

## Concentrations of Heavy Metals in surface soil of Zahedan City

Kamani H<sup>1</sup>, Hoseini M<sup>2</sup>, Safari Gh.S<sup>3</sup>, Jaafari J<sup>4</sup>, Ashrafi S.D<sup>4</sup>, Mahvi A.H<sup>5</sup>

1. Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

2. School of Public Health, Shiraz University of Medical Sciences, Shiraz, Iran

3. School of Public Health, Tabriz University of Medical Sciences, Tabriz, Iran

4. School of Health, Guilan University of Medical Sciences, Rasht, Iran

5. School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran

\* *Corresponding author.* Tel: +989123211827, Fax: +98216662267, E-mail: ahmahvi@yahoo.com

Received: May 14, 2014 Accepted: Apr 5, 2016

### ABSTRACT

**Background & objectives:** Heavy metals in surface soil which originate from different sources (e.g. traffic, industrial emission, weathering of building) can be accumulated in human body via inhalation and dermal absorption pathways. Therefore, this study aimed to investigate heavy-metal pollution profile of the soils and assess the soil quality in Zahedan.

**Methods:** Heavy metal concentrations in surface soils were investigated by a cross-sectional study carried out in early autumn 2013. Street dust samples were collected from different areas (5 regions) using a clean plastic dustpan and broom. At each sampling location, 5 subsamples were randomly taken and mixed together to obtain a composite soil sample. In total 50 samples were taken from all regions. The street dust samples were dried at room temperature prior to acid digestion and the concentrations of Zn, Cd, Cr, Ni, Pb and Cu were measured using ICP-MS.

**Results:** Results of analysis showed that in all studied areas; urban park, commercial area, high traffic, residential area and industrial area the concentrations of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn were  $0.01 \pm 0.06$ ,  $37.53 \pm 6.96$ ,  $29.68 \pm 10.25$ ,  $51.09 \pm 8.53$ ,  $28.37 \pm 6.52$  and  $184.30 \pm 25.94$  mg/kg, respectively. The concentrations of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn in all the regions studied (except residential area) exceed the corresponding background levels (i.e. suburb area).

**Conclusion:** This study showed that land use significantly increase heavy metal levels of urban soil in Zahedan. The highest concentrations of heavy metals were found in commercial and high traffic areas where the traffic rates are high. Therefore, decrease in traffic rate and improving public transportation may increase quality of urban soils.

**Keywords:** Heavy Metals; Pollution; Surface Soil; Zahedan.

## بررسی غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی شهر زاهدان

حسین کمائی<sup>۱</sup>، محمد حسینی<sup>۲</sup>، غلامحسین صفری<sup>۳</sup>، جلیل جعفری<sup>۴</sup>، سید داود اشرفی<sup>۵</sup>، امیر حسین محوی<sup>۵\*</sup>

۱. دکتری بهداشت محیط، مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، ایران ۲. دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، ایران ۳. دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز، ایران ۴. دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گیلان، ایران ۵. دکتری بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، ایران  
\* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۹۱۲۳۲۱۱۸۲۷، فکس: ۰۲۱۶۶۶۲۲۶۷، ایمیل: ahmahvi@yahoo.com

### چکیده

**زمینه و هدف:** فلزات سنگین موجود در خاک‌های سطحی شهرها ناشی از منابع مختلف (مانند ترافیک، انتشارات صنعتی، فرسایش ناشی از ساختمان‌ها و...) می‌تواند از طریق تنفسی و پوست در بدن انسان تجمع یافته و برای سلامتی خطرناک باشد. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی وضعیت آلودگی فلزات سنگین و ارزیابی کیفیت خاک‌های شهری در شهر زاهدان بود.  
**روش کار:** در این مطالعه که یک مطالعه توصیفی-مقطعی بود، غلظت فلزات سنگین در خاک‌های سطحی شهر زاهدان در اوایل پائیز سال ۱۳۹۲ مورد بررسی گرفت. در این مطالعه، نمونه‌ها با جاروکردن سطح زمین در مناطق مختلف (پنج منطقه) برداشت شدند. برای نمونه برداری در هر نقطه محل نمونه برداری، ۵ نمونه به صورت تصادفی برداشت می‌شد و سپس با هم مخلوط می‌شد تا یک نمونه کاملاً مخلوط بدست آید که در مجموع ۵۰ نمونه مخلوط از تمام مناطق برداشت شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه در معرض هوا خشک شدند و پس از هضم شدن با مخلوط اسیدی، غلظت فلزات کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی با دستگاه ICP اندازه گیری شد.

