Medical Journal
of
Tabriz University of Medical Sciences and Health Services

Original Article

Efficiency of the Single and Dual Media Filters for the Removal of Heavy Metal Ions from Water in Ekbatan and Shahid Beheshti Water Treatment Plants in city of Hamedan

Masoud Azizi, Soheil Sobhanardakani*

Department of the Environment, College of Basic Sciences, Hamedan Branch, Islamic Azad University, Hamedan, Iran
*Corresponding author; E-mail: s_sobhan@iauh.ac.ir

Received: 29 July 2018 Accepted: 23 September 2018 First Published online: 19 May 2020
Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020 June- July; 42(2):200-207

Abstract

Background: Anthracite is capable of adsorption and removal of contaminants especially heavy metals from potable water. This study was carried out to assess the efficiency of single (sand) and dual media (sand+ anthracite) filters for the removal of Fe, Zn and Mn from potable water in Shahid Beheshti and Ekbatan water treatment plants in City of Hamedan in 2016.

Methods: In this cross-sectional descriptive study, due to the fact that the water supply in both water treatment plant is similar, totally 24 water samples were collected from both water treatment plants output. After preparation and processing of the samples in the laboratory, element (Fe, Zn and Mn) contents in samples were determined using inductively coupled plasma-optical emission spectrometer with three replications. All statistical analyses were performed using SPSS based on the Shapiro-Wilk test, Independent T-Test, Pearson Correlation Coefficient and One Sample T-Test.

Results: The maximum average concentrations of elements (µg/l) were 1200±1070 for Fe, 110±50 for Zn and 170±140 for Mn respectively and for all metals related to Ekbatan water treatment plant. Also, comparing the mean concentrations of the evaluated metals with maximum permissible limits established by WHO showed a significant difference. Thus, the mean concentrations of Zn and Mn were significantly lower than the MPL in both water treatment plants. It was also noted that there were no statistically significant differences found in the mean content of analyzed elements between the water samples collected from the Shahid Beheshti and Ekbatan water treatment plants.

Conclusion: Considering that the filters with anthracite layer in Ekbatan water treatment plant have lost the capability for removal of heavy metals ions due to their long-term function and possibly poor quality properties, restoration or replace the anthracite layer of filter media of this water treatment plant is recommended.

Keyword: Anthracite, Filter, Heavy Metals, Water Treatment Plant

How to cite this article: Azizi M, Sobhanardakani S. [Efficiency of the Single and Dual Media Filters for the Removal of Heavy Metal Ions from Water in Ekbatan and Shahid Beheshti Water Treatment Plants in city of Hamedan]. Med J Tabriz Uni Med Sciences Health Services. 2020 June- July; 42(2):200-207. Persian.

© 2020 The Author(s). This is an Open Access article published by Tabriz University of Medical Sciences under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

مقاله پژوهشی

مقایسه کارآیی فیلترهای واجد و فاقد لایه آنتراسیت تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی همدان در حذف فلزات سنگین از آب

مسعود عزیزی، سهیل سبحان اردکانی*

گروه محیط‌زیست، دانشکده علوم پایه، واحد همدان، دانشگاه آزاد اسلامی، همدان، ایران
* نویسنده مسوول؛ ایمیل: s_sobhan@iauh.ac.ir

دریافت: ۱۳۹۷/۵/۷ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۱ انتشار برخط: ۱۳۹۹/۲/۳۰
مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. خرداد و تیر ۱۳۹۹؛ ۴۲(۲): ۲۰۰-۲۰۷

چکیده

زمینه: آنتراسیت از قابلیت جذب سطحی و حذف انواع آلاینده‌ها از جمله فلزات سنگین از آب شرب برخوردار است. این تحقیق با هدف بررسی کارایی حذف فلزات سنگین آهن، روی و منگنز از آب شرب در تصفیه‌خانه اکباتان و شهید بهشتی شهر همدان به‌ترتیب با فیلترهای واجد و فاقد لایه آنتراسیت در سال ۱۳۹۵ انجام یافت.

روش‌کار: در این پژوهش مقطعی- توصیفی- تحلیلی، با توجه به این‌که ورودی هر دو تصفیه‌خانه از منبعی یکسان تغذیه می‌شد، پس از برداشت ۱۲ نمونه آب از خروجی هر یک از تصفیه‌خانه‌ها و آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه مطابق روش استاندارد، غلظت عناصر آهن، روی و منگنز توسط دستگاه نشر اتمی (ICP) در سه تکرار خوانده شد. همچنین پردازش آماری نتایج توسط نرم‌افزار SPSS با استفاده از آزمون‌های شاپیرو- ویلک، تی مستقل، تی تک نمونه‌ای و همبستگی پیرسون انجام یافت.

