

## بررسی غلظت فلزات سنگین در چاه‌های آب مجاور کارخانه سرب و روی زنجان

مهران محمدیان<sup>۱</sup>، دکتر جعفر نوری<sup>۲</sup>، ناصر افشاری<sup>۳</sup>، جلیل نصیری<sup>۳</sup>، معصومه نورانی<sup>۴</sup>

نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط [nourijafar@gmail.com](mailto:nourijafar@gmail.com)

پذیرش: ۸۷/۹/۱۸

دریافت: ۸۷/۸/۱

### چکیده

**زمینه و هدف:** آلودگی‌های زیست محیطی مؤثر بر سلامت انسان یکی از نگرانی‌های مهم در رابطه با فعالیت صنایع فراوری فلزات سنگین می‌باشد. این آلودگی‌ها شامل خاک، آب‌های سطحی و زیرزمینی و رسوبات می‌باشند. این بررسی با هدف تعیین غلظت فلزات سرب، روی و کادمیم در منابع آب مجاور کارخانه‌ی سرب و روی زنجان انجام شده است.

**روش بررسی:** در این مطالعه توصیفی - مقطعی، در زمستان ۱۳۸۶ از ۱۷ حلقه چاه آب آشامیدنی، نمونه برداری و نمونه‌ها به روش اسپکتروفتومتری جذب اتمی مورد آزمایش قرار گرفتند. موقعیت چاه‌ها نیز توسط دستگاه مکان‌یاب جهانی تعیین شد. کلیه چاه‌ها در فاصله کمتر از ۱۰ کیلومتری کارخانه انتخاب شدند و همبستگی بین غلظت هر فلز با فاصله از کارخانه نیز مطالعه شد.

**یافته‌ها:** داده‌های تحقیق با معیارهای ملی و بین‌المللی مقایسه گردید و نشان داد که غلظت سرب در هیچ نمونه‌ای بالاتر از استاندارد ملی نیست اما سرب و کادمیم به ترتیب در ۵۹ و ۵۳ درصد نمونه‌ها فراتر از حد رهنمودی سازمان جهانی بهداشت بودند. غلظت روی در کلیه نمونه‌ها پایین‌تر از حد معیارها بود.

**نتیجه‌گیری:** به دلیل اهمیت بهداشتی فلزات سنگین ضروری است مطالعات جامع‌تری از جمله تعیین غلظت فلزات در محیط‌های فیزیکی و بیولوژیکی انجام و بر راه‌های جذب فلزات توسط انسان تأکید شود. همچنین مطالعه‌ای برای تعیین میزان بروز و شیوع بیماری‌های مرتبط با فلزات سنگین در منطقه مهم به نظر می‌رسد.

**واژگان کلیدی:** فلزات سنگین، آلودگی زیست محیطی، آب آشامیدنی، کارخانه سرب و روی.

۱- دانشجوی دکترای بهداشت محیط، دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و عضو هیأت علمی دانشکده بهداشت زنجان

۲- استاد دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

۳- کارشناس بهداشت محیط مرکز بهداشت استان زنجان

۴- مربی دانشگاه علوم پزشکی زنجان، گروه بهداشت عمومی

## مقدمه

به بررسی غلظت فلزات سنگین در منابع آب، بویژه منابع نزدیک کارخانه سرب و روی پرداخته است.