**یافته‌ها:** نتایج آنالیز نمونه‌ها نشان داد در کلیه مناطق مورد مطالعه این تحقیق شامل پارک شهری، مناطق تجاری، مناطق پر ترافیک، مناطق مسکونی و شهرک صنعتی، مقدار غلظت فلزات کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب  $0.1 \pm 0.06$ ،  $2.9/68 \pm 1.0/25$ ،  $3.7/53 \pm 6/96$ ،  $51/0.9 \pm 8/53$ ،  $28/37 \pm 6/52$  و  $184/30 \pm 25/94$  میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. در تمام مناطق شهر زاهدان (بجز مناطق مسکونی) غلظت متوسط فلزات کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی از مقدار غلظت زمینه (حاشیه شهر) بیشتر بود.

**نتیجه گیری:** این مطالعه نشان داد که کاربری زمین تأثیر به‌سزایی در افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی شهر زاهدان دارد. بیشترین غلظت فلزات در مناطق تجاری و مناطق پرترافیک بدست آمد که تردد وسایل نقلیه بالاتری در مناطق فوق وجود داشت. بنابراین کاهش ترافیک و بهبود سیستم حمل و نقل عمومی در مناطق مذکور می‌تواند منجر به بهبود کیفیت خاک در این مناطق شود.

**واژه‌های کلیدی:** فلزات سنگین، آلودگی، خاک سطحی، زاهدان

پذیرش: ۹۵/۱/۱۷

دریافت: ۹۳/۲/۲۴

### مقدمه

(۱). یکی از این آلاینده‌ها ورود فلزات سنگین به درون خاک است که می‌تواند به طور قابل‌توجهی بر روی سلامت انسان تأثیر گذارد (۱). فلزات سنگین به عنوان یکی از منابع آلودگی محیط خاک می‌توانند علاوه بر معلق شدن در هوا و کاهش کیفیت هوای اتمسفری، به دلیل خاصیت تجزیه‌ناپذیری که دارند

افزایش جمعیت انسانی در شهرها آنها را به یکی از نقاط آلوده تبدیل کرده است. رشد جمعیت شهری و در نتیجه فعالیت‌های مرتبط با آن می‌تواند باعث نشت و انتشار آلاینده‌ها به محیط شود که در نهایت باعث بروز اثرات مخربی بر سلامتی انسان می‌شود

در خاک و بافت زنده موجودات تجمع پیدا کنند و در نتیجه چرخه بیولوژیکی خاک را مختل کنند. مطالعات نشان می‌دهد که فلزات سنگین موجود در خاکروبه‌های حاشیه خیابانها و خاک‌های سطحی شهر می‌توانند به طور مستقیم از طریق مجرای تنفسی و سطح پوست در بدن انسان تجمع پیدا کنند (۳-۱). همچنین بعضی از مطالعات انجام شده بر روی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین نشان داده است که افزایش چنین آلاینده‌هایی باعث کاهش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم‌ها و در نتیجه کاهش فرایند معدنی شدن ترکیبات آلی می‌شود (۴، ۳). به طور کلی دو منبع اصلی فلزات سنگین برای آلودگی خاک وجود دارد منبع اول که به ماهیت طبیعی زمین بر می‌گردد و فلزات سنگین موجود در صخره‌های طبیعی از طریق فرسایش آب و باد و هوازدگی به درون خاک وارد می‌شوند، منبع دوم آلودگی ناشی از فعالیت‌های انسانی است که شامل نشت ذرات ریز ناشی از صنایع ذوب، زائدات کشاورزی، کودهای شیمیایی، کودهای حیوانی، کمپوست، لجن فاضلاب، یا نشت آلودگی بر روی سطح خاک می‌باشد (۵). در خاکروبه‌های حاشیه خیابانها و خاک سطحی شهر، منابع فلزات سنگین شامل ترافیک (ذرات خروجی اگزوز، ذرات پوششی لاستیک، ذرات ناشی از سطوح خیابانها، ذرات پوششی ترمز)، انتشارات ناشی از فعالیت‌های صنعتی (نشر از خود فرایند صنعتی و گاز دودکش خروجی)، انتشارات خانگی (احتراق سوخت جهت پخت و پز و گرمایش)، ذرات ناشی از فرسایش ساختمانها و سطوح پیاده روها، رسوبات اتمسفری و غیره می‌باشد (۳-۲، ۸-۶). از این رو خاک‌های سطحی و خاکروبه‌های کنار خیابان‌های شهری شاخص‌های خوبی جهت نشان دادن آلودگی فلزات سنگین هستند (۹). به طور کلی اتمسفر می‌تواند مقدار زیادی فلزات سنگین را از طریق ترسیب وارد خاک کند و از طرفی خاک می‌تواند سهم مهمی در افزایش غلظت فلزات در هوا داشته باشد (۱۰).

