Journal of Health

Vol. 11, No. 3, Summer Supp. 2020, Pages 325-337

Evaluation of Cadmium, Arsenic and Mercury Concentrations in the Drinking Water Distribution Network in Ardabil City in 2018

Manzoori Y[1], Kashi G*[2], Tashii H[3], Mahmoodkhani R[3], Jahangiri M[3]

1. MS student of Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2. Associate professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran; & Water Purification Research Centre (WPRC), Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran;
3. Assistant Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Tehran Medical Sciences, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**** Corresponding author.*** Tel: +989125039128, Fax: +982122600714, E-mail: g.kashi@yahoo.com, WPRC@iautmu.ac.ir

Received: Jan 6, 2020 Accepted: May 16, 2020

ABSTRACT

Background & objectives: Heavy metals enter water sources in many ways and cause hazards such as poisoning and carcinogenesis in the living organisms. This study aimed to investigate the concentration of heavy metals (arsenic, mercury, and cadmium) in the Yamchi Reservoir Dam and Ardabil drinking water distribution network in high and low rainfall seasons in 2018.

Methods: In this cross-sectional study, eleven sampling stations were selected. Heavy metals such as arsenic, cadmium, and mercury were measured. Paired t-test, Kruskal-Wallis, and Pearson correlation coefficients were used to test the research hypotheses using SPSS 21 software.

Results: The mean electrical conductivity, temperature, and pH were 759.18±1.31 µmoh/cm, 10.18±2 2.08 °C, and 7.69±0.5, respectively. The mean of the above variables in the low rainfall season was 887.72±27.11 µmoh/cm, 19.90±1.04 °C, and 7.76±0.44, respectively and these values were at the national standard. The mean arsenic, mercury, and cadmium concentrations in the rainy season were 32.18±4.61, 59.94±8.75, and 21.28±6.03 µg/l, respectively. The mean of the above variables in the low season of precipitation were 976.37±205.90, 549.05±109.32, and 5.30±2.47 µg/l, respectively and these values were higher than the national standard.

Conclusion: In conclusion, the location of sampling stations influences the determination of heavy metals (arsenic, mercury, cadmium) in Yamchi Reservoir Dam and Ardabil drinking water distribution network in high and low rainfall season. Temperature and electrical conductivity had a significant positive and significant effect on arsenic and mercury concentrations; but pH did not affect on the concentration of heavy metals (arsenic, mercury, cadmium) in Yamchi Reservoir Dam and drinking water distribution network in Ardabil city during high and low rainfall in 2018.

Keywords: Heavy Metals; Drinking Water; Reservoir Dam; Ardabil

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

بررسی غلظت کادمیوم، آرسنیک و جیوه در شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۱۳۹۷

یاور منظوری[۱]، گیتی کاشی[۲*]، حمیدرضا تشیعی[۳]، روح ا... محمودخانی[۳]، مهسا جهانگیری[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۲. دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
۳. استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۵۰۳۹۱۲۸ فکس: ۰۲۱۲۲۶۰۰۷۱٤ ایمیل: WPRC.iautmu.ac.ir , g.kashi@yahoo.com

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین از راه‌های مختلف به منابع آب وارد شده و باعث ایجاد مخاطراتی از قبیل مسمومیت و سرطانزایی در بدن موجودات زنده می‌شوند. این مطالعه با هدف بررسی غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، جیوه و کادمیوم) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش در سال ۱۳۹۷ انجام پذیرفت.

روش کار: این مطالعه از نوع توصیفی- مقطعی است. ۱۱ ایستگاه نمونه‌برداری انتخاب و غلظت فلزات سنگین آرسنیک، کادمیوم و جیوه اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی فرضیه های پژوهش از آزمون های تی زوجی، کروسکال والیس و ضریب همبستگی پیرسون با استفاده از نرم افزار SPSS-21 بهره گرفته شد.

یافته ها: میانگین هدایت الکتریکی، دما و pH در فصل پر بارش به ترتیب ۷۵۹/۱۸±۲۱/۳۱ برحسب نفلومتری، ۱۰/۱۸±۲/۰۸ برحسب درجه سانتی گراد و ۷/۶۹±۰/۵ به دست آمد که میانگین متغیرهای فوق در فصل کم بارش به ترتیب ۸۸۷/۷۲±۲۷/۱۱ نفلومتری، ۱۹/۹۰±۱/۰٤ درجه سانتی‌گراد و ۷/۷۶±۰/٤٤ به دست آمد؛ که این مقادیر در حد استاندارد کشوری قرار دارد. میانگین آرسنیک، جیوه و کادمیوم در فصل پر بارش به ترتیب ۳/۲۱۸±۲/۶۱، ۳/۳۷۸±۲/۷۵ و ۱/۷۶۷±۶/۰۳ میکروگرم بر لیتر به دست آمد که میانگین متغیرهای فوق در فصل کم بارش به ترتیب ۹/۷۶±۲/۰۵، ٤/۱±۹۹۷/۰۹۳ و ۲/۷۲۸±۱/۰۳ برحسب میکروگرم بر لیتر به دست آمد؛ که این مقادیر از حد استاندارد کشوری فراتر نرفته است.

نتیجه گیری: براساس نتایج بدست آمده می‌توان نتیجه گیری نمود که موقعیت مکان ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تعیین غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، جیوه، کادمیوم) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش تأثیر دارد. دما و هدایت الکتریکی در غلظت آرسنیک و جیوه تأثیر مثبت و معنادار داشت؛ اما pH تأثیری بر غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، جیوه، کادمیوم) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش در سال ۱۳۹۷ نداشت.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، آب شرب، سد مخزنی، اردبیل

دریافت: ۹۸/۱۰/۱۶ **پذیرش:** ۹۹/۲/۲۷

مقدمه

بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، بیش از ۱/۱ میلیارد نفر به آب آشامیدنی سالم دسترسی ندارند. روزانه ۳۹۰۰ کودک در اثر بیماری‌های منتقله از آب می‌میرند (۱). تامین آب سالم نیازمند رعایت استانداردهای شیمیایی، فیزیکی و میکروبی