## مواد و روش ها

در این پژوهش توصیفی - مقطعی در زمستان ۱۳۸۶ تعداد ۱۷ نمونه آب از ۱۷ حلقه چاه تأمین کننده آب شرب که روی آبخوان زنجان حفر شده و تا فاصله ۱۰ کیلومتری از کارخانه سرب و روی قرار داشتند، برداشت شد. حجم نمونه ها هزار و پانصد میلی لیتر، جنس ظروف نمونه برداری از پلی اتیلن بود و روش نمونه برداری و نگهداری آنها طبق توصیه های کتاب روش های استاندارد آزمایش های آب و فاضلاب چاپ بیستم صورت گرفت (۱۰). در زمان نمونه برداری موقعیت چاه ها به کمک دستگاه مکان یاب جهانی (GPS) تعیین و ثبت شد. نمونه ها در ظروف اسیدی شده جمع آوری و به آزمایشگاه منتقل و در اولین فرصت با روش اسپکتروفوتومتری جذب اتمی مورد آزمایش قرار گرفتند (۱۰). سپس داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SPSS مورد تحلیل قرار گرفت و اطلاعات حاصله با معیارهای کیفیت آب آشامیدنی در سطح ملی و فرا ملی مقایسه شد و از آزمون های آماری اسپیرمن جهت تحلیل نتایج استفاده گردید.

## نتایج

در پژوهش حاضر تعداد ۱۷ حلقه چاه آب تا فاصله ۱۰ کیلومتر مورد مطالعه قرار گرفت. حداکثر فاصله این چاه ها ۷۵۰۰ متر به مرکزیت شرکت سرب و روی بود. موقعیت این چاه ها و غلظت این فلزات در نمونه های حاصله در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

معیارهایی که اطلاعات حاصله از آزمایش ها بر اساس آن ها مورد ارزیابی بهداشتی و کیفی قرار گرفت شامل استانداردهای آب آشامیدنی ایران، رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی سازمان

آلودگی های زیست محیطی مؤثر بر سلامت انسان یکی از نگرانی های عمده در رابطه با فعالیت صنایع فراوری فلزات سنگین می باشد و از جمله جدی ترین این نگرانی ها آلودگی خاک و آب است. آلودگی خاک، آب های سطحی و رسوبات رودخانه ها در مناطق مختلفی از کشورها پس از فعالیت این صنایع مشاهده شده است. آلودگی آب های زیرزمینی نیز به دلیل نفوذ آب های سطحی و مهاجرت فلزات از طریق خاک میسر می باشد (۱،۲،۳،۴،۵،۶). سازمان مواد سمی و ثبت بیماری های ایالات متحده بدلیل آنکه افراد در نتیجه تماس با خاک سطحی آسیب بهداشتی می بینند، فهرستی از سایت های صنعتی فراوری فلزات تهیه کرده و گزارش نموده است غلظت سرب در خون کودکانی که در مناطق آلوده زندگی می کنند بالاتر از کودکانی است که خارج از این مناطق زندگی می نمایند (۷). چنین نتیجه ای در رابطه با کودکان تایلندی نیز بدست آمده است (۱). موارد فوق در حالی است که مسمومیت با سرب و کادمیم بسیار خطرناک بوده و شامل آسیب به سیستم عصبی، کلیه و خون می باشد و در رابطه با سرب مسائلی چون کاهش بهره هوشی و سطح یادگیری کودکان را موجب می شود (۸). کارخانه سرب و روی زنجان که در ۱۲ کیلومتری شهر زنجان در قسمت شرقی این شهر واقع شده است، بدلیل آنکه بر روی آبخوان تأمین کننده آب شرب منطقه قرار گرفته و از طرفی در مجاورت مناطق روستایی و کشاورزی است، فعالیت آن مورد توجه بوده و به عنوان یک منبع انسانی بالقوه آلودگی زیست محیطی مطرح است. این کارخانه فعالیت خود را نزدیک به دو دهه پیش آغاز کرده است و در حال حاضر با ظرفیت ۵۵۰۰۰ تن در سال شمش سرب، ۳۰۰۰۰ تن در سال شمش روی و ۱۰۰۰۰ تن در سال سولفات روی مشغول بکار است و خروجی های آن بصورت گاز، جامد و مایع به محیط منتشر می گردند (۹). تحقیق حاضر بدلیل اهمیت زیست محیطی و بهداشتی موضوع،

جدول ۱: مشخصات مکانی چاه ها و غلظت فلزات سنگین در نمونه های مجاور کارخانه سرب و روی