بنابراین وجود فلزات سنگین در خاک یکی از نگرانی‌های مورد توجه کارشناسانی است که در زمینه کاهش اثرات بهداشتی مرتبط با محیط فعالیت می‌کنند. وجود فلزات سنگین در خاک در مطالعات زیادی به عنوان یک شاخص کیفی محیط شهری گزارش شده است (۱). از این رو سنجش و ارزیابی میزان آلودگی خاک به فلزات سنگین در نواحی شهری و مقایسه با استانداردها و غلظت زمینه‌ای یکی از کارهای اساسی است که می‌توان در این زمینه انجام داد. شهر مورد مطالعه در این تحقیق شهر زاهدان می‌باشد که در فصل تابستان تحت تاثیر سیستم کم فشاری است که باعث وزش بادهای منطقه‌ای معروف به «باد صد و بیست روزه سیستان» می‌شود. چنین بادهایی باعث معلق شدن ذرات سطحی خاک به اتمسفر می‌شود که می‌تواند در درازمدت سلامت ساکنین را تحت تاثیر قرار دهد. در این شهر عواملی نظیر افزایش تعداد وسایط نقلیه موتوری و به دنبال آن افزایش مقدار نشر از اگزوز به محیط، سایش لاستیک، نشت از روغن از موتور، فرسایش یاتاقان و از طرفی تداوم خشکسالی و رشد روز افزون مصرف مواد شیمیایی می‌تواند باعث تجمع و تشدید اثر آلاینده‌ها در مناطق شهری شود (۹). از آنجایی که تاکنون مطالعه‌ای در ارتباط با تعیین آلودگی فلزات سنگین در شهر زاهدان انجام نشده است این مطالعه به منظور سنجش میزان آلودگی فلزات سنگین سرب، کادمیم، نیکل، روی، کروم و مس در خاک مناطق مختلف شهر زاهدان با کاربری‌های متفاوت انجام شد که با توجه به نتایج مطالعه می‌توان میزان آلودگی به فلزات سنگین خاک را محاسبه کرد و سازمان‌های مرتبط با برنامه‌ریزی شهری بهداشت شهری کارشناسان مراکز بهداشتی، شهرداری‌ها، محیط زیست، صنایع و معادن می‌توانند از نتایج چنین مطالعه‌ای استفاده نمایند.

## روش کار

در این مطالعه که یک مطالعه توصیفی-مقطعی بود، با توجه به اینکه بهترین زمان برای ارزیابی آلودگی خاک‌های سطحی شهری در ابتدای فصل پائیز می‌باشد نمونه‌برداری در آبان ماه سال ۱۳۹۲ در مناطق مختلف با کاربری‌های گوناگون در شهر زاهدان انجام شد. برای انجام نمونه‌برداری از محل‌های مختلف تجاری، مسکونی، فضای سبز (پارک)، صنعتی و منطقه پرترافیک از هر نقطه محل ۵ نمونه برداشت شد و پس از مخلوط نمودن آنها یک نمونه مخلوط بدست آمد که در مجموع ۵۰ نمونه مرکب از مناطق مذکور بدست آمد (۱۱-۱۳). برای جمع آوری نمونه‌ها در مناطق مورد مطالعه، با جارو کردن سطح زمین به مساحت ۱ متر مربع، نمونه برداری انجام شد (۲). برای تعیین غلظت زمینه فلزات سنگین، علاوه بر نمونه برداری از مناطق مختلف فوق از حاشیه جنوبی شهر، در بالادست رواناب‌های سطحی، که تحت تاثیر هیچ نوع منبع آلودگی نبوده است و از لحاظ بافت زمین‌شناسی شبیه به خاک منطقه شهری می‌باشد ۳ نمونه به عنوان نمونه مرجع از عمق یک متری از سطح زمین گرفته شد (۱). پس از آسیاب کردن نمونه‌ها تا حصول ذرات ۰/۱۵ میلیمتری، نمونه‌ها بمدت ۲۴ ساعت در دمای  $60^{\circ}\text{C}$  در درون فور قرار داده شدند (۱۴، ۱۵). سپس به منظور استخراج فلزات از نمونه‌ها، یک گرم از هر نمونه خشک شده درون بشر با ۴ میلی لیتر اسید نیتریک (با نسبت وزنی ۱+۱) و ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک (با نسبت وزنی ۱+۴) در درجه حرارت  $95^{\circ}\text{C}$  به مدت دو ساعت حرارت داده شدند. پس از هضم اسیدی با استفاده از دستگاه ICP مدل Spectro Arcos که بر اساس نشر اتمی

عمل سنجش فلزات را انجام می‌دهد غلظت فلزات مورد مطالعه سنجش شد. در دستگاه ICP نمونه شده در دمای ۱۰۰۰۰-۷۰۰۰ کلوین در یک پلاسمای تشکیل شده توسط گاز آرگون برانگیخته می‌شود و سپس شدت طول موجهایی که از این نمونه ساطع می‌شود توسط یک سیستم اپتیک اندازه‌گیری می‌شود (۱۴، ۲). جهت کنترل کیفیت نتایج آزمایشات (دقت و صحت)، غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در هر یک از نمونه‌ها و نمونه‌های استاندارد با دو بار تکرار انجام شد.

