/۷۵	۳۰۰	۰/۰۳۳	۴۹۵	۷۶۱
۱۸	۰/۱	۲۶	۱/۴	۷/۷۵	۳۰۰	۰/۰۳۳	۴۹۵	۷۶۱
۱۹	۰/۱	۲۶	۱/۴	۷/۷۵	۳۰۰	۰/۰۳۳	۴۹۵	۷۶۱
۲۰	۰/۰	۲۷	۱/۵	۷/۸۰	۳۱۰	۰/۰۳۴	۵۱۱	۷۸۶
۲۱	۰/۱	۱۸	۰/۶	۷/۳۵	۲۲۰	۰/۰۲۵	۳۶۳	۵۵۸
۲۲	۰/۲	۱۷	۰/۵	۷/۳۰	۲۱۰	۰/۰۲۴	۳۴۶	۵۳۲
میانگین	۰/۶	۱۹/۷	۰/۷	۷/۴	۲۲۶/۱	۰/۰۲	۳۷۲/۸	۵۷۳/۱
انحراف معیار	۰/۵۱	۴/۹	۰/۴۹	۰/۲۵	۶۸/۴	۰/۰۵	۱۱۳/۱	۱۷۴/۰۲
کمینه	۰/۰	۱۲	۰/۰	۷/۰	۹۰	۰/۰۱۵	۱۴۸	۲۲۷
بیشینه	۱/۵	۲۷	۱/۵	۷/۸۰	۳۱۰	۰/۰۳۴	۵۱۱	۷۸۶
استاندارد کشوری	۰/۵	-	کم تر از ۱	۷-۸/۵	۵۰۰	-	۱۵۰۰	-

بررسی کیفیت شیمیایی

نتایج کیفیت شیمیایی نمونه های شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های بررسی شده سال ۱۳۹۷ نشان می دهند که میانگین غلظت یون های آرسنیک و مس بر حسب میکروگرم بر لیتر به ترتیب $6/05 \pm 4/05$ (۲/۲۴۵-۹/۴۳۵) و $6/05 \pm 2/14$ (۳/۵-۹/۴۸) می باشند (جدول ۳). به عبارت دیگر نمونه های آب آشامیدنی ۲ و ۲۰ به ترتیب در شمال و جنوب کلانشهر تهران از کم ترین و بیش ترین غلظت یون های آرسنیک و مس در سال ۱۳۹۷ برخوردار بودند.

آنالیز آماری

مقایسه آماری متغیر غلظت یون های آرسنیک و مس و متغیرهای مورد بررسی نشان دادند که مقدار همبستگی معنی داری میان غلظت یون های آرسنیک و مس با موقعیت بیمارستان، مجموع کربن آلی، کدورت، دما، هدایت الکتریکی، سختی کل، کلر باقی مانده، مجموع جامدات محلول و pH وجود دارد ($P < 0/05$). (جدول ۴). جدول ۵ ضرایب همبستگی پیرسون غلظت یون های آرسنیک و مس و متغیرهای مورد بررسی نظیر موقعیت بیمارستان، مجموع کربن آلی،

کدورت، دما، هدایت الکتریکی، سختی کل، کلر باقی مانده، مجموع جامدات محلول و pH را نشان می دهد.

تهیه نقشه پراکنش

تهیه نقشه پراکنش جغرافیایی یون آرسنیک ایستگاه های نمونه برداری در ۲۲ شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های کلانشهر تهران در سال با GIS نشان دادند که به ترتیب ۱۸/۲ درصد (۴ نمونه) و ۸۱/۸ درصد (۱۳ نمونه) در رده بدون آلوده و آلوده قرار دارند (شکل ۲). ۷ منبع نشر یون آرسنیک در آب آشامیدنی کلانشهر تهران شناسایی شد که گستره آن ها برحسب درصد شامل کاربری کشاورزی (۵۰/۰)، فاضلاب (۴/۰)، تولید نیرو با سوخت زغال (۱/۵)، صنعتی (۱۰/۰)، روان آب سطحی (۱۹/۰)، ته نشینی جوی (۱۵/۰) و فرآوری طلا (۰/۵) می باشند (جدول ۶).