یافته‌ها: نتایج بیانگر آن است که بیشینه میانگین غلظت عناصر آهن، روی و منگنز بر حسب میکروگرم در لیتر به‌ترتیب با ۱۰۷۰ ± ۱۲۰۰، ۵۰ ± ۱۱۰ و ۱۴۰ ± ۱۷۰ در همه موارد مربوط به نمونه‌های آب شرب تصفیه‌خانه اکباتان است. از طرفی نتایج پردازش آماری نشان داد که میانگین غلظت عناصر روی و منگنز در نمونه‌های آب هر دو تصفیه‌خانه با رهنمود WHO اختلاف معنی‌دار آماری داشته و از حد مجاز کم‌تر بود. همچنین بین نمونه‌های آب تصفیه‌خانه های اکباتان و بهشتی از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر آهن، روی و منگنز اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت.

نتیجه‌گیری: با توجه به این‌که لایه آنتراسیت صافی‌های تصفیه‌خانه اکباتان در اثر کارکرد طولانی‌مدت و احتمالاً برخورداری از کیفیت نامرغوب، قابلیت جذب سطحی فلزات سنگین را از دست داده‌اند، نسبت به احیاء یا تعویض لایه آنتراسیت این تصفیه‌خانه توصیه می‌شود.

کلید واژه‌ها: آنتراسیت، فیلتر، فلزات سنگین، تصفیه‌خانه، همدان

نحوه استناد به این مقاله: عزیزی م، سهیل سبحان اردکانی س.مقایسه کارآیی فیلترهای واجد و فاقد لایه آنتراسیت تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی همدان در حذف فلزات سنگین از آب. مجله پزشکی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تبریز. ۱۳۹۹؛ ۴۲(۲): ۲۰۰-۲۰۷

حق تألیف برای مؤلفان محفوظ است.
این مقاله با دسترسی آزاد توسط دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی ـ درمانی تبریز تحت مجوز کریتیو کامنز (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0) منتشر شده که طبق مفاد آن هرگونه استفاده تنها در صورتی مجاز است که به اثر اصلی به نحو مقتضی استناد و ارجاع داده شده باشد.

مقدمه

آب موهبتی است الهی که زندگی همه موجودات زنده به آن بستگی دارد و زندگی در جایی ممکن است که آب وجود داشته باشد (۱). امروزه علی‌رغم این‌که بسیاری از اجتماعات در سراسر جهان به‌ویژه در کشورهای واقع در اقلیم خشک و نیمه‌خشک همچون ایران با محدودیت‌های تأمین نیازهای آبی مواجه هستند، ولی متاسفانه بشر بدون توجه به ارزش آب، از آن در عرصه‌های مختلف به‌صورت بی‌رویه استفاده می‌کند. این امر بسته به نوع مدیریت آب و نوع بهره‌برداری از آن در غالب اوقات پیامدی جز آلوده‌سازی این منبع خدادادی ندارد (۲). از این‌رو، حفاظت و مدیریت منابع آبی از جمله اولویتهای اساسی و مهم این قبیل کشورها محسوب می‌شود (۳). در این راستا، تصفیه آب برای استفاده مجدد از این منبع حیاتی از اهمیتی بسزا برخوردار است.

در تصفیه‌خانه‌های آب، فیلتراسیون به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های تصفیه آب، یک فرآیند رایج برای حذف لخته‌ها یا ذرات نسبتاً کوچک، باکتری‌ها و ویروس‌ها، اکسید آهن و منگنز، ترکیبات شیمیایی افزوده شده طی فرآیند پیش‌تصفیه، جلبک‌ها، ذرات رادیواکتیو، ترکیبات کلوئیدی هیومیک، فیبرهای آزبستوز، ذرات کلوئیدی رس و به‌ویژه فلزات سنگین پس از فرآیند ته‌نشینی محسوب می‌شود (۴).

امروزه از بین انواع متعدد فیلترها، فیلترهای بستر عمیق به‌ویژه فیلتر شنی تند با بستر یک لایه از جنس شن سیلیس معمول‌ترین نوع فیلتر مورد استفاده می‌باشند. اما، این صافی‌ها به‌دلیل کارایی اندک و انسداد سریع، و نیاز به تصفیه حجم بالای آب مورد نیاز جمعیت رو به ازدیاد بشر، جای خود را به صافی‌های دو و سه لایه داده‌اند. لذا، نسل جدید فیلترها که عموماً برای تهیه آب آشامیدنی با کیفیت به‌کار می‌روند و نسبت به بسترهای تک لایه‌ای از کارایی بیش‌تری برخوردار هستند شامل شن، سیلیس، گارنت و آنتراسیت می‌باشند (۵ و ۶).

