یادداشت فنی

نشت سرب از شیرآلات انشعاب در آب شرب

پریسا بهلولی[1] **سعید شمسایی[2]**

(دریافت ۹۱/۸/۱ پذیرش ۹۲/۳/۹)

چکیده

یکی از پارامترهای شیمیایی کیفیت آب، میزان سرب موجود در آن است. مشکلات عدیده ناشی از تجمع این عنصر در بدن انسان، لزوم توجه به آن را نشان می‌دهد. حضور سرب در آب آشامیدنی کشور ما به‌طور عمده ناشی از وجود این فلز سنگین در لوله و متعلقات مربوط به لوله‌کشی‌های منازل، شیرآلات برنجی و برنزی مصرفی در انشعابات آب و نیز در داخل منازل به‌عنوان شیرهای انتهایی برداشت است. به‌دلیل اهمیت بهداشت آب آشامیدنی و مضرات سرب برای انسان، در این پژوهش ده نمونه شیر برنجی و برنزی مصرفی در انشعابات آب، به‌عنوان یکی از منابع نشت سرب در سیستم آبرسانی، مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و میزان غلظت سرب ناشی از آنها در آب اندازه‌گیری شد. همچنین این پارامتر برای نه نمونه از شیرهای انشعاب پلی‌پروپیلن نیز که اخیراً تولید و مصرف آنها در کشور افزایش یافته، اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که میزان سرب ناشی از شیرهای برنجی و برنزی بسیار زیاد و از ۷ تا ۷۰۰ برابر غلظت مجاز این عنصر در آب آشامیدنی است. غلظت سرب ناشی از شیرهای پلی‌پروپیلن بسیار کمتر از شیرهای برنجی و برنزی بوده و در نیمی از نمونه‌ها در محدوده مجاز قرار داشت.

واژه‌های کلیدی: آلودگی آب آشامیدنی، سرب، مسمومیت سربی، شیر برنجی یا برنزی، شیر پلی پروپیلن

Release of Lead to Drinking Water from Water Service Connection Valves

P. Bohlooli[1] ***S. Shamsaee[2]***

(Received Oct. 22, 2012 Accepted May 30, 2013)

Abstract

Lead poisoning is an important water quality parameter. The variety of adverse health effects caused by lead accumulation in the human body warrants the investigation of lead concentrations in drinking water. The presence of lead in drinking water in Iran is mostly due to pipes, fittings, brass or bronze water service connection valves, faucets, and fixtures, and other end use devices. For the purposes of this study, 10 samples of brass or bronze valves, as the major source of lead release in drinking water, were tested to determine the concentration of lead in water released from these devices. The same experiment was also carried out using 9 polypropylene valves recently introduced into the Iranian market. The results showed that lead release from brass or bronze valves was responsible for a major portion of drinking water lead concentrations that ranged from 7 to 700 times its maximum allowable limit for drinking water. In contrast, the amounts released from polypropylene valves into drinking water were found to be much less such that half the samples contained lead levels below the maximum allowable limit.

Keywords: Drinking Water Pollution, Lead, Lead Poisoning, Brass or Bronze Valve, Polypropylene Valve.

۱- کارشناس ارشد عمران- محیط زیست، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان، معاونت بهره‌برداری (نویسنده مسئول) ۳۶۶۸۰۰۳۰ (۰۳۱)
pbohlooli@yahoo.com
۲- مدیر نظارت بر بهره‌برداری تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان

1. MSc of Civil and Environmental, Isfahan Water and Wastewater Co., Vice-chancellor of operation (Corresponding Author) (+98 31) 36680030 pbohlooli@yahoo.com
2. Head Master of Wastewater Treatment Plant Operation, Isfahan Water and Wastewater Co., Isfahan