## یافته‌ها

نتایج آنالیز نمونه‌ها نشان داد در کلیه مناطق مورد مطالعه این تحقیق شامل پارک شهری، مناطق تجاری، مناطق پرترافیک، مناطق مسکونی و شهرک صنعتی، مقدار غلظت فلزات کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی به ترتیب  $0.1 \pm 0.06$ ،  $0.1 \pm 0.06$ ،  $37/53 \pm 6/96$ ،  $28/37 \pm 6/52$ ،  $51/09 \pm 8/53$ ،  $29/68 \pm 10/25$  و  $25/94 \pm 184/30$  میلی گرم در کیلوگرم خاک بود. چنانچه در جدول ۱ مشاهده می‌شود در تمام مناطق مورد بررسی شهر زاهدان (بجز مناطق مسکونی) غلظت متوسط فلزات کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی از مقدار غلظت زمینه (حاشیه شهر) بیشتر بود. میانگین غلظت فلزات کادمیم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی در کل نمونه‌های آنالیز شده (۵۰ نمونه) بیشتر از مقدار میانگین غلظت فلزات متناظر در حاشیه شهر بوده است ( $p < 0.005$ ). بیشترین میانگین فلز روی در بین مناطق مورد مطالعه مربوط به مناطق تجاری و مناطق پرترافیک با میانگین ۲۴۱/۹۹ و ۲۳۹/۵۴ میلی گرم در کیلوگرم خاک بود.

<sup>1</sup> Inductively Coupled Plasma

جدول ۱. غلظت فلزات سنگین (mg/Kg) در مناطق مختلف با کاربری‌های گوناگون

منطقه	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
پارک	۰/۰۹	۳۲/۴۸	۲۰/۰۷	۵۴/۴۵	۱۰/۷۴	۱۵۱/۰۲
تجاری	۰/۲۲	۴۰/۲۸	۳۹/۵۲	۴۲/۶۱	۶۳/۷۲	۲۴۱/۹۹
پرتراфик	۰/۱۱	۳۵/۴۲	۳۶/۱۱	۵۱/۲۱	۴۴/۰۱	۳۳۹/۵۴
مسکونی	۰/۰۲	۳۲/۱۷	۲۰/۸۳	۴۴/۷۶	۹/۷۷	۱۶۰/۰۸
صنعتی	۰/۰۷	۴۹/۰۶	۳۰/۱۵	۶۱/۸۸	۱۱/۸۸	۱۲۲/۵۷
متوسط	۰/۱۰	۳۷/۵۳	۲۹/۶۸	۵۱/۱۰	۲۸/۳۷	۱۸۴/۳۰
حداقل	۰/۰۱	۲۸/۴۱	۱۸/۴۵	۳۷/۲۲	۸/۰۵	۱۰۷/۶۰
حداکثر	۰/۲۵	۵۷/۳۹	۶۱/۰۳	۷۰/۳۱	۸۶/۵۸	۳۰۴/۲۰
زمینه	۰/۰۵	۳۰/۱۳	۱۵/۲۲	۳۱/۳۸	۶/۸۳	۸۶/۲۶
p-value	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005

مس، سرب و روی در شهر زاهدان نسبت به سایر شهرهای دیگر کمتر است در صورتی که میانگین غلظت فلزات کروم و نیکل در شهر زاهدان نسبت به بعضی از شهرهای دیگر دنیا بیشتر است.

جدول ۲ مقایسه میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده در این مطالعه را با غلظت فلزات سایر شهرهای دیگر جهان ارائه می‌کند. چنانچه مشاهده می‌شود میانگین غلظت فلزات کادمیوم،

جدول ۲. میانگین غلظت فلزات اندازه‌گیری شده فلزات در شهر زاهدان و مقایسه آن با سایر شهرهای دیگر جهان