فیلترهای دو بستری دارای بستری متشکل از دو لایه متفاوت هستند، به‌طوری‌که لایه شنی (ماسه سیلیس) در زیر و لایه ذغال آنتراسیت در بالا قرار می‌گیرد. در این صافی‌ها عمق لایه ماسه از ۱۵۰ تا ۴۰۰ سانتی‌متر و عمق لایه آنتراسیت از ۳۰۰ تا ۶۰۰ سانتی‌متر در نوسان است (۶ و ۷). وجود منافذ بیش‌تر و بزرگ در آنتراسیت نسبت به شن و برخورداری از شکل گوشه‌دار طی عملیات پردازش و به تبع آن خاصیت جذب سطحی قوی‌تر نسبت به ماسه باعث حذف ذرات بزرگ، لخته‌ها و برخی ترکیبات مضر توسط لایه آنتراسیت می‌شود، در صورتی‌که بیش‌تر ذرات کوچک در لایه ماسه‌ای جذب می‌شوند. بدین طریق، مزیت صافی‌های دو بستری به کارگیری مؤثرتر فضای منفذ برای ذخیره است که در نهایت منجر به کاربرد طولانی‌تر صافی و میزان صاف‌سازی بیش‌تر می‌شود (۴، ۷ و ۸).

فلزات سنگین یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های محیط‌زیستی به‌شمار می‌آیند که در اثر فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی، معدن‌کاوی و توسعه شهری میزان ورود آن‌ها به منابع آب سطحی و زیرزمینی رو به افزایش است. تقریباً همه فلزات سنگین در بدن به‌دلیل پایداری، غیرقابل تجزیه بودن و قابلیت تجمع‌زیستی عوارض سویی به‌جای می‌گذارند (۱). از مهم‌ترین وظایف آهن در بدن می‌توان به انتقال اکسیژن در گلبول‌های قرمز، تولید هموگلوبین خون، مقاومت در برابر تنش و ناخوشی، عملکرد صحیح آنزیم‌ها و تقویت سیستم ایمنی اشاره کرد. اما این عنصر در غلظت‌های بالا می‌تواند باعث ایجاد مسمومیت شود (۹). روی در مقایسه با سایر فلزات سنگین مسمومیت حاد کم‌تری ایجاد می‌کند. این عنصر در حالت مازاد بر احتیاج باعث افزایش سلول‌های پیشرو مغز استخوان و کاهش تکثیر لنفوسیت‌های B و همچنین کاهش پاسخ آنتی بادی‌های سلول‌های T می‌شود (۱۲-۱۰). منگنز می‌تواند اثرات سمی شدیدی بر سیستم‌های مختلف بدن از جمله کبد، سیستم تنفسی، سیستم گوارشی و دستگاه عصبی (منگانیسم) برجای گذارد (۱۰).

در این رابطه، Torabian و همکاران (۲۰۰۱) با مقایسه کارایی صافی‌های تک لایه ماسه‌ای و آنتراسیتی، دو لایه (ماسه و آنتراسیت) و سه لایه (ماسه، آنتراسیت و گارنت) در تصفیه‌خانه آب کن نتیجه گرفتند که صافی تک لایه آنتراسیتی از نظر مصرف کم‌ترین آب لازم برای شستشوی آن، صافی دو لایه به خاطر دارا بودن بالاترین زمان کارکرد و صافی سه لایه به‌علت بهترین کیفیت آب خروجی نسبت به صافی تک لایه ماسه از برتری برخوردارند (۱۳). در مطالعه‌ای دیگر با بررسی کارآیی لایه آنتراسیت صافی‌های تصفیه‌خانه آب اصفهان در مقایسه با صافی فاقد آنتراسیت در حذف مواد آلی و فلزات سنگین، نتیجه گرفته شد که کارایی صافی واجد لایه آنتراسیت در حذف ترکیبات آلی و هم‌چنین کاهش کدورت به‌طور معنی‌دار افزایش یافته است (۱۴). Alipour و Rezaei (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای که با هدف تغییر بستر صافی برای ارتقای صافی‌های تک بستری تصفیه‌خانه آب بندرعباس انجام یافت، نتیجه گرفتند که میانگین نرخ حذف کدورت در پایلوت یک لایه (بستر ماسه) و دو لایه (بستر ماسه و آنتراسیت) به‌ترتیب برابر با ۶۳٪ و ۶۵٪ و میانگین حذف کل کربن آلی نیز در این پایلوت ها به‌ترتیب برابر با ۴۰٪ و ۶۶٪ بود (۱۵). در مطالعه‌ای که به منظور بررسی کارایی عملکرد فیلترهای تک و دوبستری با لایه اضافی آنتراسیت انجام یافت، نتایج نشان داد که فیلترهای دو بستری در مقایسه با صافی‌های تک لایه در کاهش کدورت و حذف فلزات سنگین از منابع آبی از کارایی مناسب برخوردار است (۴). از طرفی در پژوهشی دیگر مشخص شد که فیلترهای دو بستری آنتراسیتی در مقایسه با فیلترهای تک لایه

ماسه‌ای از کارایی جذب سطحی قوی‌تر ترکیبات مضر و مواد آلی آب برخوردار هستند (۷).