جدول ۳- نتایج نمونه برداری یون های آرسنیک و مس شبکه توزیع آب

منطقه نمونه برداری سال ۱۳۹۷

ایستگاه	آرسنیک (میکروگرم بر لیتر)	مس (میکروگرم بر لیتر)
۱	۳/۲۲۵	۳/۷۵
۲	۲/۲۴۵	۳/۵۰
۳	۲/۲۴۵	۳/۵۰
۴	۳/۲۱	۳/۷۱
۵	۵/۵۲۵	۴/۴۷
۶	۵/۵۷۵	۴/۵۷
۷	۵/۶۲۵	۴/۶۷
۸	۵/۶۷۵	۴/۷۷
۹	۵/۷۰۰	۴/۸۲
۱۰	۵/۷۲۵	۴/۸۷
۱۱	۵/۷۷۵	۴/۹۷
۱۲	۵/۹۳۵	۶/۲۰
۱۳	۷/۲۹۰	۷/۳۳
۱۴	۷/۳۷۰	۷/۳۹
۱۵	۷/۳۷۰	۷/۳۹
۱۶	۸/۴۲۵	۹/۱۸
۱۷	۸/۴۷۵	۹/۲۸
۱۸	۸/۴۷۵	۹/۲۸
۱۹	۸/۴۷۵	۹/۲۸
۲۰	۹/۴۳۵	۹/۴۸
۲۱	۵/۶۷۵	۴/۷۷
۲۲	۵/۶۲۵	۴/۶۷
میانگین	۶/۰۵	۶/۰
انحراف معیار	۴/۰۵	۲/۱۴
کمینه	۲/۲۴۵	۳/۵۰
بیشینه	۹/۴۳۵	۹/۴۸
استاندارد کشوری	۱۰	۲/۰
استاندارد محیط زیست آمریکا	۱۰	۱/۳

جدول ۴- مقایسه آماری متغیر مورد بررسی

متغیر	F	R ²	P value
موقعیت بیمارستان	۳۳/۴۳۶	۰/۶۲۶	(S) ۰/۰۰۱
کلر باقی مانده	۷۳/۲۴۳	۰/۷۸۶	(S) ۰/۰۰۱
دما	۲۰۵/۰۰۶	۰/۹۱۱	(S) ۰/۰۰۱
کدورت	۲۰۵/۰۰۶	۰/۹۱۱	(S) ۰/۰۰۱
pH	۲۳۷/۱۲۶	۰/۹۲۲	(S) ۰/۰۰۱
مجموع سختی	۲۳۸/۹۸۸	۰/۹۲۳	(S) ۰/۰۰۱
مجموع کربن آلی	۲۶۴/۰۸۹	۰/۹۳۰	(S) ۰/۰۰۱
مجموع جامدات محلول	۲۳۸/۴۶۶	۰/۹۲۳	(S) ۰/۰۰۱
هدایت الکتریکی	۲۳۸/۰۶۷	۰/۹۲۳	(S) ۰/۰۰۱

جدول ۵- نتایج آنالیز همبستگی پیرسون یون های مس و آرسنیک

نمونه های مورد بررسی

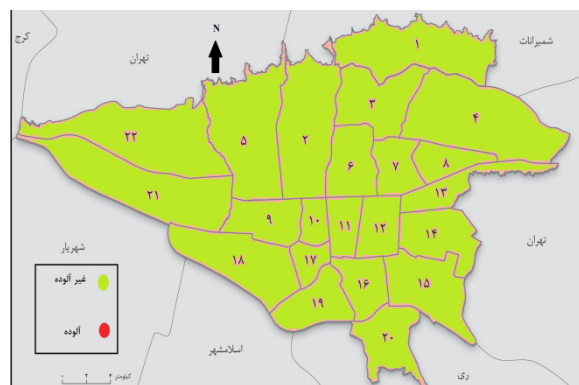
متغیر	آرسنیک	مس
موقعیت بیمارستان	۰/۷۹۱	۰/۷۱۹
کلر باقی مانده	-۰/۹۱۳	-۰/۸۷۱
دما	۰/۹۵۶	۰/۹۴۵
کدورت	۰/۹۵۶	۰/۹۴۵
pH	۰/۹۶۱	۰/۹۳۷
مجموع سختی	۰/۹۵۹	۰/۸۷۱
مجموع کربن آلی	۰/۹۶۴	۰/۹۰۷
مجموع جامدات محلول	۰/۹۵۸	۰/۸۷۰
هدایت الکتریکی	۰/۹۵۷	۰/۸۶۹

جدول ۶- مقدار نشر یون آرسنیک در شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های مورد بررسی (سازمان محیط زیست آمریکا)