۱- مقدمه

سرب یکی از پایدارترین و از نظر انتشار، گسترده‌ترین عنصر سنگین و سمّی در محیط‌زیست است. به‌علت اینکه در صورت تماس و جذب کافی، سرب می‌تواند برای انسان مسمومیت ایجاد کند و سبب ایجاد تغییرات بیوشیمیایی در مقادیر کم آلودگی، تا تأثیر بر روی سیستم عصبی و حتی مرگ در مسمومیت‌های شدید شود، از سوی دیگر هیچ‌گونه نفع یا عملکرد مثبت و ضروری شناخته شده‌ای در سیستم حیاتی انسان ندارد، باید از مواجهه زیاد با آن خودداری نمود [۱]. سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا[1] تخمین میزند که حدوداً ۱۰ تا ۲۰ درصد (یا بیشتر) آلودگی‌های سربی که انسان‌ها با آن مواجه هستند، از سرب موجود در آب آشامیدنی است و این رقم برای نوزادان ۴۰ تا ۶۰ درصد بیان شده است [۲]. آبی که ماهیت خورندگی دارد، با عبور از لوله‌ها، اتصالات و شیرهای خطوط انتقال، شبکه توزیع و انشعابات آب شهری و سیستم لوله‌کشی خانگی، مواد اولیه آنها را در خود حل کرده و مشکلات عدیده بهداشتی، زیباشناسی (مانند ایجاد لک بر روی البسه) و اقتصادی را در سیستم‌های آبی به‌وجود می‌آورد [۳]. در استاندارد منتشره از سوی سازمان بهداشت جهانی در سال ۱۹۹۳ و در آخرین بازنگری استاندارد "ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی" ایران در سال ۱۳۸۸، حداکثر غلظت مجاز سرب در آب آشامیدنی ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر ذکر شده است [۴ و ۵].

در کشور ایران، سرب موجود در آب آشامیدنی ناشی از شیرآلات برنجی و برنزی استفاده شده در انشعابات، خورده شدن جدار داخلی لوله‌های گالوانیزه به‌کار رفته در انشعابات و لوله‌کشی داخلی مشترکان و اتصالات آن و نیز شیرآلات ساختمانی برنجی و برنزی داخل منازل و محلهای مصرف است. ناهید و همکاران در سال ۱۳۸۷ با نمونه‌برداری از آب آشامیدنی در محل مصرف از هفت منطقه مختلف در شهر تهران در سال ۱۳۸۲، دریافتند که در ۵ منطقه میزان سرب بالاتر از حد مجاز قرار دارد و بیشینه غلظت سرب مشاهده شده را ۰/۴۵ میلی‌گرم در لیتر گزارش کردند. ایشان منبع اصلی این افزایش غلظت را شبکه توزیع بیان کرده‌اند [۶]. شاهمنصوری و همکاران در سال ۱۳۸۲ در شبکه توزیع آب شهری مبارکه و زرین‌شهر و همچنین سواری و همکاران در سال ۱۳۸۶ در شبکه آب شهر اهواز، با آزمایش بر روی نمونه‌های آب خروجی از شیرهای برداشت خانگی، به مطالعه پتانسیل خوردگی آب آشامیدنی پرداختند. بر اساس نتایج این پژوهش‌ها، میانگین غلظت سرب در شیرهای برداشت خانگی مبارکه، زرین‌شهر و اهواز به‌ترتیب ۷/۸، ۵/۷۴ و ۸/۴۸ میکروگرم در لیتر بوده است، اما در بیش از ۱۰ درصد نمونه‌ها، غلظتی بیشتر از حد استاندارد داشته‌اند [۷ و ۸].

بر اساس قانون آب آشامیدنی سالم[2]، از ۱۹ ژوئن ۱۹۸۶ به بعد، هیچ شخصی نباید در سیستم آب عمومی و لوله‌کشی تأسیسات مسکونی و غیر مسکونی که آب مصرفی برای انسان‌ها را تأمین می‌کنند، از لوله و متعلقات لوله‌کشی و لحیم‌کاری که " بدون سرب " نیست، استفاده کند. بر اساس این قانون، واژه "بدون سرب" به معنای آن است که بیشینه مقدار سرب مجاز در" لحیم‌کاری و جوشکاری " ۰/۲ درصد و در "لوله و متعلقات آن " ۸ درصد است. پس از ششم آگوست ۲۰۰۲، قانون ایالت کالیفرنیا به دو محدودیت فوق، بیشینه مقدار مجاز سرب در " متعلقات و منضمات لوله‌کشی خانگی " برابر با ۴ درصد را افزود، مگر آنکه استانداردی بر مبنای اثر بهداشتی نشت سرب اخذ کرده باشد. بر اساس قانون ایالت کالیفرنیا، این تعریف تا اول ژانویه سال ۲۰۱۰ معتبر بوده و از ابتدای سال ۲۰۱۰ در تعریف واژه " بدون سرب"، بیشینه مقدار سرب مجاز در سطوح در تماس با آب لوله‌ها، متعلقات لوله، متعلقات و منضمات لوله‌کشی خانه‌ها، ۰/۲۵ درصد بر اساس میانگین وزنی ذکر شده است [۹].