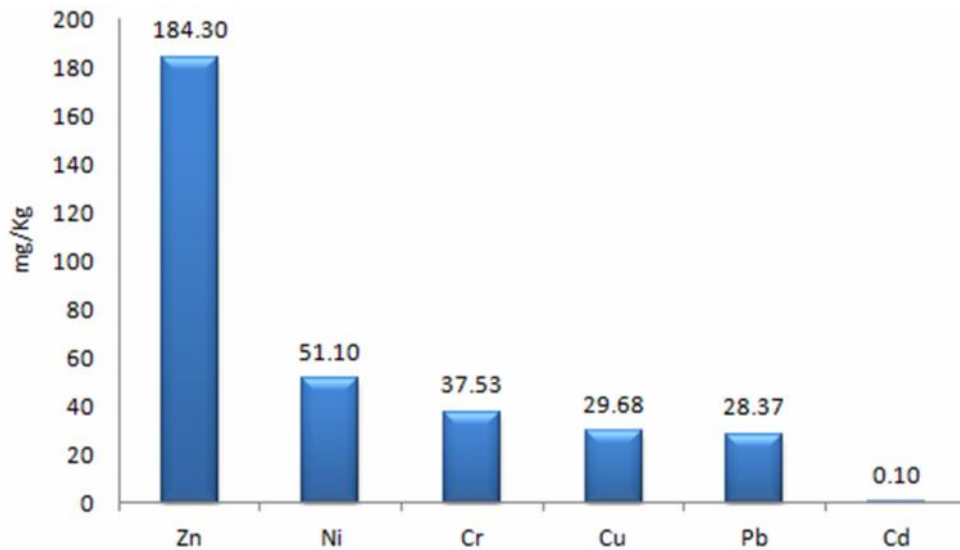
فلز	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
شهر زاهدان	۰/۱۰	۳۷/۳۵	۲۹/۶۸	۵۱/۱۰	۲۸/۳۷	۱۸۴/۳۰
حاشیه شهر زاهدان	۰/۰۵	۳۰/۱۳	۱۵/۲۲	۳۱/۳۸	۶/۸۳	۸۶/۲۶
اولانباتار <sup>a</sup>	۰/۸	۲۰/۳	۳۵/۹	۱۸/۷	۶۳/۹	۱۵۸/۷
هامبورگ <sup>b</sup>	۰/۲	۹۵/۴	۱۴۶/۶	۶۲/۵	۲۱۸/۲	۵۱۶/۰
بانکوک <sup>c</sup>	۰/۲۹	۲۶/۴	۴۱/۷	۲۴/۸	۴۷/۸	۱۱۸/۰
میکزیکو سیتی <sup>d</sup>	-	۱۱۷	۱۰۰/۸	۳۹/۸	۱۴۰/۵	۳۰۶/۷
شین یانگ <sup>e</sup>	۰/۴۲	-	۵۱/۲۶	-	۷۵/۲۹	۱۳۷/۹۹

a[۱۵], b[۱۵], c[۱۶], d[۱], e[۱۷]

ترتیب بوده است: روی < نیکل < کروم < مس < سرب < کادمیوم. مقایسه میانگین غلظت فلزات سنگین نشان می‌دهد فلز کادمیم دارای میانگین غلظت کمتر و فلز روی دارای میانگین غلظت بیشتری نسبت به سایر فلزات مورد بررسی در این مطالعه است.

### بحث

نتایج مربوط به مقادیر میانگین غلظت هر یک از فلزات سنگین موجود در کلیه مناطق مورد مطالعه با کاربری‌های گوناگون در نمودار ۱ نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار نشان داده شده است، میانگین غلظت فلزات در این مطالعه بدین



نمودار ۱. مقدار غلظت میانگین هر یک از فلزات سنگین در خاک سطحی شهر زاهدان

می‌تواند برای موجودات خطرناک باشد (۱۹). مطالعات مختلف نشان داده اند که فلز روی می‌تواند از طریق فرسایش ترمز وسایل نقلیه، فرسایش تایر اتومبیل‌ها، نشت روغن روانکاری از خودروها و واش‌های سرسیلندر موتور وسایل نقلیه وارد خاک شود (۱۸، ۱۵). از طرفی سطوح خیابان‌های شهر، درشتی آسفالت و سطوح فرسوده خیابان‌ها در شهر زاهدان می‌تواند بر کیفیت و غلظت فلزات سنگین تاثیر گذارد، چرا که مطالعات متعددی نشان داده است که کیفیت پائین سطوح خیابان‌ها باعث سایش بیشتر لاستیک خودروها می‌شود. علاوه بر این مصرف بیشتر سوخت در خیابان‌هایی با اصطکاک بیشتر منجر به مصرف سوخت بیشتر و در نتیجه تولید آلودگی بیشتری می‌شود. منبع مهم دیگر آلودگی به فلز روی می‌تواند انواع کودهای شیمیایی، مواد تجزیه شده و آفت کش‌ها باشد. روی همچنین عنصری است که در ساخت رنگ‌ها، قارچ‌کش‌ها، باتری‌ها و تعدادی از آلیاژها مانند برنج و برنز استفاده می‌شود (۱۹). مطالعه لو<sup>۲</sup> و همکاران در کشور چین نشان داد که مناطق تجاری و پرتراфик دلیل ترافیک بالا از غلظت سرب بالایی برخوردار