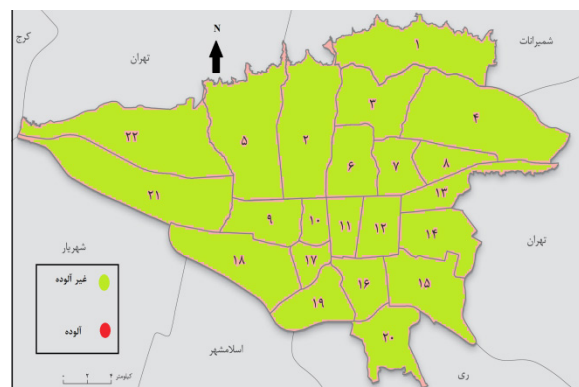
ردیف	نام منبع	گستره (%)
۱	کشاورزی	۵۰/۰
۲	فاضلاب	۴/۰
۳	تولید نیرو با سوخت زغال	۱/۵
۴	صنعتی	۱۰/۰
۵	روان آب سطحی	۱۹/۰
۶	ته نشینی جوی	۱۵/۰
۷	فرآوری طلا	۰/۵

دارد (۱۶). همچنین تحقیق دیگری غلظت زیاد مس آب مصرفی را به آلودگی هوای محدوده شهری بجنورد نسبت دادند (۱۷). مقایسه آماری متغیر غلظت یون های آرسنیک و مس و متغیر مورد بررسی نظیر موقعیت بیمارستان نشان دادند که مقدار همبستگی معنی داری میان غلظت یون های آرسنیک و مس با موقعیت بیمارستان، کلر باقی مانده، دما، کدورت، pH، مجموع سختی، مجموع کربن آلی، مجموع جامدات محلول و هدایت الکتریکی وجود دارد ($P < 0.05$). بنابراین می توان کاهش کیفیت آب شیر برداشت ناشی از افزایش غلظت یون های آرسنیک، به ویژه در منطقه جنوبی با دمای بیش تر و میزان بارش کم تر، را به نفوذ پساب کشاورزی و عدم رقیق سازی نسبت داد. تحقیق دیگر غلظت مس در نمونه های آب و رسوبات حرای جنوب ایران را در فصل پربارش بیش تر اعلام نمود (۱۸). بنابراین می توان نتیجه گیری نمود که بیمارستان (ایستگاه ۲۰) در منطقه جنوبی تهران در مجاورت منابع آلاینده ساز قرار دارد. این یافته تحقیق با تحقیق انجام شده در مورد منابع محیطی مواجهه آرسنیک همخوانی دارد (۱۹). همچنین تحقیق دیگری غلظت زیاد فلزات سنگین از قبیل روی و سرب در آب را به مجاورت با کارخانه های روی و سرب نسبت دادند (۲۰). نتایج همبستگی پیرسون نمونه های آب نشان دادند که همبستگی قوی مثبت میان یون های مس (۰/۷۱۹) و آرسنیک (۰/۷۹۱) به علت رفتار یکسان در جهت مکانی وجود دارد. مطالعه دیگری همبستگی قوی میان سرب و مس را با جهت مکانی اعلام نمودند (۲۱).

بنابراین کاربرد آفت کش ها و حشره کش های آرسنیک دار در کاربری کشاورزی، به عنوان منبع مهم نشر، به افزایش آرسنیک منجر می شود. این یافته تحقیق با تحقیق انجام شده دیگر همخوانی ندارد که نشان داد غلظت فلزات کادمیوم، جیوه کروم، سرب، سلیوم و آرسنیک در آب رودخانه های آواسا و کوکا در کشور اتیوپی کم تر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی می باشد و از آن پیروی می کند (۲۲). تحقیق دیگر نشان داد غلظت فلزات سرب، روی، مس، آهن، منیزیم و کادمیوم در آب و رسوبات رودخانه بیش از حدود توصیه شده توسط سازمان سازمان بهداشت جهانی و سازمان غذا و دارو می باشد و از آن ها پیروی نمی کند (۲۳). تحقیق دیگر نشان داد غلظت فلزات مس، منگنز و کروم منابع آب زیرزمینی اندیشک و شوش در استان خوزستان در کشور ایران بیش از استاندارد سازمان محیط زیست آمریکا می باشد و غلظت فلزات سنگین از الگوی موقعیت جغرافیایی پیروی می کند. بنابراین غلظت فلزات سنگین در منطقه جنوبی بیش تر است و از آن ها پیروی می کند. آنان همچنین نشان دادند که کاربرد افزودنی مس به رژیم غذایی دام به عنوان منبع مهم نشر به افزایش غلظت مس در منابع آب منجر شود (۲۴). همچنین می توان نتیجه گیری نمود فعالیت انسانی به عنوان شاخص تعیین کیفیت آب