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

می‌باشد (۲). خطرات عفونی مرتبط با آب آشامیدنی در درجه اول مخاطرات ناشی از آلودگی مدفوعی را شامل می‌شوند. غلظت بیش از حد مجاز نیترات و فلوراید آب آشامیدنی به ترتیب به متهموگلوبینمیا در نوزادان و تشکیل ترکیبات نیتروزآمین در سیستم گوارشی و فلوئورزیس دندانی و استخوانی منجر می‌شود. فلزات سنگین گروه مهمی از آلاینده‌ها محسوب می‌شوند که فرآیندهای طبیعی ازقبیل تجزیه بیولوژیکی به حذف آن‌ها از محیط منجر نمی‌شود. سوخت فسیلی، استخراج معادن، پساب کشاورزی، روانآب سطحی، فاضلاب صنعتی، ترابری و فاضلاب شهری از جمله منابع انسان ساخت ورود فلزات سنگین به منابع آب آشامیدنی سطحی و زیرزمینی محسوب می‌شوند. بارندگی، فرسایش خاک و انحلال نمک‌های محلول از جمله منابع طبیعی ورود فلزات سنگین به منابع آب آشامیدنی سطحی و زیرزمینی محسوب می‌شوند. فلزات سنگین از قبیل آرسنیک، جیوه و کادمیوم غیرضروری می‌باشند که افزایش غلظت آن‌ها از حد میزان قابل تحمل روزانه به بروز نشانگان بیماری به علت ویژگی تجمع زیستی و بزرگنمایی زیستی در بافت‌های بدن فرد منجر می‌شود. بنابراین حفاظت منابع آبی به‌ویژه آب سطحی در برابر آلودگی‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۳). آب آشامیدنی از جمله منبع تامین فلزات ضروری (ازقبیل منگنز، آهن و کبالت) و فلزات سمی (ازقبیل جیوه، سرب، کادمیوم، نقره، آلومینیوم، آرسنیک و باریم) نیز محسوب می‌شود (٤).

آرسنیک در گروه یک ترکیبات سرطانزای مؤسسه بین‌المللی تحقیقات سرطان (IRAC) به ایجاد سرطان‌های ریه، مثانه و پوست علت طبقه‌بندی شده است (۵). اختلالات آنزیمی و نارسایی کلیه به علت تجمع زیستی کادمیوم در کلیه (تهدید اصلی سلامت فرد) ازجمله نشانگان مواجهه با کادمیوم ازطریق آب آشامیدنی محسوب می‌شوند (۶). پایش مستمر فلزات سنگین در مخزن ذخیره‌ای، با توجه به مخاطرات سوءِ بهداشتی آن‌ها، پایش این فلزات در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش ضروری به نظر می‌رسد. زیرا افزایش غلظت آن‌ها از حدود مجاز استانداردهای ملی و بین‌المللی نیازمند برنامه‌ریزی در زمینه اقدامات پیشگیرانه به منظور کنترل بروز بیماری‌های غیرواگیردار می‌باشد. پایش آرسنیک، به‌عنوان متغیر عمومی، آب از درجه اهمیت ۳ در کاربری کیفی شرب و شهری برخوردار می‌باشد. فلزات سنگین در محیط زیست پایدار هستند. بنابراین، ممکن است در سد مخزنی آب آشامیدنی در کشور ایران یافت شوند. این ترکیبات به دلیل ناکارآمدی فنآوری‌های متداول تصفیه فاضلاب ازطریق پساب خروجی به آب ورودی به سد مخزنی راه یافته اند. کیفیت ضعیف آب آشامیدنی و مصرف آب آلوده به ترکیبات دارویی، آلی و معدنی شیمیایی ازجمله فلزات سنگین سلامت افراد را تهدید می‌کند (۷). زائدات خانگی و بیمارستانی، روانآب مراکز کشاورزی و دامداری، تخلیه مستقیم از تصفیه خانه فاضلاب شهری، مواد دفعی انسان، صنعت و مصرف کود حیوانی ازجمله منابع ورود فلزات سنگین به سد مخزنی محسوب می‌شوند (۸).

کاشی و همکاران در مطالعه‌ای گستره سختی کل ٤٥ نمونه بررسی شده منابع آب آشامیدنی شهر سمنان را ۷۲۰-۱۶۰۰ mg/L as $CaCO_3$ (رده سخت و خیلی سخت) اعلام نمودند (۹). چن و همکاران غلظت روی در ۱ نمونه از ۶ نمونه آب شیر آشامیدنی بررسی شده در منطقه تایهو در شرق کشور را بیش از حد مجاز اعلام نمودند (۱۰).

تحقیق حاضر به منظور توجه به کیفیت آب مصرفی صورت می‌پذیرد. با توجه به این که تاکنون در خصوص بررسی کیفیت فیزیکوشیمیایی و ارتباط آن با غلظت فلزات سنگین در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم‌بارش تحقیقی انجام نشده بود، بنابراین این مطالعه

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]
[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

به منظور بررسی منابع آب ورودی به سد مخزنی یامچی، سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش از لحاظ کیفیت فیزیکوشیمیایی و فلزات سنگین انجام شد. متغیرهای مورد بررسی شامل دما، کدورت، کلر باقیمانده، pH و فصل نمونه برداری بود.

روش کار

توصیف مکان نمونه برداری

روش تحقیق در این پژوهش توصیفی- تحلیلی خوشه‌ای تصادفی بود. جامعه آماری این پژوهش را ۱۱ ایستگاه نمونه‌برداری شامل حوزه ورودی آبگیر سد (۲ نمونه)، سد مخزنی (۲ نمونه)، خروجی سد یا ورودی به تصفیه خانه (۱ نمونه)، خروجی تصفیه‌خانه آب (۱ نمونه) و شبکه آب آشامیدنی شهر اردبیل (۵ نمونه) در فصل پربارش و کم بارش در سال ۱۳۹۷ تشکیل می‌دهند. جمعیت استان اردبیل ۱۲۷۰۴۲۰ نفر و مساحت آن ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع است که از نظر مختصات جغرافیایی در ′۹ °۳۷ الی ′۴۲ °۳۹ عرض شمالی و ′۱۵ °۴۷ الی ′۵۶ °۴۸ طول شرقی قرارگرفته است.

توصیف روش نمونه‌گیری

این تحقیق در ۱۱ ایستگاه در منطقه اردبیل که ۶ ایستگاه آن در محدوده حوزه آبخیز سد یامچی به عنوان منبع تامین آب شرب اردبیل و ۵ نقطه در محدوده شهر اردبیل در مرکز، جنوب، شرق، غرب و شمال شهر اردبیل انجام گرفت.

روش نمونه برداری

نمونه‌برداری دربازه زمانی ۱۳۹۷/۳/۲ الی ۱۳۹۷/۶/۲ انجام گرفت. برای این منظور در شرایط تمیز (ظرف پلی اتیلنی شستشوداده شده با اسید نیتریک ۱٪ و آب دوبار تقطیرشده ۳۰۰ میلی لیتر دهان گشاد و بدون هواگیری) نمونه‌برداری، نمونه به منظور جلوگیری از رشد میکروبی و جذب و رسوب کاتیون‌ها بر روی جدار ظرف با تنظیم pH به کم تر از ۲ با افزودن اسیدنیتریک نگهداری و جهت بررسی به آزمایشگاه بخش شیمی آزمایشگاه بهداشت محیط دانشکده و آزمایشگاه مورد تائید محیط زیست منتقل شدند. هنگام نمونه‌گیری از هر محل دو نمونه تهیه شد. روش نمونه‌برداری آب و آنالیز فلزات سنگین آرسنیک، جیوه و کادمیوم بر اساس دستورالعمل شماره ۷۹۶۴ استاندارد ملی ایران و دستورالعمل‌های موجود در کتاب روش‌های استاندارد آب و فاضلاب انجام گرفت. اندازه‌گیری غلظت فلز سنگین آرسنیک، جیوه و کادمیوم طبق توسط دستگاه طیف سنج (مدل پرکین المر، ساخت آمریکا) طبق روش‌های 3500-As B در طول موج ۵۲۰ نانومتر، 3112-Hg B در طول موج ۲۵۳/۷ نانومتر و 3500-Cd B در طول موج ۲۲۸/۸ نانومتر کتاب روش‌های استاندارد جهت انجام آزمایش‌های آب و فاضلاب APAH (۲۰۱۷) انجام گرفت.