همانطور که در جدول ۱ ارائه شده است، در این مطالعه، میانگین غلظت فلزات کادمیوم، کروم، مس، نیکل، سرب و روی در کل نمونه‌های آنالیز شده (۵۰ نمونه) بیشتر از مقدار میانگین غلظت فلزات متناظر در حاشیه شهر بوده است ( $p < 0.05$ ) که این نتیجه گویای این است که خاک شهر زاهدان تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی قرار گرفته است که سبب افزایش غلظت فلزات نسبت به حاشیه شهر شده است، چنین نتیجه ای در شهر زاهدان مشابه مطالعه چن<sup>۱</sup> و همکاران در شهر پکن بوده است (۱۸).

همانطور که در جدول ۱ نشان داده شده است بیشترین میانگین غلظت در بین فلزات مورد مطالعه در مناطق گوناگون مربوط به فلز روی می‌باشد که غلظت آن در همه مناطق مورد بررسی بیشتر از سایر فلزات مورد مطالعه است، میانگین فلز روی در کل مناطق مورد بررسی با کاربری‌های گوناگون دارای میانگین غلظت  $184/30 \pm 25/94$  میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد که نسبت به سایر فلزات دیگر دارای میانگین غلظت بیشتری است. اگر چه فلز روی به گروهی از فلزات تعلق دارد که برای رشد انسان و حیوانات ضروری است اما در غلظت‌های بالا

<sup>2</sup> Lu

<sup>1</sup> Chen

هستند، بنابراین بالابودن میانگین غلظت سرب و روی در واحدهای تجاری و پرتراфик شهر زاهدان نسبت به سایر مناطق دیگر می‌توان نتیجه گرفت که مهمترین منبع ورود سرب به درون خاک در این شهر تراфик شهری است چرا که در مناطق تجاری زاهدان به دلیل کم بودن عرض خیابان‌ها، مناطق تجاری از تراфик بالایی در طول مدت روز و بخصوص در ساعات اوج تراфик برخوردار است (۱۱). همچنین مقایسه غلظت‌های روی و سرب در شهر جده (۲۰)، سیویلا (اسپانیا) و تورینو (ایتالیا) (۲۰) نشان داده‌اند که همبستگی زیادی بین فلزات به خصوص فلزات روی و سرب وجود دارد (۲۰). در مطالعه‌ای که توسط کادی<sup>۱</sup> در شهر جده عربستان انجام شده است اثر تراфик بر افزایش غلظت فلزات روی و سرب را نشان می‌دهد (۲۰). مطالعه‌ای در شهر اولانباتار<sup>۲</sup> نشان داده است که آلودگی فلز سرب در محیط شهری مربوط به مصرف بنزین حاوی سرب در وسایل نقلیه می‌باشد و از طرفی تعداد زیاد خودروهای فرسوده می‌تواند افزایش نشر سرب به محیط را سبب شود (۱۵). همچنین ته‌نشست‌های اتمسفری می‌توانند غلظت سرب و روی را در خاک افزایش دهد (۱۰). مصرف رنگ‌های حاوی مس و سرب ممکن است سبب افزایش غلظت چنین فلزاتی در خاک شود (۱۰). طبق مطالعاتی که در شهر پکن انجام شده است منشأ فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در محیط شهری می‌تواند ناشی از فعالیت‌های حمل و نقل و تراфик شهری باشد به طوری که فلز سرب به طور معنی‌داری با میزان تراфик ارتباط مستقیم دارد، بنابراین مقایسه میانگین غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی با میانگین غلظت فلزات سایر شهرهای دنیا نشان می‌دهد که شهر زاهدان نسبتاً از آلودگی ترافیکی کمتری برخوردار است (۱۸).