شکل ۲. نقشه پراکنش یون آرسنیک شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های کلانشهر تهران سال ۱۳۹۷



شکل ۳. نقشه پراکنش یون مس شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان های کلانشهر تهران سال ۱۳۹۷

محیط محیط زیست آمریکا (۱۰ میکروگرم بر لیتر) بدست آمد. غلظت یون مس در ۱۰۰ درصد نمونه های بررسی شده کم تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی (۲ میلی گرم بر لیتر) و حداکثر غلظت سازمان محیط زیست آمریکا (۱/۳ میلی گرم بر لیتر) بدست آمد. تحقیق دیگر غلظت مس را در ۱۰۰ درصد نمونه های بررسی شده کم تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی (۲ میلی گرم بر لیتر) و سازمان بهداشت جهانی (۲ میلی گرم بر لیتر) اعلام نمود (۱۳). غلظت زیاد یون آرسنیک را می توان به کاربرد آفت کش و علف کش های آرسنیک دار در کشاورزی و عدم تصفیه پساب صنایع از قبیل فلزکاری، سلولزی و شیمیایی نسبت داد. این یافته تحقیق با تحقیق های انجام شده در مورد بررسی غلظت آرسنیک در آب زیرزمینی جلگه علی آباد کتول (۱۴) و غلظت مس در شبکه توزیع شهر کاشان همخوانی دارد (۱۵). غلظت زیاد یون مس را می توان به کاربری کشاورزی و عدم تصفیه پساب های صنعتی نسبت داد. این یافته تحقیق با تحقیق انجام شده در مورد بررسی مروری غلظت فلزات سنگین در منابع آب ایران همخوانی

این تحقیق محسوب می‌شود. بنابراین برای مطالعات آینده پیشنهاد می‌شود اثر تداخل این متغیرها بر غلظت یون‌های آرسنیک و مس در حضور دیگر عوامل فلزات سنگین نیز بررسی گردد. با توجه به تحقیق انجام‌شده تنظیم غلظت کاتیون آرسنیک آب شرب در حد استاندارد با انتخاب روش حذف مناسب در تصفیه‌خانه آب به علت اثرات سوء بهداشتی بر مصرف‌کننده پیشنهاد می‌گردد. همچنین نظارت بر مصرف بهینه آفت‌کش‌ها و حشره‌کش‌های آرسنیک‌دار در کاربری کشاورزی، برنامه‌ریزی برای کنترل فاضلاب‌های صنعتی و کشاورزی پیشنهاد می‌شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان‌نامه کارشناسی مهندسی بهداشت محیط با عنوان بررسی غلظت فلزات سنگین آب آشامیدنی بیمارستان‌های شهر تهران در سال ۱۳۹۷ می‌باشد. بنابراین نویسندگان مقاله از حمایت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران و آزمایشگاه بخش مرکز تحقیقات پالایش آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران تشکر و قدردانی می‌نمایند.