روش‌ها و ابزار تجزیه و تحلیل داده‌ها

آزمایشات ۳ بار تکرار شد و میانگین آن‌ها گزارش گردید. تهیه نقشه پراکنش جغرافیایی آلودگی آب در شهر اردبیل با استفاده از GIS (Arc GIS,10.1) تعیین گردید. داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS (نسخه ۲۱) و آزمون آماری تی، تجزیه و تحلیل شدند. متوسط داده‌ها با مقادیر استاندارد سازمان بهداشت جهانی و استاندارد کشوری مقایسه گردید.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

جدول ۱. موقعیت ایستگاه‌های نمونه برداری

کد نمونه	محل برداشت	مشخصات جغرافیایی	
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
S1	شبکه توزیع شمال	38.268687869542774	48.28592998715237
S2	شبکه توزیع شرق	38.2697492063758	48.316314050873075
S3	شبکه توزیع جنوب	38.22608682735454	48.322322199066434
S4	شبکه توزیع غرب	38.22446857420571	48.2708237859805
S5	شبکه توزیع مرکز	38.2514179089989	48.29777462216214
S6	خروجی تصفیه خانه	38.107184409884574	48.14121944638089
S7	ورودی آغلاغان	38.03860267299677	48.04985267849759
S8	نقطه تلاقی	38.05428416758103	48.0699370596011
S9	ورودی جوراب چای	38.053337965724275	48.05980903836087
S10	مرکز سد	38.06239396743891	48.07268364163235

یافته‌ها

بررسی کیفیت فیزیکو شیمیایی

نتایج کیفیت فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب بررسی‌شده فصل پربارش سال ۱۳۹۷ نشان داد که میانگین pH، دما (Tem)، کدورت (T)، کلر باقیمانده (RCl)، جامدات محلول کل (TDS)، قلیائیت کل (TA)، هدایت الکتریکی (EC)، سختی کل (TH) و اسیدهیومیک (HA) به‌ترتیب ۷/۶۹±۰/۵ (۷/۸-۷/۲)، ۱۰/۱۸±۲/۰۸ (۱۲-۸) درجه سانتی‌گراد، ۱۸/۰۶±۲/۱۲ (۲۲/۹۶-۱٤/۵۸) برحسب نفلومتری، ۰/۲۷±۰/۲۷ (۰/۶-۰/۰) برحسب میلی‌گرم بر لیتر، ٤۹۳±۱۳/۶۹ (۵۱۲-٤۷۰) برحسب میلی‌گرم بر لیتر، ۱۷۸/۸۶±۱۰/۱٤ (۲۰۵-۱۶۷/۵) میلی‌گرم برحسب کربنات کلسیم بر لیتر، ۷۵۹/۱۸±۲۱/۳۱ (۷۲٤-۷۸۹) برحسب میکرومو بر سانتی متر، ۱۷٤/۰۹±۳٤/۹۳ (۲٤۰-۱۲۰) میلی‌گرم برحسب کربنات کلسیم بر لیتر و ۰/۰±۰/۰ (۰/۰-۰/۰) برحسب میکروگرم بر لیتر می‌باشند. نتایج کیفیت فیزیکوشیمیایی نمونه‌های بررسی شده فصل کم بارش سال ۱۳۹۷ نشان داد که میانگین pH، Tem، T، RCl، TDS، TA، EC، TH و HA به ترتیب ۷/۷۶±۰/٤٤ (۸/۲-۷/۲)، ۱۹/۹۰±۱/۰٤ (۲۱-۱۹) درجه سانتی‌گراد، ۶/۵۷±۵/۶٤ (۱٤/۸۸-۰/۷۲) برحسب نفلومتری، ۰/۱۸±۰/۱۷ (۰/٤-۰/۰) برحسب میلی‌گرم بر لیتر، ۶۲۱/۰۹±۱۸/۸۰ (۶۶۰-۶۰٤) برحسب میلی‌گرم بر لیتر، ۱۹۲/۱۳±۸/۸٤ (۲۱۵-۱۸۱) میلی‌گرم برحسب کربنات کلسیم بر لیتر، ۸۸۷/۷۲±۲۷/۱۱ (۹٤٤-۸۶٤) برحسب میکرومو بر سانتی متر، ۲۰۱/٤۰±۳۷/۹۸ (۵-۱۵۷/۲۷۵) میلی‌گرم برحسب کربنات کلسیم بر لیتر و ۰/۰۱۷۶±۰/۰۳ (۰/۱۰۵۹-۰/۰۰۲٤) برحسب میکروگرم بر لیتر می‌باشند (جدول ۲).

بررسی کیفیت شیمیایی

نتایج کیفیت شیمیایی نمونه‌های آب بررسی‌شده فصل پربارش سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهند که میانگین غلظت کادمیوم (Cd)، آرسنیک (As) و جیوه (Hg) برحسب میکروگرم بر لیتر در ۶ ایستگاه آخر به‌ترتیب ۳/۲۱۸±۰/۲۲ (۳/۷۶۲-۲/۵۲)، ۳/۳۷۸±۰/۳۵ (٤/۹۸۷-۲/۱۶٤) و ۲/۲۱٤±۰/۰۳ (٤۷/۹۹٤-۰/۲) می‌باشند. نتایج کیفیت شیمیایی نمونه‌های آب بررسی شده فصل کم بارش سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهند که میانگین غلظت Cd، As و Hg برحسب میکروگرم بر لیتر در ۶ ایستگاه آخر به ترتیب ۸/۹۵۸±۰/۵۲ (۹/۹۹۰-۷/۲۹٤)، ۵/٤۲۳±۲/۲ (۵/۹۹۹-۳/۳۷۲) و ۲/۶۲۵±۰/۱۸ (۲/۹۹۹-۱/۸٤۲) می‌باشند (جدول ۳).

تجزیه و تحلیل آماری

مقایسه آماری متغیر غلظت فلزات سنگین و متغیرهای موردبررسی نشان دادند مقدار همبستگی معنی‌داری

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]
[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

بین غلظت فلزات سنگین با موقعیت، اسیدهیومیک، کدورت، دما، هدایت الکتریکی، و مجموع جامدات محلول وجود دارد ($p < ۰/۰۵$) (جدول ٤).