شماره چاه	موقعیت جغرافیایی (UTM)		فاصله از کارخانه m	غلظت سرب mg/L	غلظت روی mg/L	غلظت کادمیم mg/L
	X	Y				
۱	۲۹۳۴۷۰	۴۰۵۲۴۶۰	۷۴۰۰	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۰۴
۲	۲۹۰۱۹۹	۴۰۵۵۴۲۷	۱۹۴۵	۰/۰۱۳	۰/۰۴۱	۰/۰۰۵
۳	۲۹۰۷۰۸	۴۰۵۴۹۴۴	۳۵۰۰	۰/۰۰۰۵	۰/۱۶۰	۰/۰۰۲
۴	۲۹۱۴۶۷	۴۰۵۴۶۸۷	۳۳۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۵۸	۰/۰۰۳
۵	۲۹۱۴۵۱	۴۰۵۴۱۴۴	۵۰۳۶	۰/۰۰۷	۰/۰۶۲	۰/۰۰۵
۷	۲۹۲۰۰۶	۴۰۵۴۲۴۱	۳۹۰۰	۰/۰۲۱	۰/۰۶۰	۰/۰۰۶
۸	۲۹۲۸۶۴	۴۰۵۳۶۰۷	۴۳۰۰	۰/۰۵۰	۰/۰۵۸	۰/۰۰۲
۹	۲۸۹۴۷۴	۴۰۵۵۱۲۷	۱۲۶۵	۰/۰۱۶	۰/۰۲۷	۰/۰۰۹
۱۰	۲۸۹۸۹۱	۴۰۵۴۶۷۱	۱۹۳۷	۰/۰۳۰	۰/۰۲۷	۰/۰۳۰
۱۱	۲۹۰۵۳۳	۴۰۵۴۱۸۰	۳۵۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۲۵	۰/۰۰۳
۱۲	۲۹۱۰۷۲	۴۰۵۳۴۷۳	۴۵۰۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۲۰	۰/۰۰۲
۱۳	۲۹۴۰۰۷	۴۰۵۳۰۰۵	۶۳۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۳۷	۰/۰۰۳
۱۵	۲۹۳۷۱۶	۴۰۵۳۶۱۷	۵۸۰۰	۰/۰۱۳	۰/۰۲۳	۰/۰۰۶
۱۶	۲۹۴۸۴۷	۴۰۵۲۱۵۱	۷۴۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۰۳
۱۷	۲۹۱۸۵۳	۴۰۵۲۹۶۰	۶۱۰۰	۰/۰۱۲	۰/۰۳۸	۰/۰۰۳
۱۸	۲۸۹۶۷۰	۴۰۵۶۳۴۸	۱۵۳۵	۰/۰۲۱	۰/۰۲۵	۰/۰۰۸
شرکت سرب و روی	۲۸۹۶۹۸	۴۰۵۶۰۶۵	۰	۰/۰۱۷	۰/۲۸۵	۰/۰۰۷
		حداکثر	۷۴۰۰	۰/۰۵۰	۰/۲۸۵	۰/۰۳۰
		حداقل	۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱۷	۰/۰۰۲
		میانگین	۳۹۸۳/۴	۰/۰۱۳۹	۰/۰۵۸۵	۰/۰۰۵۹
		انحراف معیار	۲۱۲۱/۳	۰/۰۱۲۵	۰/۰۶۷۲	۰/۰۰۶۶

سنگین نیز بررسی شد که نتایج آن ها در شکل های شماره ۱ تا ۳ ارائه شده است. علاوه بر این پس از آزمون های آماری نتایج حاصله ارتباط بین غلظت فلزات سنگین با یکدیگر در نمونه ها بررسی و مورد بحث و نتیجه گیری قرار گرفت.