محسوب می‌شود. بنابراین فعالیت انسانی در بخش کاربری کشاورزی به افزایش یون آرسنیک آب کلانشهر تهران ناشی از کاهش کیفیت آب منجر می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که بین غلظت یون‌های آرسنیک و مس آب آشامیدنی و متغیرهای موقعیت بیمارستان‌ها همبستگی مثبت وجود دارد. آب آشامیدنی یکی از راه‌های دریافت یون‌های آرسنیک و مس محسوب می‌شوند، آگاهی از غلظت آن‌ها در منابع تأمین‌کننده آب آشامیدنی جوامع بسیار حائز اهمیت می‌باشد. احتمال وجود یون آرسنیک می‌تواند به افزایش مواجهه مصرف‌کننده و افزایش ریسک سرطانزایی وی منجر شود (۲۵). ملاحظات بیشینه مقدار مواجهه با یون آرسنیک در فرد ساکن منطقه ۲۰ از طریق آب آشامیدنی را کم‌تر از مقدار مجاز ۰/۳ سازمان مواد سمی و ثبت بیماری‌ها نشان‌دادند ($0/0849 \mu\text{g/kg/d}$) (۲۶). مطالعه دیگری ریسک سرطانزایی کروم نمونه‌های آب آشامیدنی بطری‌شده را در گروه‌های سنی زیر ۲ سال، ۶-۲ سال، ۱۶-۶ سال و بیش از ۱۶ سال به ترتیب $4/04 \times 10^{-11}$ ، $5/99 \times 10^{-10}$ ، $8/61 \times 10^{-10}$ و $2/34 \times 10^{-9}$ اعلام نمودند (۲۷). ترکیبات سولفات در مقایسه با کلروره و کربناته از سمیت کم‌تری برخوردار می‌باشند (۲۸). تحقیق دیگری میزان نسبت خطر بروز اثرات غیرسرطانی ناشی از عوامل فلزی نیکل، منگنز و آهن در اثر مصرف منبع آب بی‌کربناته سرد طبیعی به‌عنوان آب آشامیدنی در وودالیانچی چین را بیش از ۱ اعلام نمودند (۲۹). از نظر لیتولوژی چین‌های کناری البرز از سنگ‌های آتشفشانی و پیروکلاسیک ائوسن سازند کرج تشکیل‌یافته که بر آبرفت‌های گستره کوهپایه تهران رانده شده‌اند. بررسی پهنه‌های لیتولوژی در منطقه شمال کلانشهر تهران نشان‌داد که گسل کوآرتزتری آبرفتی از بیش‌ترین وسعت برخوردار می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود که منطقه مزبور از کم‌ترین مقاومت نیز برخوردار می‌باشد. برای برون‌رفت از ایجاد تنش آبی در سال‌های آینده باید بر روی مصرف بهینه آب، کیفیت آب و حذف آلاینده‌ها از آب براساس دسترسی پایدار به منابع آبی تأکید نمود (۳۰).

به طور کلی، غلظت یون آرسنیک در بخشی از شبکه توزیع آب آشامیدنی بیمارستان‌های موردبررسی بیش از حداکثر مجاز استاندارد ملی (۱۰ میکروگرم بر لیتر) و حداکثر غلظت سازمان محیط محیط زیست آمریکا (۱۰ میکروگرم بر لیتر) نیست. غلظت یون مس در ۱۰۰ درصد نمونه‌های بررسی‌شده کم‌تر از حداکثر مجاز استاندارد ملی (۲ میلی‌گرم بر لیتر) و حداکثر غلظت سازمان محیط زیست آمریکا (۱/۳ میلی‌گرم بر لیتر) بدست آمد. بررسی منابع نشر یون‌های آرسنیک و مس و ریسک بهداشتی ناشی از آن‌ها ازجمله نقاط قوت تحقیق محسوب می‌شوند. عدم بررسی غلظت یون‌های آرسنیک و مس در حضور متغیرهای شیمیایی کیفیت آب و عدم بررسی سایر فلزات سنگین در آب آشامیدنی ازجمله محدودیت‌های

References

- Hou D, He J, Lü C, Ren L, Fan Q, Wang J, et al. Distribution characteristics and potential ecological risk assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Cd) in water and sediments from Lake Dalinouer, China. *Ecotoxicology and environmental safety*. 2013;93:135-44. [\[pubmed\]](#)
- Zhuang P, Huiling Z, Wensheng S. Biotransfer of heavy metals along a soil-plant-insect-chicken food chain: field study. *Journal of Environmental Sciences*. 2009;21(6):849-53. [\[pubmed\]](#)
- Massoudinejad MR, Eslami A, Khashij M. Removal of Mn^{2+} from aqueous solution using Clinoptilolite coated with manganese dioxide. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2015;2(4):265-72.
- Zazouli MA, Balarak D. Adsorption of 2-Chlorophenol on Activated Carbon Prepared from Orange and Banana Husk: Equilibrium and Kinetic Studies. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2016;4(2):117-28.
- Kaplan O, Yildirim NC, Yildirim N, Cimen M. Toxic elements in animal products and environmental health. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2011;6(3):228-32.
- Massoudinejad M, Ghaderpoori M. Evaluate the performance of modified zeolite with MgO for removal of arsenic from water resources. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2017;4(3):151-60.
- World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. WHO Guidelines Approved by the Guidelines Review Committee. 2010:289-346.
- Yousefi MR, Razdari AM. Application of GIS and GPS in precision agriculture (a review). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 2015;3(1):7-9.
- Ho HH, Swennen R, Cappuyns V, Vassilieva E, Neyens G, Rajabali M, et al. Assessment on pollution by heavy metals and arsenic based on surficial and core sediments in the Cam River Mouth, Haiphong Province, Vietnam. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*. 2013;22(4):415-32.
- Guo W, Fu Y, Ruan B, Ge H, Zhao N. Agricultural non-point source pollution in the Yongding River Basin. *Ecological Indicators*. 2014;36:254-61.
- Kashi G, Khoshab F. An Investigation of the Chemical Quality of Groundwater Sources. *Donnish Jour Res Environ Stud*. 2015;2(3):18-27.
- American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, Water Environment Federation. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.; 1915.
- Malakootian M, Khashi Z. Heavy metals contamination of drinking water supplies in Southeastern villages of Rafsanjan plain: Survey of arsenic, cadmium, lead and copper. *Journal of Health in the Field*. 2014;2(1):1-9.
- Rajaei Q, Pourkhabbaz A, Hesari Motlagh S. Assessment of heavy metals health risk of groundwater in Ali Abad Katoul Plian. *Journal of North Khorasan University of Medical Sciences*. 2012;4(2):155-62.
- Miranzadeh M, Mahmoodzadeh A, Hasanzadeh M, Bigdeli M. Concentrations of heavy metals in Kashan water distribution network in 2010. 2011;2(3):56-66.
- Pirsaheb M, Khamutian R, Pourhaghighat S. Review of heavy metal concentrations in Iranian water resources. *International Journal of Health and Life Sciences*. 2015;1(1):35-45.
- Izanloo H, Solaimani K, Shahedi K.