جدول ۲. کیفیت فیزیکوشیمیایی نمونه‌های آب بررسی شده در سال ۱۳۹۷

منطقه / نام ایستگاه	فصل	کلر باقیمانده (mg/L)	pH	دما (℃)	کدورت (NTU)	اسید هیومیک	سختی کل (mg/L as $CaCO_3$)	قلیائیت کل (mg/L as $CaCO_3$)	مجموع جامدات محلول (mg/L)	هدایت‌الکتریکی (µmoh/cm)
۱ (ورودی آغلاغان)		۰	۸/۲	۸	۱۸/۹٤	۰	۱۶۵	۱۷۵	۵۰۱	۷۷۱
۳ (ورودی جوراب)		.	۸/۲	۸	۱۵/۹۷	۰	۱۶۰	۱۷۵	٤۸۸	۷۵۱
۵ (نقطه تلاقی)		.	۸/۲	۸	۱۷/۵۹	۰	۱۶۲/۵	۱۷۵	٤۹٤	۷۶۱
۷ (مرکز سد)		۰	۸/۲	۸	۱۹/۳۱	۰	۱۶۵	۱۷۷/۵	٤۹۶	۷۶۳
۹ (خروجی سد)		۰	۸/۲	۸	۲۲/۹۶	۰	۱۷۰	۱۸۰	۵۱۲	۷۸۹
۱۱ (خروجی تصفیه خانه)		۰/۶	۷/۶	۱۲	۱۸/۵۲	۰	۱۲۰	۱۶۷/۵	٤۷۰	۷۲٤
۱۳ (غرب)		۰/۶	۷/۲	۱۲	۱۷/۲٤	۰	۲۳۰	۱۸۷/۵	٤۹۹	۷۶۹
۱۵ (شمال)	پربارش	۰/۶	۷/۲	۱۲	۱۸/۶۵	۰	۱۵۰	۱۷۰	٤۷۲	۷۲۶
۱۷ (جنوب)		۰/٤	۷/۲	۱۲	۱٤/۵۸	۰	۲٤۰	۲۰۵	۵۱۲	۷۸۹
۱۹ (شرق)		۰/٤	۷/۲	۱۲	۱۷/۲۹	۰	۱۵۷/۵	۱۷۵	٤۸۶	۷٤۹
۲۱ (مرکز)		۰/٤	۷/۲	۱۲	۱۷/۶۶	۰	۱۹۵	۱۸۰	٤۹۳	۷۵۹
حداقل		۰/۰	۷/۲	۸	۱٤/۵۸	۰	۱۲۰	۱۶۷/۵	٤۷۰	۷۲٤
حداکثر		۰/۶	۸/۲	۱۲	۲۲/۹۶	۰	۲٤۰	۲۰۵	۵۱۲	۷۸۹
میانگین		۰/۲۷	۷/۶۹	۱۰/۱۸	۱۸/۰۶	۰	۱۷٤/۰۹	۱۷۸,۸۶	٤۹۳/۰۰	۷۵۹/۱۸
انحراف معیار		۰/۲۷	۰/۵۰	۲/۰۸	۲/۱۲	۰	۳٤/۹۳	۱۰/۱٤	۱۳/۶۹	۲۱/۳۱
۱ (ورودی آغلاغان)		۰	۸/۲	۱۹	۱۲/۹٤	۰/۰۰۲٤	۱۸۱	۱۹۱	۶۱۷	۸۸۲
۳ (ورودی جوراب)		.	۸/۲	۱۹	۹/۵٤	۰/۰۰۲٤	۱۸۱	۱۹۱	۶۰٤	۸۶٤
۵ (نقطه تلاقی)		.	۸/۲	۱۹	۱۱/٤۹	۰/۰۰۲٤	۱۸۱	۱۹۱	۶۱۱	۸۷۳
۷ (مرکز سد)		۰	۸/۲	۱۹	۱۲/۳۱	۰/۰۰۳٤	۱۸۲/۵	۱۹۵	۶۱۲	۸۷۵
۹ (خروجی سد)		۰	۸/۲	۱۹	۱٤/۸۸	۰/۰۰۳۵	۱۸۵	۱۹۷/۵	۶۲۲	۸۸۹
۱۱ (خروجی تصفیه خانه)		۰/۳	۷/۶	۱۹	۳/۲۲	۰/۰۰۳۰	۱۵۷/۵	۱۸۱	۶۰۶	۸۶۶
۱۳ (غرب)		۰/٤	۷/۶	۲۱	۰/۸۹	۰/۰٤۱۵	۲۶۵	۱۹۱	۶٤۵	۹۲۲
۱۵ (شمال)	کم بارش	۰/٤	۷/۲	۲۱	٤/۱۳	/۰۰۳۶	۱۸۵	۱۸۵	۶۰۷	۸۶۷
۱۷ (جنوب)		۰/۳	۷/۶	۲۱	۰/۷۲	۰/۱۰۵۹	۲۷۵	۲۱۵	۶۶۰	۹٤٤
۱۹ (شرق)		۰/۳	۷/۲	۲۱	۱/۱	۰/۰۱۲۱	۱۹۲/۵	۱۸۶	۶۰۸	۸۶۸
۲۱ (مرکز)		۰/۳	۷/۲	۲۱	۱/۱۲	۰/۰۱٤۰	۲۳۰	۱۹۰	۶٤۰	۹۱۵
حداقل		۰/۰	۷/۲	۱۹	۰/۷۲	۰/۰۰۲٤	۱۵۷/۵	۱۸۱	۶۰٤	۸۶٤
حداکثر		۰/٤	۸/۲	۲۱	۱٤/۸۸	۰/۱۰۵۹	۲۷۵	۲۱۵	۶۶۰	۹٤٤
میانگین		۰/۱۸	۷/۷۶	۱۹/۹۰	۶/۵۷	۰/۰۱۷۶	۲۰۱/٤۰	۱۹۲/۱۳	۶۲۱/۰۹	۸۸۷/۷۲
انحراف معیار		۰/۱۷	۰/٤٤	۱/۰٤	۵/۶٤	۰/۰۳۱٤	۳۷/۹۸	۸/۸٤	۱۸/۸۰	۲۷/۱۱
استاندارد کشوری (حداکثر مجاز)		۰/۵_	۶/۵_۹	_	کمتر از ۱	۲ µg/L	۲۰۰	_	۱۰۰۰	_