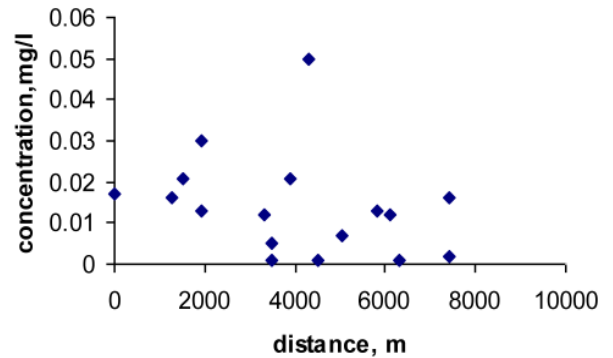
جهانی بهداشت و استانداردهای اولیه سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده بودند که در جدول شماره ۲ مقادیر آنها ارائه شده است (۱۱، ۸، ۱۲). از آنجا که احتمال می رفت فاصله چاه ها از مرکز فعالیت صنعتی بر میزان غلظت فلزات سنگین تأثیر داشته باشد لذا ارتباط بین فاصله چاه ها با غلظت فلزات

جدول ۲: معیارهای مهم جهت ارزیابی کیفیت آب آشامیدنی از نظر فلزات سنگین

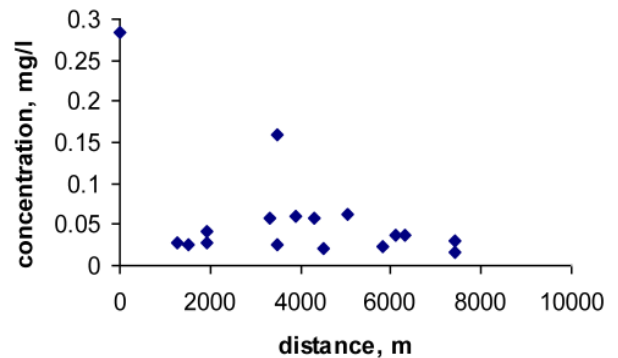
استاندارد ملی ایران سال ۱۹۹۷	رهنمود سازمان جهانی بهداشت سال ۲۰۰۳	استاندارد اولیه آژانس حفاظت محیط زیست امریکا سال ۲۰۰۳
سرب ۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱۵
روی ۳	۳	-
کادمیم ۰/۰۰۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵

هیچ موردی از نمونه‌ها غلظت آن از حدود استاندارد ایران یا رهنمودی سازمان جهانی بهداشت فراتر نبود. در زمینه فلز کادمیم، ۳۵ درصد موارد (۶ نمونه) بالاتر از حد استاندارد ملی ایران و استاندارد اولیه آمریکا و ۵۳ درصد موارد (۹ نمونه) فراتر از مقدار رهنمودی سازمان بهداشت جهانی بودند. مطابق جدول شماره ۱ میانگین غلظت سرب در حومه کارخانه سرب و روی کمتر از میزان استاندارد ملی ایران و سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و بیشتر از مقدار رهنمودی سازمان جهانی بهداشت بود. این در حالی است که میانگین غلظت کادمیم در چاه‌های حومه کارخانه به لحاظ هر سه معیار متجاوز از شرایط بهداشتی بودند.