- Assessment of rainfall heavy metals in the Bojnourd urban watershed. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2018;10(4):511-22.
18. Nowrouzi M, Mansouri B, Nabizadeh S, Pourkhabbaz A. Analysis of heavy metals concentration in water and sediment in the Hara biosphere reserve, southern Iran. *Toxicology and industrial health*. 2014;30(1):64-72. [\[pubmed\]](#)
 19. Chung J-Y, Yu S-D, Hong Y-S. Environmental source of arsenic exposure. *Journal of preventive medicine and public health*. 2014;47(5):253-7.
 20. Mohammadian M, Nouri J, Afshari N, Nassiri J, Nourani M. Investigation of heavy metals concentrations in the water wells close to Zanzan zinc and lead smelting plant. 2008.
 21. Nejatijahromi Z, Nassery H, Nakhaei M, Alijani F. Assessment of the quality of groundwater for drinking purposes in Varamin aquifer: heavy metals contamination. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2018;10(4):559-72.
 22. Dsikowitzky L, Mengesha M, Dadebo E, de Carvalho CEV, Sindern S. Assessment of heavy metals in water samples and tissues of edible fish species from Awassa and Koka Rift Valley Lakes, Ethiopia. *Environmental monitoring and assessment*. 2013;185(4):3117-31. [\[pubmed\]](#)
 23. Opaluwa O, Aremu M, LOGBO L, Imagaji J, EOdiba I. Assessment of heavy metals in water, fish and sediments from UKE stream, Nasarawa State, Nigeria. *Current World Environment*. 2012;7(2):213-20.
 24. Sakizadeh M, Mirzaei R. Health risk assessment of Fe, Mn, Cu, Cr in drinking water in some wells and springs of Shush and Andimeshk, Khuzestan Province, Southern Iran. *Iranian Journal of Toxicology*. 2016;10(2):29-35.
 25. Rowell C, Kuiper N, Shomar B. Potential health impacts of consuming desalinated bottled water. *Journal of water and health*. 2015;13(2):437-45. [\[pubmed\]](#)
 26. Demir V, Dere T, Ergin S, Cakır Y, Celik F. Determination and health risk assessment of heavy metals in drinking water of Tunceli, Turkey. *Water resources*. 2015;42(4):508-16.
 27. Mesdaghinia A, Nasseri S, Hadi M. Assessment of carcinogenic risk and non-carcinogenic hazard quotient of chromium in bottled drinking waters in Iran. *Iranian Journal of Health and Environment*. 2016;9(3):347-58.
 28. Kashi G, Hydarian N. Optimization Electrophotocatalytic Removal of Sulfanilamide From Aqueous Water by Taguchi Model. *Journal of Mathematics*. 2019;6(10):50-3.
 29. Xie Z, Wang J, Liu Y, Yang C. Health risk assessment for heavy metals in natural cold-bicarbonated mineral water, Wudalianchi. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 2013;4(2):50-3.
 30. Kashi G, Potkee M. Investigation Electro-photocatalytic Removal of Acetaminophen from Drinking Water. *Safety Promotion and Injury Prevention*. 2017;4(3):175-84.