بر اساس استاندارد AWWA C800-01 (2001)، با عنوان " شیرآلات و اتصالات مصرفی در خطوط زیرزمینی" مواد مصرفی در ریخته‌گری شیرآلات و اتصالات در تماس با آب آشامیدنی، باید از آلیاژ مس به شماره C83600 (CuSn5Zn5Pb5) ساخته شود. این آلیاژ حاوی عناصر اصلی به میزان ۸۴ تا۸۶ درصد مس، ۴ تا ۶ درصد قلع، ۴ تا ۶ درصد سرب و ۴ تا۶ درصد روی و درصد بسیار کمی از سایر عناصر است [۱۲-۱۰]. بر اساس استاندارد 1213 DIN (1999)، تمامی مواد در تماس با آب آشامیدنی نباید سبب نزول کیفیت غذایی، ظاهری، بو یا طعم آب مصرفی انسان‌ها شوند. این استاندارد نمونه‌هایی از آلیاژ مس را برای بدنه شیر، مناسب معرفی کرده است که حاوی حداکثر ۱ تا ۵ درصد سرب هستند [۱۳]. همچنین استاندارد BS EN 12288 (2010) نیز، ترکیباتی از آلیاژ مس با محتوای سرب صفر تا حداکثر ۸ درصد را برای بدنه شیرهای کشویی پیشنهاد کرده است [۱۴]. اما در حال حاضر برخی سازندگان خارجی شیرآلات برنجی و برنزی با هدف دریافت گواهینامه تأییدیه NSF 61، اقدام به تولید شیرآلات برنجی و برنزی با محتوای سرب کم با بیشینه ۰/۲۵ درصد میانگین وزنی سرب برای آب شرب می‌کنند و برای دستیابی به این هدف، از آلیاژهای برنج و برنز با درصد سرب پایین مانند آلیاژ برنج C46400با محتوای بیشینه ۰/۲ درصد سرب و آلیاژ برنز C89836

[1] U.S. Environmental Ptotection Agency (US EPA)

[2] Safe Drinking Water Act (SDWA)

که عاری از سرب است، برای بدنه شیرها که بیشترین سطح تماس با آب را دارد، استفاده می‌کنند.

از آنجا که شیرهای برنجی و برنزی یکی از پرکاربردترین اجزاء در سیستم انشعاب آب مشترکان و یکی از منابع اصلی نشت سرب به آب آشامیدنی هستند، این پژوهش به بررسی میزان نشت سرب ناشی از این شیرها به آب آشامیدنی می‌پردازد. همچنین شیرهای پلیمری موجود در بازار ایران به‌عنوان گزینه دیگر قابل انتخاب توسط مصرف‌کنندگان از همین نظر مورد بررسی قرار گرفت.

۲- مواد و روشها

در این پژوهش، به‌منظور تعیین غلظت سرب ناشی از شیرهای انشعاب در آب، ده نمونه از شیرهای برنجی و برنزی از پنج شرکت سازنده داخلی بر اساس استاندارد BSI DD201 (1991) مورد آزمایش قرار گرفت. بر اساس این استاندارد، نمونه‌ها به‌مدت ۱۴ روز در محلول آب مقطر حاوی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر از هر یک از مواد کلرید سدیم و کربنات کلسیم که گاز CO_2 و سپس هوای فیلتر شده برای تنظیم pH در محدوده ۷±۰/۲ از آن عبور داده شده است، قرار گرفت. محلول به‌صورت روزانه تعویض شد و در نهایت محلول روز چهاردهم برای انجام آزمایش استفاده شد. سپس به روش استخراج، میزان سرب آن ۱۰ برابر تغلیظ شد و به‌وسیله دستگاه جذب اتمی مدل PERKIN ELMER AA400، با حد تشخیص ppm ۰/۰۱ میزان سرب آن به‌دست آمد. از آنجا که در حال حاضر برخی سازندگان شیرهای انشعاب آب از ماده پلی‌پروپیلن برای تولید استفاده می‌کنند، نه نمونه تولیدی از این شیرهای پلیمری نیز از سه سازنده مختلف، بر طبق استاندارد BS 6920 برای تعیین میزان نشت سرب از آنها در آب، به‌روش فوق آزمایش شدند؛ با این تفاوت که نمونه‌ها به‌مدت یک روز در تماس با محلول قرار گرفت [۱۵ و۱۶].