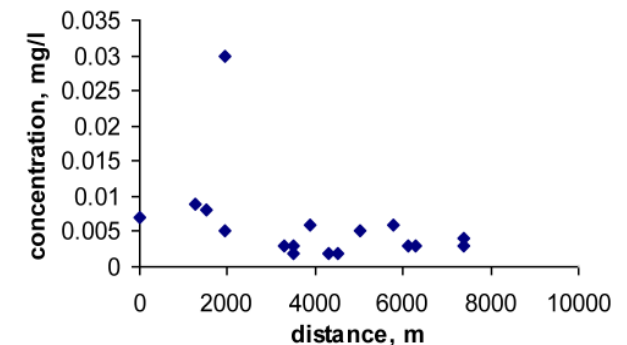
همبستگی بین غلظت فلزات سرب، روی و کادمیم در آب آشامیدنی چاه‌ها بررسی آماری شد و هیچ همبستگی بین غلظت سرب با روی، سرب با کادمیم و نهایتاً روی با کادمیم در سطح معنی‌داری وجود نداشت. همچنین ارتباط میان فاصله چاه‌ها با غلظت هر یک از فلزات بررسی گردید و به لحاظ آماری همبستگی بین غلظت روی و کادمیم در آب و فاصله چاه‌ها از کارخانه ملاحظه نشد. در مقابل آزمون نشان داد که بین غلظت سرب و فاصله چاه‌ها از کارخانه همبستگی معنی‌داری در سطح کمتر از ۰/۰۵ و بصورت منفی وجود دارد، بدین معنی که با افزایش فاصله چاه‌ها از کارخانه، غلظت سرب آب کاهش می‌یابد (شکل‌های شماره ۱ تا ۳). نتایج فوق در حالی بدست آمد که مطالعات گروه تحقیق دانشگاه علوم پزشکی تهران نشان دادند که در سال ۱۳۷۵ الی ۱۳۷۶ فلزات سرب و کادمیم در آب‌های زیرزمینی منطقه کارخانه به لحاظ دستگاهی غیرقابل شناسایی بودند یعنی غلظت‌های مربوطه بسیار پایین بوده است، و حتی نتایج آزمایش‌های چاه‌های آب آشامیدنی کارخانه سرب و روی نیز در سال ۱۳۷۷ مقدار غلظت سرب و کادمیم را صفر میلی‌گرم در لیتر گزارش نموده‌اند (۱۳). پس از آن در سال ۱۳۷۹-۱۳۷۸ عباسی و همکاران در تحقیقی که روی منابع آب حومه کارخانه سرب و روی تا شعاع ۲ کیلومتر انجام دادند، نشان دادند که غلظت سرب و کادمیم



شکل ۱: رابطه بین غلظت فلز سرب با فاصله چاه از کارخانه



شکل ۲: رابطه بین غلظت فلز روی با فاصله چاه از کارخانه



شکل ۳: رابطه بین غلظت فلز کادمیم با فاصله چاه از کارخانه

## بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که غلظت سرب در هیچ نمونه‌ای فراتر از حد استاندارد ملی نیست حال آنکه غلظت آن در مقایسه با رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت در ۵۹ درصد موارد (۱۰ حلقه چاه) بیشتر است. در همین رابطه اگر مبنای مقایسه استاندارد اولیه سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا باشد، ۲۹ درصد موارد (تعداد ۵ حلقه چاه) شرایط کیفی غیرقابل قبول از نظر سرب دارند. در رابطه با فلز روی در

### نتیجه گیری

از آنجا که جابجایی و شسته شدن فلزات توسط آب و نفوذ آنها به لایه های زیرزمینی در طول زمان اجتناب ناپذیر است لذا می توان احتمال داد که پس از گذشت یک دهه، غلظت فلزات سرب و کادمیم در آب زیرزمینی رو به فزونی گذاشته باشد. گزارش سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده در سال ۲۰۰۷ نیز از منطقه پالمرتون (پنسیلوانیا) که محل فعالیت کارخانه ذوب روی بود و پس از چند دهه فعالیت آن، غلظت سرب، روی و کادمیم در آب های زیرزمینی منطقه بشدت بالا رفته بود، تأییدی بر نتایج پژوهش حاضر می باشد (۶).