با توجه به اهمیت حذف آلاینده‌های مضر و به‌ویژه ترکیبات آلی پایدار همچون فلزات سنگین از آب شرب، این پژوهش با هدف مقایسه کارآیی حذف فلزات سنگین آهن، روی و منگنز از آب توسط فیلترهای واجد و فاقد لایه آنتراسیت در تصفیه‌خانه‌های شهر همدان در سال ۱۳۹۵ انجام یافت.

روش‌کار

استان همدان با ۱۹۴۹۳ کیلومترمربع وسعت، شامل ۹ شهرستان است. در این بین، شهرستان همدان با ۶۵۱۸۲۱ نفر ساکن ٪۳۷ جمعیت استان را به خود اختصاص داده است. تصفیه‌خانه سد اکباتان در پشت دیواره سد اکباتان همدان و در پنج کیلومتری جنوب شرقی این شهر به‌منظور تصفیه ۳۸۵ لیتر آب در ثانیه طراحی شده است. فرآیند تصفیه آب در این تصفیه‌خانه توسط هفت فیلتر شنی تند روباز حاوی لایه آنتراسیت انجام می‌شود. تصفیه‌خانه آب شهید بهشتی نیز در جنوب شرقی همدان و نزدیک شهرک مسکونی شهید بهشتی به‌منظور تصفیه ۱۰۰۰ لیتر آب در ثانیه طراحی شده است. فرآیند تصفیه آب در این تصفیه‌خانه توسط هشت فیلتر شنی تند روباز فاقد لایه آنتراسیت انجام می‌شود.

در این مطالعه مقطعی- توصیفی- تحلیلی تعداد نمونه‌ها با استفاده از رابطه تعیین حجم نمونه کوکران (N= Z2S2/D2) که در آن Z، S و D به‌ترتیب برابر با ۱/۹۶، ۰/۵۰ و ۰/۰۵ بود، با درنظر گرفتن منبع تغذیه یکسان هر دو تصفیه‌خانه (دریاچه سد اکباتان همدان) که منجر به تشابه مشخصات شیمیایی آب ورودی هر دو تصفیه‌خانه شده است و از طرفی لحاظ کردن محدودیت‌های پژوهش از جمله کمبود زمان و منابع مالی، تعداد کل نمونه‌ها ۲۴ عدد درنظر گرفته شد. بدین صورت‌که از خروجی هر تصفیه‌خانه ۱۲ نمونه ۵۰۰ میلی‌لیتری آب به‌روش مرکب طی فصل بهار سال ۱۳۹۵ (در هر ماه ۴ نمونه) به‌روش مرکب توسط ظروف پلی‌اتیلنی که از قبل توسط اسید نیتریک شستشو داده شده بودند، برداشت شد. نمونه‌ها پس از قرارگرفتن در داخل یخدان در اسرع وقت به آزمایشگاه منتقل و در یخچال در دمای چهار درجه سانتی‌گراد تا زمان انجام آزمایش نگهداری شدند (۱۶ و ۱۷).

در آزمایشگاه به منظور تثبیت و جلوگیری از رسوب‌گذاری عناصر محلول در نمونه‌ها، به ۲۵ میلی‌لیتر از نمونه آب، یک میلی‌لیتر اسید نیتریک غلیظ افزوده و به‌مدت ۱۰ دقیقه روی هیتر در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد در زیر هود قرار داده شد. نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۸۵ دور در دقیقه توسط شیکر تکان داده شده و پس از آن از صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده شدند. برای کالیبراسیون دستگاه ICP، از محلول استاندارد ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر عناصر آهن، روی و منگنز در اسید نیتریک ساخت شرکت سیگما آلدریخ استفاده شد. بدین صورت‌که استاندارد عنصر آهن (میکروگرم در لیتر) در غلظت‌های ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۱۵۰۰ و استاندارد عناصر روی و منگنز (میکروگرم در لیتر) در غلظت‌های ۱۵، ۷۵ و ۲۰۰ آماده شدند (۱۸). در نهایت غلظت آهن، روی و منگنز بر حسب میکروگرم در لیتر توسط دستگاه نشر اتمی Varian مدل ES–۷۱۰ به‌ترتیب در طول موج‌های ۲۵۸/۵۹ نانومتر، ۲۰۶/۲۰ نانومتر و ۲۵۷/۶۱ نانومتر در سه تکرار خوانده شد.

برای پردازش آماری داده‌ها از نسخه ۲۰ نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد. تحلیل توصیفی داده‌ها از طریق محاسبه میانگین و انحراف معیار انجام شد. برای اطمینان از نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو- ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده و داده‌های پرت نیز با استفاده از نمودار جعبه‌ای بررسی شد. از طرفی برای مقایسه میانگین غلظت عناصر مورد ارزیابی مابین تصفیه‌خانه‌ها و همچنین با رهنمود WHO و EPA برای آب شرب به‌ترتیب از آزمون‌های آماری تی مستقل (Independent T-Test) و تی تک‌نمونه‌ای (One Sample T-Test) استفاده شد. همبستگی بین میانگین غلظت فلزات در نمونه‌های مربوط به هر تصفیه‌خانه نیز توسط آزمون همبستگی پیرسون (Pearson Correlation Coefficient) مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌ها

آماره‌های توصیفی مربوط به قرائت غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در نمونه‌های آب بر حسب میکروگرم در لیتر و نتایج آزمون تی مستقل به منظور مقایسه میانگین غلظت عناصر نمونه‌های آب بین تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی به‌ترتیب در جداول شماره ۱ و ۲ ارایه شده است.