در این مطالعه بر خلاف نتایج مطالعات چن، سان<sup>۳</sup> و وانگ<sup>۴</sup> که نشان دادند غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در نمونه‌های خاک منطقه صنعتی بیشتر از غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در نمونه‌های سایر خاک با کاربری‌های دیگر است در شهر زاهدان چنین نتیجه‌ای حاصل نشد و غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در منطقه صنعتی در مقایسه با بعضی از مناطق با کاربری‌های دیگر پائین‌تر بود که این امر می‌تواند به دلیل سابقه فعالیت کم شهرک صنعتی شهر زاهدان، تعداد کم صنایع در شهرک صنعتی، فعالیت کم صنایع موجود و همچنین وزش باد در منطقه دانست که باعث پخش آلودگی می‌شود (۱۸، ۱۷). در مطالعه‌ای که در هنگ کنگ بر روی خاک پارک‌های شهری در مناطق گوناگون تجاری، مسکونی و صنعتی انجام شد، نشان داده شد که غلظت فلزات سنگین در پارک‌های مناطق تجاری بالاتر بوده و در پارک‌های مناطق صنعتی از آلودگی کمتری برخوردار بوده است (۹). چنانچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود فلز کادمیم دارای میانگین ۰/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک در کل نمونه‌های اندازه‌گیری شده می‌باشد، در صورتی که میانگین غلظت کادمیم در خاک شمال لپستان و شمال غرب ترکیه به ترتیب ۰/۸ و ۰/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم است که به طور چشمگیری از مقدار متوسط کادمیم (۰/۱) در شهر زاهدان بالاتر است (۲۱). کادمیم فلزی نسبتاً متحرک است و مقدار آن در محیط نسبتاً کم است و می‌تواند منشأ مصنوعی و طبیعی داشته باشد (۱۹). منابع محتمل کادمیم می‌تواند منابع غیرنقطه‌ای مانند مصرف انواع کودهای فسفاته و یا منابع نقطه‌ای مانند فعالیت‌های فلزی و رنگی باشد. احتراق سوخت و فیوم‌های ناشی از لحیم‌کاری نیز می‌تواند منبع ورود کادمیم باشند (۱۹). افزایش غلظت کادمیم در سطح خاک می‌تواند

<sup>3</sup> Sun<sup>4</sup> Wong<sup>1</sup> Kadi<sup>2</sup> Ulaanbaatar

جرم‌سازی و لجن‌های فاضلاب‌های شهری باشد (۲۱). از طرفی مطالعات فراوانی نشان داده اند که منابع نیکل در خاک می‌تواند ناشی از آلودگی لجن فاضلاب شهری، فاضلاب حاصل از تصفیه‌خانه‌ها و آب‌های زیرزمینی نزدیک محل‌های دفن باشد. صنایعی نظیر صنایع سرامیک، صنایع فولاد و آلیاژ، صنایع آبکاری از منابع دیگر آلوده‌کننده محیط به نیکل هستند (۱۹). منابع انسانی دیگری مانند احتراق سوخت و سوزاندن زباله از منابع ورود نیکل به محیط هستند (۱۹). از آنجایی که در شهر زاهدان منابع ورود چنین فلزاتی به محیط شهری وجود ندارد می‌توان گفت که چنین فلزاتی دارای منشأ طبیعی هستند.

### نتیجه گیری

این مطالعه نشان داد که کاربری زمین تاثیر به سزائی در افزایش غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی شهر زاهدان دارد. میانگین غلظت فلزات کادمیوم، مس، سرب و روی در کل نمونه‌های آنالیز شده بیشتر از مقدار میانگین غلظت فلزات متناظر در حاشیه شهر بوده است که این نتیجه موید تاثیر فعالیت‌های انسانی بر کیفیت خاک سطحی شهر زاهدان است که سبب افزایش غلظت فلزات نسبت به حاشیه شهر شده است. بیشترین غلظت فلزات در مناطق تجاری و مناطق پرتراфик بدست آمده است که تردد وسایل نقلیه بالاتری در مناطق فوق وجود دارد. با توجه به وزش بادهای «صد و بیست روزه سیستان» و معلق نمودن ذرات خاک موجود در سطح شهر نیاز به بررسی پتانسیل خطر اکولوژیکی و خطر بهداشتی در شهر است.

ناشی از صنایع ذوب فلزی، پساب فاضلاب‌ها و مصرف کودهای فسفره باشد (۲۱). لذا در شهر زاهدان به دلیل عدم وجود چنین صنایعی، عدم استفاده از پساب فاضلاب در سطح شهر و عدم استفاده از کودهای حاوی کادمیم به دلیل پائین بودن سرانه فضای سبز در شهر انتظار می‌رود که میانگین غلظت کادمیم در کل نمونه‌ها کم باشد. چنانچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود فلزات کروم و نیکل در شهر زاهدان در مقایسه با سایر شهرهای دیگر جهان از میانگین غلظت بالاتری برخوردار است که این مقدار می‌تواند به دلیل غلظت بالای عناصر فوق در ساختار اولیه طبیعی خاک (حاشیه شهر) باشد چراکه مطالعات زیادی نشان داده‌اند غلظت‌های بالای نیکل در محیط‌های شهری می‌تواند مربوط به ساختار ژئوشیمیایی منطقه مورد بررسی باشد (۱۸، ۱۹). از طرفی مطالعه‌ای در کشور عربستان نشان داد که شرایط ترافیکی اثر چندانی بر غلظت عناصر پتاسیم، آرسنیک، کبالت، کروم، نیکل، Sb و وانادیوم ندارد (۲۰). همچنین مطالعه ای که در پارک‌های کشور چین انجام شد نشان داد که فلز نیکل در مقایسه با مقادیر زمینه تفاوت فاحشی نداشته است و نشان داد که غلظت بالای آن می‌تواند ناشی از غلظت بالای فلز مذکور در طبیعت باشد (۱۰). اما مصرف رنگ‌های پایه کروم، اضافه کردن ترکیبات آلی- فلزی به روان‌کننده‌ها و روغن‌ها ممکن است منابع آلودگی کروم در محیط شهری باشند (۱۹). کروم همچنین می‌تواند ناشی از آلودگی منابع مختلف از جمله زائدات صنعتی مانند زائدات صنایع دباغی و رنگ‌های حاوی کروم، لجن‌های صنایع آب فلزکاری، زائدات کارخانجات