### منابع

1. Kachenko AG, Singh B. Heavy metals contamination in vegetables grown in urban and metal smelter contaminated sites in Australia. *Water, Air and Soil Pollution*. 2006; 169(1-4):101-123.
2. Pajitprapapon A. Environmental and public health effects due to contamination from mining industries in Thailand. Seminar on Environmental and Public Health Risks due to Contamination of Soils, Crops, Surface and Groundwater from Urban, Industrial and Natural Sources in South-East Asia, 2002; December 10-12, Hanoi, Viet Nam.
3. Maskall J, Whitehead K, Thornton I. Heavy metal migration in soil and rocks at historical smelting sites. *Environmental Geochemistry and Health*. 1995; 17(3):127-138.
4. ATSDR. Public Health Assessment. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2008. Available from: [http://atsdr.cdc.gov/HAC/pha/zinc/nzc\\_p1.html](http://atsdr.cdc.gov/HAC/pha/zinc/nzc_p1.html).
5. Gardner D. Techniques used in the reclamation of the Palmerton zinc smelter site. 2008. Available from: <http://horticulture.cfans.umn.edu/vd/h5015/99papers/gardner.htm>.
6. Charli R. Compost/Biosolids application to revegetate defoliated areas. Innovative Technology Case Study. US Environmental Protection Agency. 2007.
7. Rodenbeck SE, Crellin JR. Public Health Assessment. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2008. Available from: [http://atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/zinc/nzc\\_p3.html](http://atsdr.cdc.gov/HAC/PHA/zinc/nzc_p3.html).
8. WHO. Guidelines for drinking water quality, 3<sup>rd</sup> ed. Geneva: World Health Organization; 2003.
9. Mohammadi H., Eslami A. quantity and quality of special wastes in Zanjan province. Research report. Zanjan Department of the Environment; 2007: 2-3.
10. APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20<sup>th</sup> ed. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 1998.
11. ISIRI. Specifications for Drinking Water. 4<sup>th</sup> ed. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1997.
12. EPA. National Primary Drinking Water Standards. US. Environmental Protection Agency. 2003. Available from: <http://www.epa.gov/safewater>.
13. Abbasi M., Mohammadi H., Peyda M. Heavy Metal Contamination of Surface-water and Groundwater of Vicinity Region of Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant. Research report. Zanjan Department of the Environment. 2000.
14. Golchin A., Heavy Metal Contamination Sources of Soils and Agriculture Products in Zanjan Province. Research report. Zanjan Management and Planning Organization. 2005.

# Investigation of Heavy Metals Concentrations in the Water Wells Close to Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant

<sup>1</sup>M. Mohammadian, <sup>2</sup>J. Nouri, <sup>3</sup>N. Afshari, <sup>3</sup>J. Nassiri, <sup>4</sup>M. Nourani

<sup>1</sup>PhD student of the Department of Environmental Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran and the Academic Staff in Zanjan University of Medical sciences.

<sup>2</sup>Department of Environmental Health, Tehran University of Medical Sciences

<sup>3</sup>Zanjan Health Center, Environmental Health Expert, Zanjan, Iran

<sup>4</sup>Department of Public Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran

Received 22 October 2008; Accepted 7 December 2008

## ABSTRACT

**Background and Objectives:** Heavy metals processing industry has always been a major cause of concern which affects soils, surface waters, ground waters and river sediments contaminations. Thus, the Zanjan Zinc and Lead Smelting Plant has been considered as a potential source of contamination.

**Materials and Methods:** This cross-sectional study has been conducted in February 2008 in the site region. The concentrations of Lead, Zinc and Cadmium have been assessed. The samples have been taken from 17 wells and atomic absorption spectrophotometric method has been used to assess the samples. In order to find out and locate the exact situation of the wells under study, Global Positioning System instrument has been used. The correlation between the concentration of each metal and the distance of studied well from the plant has been assessed too.

**Results:** The findings of this study showed that lead and cadmium concentrations were 53% and 59% respectively out of the guideline values of World Health Organization.

**Conclusion:** The concentration of Zinc was lower than both national and international values in all samples. As the heavy metal concentration is very important for human health status, the other fields of study like heavy metal air pollution effects and related diseases and conditions should be studied and assessed.

**Key words:** Heavy metals, environmental pollution, drinking water, zinc and lead smelting.

---

\*Corresponding Author : [nourijafar@gmail.com](mailto:nourijafar@gmail.com)

Tel: +98 21 20105110, Fax: +98 21 88950188