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

جدول ۳. نتایج نمونه برداری آرسنیک و مس شبکه توزیع آب منطقه نمونه برداری سال ۱۳۹٤

منطقه / نام ایستگاه	فصل	آرسنیک (میکروگرم بر لیتر)	جیوه (میکروگرم بر لیتر)	کادمیوم (میکروگرم بر لیتر)
۱ (ورودی آغلاغان)		۳/۶۶۳	۳/۲۰۸	۱/۱۱۶
۳ (ورودی جوراب)		۳/۰۵۳	۲/۱۶٤	۰/٤۷
۵ (نقطه تلاقی)		۳/۳۵	۲/۷۷۱	۰/۸۲۹
۷ (مرکز سد)		۳/۶٤٤	۲/۸۷٤	۰/۹۶۳
۹ (خروجی سد)		۳/۷۶۲	۲/۹۷۷	۲/۶٤
۱۱ (خروجی تصفیه خانه)		۲/۵۲۰	۲/۳۷۵	۱/۸۱۰
۱۳ (غرب)		۳/٤۵۲	٤/۶٤۵	۲/۲٤۷
۱۵ (شمال)	پربارش	۲/۵۲۲	۲/۸۸۲	۱/۹۱٤
۱۷ (جنوب)		۳/۵۲	٤/۹۸۷	۲/۹۹٤
۱۹ (شرق)		۲/۶۷۵	٤/۰۱۳	۲/۱۱۸
۲۱ (مرکز)		۳/۲٤٤	٤/۲۶۵	۲/۲۰٤
حداقل		۲/۵۲۰	۲/۱۶٤	۰/٤۷
حداکثر		۳/۷۶۲	٤/۹۸۷	۲/۹۹٤
میانگین (۶ ایستگاه آخر)		۳/۲۱۸	۳/۳۷۸	۲/۲۱٤
انحراف معیار		۰/۲۲	۰/۳۵	۰/۰۳
۱ (ورودی آغلاغان)		۹/۵٤۶	٤/۵۲٤	۳/۰۱۲
۳ (ورودی جوراب)		۹/۱۶۸	۳/۳۷۲	۱/۸٤۲
۵ (نقطه تلاقی)		۹/۳۵۱	۳/۷۷۵	۲/٤۲۶
۷ (مرکز سد)		۹/٤٤۲	٤/۷۷۲	۲/۷۷۵
۹ (خروجی سد)		۱۰/۶۳۳	۵/۶۰۹	۲/۸۳۱
۱۱ (خروجی تصفیه خانه)		۷/۲۹٤	٤/۹۱۰	۲/۱۵۰
۱۳ (غرب)		۹/۵۶۲	۵/۹۹۵	۲/۹۹۶
۱۵ (شمال)	کم بارش	۸/۸۹۳	٤/۹٤۸	۲/۱۵۷
۱۷ (جنوب)		۹/۹۹۰	۵/۹۹۹	۲/۹۹۹
۱۹ (شرق)		۸/۹۲۳	۵/۱۳۸	۲/٤۶۵
۲۱ (مرکز)		۹/۰۸۶	۵/۵۵۱	۲/۹۸۵
حداقل		۷/۲۹٤	۳/۳۷۲	۱/۸٤۲
حداکثر		۹/۹۹۰	۵/۹۹۹	۲/۹۹۹
میانگین (۶ ایستگاه آخر)		۸/۹۵۸	۵/٤۲۳	۲/۶۲۵
انحراف معیار		۰/۵۲	۲/۲	۰/۱۸
استاندارد کشوری (حداکثر مجاز)		۱۰	۶	۳

جدول ٤. مقایسه آماری متغیر مورد بررسی

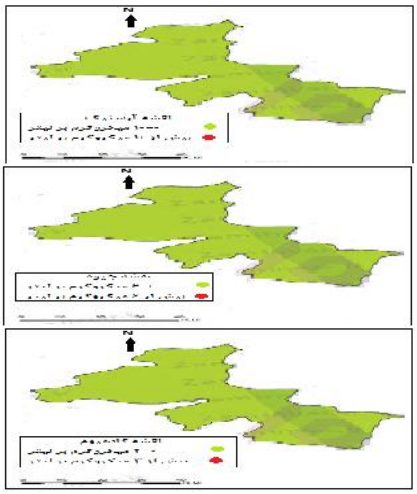
متغیر	R^2	F	P value	متغیر	R^2	F	P value
ایستگاه	۰/۷۲۲	۵۱/۹۸۰	(S) ۰/۰۰۱	دما	۰/۸۵۲	۱۱۵/۲۳۵	(S) ۰/۰۰۱
کلر باقیمانده	۰/۰۳۸	۰/۷۸۲	(NS) ۰/۳۸۷	کدورت	۰/۶٤۱	۳۵/۶۵۹	(S) ۰/۰۰۱
pH	۰/۰۰۸	۰/۱۶۵	(NS) ۰/۶۸۹	اسید هیومیک	۰/۳۵۶	۱۱/۰٤۹	(S) ۰/۰۰۳
سختی کل	۰/۲۳۶	۶/۱۶۶	(S) ۰/۰۲۲	مجموع جامدات محلول	۰/۹٤۶	۳٤۹/۶۶٤	(S) ۰/۰۰۱
قلیلئیت کل	۰/۵۰۹	۲۰/۷۵۶	(S) ۰/۰۰۱	هدایت الکتریکی	۰/۹۲۰	۲۲۹/٤۵۵	(S) ۰/۰۰۱
فصل	۰/۹۲۰	۲۳۱/۱۸۵	(S) ۰/۰۰۱				

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

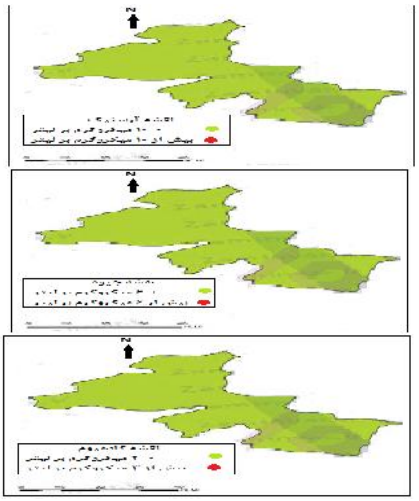
[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

تهیه نقشه پراکنش

تهیه نقشه پراکنش جغرافیایی فلزات سنگین (آرسنیک، جیوه و کادمیوم) ایستگاه‌های نمونه‌برداری سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در سال ۱۳۹۷با GIS نشان دادند ۰ (۰ نمونه)، ۲۷/۳ درصد (۶ نمونه) و ۷۲/۷ درصد (۱۶ نمونه) به‌ترتیب در رده‌های مجاز، آلوده و خیلی آلوده قرار دارند (شکل‌های ۲ و ۳).