نتایج مندرج در جدول ۱ بیان‌گر آن است که بیشینه میانگین غلظت عناصر آهن، روی و منگنز بر حسب میکروگرم در لیتر به‌ترتیب با ۱۰۷۰ ± ۱۲۰۰، ۵۰ ± ۱۱۰ و ۱۴۰ ± ۱۷۰ در همه موارد مربوط به نمونه‌های تصفیه‌خانه اکباتان بود.

نتایج مندرج در جدول ۲ بیان‌گر آن است که با توجه به سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از ۰/۰۵ (۰/۲۰، ۰/۸۳ و ۰/۸۱ به‌ترتیب برای عناصر آهن، روی و منگنز)، بین نمونه‌های آب تصفیه‌خانه اکباتان و تصفیه‌خانه بهشتی از نظر میانگین غلظت تجمع‌یافته عناصر اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت.

نتایج آزمون شاپیرو-ویلک نشان داد که همه داده‌های مربوط به عناصر آهن، روی و منگنز در هر دو تصفیه‌خانه از توزیع نرمال برخوردار بودند.

نتایج آزمون تی تک‌نمونه‌ای نشان داد که با توجه به سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰/۰۵، میانگین غلظت عناصر روی و منگنز در نمونه‌های آب هر دو تصفیه‌خانه با رهنمود WHO (۳۰۰۰

میکروگرم در لیتر و ۵۰۰ میکروگرم در لیتر به‌ترتیب برای عناصر روی و منگنز) (۱۹و۲۰) اختلاف معنی‌دار آماری داشته و از حد مجاز کم‌تر بود. از طرفی نتایج مقایسه میانگین غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در نمونه‌های آب هر دو تصفیه‌خانه با رهنمود EPA (۳۰۰ میکروگرم در لیتر، ۵۰۰ میکروگرم در لیتر و ۵۰ میکروگرم در لیتر به‌ترتیب برای عناصر آهن، روی و منگنز) (۲۱) بیان‌گر آن بود که با توجه به سطح معنی‌داری کوچک‌تر از ۰/۰۵، میانگین غلظت عناصر با رهنمود EPA اختلاف معنی‌دار آماری داشت. بدین صورت‌که میانگین غلظت آهن و منگنز در نمونه‌های آب هر دو تصفیه‌خانه از حد مجاز بیش‌تر و میانگین غلظت عنصر روی در نمونه‌های آب هر دو تصفیه‌خانه از حد مجاز کم‌تر بود.

نتایج آزمون همبستگی پیرسون به‌منظور بررسی همبستگی بین غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی در جداول شماره ۳ و ۴ ارایه شده است.

نتایج بررسی همبستگی بین میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه اکباتان (جدول شماره ۳) بیان‌گر آن بود که بین میانگین غلظت عناصر آهن و روی با ضریب همبستگی (r) برابر با ۰/۷۸ و سطح معنی‌داری (**P**) برابر با ۰/۰۰۱ (**P**<۰/۰۵)، با اطمینان ۹۹٪، بین میانگین غلظت عناصر آهن و منگنز با ضریب همبستگی برابر با ۰/۵۷ و سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۲۵ (**P**<۰/۰۵)، با اطمینان ۹۵٪ و بین میانگین غلظت عناصر روی و منگنز با ضریب همبستگی برابر با ۰/۷۶ و سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۰۲ (**P**<۰/۰۵)، با اطمینان ۹۹٪ همبستگی مستقیم (مثبت) وجود داشت.

نتایج بررسی همبستگی بین میانگین غلظت عناصر مورد مطالعه در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه بهشتی (جدول ۴) بیان‌گر آن بود که فقط بین میانگین غلظت عناصر آهن و منگنز با ضریب همبستگی برابر با ۰/۶۳ و سطح معنی‌داری برابر با ۰/۰۱۳ (**P**<۰/۰۵)، با اطمینان ۹۵٪ همبستگی مستقیم (مثبت) وجود داشت. ولی بین میانگین غلظت سایر عناصر با توجه به سطح معنی‌داری بزرگ‌تر از ۰/۰۵، همبستگی معنی‌دار آماری وجود نداشت.