همچنین به‌منظور مقایسه ترکیبات شیرهای برنجی و برنزی، با ترکیبات استاندارد این آلیاژها برای تماس با آب شرب، پنج نمونه از شیرهای برنجی و برنزی به روش اسپکترومتری نشری بر طبق استاندارد DIN EN 15079 (2007) مورد آنالیز قرار گرفت [۱۷].

۳- نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج آزمایش غلظت سرب در آب ناشی از شیرهای برنجی و برنزی و جدول ۲ این نتایج را برای شیرهای پلیمری پلی‌پروپیلن نشان می‌دهد.

نتایج ارائه شده در جدول ۱ حاکی از آن است که غلظت فلز سنگین سرب اندازه‌گیری شده در آب مورد تماس با تمامی نمونه‌ها در شیرهای برنجی و برنزی خارج از محدوده مجاز استاندارد (از ۷ تا ۷۰۰ برابر غلظت مجاز) است.

از مشاهده نتایج غلظت‌های ارائه شده در جدول ۲ در مورد شیرهای پلی‌پروپیلن و مقایسه این نتایج با غلظت مجاز ۰/۰۱ میلی‌گرم در لیتر، چنین برمی‌آید که این شیرآلات از نظر کاهش نشت سرب در آب آشامیدنی عملکرد بسیار بهتری نسبت به شیرهای برنجی و برنزی موجود داشته‌اند.

بر اساس بررسی انجام شده بر روی پنج نمونه از شیرهای برنجی و برنزی، نتایج ترکیب شیمیایی سه نمونه از شیرها بر اساس درصد وزنی عناصر نشان داد که این شیرها با محتوای ۱۰/۲۴، ۱۰/۲ و ۱۲/۱۶ درصد سرب، آلیاژهایی پرسرب هستند و برای تماس با آب آشامیدنی مناسب نیستند. دو نمونه دیگر به‌طور تقریبی ترکیبی مشابه آلیاژ CuZn39Pb3Sn داشته‌اند و حاوی ۲/۷۵ و ۲/۸ درصد سرب بوده‌اند؛ اما با این وجود، میزان سرب منتشره در آب مورد تماس با یکی از این نمونه‌ها بسیار زیاد و برابر ۶/۱ میلی‌گرم در لیتر بوده است (نمونه ۳ در جدول ۱).

لازم به‌ذکر است در زمان عبور حجم آب نسبتاً زیاد از سیستم انشعاب خانگی، معمولاً میزان سرب درون آب خروجی از شیرهای برداشت خانگی در مقایسه با نتایج ارائه شده کمتر است. اما به‌هر حال، نتایج مؤید آن هستند که این شیرآلات سهم مهمی در میزان سرب موجود در آب آشامیدنی دارند.

جدول ۱- نتایج آزمایش غلظت سرب در آب ناشی از شیرهای برنجی و برنزی

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	حد مجاز
غلظت سرب در آب (mg/L)	۰/۱	۷	۶/۱	۱/۲	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۶	۰/۱	۰/۱۶	۰/۰۱

جدول ۲- نتایج آزمایش غلظت سرب در آب ناشی از شیرهای پلیمری (پلی‌پروپیلن)

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	حد مجاز
غلظت سرب در آب (mg/L)	۰/۰۳	۰/۰۲	ناچیز	۰/۰۱	۰/۰۲	ناچیز	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۱

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش، به بررسی سرب ناشی از شیرهای برنجی، برنزی و پلی پروپیلن مصرفی در انشعابات آب به‌عنوان یکی از منابع نشت سرب در آب آشامیدنی پرداخته شد و نتایج حاکی از آن است که میزان سرب قابل ملاحظه‌ای از طریق شیرهای برنجی و برنزی وارد آب می‌شود. با توجه به مشکلات عدیده ناشی از تجمع سرب در بدن و از آنجا که بهترین روش درمان مسمومیت‌های ناشی از سرب، قطع منابع آلودگی در محیط کار و زندگی است، بنابراین سازندگان این شیرآلات باید به رعایت ترکیبات استاندارد آلیاژهای برنج و برنز برای مصارف در تماس با آب آشامیدنی و میزان نشت آن اهتمام ورزند و از سوی دیگر روش ساخت به گونه‌ای باشد که میزان نشت سرب از شیرها از حد مجاز فراتر نرود.