شکل ۲. نقشه پراکنش فلزات سنگین شبکه توزیع آب آشامیدنی منتخب شهر اردبیل در سال ۱۳۹۷ (کم بارش)



شکل ۳. نقشه پراکنش فلزات سنگین شبکه توزیع آب آشامیدنی منتخب شهر اردبیل در سال ۱۳۹۷ (پربارش)

بحث

برطبق نتایج حاصل از بررسی در فصل کم‌بارش، می‌توان نتیجه‌گیری نمود گستره دمای آب از رهنمود اتحادیه اروپا (کمینه و بیشینه به ترتیب ۱۲ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد) فراتر نرفته است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که دمای آب بر روی سرعت واکنش‌های شیمیایی و بیوشیمیایی و راندمان تصفیه آب ازقبیل کلرزنی و انعقاد موثر می‌باشد. میانگین کدورت ۶/۵۷±۵/۶٤ (۰/۷۲-۱٤/۸۸) برحسب NTU از رهنمود سازمان بهداشت جهانی (WHO) (۱ NTU >) فراتر رفته است. می‌توان نتیجه گیری نمود که کدورت آب به افزایش مصرف کلر در فرآیند کلرزنی ناشی از کاهش اثربخشی کلر منجر می‌شود. این یافته تحقیق با تحقیق انجام شده توسط دوبرادران و همکاران همخوانی دارد (۱۱). شاخص خورندگی (AI)، لانژلیه (LSI) و پوکوریوس (PI) در بیشینه مقادیر پارامترهای شیمیایی به ترتیب غیرخورنده (۱۲/۹)، غیرخورنده (۱) و در تعادل (۶/۰۶۳) بدست آمد. می‌توان نتیجه گیری نمود متغیرهای Tem، pH، Alk و TH از جمله متغیرهای اصلی نشانگر شاخص تعادل آب هستند. درگاهی و همکاران گستره شاخص‌های LSI و PI چاه‌های آب شرب شهر دهلران را به ترتیب ۰/۱۹+-۰/٤۳- و ۱۱/۲۱-۸/۶۹ اعلام نمودند (۱۲). میانگین TH آب ۳۷/۹۸±۲۰۱/٤۰ (۲۷۵-۱۵۷/۵) برحسب mg/l as $CaCO_3$ از رهنمود ملی کشوری (۲۰۰ mg/l as $CaCO_3$) در فصل کم بارش فراتر رفته است. میانگین هدایت الکتریکی و pH آب ۲۷/۱۱±۸۸۷/۷۲ برحسب µmoh/cm و ۰/٤٤±۷/۷۶ برآورد گردید.

برطبق نتایج حاصل از بررسی در فصل پربارش می‌توان نتیجه‌گیری نمود گستره دمای آب از رهنمود اتحادیه اروپا فراتر نرفته است. میانگین کدورت آب ۲/۱۲±۱۸/۰۶ NTU (۲۲/۹۶-۱٤/۵۸) از رهنمود سازمان بهداشت جهانی فراتر رفته است. شاخص‌های

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]
[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

AI، LSI و PI در بیشینه مقدار پارامترهای شیمیایی به ترتیب غیرخورنده (۱۲/۸)، غیرخورنده (۰/۷) و خورنده (۶/۶) بدست آمد. میانگین TH ۱۷٤/۰۹±۳٤/۹۳ (۱۲۰-۲٤۰) mg/l as $CaCO_3$ از رهنمود ملی کشوری فراتر نرفته است. میانگین هدایت الکتریکی آب ۷۵۹/۱۸±۲۱/۳۱ µmoh/cm برآورد گردید. میانگین هدایت الکتریکی آب در فصل کم بارش ۱۶/۹ درصد در مقایسه با پربارش افزایش یافته است. زرولی و همکاران مقدار هدایت الکتریکی آب شرب را در شهر خوی ۵۸۹ µmoh/cm گزارش کردند. میانگین pH آب ۷/۶۹±۰/۵ برآورد گردید. میانگین pH آب در فصل کم بارش حدود ۱ درصد در مقایسه با پربارش کاهش یافته است. pH تمام نمونه‌های آب از رهنمود ملی کشوری (۹-۶/۵) فراتر نرفته است. ملایی توانی و همکاران مقدار pH آب شرب شهر شاهرود را ۷/۸۹ و ۷/٤۳ به ترتیب در فصل‌های تابستان و بهار گزارش کردند (۱۳). افزایش دما، pH، Cl به افزایش ماده آلی برحسب TOC در آب منجر می‌شود. برطبق نتایج حاصل از تحقیق در بخش آلی نمونه‌های آب بررسی شده در فصل کم بارش می‌توان نتیجه‌گیری نمود میانگین HA آب ۰/۰۱۷۶±۰/۰۳ (۰/۰۰۲٤-۰/۱۰۵۹) برحسب µg/l بیش از استاندارد ملی کشوری و EPA نمی‌باشد.

میانگین THM_S آب ۶۰/۷۳ برحسب mg/l از رهنمود ملی کشوری در نمونه‌های بررسی شده فراتر نرفته است. این نتیجه تحقیق با تحقیق انجام شده توسط نوشادی و همکاران همخوانی دارد (۱٤). برطبق نتایج حاصل از تحقیق در بخش آلی نمونه‌های آب بررسی‌شده در فصل پربارش می‌توان نتیجه‌گیری نمود میانگین HA آب ۰/۰±۰/۰ µg/l (۰/۰-۰/۰) بیش از استاندارد ملی کشوری و EPA نمی‌باشد. میانگین THM_S آب ۵۰/۶۳ mg/l از رهنمود ملی کشوری در نمونه‌های بررسی شده فراتر نرفته است. به عبارت دیگر میانگین THM_S آب در فصل پربارش حدود ۲۰ درصد در مقایسه با کم بارش کاهش یافته است.

میانگین فلزات سنگین آب ۶ ایستگاه آخر از قبیل As ۳/۲۱۸±۰/۲۲ (۲/۵۲۰-۳/۷۶۲)، Hg ۳/۳۷۸±۰/۳۵ (۲/۱۶٤-٤/۹۸۷) و Cd ۲/۲۱٤±۰/۰۳ (۰/٤۷-۲/۹۹٤) برحسب µg/l در فصل پربارش کمتر از استاندارد ملی کشوری و EPA می‌باشند. مجموع ریسک ناشی از سه فلز سنگین بررسی شده برای فرد مصرف‌کننده آب ۱ ≤ می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری نمود مصرف این آب در درازمدت اثر بهداشتی سوی برای مصرف کننده ندارد. شمس خرم‌آبادی و همکاران غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در منابع تأمین آب شهرنورآباد را کمتر از استاندارد ملی و سازمان جهانی بهداشت اعلام و بنابراین نتیجه گرفتند که مصرف این آب در درازمدت اثر سوءِ بهداشتی برای مصرف‌کننده ندارد (۱۵). ویژگی‌های فصلی، زمین شناسی، فعالیت کشاورزی، فاضلاب انسانی، سوخت فسیلی و روانآب سطحی بر غلظت سه فلز سنگین بررسی شده موثر می‌باشد. بنابراین غلظت بیشتر فلزات سنگین در نمونه‌ها را می‌توان به کاهش میانگین بارش سالیانه، افزایش جمعیت و افزایش فعالیت‌های انسانی از قبیل صنعتی و کشاورزی عوامل مزبور نسبت داد. این یافته تحقیق با تحقیق انجام شده توسط رجایی و همکاران مطابقت دارد (۱۶).