جدول ۱: غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه اکباتان و شهید بهشتی بر حسب میکروگرم در لیتر

	آهن	روی	منگنز
		تصفیه‌خانه اکباتان	
میانگین غلظت	۱۲۰۰/۰	۱۱۰/۰	۱۷۰/۰
انحراف معیار	۱۰۷۰/۰	۵۰/۰	۱۴۰/۰
کمینه	۱۵۰/۰	۵۰/۰	۱۰/۰
بیشینه	۳۰۰۰/۰	۲۲۰/۰	۳۷۰/۰
		تصفیه‌خانه بهشتی	
میانگین غلظت	۷۴۰/۰	۹۰/۰	۱۶۰/۰
انحراف معیار	۵۳۰/۰	۱۹۰/۰	۱۱۰/۰
کمینه	۴۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰
بیشینه	۱۶۰۰/۰	۷۰۰/۰	۳۵۰/۰

جدول ۲: نتایج آزمون تی مستقل

عنصر	آماره t	درجه آزادی	سطح معنی‌داری	فاصله اطمینان (۹۵٪)	
				کران پایینی	کران بالایی
آهن	۱/۳۳	۲۲	۰/۲۰	−۰/۲۶	۱/۱۸
روی	۰./۲۲	۲۲	۰/۸۳	−۰/۱۰۶	۰/۱۳
منگنز	۰/۲۴	۲۲	۰/۸۱	−۰/۰۹۴	۰/۱۲

جدول ۳: نتایج بررسی همبستگی بین عناصر در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه اکباتان

عنصر	آهن	روی	منگنز
آهن	۱	–	–
روی	۰/۷۸**	۱	–
منگنز	۰/۵۷*	۰/۷۶**	۱

**همبستگی در سطح اطمینان ۹۹٪

*همبستگی در سطح اطمینان ۹۵٪

جدول ۴: نتایج بررسی همبستگی بین عناصر در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه بهشتی

عنصر	آهن	روی	منگنز
آهن	۱	–	–
روی	-۰/۴۴	۱	–
منگنز	۰/۶۳*	-۰/۴۲	–

*همبستگی در سطح اطمینان ۹۵٪

بحث

محدودیت منابع آبی و خطر بحران آب در ایران از یک سو و افزایش آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی به‌وسیله انواع آلاینده‌ها به‌ویژه فلزات سنگین ناشی از ورود فاضلاب‌های صنعتی، معدنی، کشاورزی و شهری از سوی دیگر، اهمیت بازیابی آب و یافتن راه‌حل‌های قابل قبول از نظر بهداشتی، محیط‌زیستی، اجرایی و اقتصادی را در برای حذف این قبیل آلاینده‌ها از منابع آبی ضروری می‌سازد (۲۲). خصوصیات طبیعی حوضه آبخیز، کمیت و کیفیت منابع آب ورودی به مخزن، خصوصیات اقلیمی منطقه (درجه حرارت، وزش باد و میزان نزولات جوی) و میزان فعالیت‌های مختلف انسان در حوضه آبخیز از جمله عواملی هستند که کیفیت آب مخازن سدها را تحت تاثیر قرار می‌دهند. از طرفی دیگر، احداث سد و ذخیره کردن جریان سطحی، خود می‌تواند به سبب مجموعه عواملی مانند تبخیر، ساکن بودن آب، لایه‌بندی حرارتی در مخزن، رسوب‌گذاری، غنی شدن آب دریاچه از عناصر غذایی و غیره موجبات تغییر در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی آب مخزن را فراهم آورد (۲۳). امروزه فرآیند فیلتراسیون از ارکان اجتناب‌ناپذیر اغلب تصفیه‌خانه‌های آب محسوب می‌شود. روند رو به رشد جمعیت و افزایش نیاز آبی جوامع باعث شد تا در مواردی فیلترهای تک بستری از کارایی لازم برخوردار نباشند و از این‌رو نسل جدیدتری از فیلترها یعنی فیلترهای دو بستری متشکل از یک لایه شنی در زیر و لایه آنتراسیت با قابلیت جذب سطحی برخی آلاینده‌های آلی از جمله فلزات سنگین در بالا، مورد استفاده قرار گیرد (۵ و ۱۴). لذا، این پژوهش با هدف مقایسه کارآیی حذف فلزات سنگین آهن، روی و منگنز از آب در تصفیه‌خانه‌های واجد و فاقد لایه آنتراسیت در شهر همدان در سال ۱۳۹۵ انجام یافت. نتایج مطالعات نشان داده است که صافی‌های دو و سه لایه به‌ویژه صافی‌های حاوی لایه آنتراسیت، کربن فعال، رزین کاتیونی و زئولیت در مقایسه با صافی‌های تک لایه از کارایی بیش‌تر در حذف کدورت، رنگ، مواد آلی و فلزات سنگین برخوردار است (۴و۵و۲۲،۲۷-۲۴) در این رابطه نتایج مطالعه Shah Mansouri و همکاران (۲۰۰۱) که با هدف بررسی کارآیی صافی دولایه حاوی شن و آنتراسیت استفاده نشده و صافی حاوی شن و آنتراسیت استفاده شده در حذف فلزات سنگین در تصفیه‌خانه آب اصفهان انجام یافت، نشان داد که کارایی حذف فلزات آهن، کروم و منگنز توسط صافی با لایه آنتراسیت استفاده نشده به‌ترتیب برابر با ۶۰/۶۴٪، ۶۳/۶۲٪ و ۶۰/۶۴٪ و توسط صافی با لایه آنتراسیت استفاده شده نیز به‌ترتیب برابر با ۵۴/۹۰٪، ۵۴/۹۶٪ و ۵۷/۸۵٪ بود و استفاده متوالی از صافی واجد لایه آنتراسیت منجر به کاهش کارایی آن شده است. بنابراین، برای رفع این معضل نسبت به تعویض و یا احیای لایه آنتراسیت بستر صافی‌های تصفیه‌خانه توصیه شده است (۱۴). در این خصوص نتایج قرائت غلظت فلزات سنگین در نمونه‌های آب خروجی تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی به‌ترتیب واجد صافی دو لایه حاوی آنتراسیت و صافی یک لایه فاقد آنتراسیت نشان داد بیشینه میانگین غلظت عناصر آهن، روی و منگنز در نمونه‌ها بر حسب میکروگرم در لیتر به‌ترتیب برابر با ۱۰۷۰ ± ۱۲۰۰، ۵۰ ± ۱۱۰ و ۱۴۰ ± ۱۷۰ و برای همه عناصر مربوط به نمونه‌های آب خروجی از تصفیه‌خانه اکباتان واجد صافی دولایه حاوی آنتراسیت بود. این موضوع را می‌توان با از دست دادن خاصیت جذب سطحی فلزات سنگین بر اثر مستهلک شدن لایه آنتراسیت فیلتر شنی تصفیه‌خانه اکباتان در اثر کارکرد سالیانه و یا پایین بودن کیفیت آنتراسیت خریداری و تزریق شده به فیلترها مرتبط دانست. از طرفی نتایج آزمون تی مستقل که بیان‌گر عدم وجود اختلاف معنی‌دار آماری میانگین غلظت فلزات آهن، روی و منگنز بین نمونه‌های آب خروجی از تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی بود را نیز می‌توان با از دست رفتن کارایی لایه آنتراسیت صافی تصفیه‌خانه اکباتان در حذف فلزات سنگین از آب شرب مرتبط دانست.