همچنین می‌توان لزوم دستیابی به فناوری تولید شیرآلات با استفاده از آلیاژهای با محتوای سرب کمتر بر اساس NSF 61 (میانگین درصد وزنی سرب کمتر از ۰/۲۵) را با وجود تأیید آلیاژهای حاوی مقدار بیشینه ۸ درصد سرب توسط استانداردها، متذکر شد.

توصیه می‌شود خریداران شیرهای انشعاب برنجی و برنزی که به طور عمده شرکت‌های آب و فاضلاب هستند، در زمان انتخاب و خرید این اقلام به آنالیز آلیاژ شیرها و به‌ویژه میزان نشت فلزات سنگین از آنها توجه خاص مبذول دارند. همچنین در مورد به‌کارگیری شیرهای پلی‌پروپیلن، توصیه می‌شود علاوه بر نشت سرب، نشت سایر عناصر شیمیایی سمّی، آزادسازی مونومرها و نیز عملکرد آنها در زمان نصب و بهره برداری مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد.

۵- قدردانی

از مدیر عامل محترم و معاونت محترم بهره‌برداری شرکت آب و فاضلاب استان اصفهان به‌دلیل توجه و مساعدتشان در روند انجام این پژوهش تشکر و قدردانی می‌شود.

۶- مراجع

1. Esmaili Sari, A. (2001). *Pollution, health and environmental standards*, 1st Ed., Naghshemehr, Tehran. (In Persian)
2. U.S. EPA, Office of Water. (2004). *Lead and copper rule: A quick reference guide,* U.S. EPA, USA.
3- Shams Khoram Abadi, G. (2000). "Study of lead and copper rule in distribution drinking water system and comparison by corrosion index." Ph.D. Thesis of Environmental Health Engineering, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan. (In Persian)
4. ISIRI. (2008). *Drinking water: Physical and chemical specifications,* ISIRI 1053, 5th revision, Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (In Persian)
5. WHO. (1993). *Guidelines for drinking-water quality*, 2nd Ed., Volume 1, WHO, USA.
6. Nahid, P., Moslehi, P., and Hesampour, M. (2008). "Heavy metals concentrations on drinking water in different areas of Tehran as ppb and methods of removal them." *J. of Food Science and Technology*, 5(1), 29-35. (In Persian)
7. Shahmansouri, M., Pourmoghadas, H., and Shams Khoram Abadi, G. (2002). "Study of metals leakage by pipes internal corrosion of the drinking water distribution networks." *J. of Research in Medical Sciences*, 3, 30-34. (In Persian)
8. Savari J., and Gafarzadeh, N. (2006) "Corrosion study methods comparison in the Ahvaz city water drinking distribution." *The 10th National Congress of Environmental Health*, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. (In Persian)
9. U.S. EPA. (2009). *Safe drinking water act (SDWA), prohibition on use of lead pipes, solder, and flux*, Section 1417, U.S. EPA., USA.
10. AWWA. (2001). *Underground service line valves and fittings*, ANSI/AWWA C800-01, American Water Works Association, USA.

11. ASTM. (2000). *Standard specification for copper alloy sand castings for general applications*, ASTM B584, ASTM International.
12.ASTM. (2002). *Standard specification for composition bronze or ounce metal castings*, ASTM B62, ASTM International.
13. DIN. (1999). *Copper-alloy stop valve for potable water supply in buildings, test and requirements*, DIN EN 1213.
14. BSI. (2010). *Industrial valves- copper alloy gate valve*, BS EN 12288, British Standard Institution.
15. BSI. (1991). *Suitability of metallic materials for use in contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of the water*, BSI DD201, British Standard Institution.
16. BSI. (2000). *Suitability of non-metallic products for use in contact with water intended for human consumption with regard to their effect on the quality of the water*, BS 6920, British Standard Institution.
17. DIN. (2007). *Copper and copper alloys - analysis by spark source optical emission spectrometry (S-OES)*, DIN EN 15079.