میانگین فلزات سنگین آب ۶ ایستگاه آخر ازقبیل آرسنیک ۸/۹۵۸±۵۲۰ (۷/۹-۲۹٤/۹۹۰)، جیوه ۵/٤۲۳±۲/۲ (۳/۳۷۲-۵/۹۹۹) و کادمیوم ۲/۶۲۵±۰/۱۸ (۱/۸٤۲-۲/۹۹۹) برحسب µg/l در فصل کم‌بارش کمتر از استاندارد ملی کشوری و EPA بود. میانگین فلزات سنگین Cd، As و Hg آب در فصل کم‌بارش به ترتیب ۱۷۸/۳، ۶۰/۵ و ۱۸/۵ درصد در مقایسه با پربارش افزایش یافت. به عبارت دیگر کاهش غلظت فلزات سنگین Cd، As و Hg آب با

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

متغیر فصل از لحاظ آماری معنادار بوده است. هی[1] و همکاران غلظت As در آب آشامیدنی را بیش از مقدار استاندارد (۰/۰۵ mg/L) در ۱۹ استان در کشور چین اعلام نمودند (۱۷). وانگ و همکاران نشان دادند که لایه میانی رسوبات ۱٤ مکان نمونه‌برداری از بیش‌ترین غلظت As برخوردار بوده است (۸). آرسیگا- کابریرا و همکاران غلظت As نمونه آب آشامیدنی بررسی‌شده را بیش از مقدار پیشنهادی WHO (۰/۰۱ mg/L) اعلام نمودند (۱۸). ندیری و همکاران گستره فلز سنگین As ۳۰۸ نمونه بررسی‌شده را در گستره استاندارد اعلام نمودند (۱۹). غلظت فلزات سنگین Cd، As و Hg تمام نمونه‌ها کم‌تر از استاندارد ملی کشوری می‌باشند. آبرازک و همکاران مقدار Hg نمونه‌های آب بررسی‌شده را کمتر از مقدار قابل‌قبول WHO و وزارت بهداشت کشور مالزی اعلام نمودند (۲۰). نظر و همکاران غلظت Cd ۱۸ مکان نمونه‌برداری شده آب رودخانه سوآن را بیش از مقادیر توصیه‌شده برای آب مصرف خانگی و آبزی پروری در کشور پاکستان اعلام نمودند (۲۱). بر اساس آزمون کروسکال والیس، متغیر موقعیت مکان ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تعیین غلظت فلزات سنگین (Cd، As و Hg) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش تأثیر نداشت، لکن بر اساس آزمون ANOVA، متغیر موقعیت مکان ایستگاه‌های نمونه‌برداری در تعیین غلظت فلزات سنگین (Cd، As و Hg) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش تأثیر داشت ($p<۰/۰۵$). نتایج نشان دادند که همبستگی قوی میان Cd، As و Hg به علت رفتار یکسان در جهت مکانی وجود دارد. همبستگی مثبت بین غلظت فلزات سنگین Cd، As و Hg آب آشامیدنی و متغیر موقعیت ایستگاه‌های نمونه‌برداری وجود دارد. نجاتی جهرمی و همکاران همبستگی قوی در میان سرب و مس را اعلام نمودند (۲۲). می‌توان نتیجه‌گیری نمود که الگوی شیب غلظتی فلزات سنگین Cd، As و Hg آب آشامیدنی از روند افزایشی جهت جغرافیایی شمالی- جنوبی و شرقی- غربی پیروی می‌کند. دیسکوویتزچی و همکاران اعلام نمودند غلظت فلزات Cd، As و Hg آب رودخانه‌های آواسا و کوکا در کشور اتیوپی کمتر از رهنمود سازمان بهداشت جهانی بوده و از آن‌ها پیروی می‌کند (۲۳). ساکی‌زاده و همکاران اعلام نمودند غلظت فلزات مس، منگنز و کروم در منابع آب زیرزمینی اندیمشک و شوش در استان خوزستان در کشور ایران بیش از استاندارد سازمان EPA می‌باشد، غلظت فلزات سنگین از الگوی موقعیت جغرافیایی پیروی و غلظت فلزات در منطقه جنوبی بیشتر است. 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 (۲٤). فعالیت انسانی به عنوان شاخص تعیین کیفیت آب محسوب می‌شود. بنابراین فعالیت انسانی در بخش کاربری کشاورزی به افزایش آرسنیک در آب شهر اردبیل ناشی از کاهش کیفیت آب منجر می‌شود.

آب آشامیدنی یکی از راه‌های دریافت Cd، As و Hg محسوب می‌شوند. احتمال وجود As می‌تواند به افزایش مواجهه مصرف کننده و افزایش ریسک سرطانزایی وی منجر شود. از نظر ژئومورفولوژی دشت اردبیل توسط رسوبات آبرفتی از جنس سیلت و رس پوشیده شده است. بررسی پهنه‌های لیتولوژی در منطقه شمال اردبیل نشان داد که سنگ آذرین سست و سست رسوبی از بیشترین وسعت برخوردار می‌باشد. می‌توان نتیجه‌گیری نمود که منطقه مزبور از کمترین مقاومت نیز برخوردار می‌باشد. سینگ و همکاران توزیع غلظت مکانی کادمیوم آب سطحی تالاب کانجلی را در چهار مکان نمونه‌برداری شده بیش از رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی WHO (µg/L ۰/۰۰۳) در فصل‌های مانسون، پسامانسون و زمستان

[1] He

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]
[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

در کشور هند اعلام نمودند (۲۵). از نظر مکانی، نتایج نشان دادند که گستره غلظت فلزات سنگین Cd، As و Hg آب در ایستگاه‌های نمونه‌برداری شده در فصل پربارش از یکسانی بیشتری در مقایسه با فصل کم بارش برخوردار می‌باشند. رابطه مثبت قوی و اختلاف معنادار آماری میان MAlk، TH، T، Tem، EC و ماده آلی نشان داده شد ($p<۰/۰۵$). نتایج تحلیل آماری، بر اساس ضریب همبستگی پیرسون، نشان داد دما و هدایت الکتریکی در غلظت فلزات سنگین (As و Hg) تأثیر مثبت و معنادار دارد ($p<۰/۰۵$). اما pH تأثیری بر غلظت فلزات سنگین (Cd، As و Hg) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش در سال ۱۳۹۷ نداشت. با توجه به مشاهده مستقیم محقق، می توان پیشنهاد داد جهت تعیین منبع دقیق آلودگی آزمایشات بر روی بافت خاک منطقه نیز صورت گیرد.