نتیجه‌گیری

هرچند با استناد به نتایج این پژوهش، میانگین غلظت عناصر روی و منگنز در نمونه‌های آب تصفیه‌خانه‌های اکباتان و بهشتی از رهنمود WHO کم‌تر بود و استفاده از آب شرب این تصفیه‌خانه‌ها عواقب حاد بهداشتی برای مصرف‌کنندگان درپی نخواهد داشت، ولی با توجه به این‌که لایه آنتراسیت صافی‌های تصفیه‌خانه اکباتان در اثر کارکرد طولانی‌مدت و احتمالاً برخورداری از کیفیت نامرغوب، خاصیت جذب سطحی فلزات سنگین را از دست داده‌اند، نسبت به احیاء یا تعویض لایه آنتراسیت این تصفیه‌خانه توصیه می‌شود.

قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد محیط زیست مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد همدان با کد ۱۷۱۵۰۵۰۸۹۴۱۰۰۸ است. بدین‌وسیله از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه برای همکاری در اجرای این مطالعه قدردانی می‌شود.

ملاحظات اخلاقی

ملاحظات اخلاقی را شامل نمی‌شود.

منابع مالی

این مقاله با هزینه شخصی نویسندگان انجام یافته و منابع مالی ندارد.

منافع متقابل

مؤلفین اظهار می‌دارند که منافع متقابلی حاصل از تالیف یا انتشار این مقاله ندارند.

مشارکت مؤلفان

م ع و س س ا اجرای مطالعه و تحلیل نتایج مطالعه و س س ا طراحی مطالعه، تحلیل نتایج مطالعه و تالیف مقاله را بر عهده داشته است.

References

1. Sobhanardakani S, Talebiani S, Maanijou M. Evaluation of As, Zn, Pb and Cu concentrations in groundwater resources of Toyserkan Plain and preparing the zoning map using GIS. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; **24**(114): 120-130. (Persian)
2. Tayebi L, Sobhanardakani S. Monitoring of water quality parameters of Gamasiab River and affecting factors on these parameters. *J Environ Sci Tech* 2012; **53:** 37-48. (Persian)
3. Sobhanardakani S, Mehrabi Z, Ehteshami M. Effect of aquaculture farms wastewater on physicochemical parameters of Kabkian River, 2011-12. *J Mazandaran Univ Med Sci* 2014; **24**(113): 140-149. (Persian)
4. Jusoh A, Giap S G E, Nora'aini A, Halim A G, Noor M J M M, Zakaria M P. Comparative performances of single and dual media filters of sand and burnt oil palm Shell. *J Teknol* 2006; **45**: 43-52. doi: 10.11113/jt.v45.340
5. Zouboulis A, Traskas G, Samaras P. Comparison of single and dual media filtration in a full-scale drinking water treatment plant. *Desalination* 2007; **213**(1-3): 334-342. doi: 10.1016/j.desal.2006.02.102
6. Memarzadeh M, Najafi P, Afyuni M. Efficiency of garnet mineral used in three-layer filters to remove turbidity and biological organisms in Isfahan Water Treatment Plant. *J Water Wastewater* 2010; **21**(1): 76-83. (Persian)
7. Shin J Y, O'Melia C R. Pretreatment chemistry for dual media filtration: model simulations and experimental studies. *Water Sci Techno* 2006; **53**(7): 167-175. doi: 10.2166/wst.2006.221
8. Kawamura S. *Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons Ltd; 2000.
9. Farzan M, Sobhanardakani S. Analysis of Fe, Pb, and Cd content of surface runoff in regions with high traffic intensity in Hamedan, Iran, in 2014. *J Health Syst Res* 2016; **12**(2): 208-213. (Persian)
10. 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. *J Environ Sci Techno* 2014; **16**(2): 25-38. (Persian)
11. Sobhanardakani S, Razban S S, Maanijou M. Evaluation of concentration of some heavy metals in ground water resources of Qahavand Plain-Hamedan. *J Kermanshah Univ Med Sci* 2014; **18**(6): 339-348. (Persian)
12. Nazari S, Sobhanardakani S. Assessment of pollution index of heavy metals in groundwater resources of Qaleh Shahin plain (2013-2014). *J Kermanshah Univ Med Sci* 2015; **19**(2): 102-128. (Persian)
13. Torabian A, Razagi N, Kafi Bajestani H. The efficiency of comparing different media filtration in water treatment. *J Water Wastewater* 2001; **37**: 24-30. (Persian)
14. Shah Mansouri M, Alidadi H, Mortazavi H. Survey of the efficiency of anthracite used in filters in Isfahan Water Treatment Plant comparison with filters without anthracite to remove organic matters and heavy metals. *J Shahid Sadoughi Univ Med Sci* 2001; **8**(4): 15-21. (Persian)
15. Alipour V, Rezaei L. Upgrading of the mono media filters in water treatment plants by changing filter media. *Iran J Health Environ* 2011; **4**(3): 431-438. (Persian)
16. Sobhanardakani S, Maanijou M, Asadi H. Investigation of Pb, Cd, Cu and Mg Concentrations in Groundwater Resources of Razan Plain. *Sci J Hamadan Univ Med Sci* 2015; **21**(4): 319-329. (Persian)
17. Eaton A D, Franson M A. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21st ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2005.
18. Muhammad S, Tahir Shah M, Khan S. Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Microchemist J* 2011; **98**(2): 334-343. doi: 10.1016/j.microc.2011.03.003
19. World Health Organization (WHO). Guidelines for Drinking-water Quality, 4th ed. 2011.
20. Kumar M, Puri A. A review of permissible limits of drinking water. *Indian J Occ Environ Med* 2012; **16**(1): 40-44. doi: 10.4103/0019-5278.99696
21. United Stated Environmental Protection Agency. National Primary Drinking Water Regulations, 2011.
22. Samadi M T, Salimi M, Saghi M H. Comparison of granular activated carbon, natural clinoptilolite zeolite, and

anthracite packed columns in removing mercury from drinking water. *J Water Wastewater* 2010; **20**(4): 54-59. (Persian)
23. Karne A V, Kulkarni P D. Studies on psycho-chemical characteristics of freshwater bodies in Khatav Tahsil, Maharashtra. *Nat Environ Pollut Techno* 2009; **8**(2): 247-251.
24. Eisazadeh H. Removal of chromium from waste water using polyaniline. *J Appl Polym Sci* 2007; **104**(3): 1964-1967. doi: 10.1002/app.25904
25. Delbazi N, Ahmadi Moghadam M, Takdastan A, Jaafarzade Haghighi Fard N. Compilation of mono layer filter (sand) dual media filter (anthracite and leca) and performance in removal of organic matter and turbidity. *Iran J Health Environ* 2011; **4**(3): 301-312. (Persian)
26. Mohammed T, Vigneswaran S, Kandasamy J. Bio filtration as pre-treatment to water harvesting and recycling. *Water Sci Technol* 2011; **63**(10): 2097-2105. doi: 10.2166/wst.2011.259
27. Sounthararajah D P, Loganathan P, Kandasamy J, Vigneswaran S. Column studies on the removal of dissolved organic carbon, turbidity and heavy metals from stormwater using granular activated carbon. *Desal Water Treat* 2016; **57**(11): 5045-5055. doi: 10.1080/19443994.2014.999717