نتیجه گیری

غلظت آرسنیک، جیوه و کادمیوم نمونه‌های بررسی‌شده در فصل کم بارش و پربارش کمتر از حداکثر مجاز استاندارد ملی و حداکثر غلظت EPA بود که منبع طبیعی (هوازدگی) و انسانی (کاربرد آفت‌کش‌های آرسنیک دار در کاربری کشاورزی) دارد. ضریب همبستگی پیرسون نشان داد دما و هدایت الکتریکی در غلظت فلزات سنگین (As و Hg) تأثیر مثبت قوی و معنادار دارد که نشان‌دهنده منابع مشترک، وابستگی متقابل و رفتار یکسان در مسیر حرکت آن فلزات بود. با توجه به میانگین غلظت فلزات سنگین بررسی شده تمام ایستگاه‌های نمونه‌برداری درجه آلودگی کمتر از بیشینه مجاز استاندارد کشوری را نشان دادند. غلظت فلزات سنگین مورد بررسی در تمام ایستگاه‌ها، به علت کاهش میانگین بارش سالیانه، در فصل کم‌بارش بیش از فصل پربارش بود. تاسیس و حفظ حریم حفاظتی مناسب برای منابع تامین آب شرب شهری به منظور پیشگیری از آلودگی آن ضروری است. همچنین بررسی غلظت این فلزات در آب سد، ورودی و خروجی از تصفیه‌خانه و شبکه توزیع آب شهر اردبیل نشان داد که غلظت آنها افزایش زیادی داشته و بین میانگین غلظت آنها در جهت مکان ایستگاه نمونه‌برداری اختلاف معنی‌دار قوی مثبت وجود دارد. البته افزایش شیب غلظت این فلزات به علت قدمت لوله‌ها، افزایش مجموع جامدات محلول و هدایت الکتریکی قابل پیش‌بینی بوده و با نتایج بررسی همخوانی داشت.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط با عنوان بررسی غلظت فلزات سنگین (آرسنیک، جیوه، کادمیوم) در سد مخزنی یامچی و شبکه توزیع آب آشامیدنی شهر اردبیل در فصل پربارش و کم بارش در سال ۱۳۹۷ بود. نویسندگان مقاله از حمایت علمی گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم‌پزشکی تهران و آزمایشگاه بخش مرکز تحقیقات پالایش آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم پزشکی تهران تشکر و قدردانی می نمایند.

References

1- Mark A, Paul W, Menachem E. Science and technology for water purification in the coming decades. Nature, 2008; 452 (20): 301-310.
2- Pradip B, Dhamole A, Rashami R, Nair A, Stanislaus F, D-Sousa B, Lale S. 2007. Denitrification of high strength nitrate waste. Bioresource Technology, 98: 247-252.
3- Peng JF, Song YH, Yuan P, Cui XY, Qiu GL. The remediation of heavy metals contaminated sediment. Journal Hazarduce Materials, 2009;161 (2-3): 633-40.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]
[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

4- Karamanis D, Stamoulis K, Ioannides KG. Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece. Desalination, 2007; 213: 90-97.
5- Sobhanardakani S, Jamali M, Maànijou M.. Evaluation of As, Zn, Cr and Mn concentrations in groundwater resources of Razan Plain and preparing the zoning map using GIS. Journal of Environmental Science and Technology, 2014a; 16 (2): 25-38.
6- Okieimen FE. Heavy metals in contaminated soils:a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. ISRN Ecology, 2011: 1-20.
7- Ghojazadeh M, Pournaghi Azar F, Naghavi-Behzad M. Fluoride concentration of drinking waters and prevalence of fluorosis in Iran. A Systematic Review, 2013;7(1): 1-7.
8- Fataei E, Monavvary SM, Hasani AH, Mirbagheri SA, Karbasi A, Heavy Metal and Agricultural Toxics Monitoring in Iran Rivers for Water Quality Assessment, Asian Journal of Chemistry, 2010; 5(4):2991-3000.
9- Kashi G, Khoshab F. An investigation of the chemical quality of groundwater sources. Donnish Journal of Research in Environmental Studies, 2015; 2 (3): 018-027.
10- Chen L, Zhou S, Shi Y. Heavy metals in food crops and water in the Lihe River Watershed of the Taihu Region and their potential health risks when ingested. Science of Total Environment, 2018; 615: 141-149.
11- Shabankareh fard E, Hayati R, Dobaradaran S. Evaluation of physical, chemical and microbial quality of distribution network drinkingwater in Bushehr, Iran. Iranian South Medical Journal, 2015;17 (6): 1223-1235.
12- Dargahi A, Amirian F, Naderi M, Shokri R. Assessment of scale formation and corrosion of drinking water supplies in Dehloran (Iran) in 2014. Health Enviromental Engineering, 2017; 4 (2): 93-103.
13- Molaei Tavani S, Goodini H, Mehr Ali A. Survey the current state of quality potable water clearing supplied to the distribution system and the role of water & wastewater company and the distribution of network and improve its quality case study in shahrood city. Health Enviromental Engineering, 2017; 3 (4): 298-311.
14- Noshadi M, Taleb Bidokhti N, Nejati E. Survey of the trihalomethanes formation in drinking water distribution networks of Shiraz. Water Research Engineering, 2012; 5 (3): 29-39.
15- Shams Khormabadi G, Dargahi A, Tabande T, Godini H. Evaluation of heavy metals levels of drinkingwater supply sources in NorAbad city, Lorestan. Lorestan Univercity Medical Journal, 2016;18 (2): 13-22.
16- Rajaei Q, Pourkhabbaz AR, Hesari Motlagh S. Assessment of heavy metals health risk of groundwater in Ali Abad Katoul Plain. North Khorasan University Medical Science Journal, 2012;4 (2): 155-162.
17- He J, Charlet L. A review of arsenic presence in China drinking water. Journal Hydrology, 2013;492: 79-88.
18- Arcega‐Cabrera F, Fargher LF, Oceguera‐Vargas I. Water consumption as source of arsenic, chromium,and mercury in children living in rural Yucatan, Mexico: blood and urine levels. Bulltan Environmental Contamination Toxicology, 2017;99: 452-459.
19- Nadri A, Asghari Moghadam A, Sadeghi F, Aghai H. Survey of arsenic anomali in water sources of Sahand dam. Enviromentallogy, 2012;38 (3): 61-74.
20- Ab Razak NH, Praveena SM, Aris AZ, Hashim Z. Drinking water studies: A review on heavymetal, application of biomarker and health risk assessment (a special focus in Malaysia). Journal of Epidemiology and Global Health, 2015; 5: 297- 310.
21- Nazeer S, Hashmi MZb, Malika RS. Heavy metals distribution, risk assessment and water qualitycharacterization by water quality index of the River Soan, Pakistan. Ecological Indicators, 2014; 43: 262–270.
22- Nejatijahromi Z, Nassery HR, Nakhaei M. Assessment of the quality of groundwater for drinking purposes in Varamin aquifer: metals contamination. Iranian Journal of Health and Environment, 2018;10 (4): 559-572.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]

23- Dsikowitzky L, Mengesha M, Dadebo E. 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): 3117-3131.
24- Sakizadeh KM, Mirzaei R. Health risk assessment of Fe, Mn, Cu in drinking water in some wells of Shush and Andimeshk, Khuzestan Province, Southern Iran. Iranian Journal of Toxicology, 2016;10 (2): 29-35.
25- Singh N, Kaur M, Katnoria1 JK. Spatial and temporal heavy metal distribution and surface water characterization of Kanjli Wetland (a Ramsar site), india using different indices. Bulltan Environmental Contamination Toxicology, Bull Environ Contam Toxicol. 2017; 99(6):735-742.

[Downloaded from healthjournal.arums.ac.ir on 2025-11-26]

[DOI: 10.29252/j.health.11.3.325]