### References

- 1-Morton-Bermea O, Hernández-Álvarez E, González-Hernández G, Romero F, Lozano R, Beramendi-Orosco L. Assessment of heavy metal pollution in urban topsoils from the metropolitan area of Mexico City. *Journal of Geochemical Exploration*. 2009; 101(3): 218-224.
- 2-Wei B, Yang L. A review of heavy metal contaminations in urban soils, urban road dusts and agricultural soils from China. *Microchemical Journal*. 2010; 94(2): 99-107.



- 3-Ahmed F, Ishiga H. Trace metal concentrations in street dusts of Dhaka city, Bangladesh. *Atmospheric Environment*. 2006; 40(21): 3835-3844.
- 4-Adeniyi A, Afolabi J. Determination of total petroleum hydrocarbons and heavy metals in soils within the vicinity of facilities handling refined petroleum products in Lagos metropolis. *Environment international*. 2002; 28(1-2): 79-82.
- 5-Døelsch E, Van de Kerchove V, Saint Macary H. Heavy metal content in soils of Réunion (Indian Ocean). *Geoderma*. 2006; 134(1-2): 119-134.
- 6-Sezgin N, Ozcan HK, Demir G, Nemlioglu S, Bayat C. Determination of heavy metal concentrations in street dusts in Istanbul E-5 highway. *Environment international*. 2004; 29(7): 979-985.
- 7-Amato F, Pandolfi M, Viana M, Querol X, Alastuey A, Moreno T. Spatial and chemical patterns of PM10 in road dust deposited in urban environment. *Atmospheric Environment*. 2009; 43(9): 1650-1659.
- 8-Ferreira-Baptista L, De Miguel E. Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: A tropical urban environment. *Atmospheric Environment*. 2005; 39(25): 4501-4512.
- 9-Li X, Poon C, Liu PS. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied Geochemistry*. 2001; 16(11-12): 1361-1368.
- 10-Chen T-B, Zheng Y-M, Lei M, Huang Z-C, Wu H-T, Chen H, Fan K-K, Yu K, Wu X, Tian Q-Z. Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*. 2005; 60(4): 542-551.
- 11-Lu Y, Gong Z, Zhang G, Burghardt W. Concentrations and chemical speciations of Cu, Zn, Pb and Cr of urban soils in Nanjing, China. *Geoderma*. 2003; 115(1): 101-111.
- 12-Xia X, Chen X, Liu R, Liu H. Heavy metals in urban soils with various types of land use in Beijing, China. *Journal of Hazardous Materials*. 2010.
- 13-EPA. Composite soil sampling in site contamination assessment and management Issued March 2005. United States Environment Protection Agency.
- 14-Zhang X, Lin F, Wong MTF, Feng X, Wang K. Identification of soil heavy metal sources from anthropogenic activities and pollution assessment of Fuyang County, China. *Environmental monitoring and assessment*. 2009; 154(1): 439-449.
- 15-Batjargal T, Otgonjargal E, Baek K, Yang JS. Assessment of metals contamination of soils in Ulaanbaatar, Mongolia. *Journal of Hazardous Materials*. 2010; 184(1-3): 872-876.
- 16-Wilcke W, Müller S, Kanchanakool N, Zech W. Urban soil contamination in Bangkok: heavy metal and aluminium partitioning in topsoils. *Geoderma*. 1998; 86(3): 211-228.
- 17-Sun Y, Zhou Q, Xie X, Liu R. Spatial, sources and risk assessment of heavy metal contamination of urban soils in typical regions of Shenyang, China. *Journal of Hazardous Materials*. 2010; 174(1): 455-462.
- 18-Chen X, Xia X, Zhao Y, Zhang P. Heavy metal concentrations in roadside soils and correlation with urban traffic in Beijing, China. *Journal of Hazardous Materials*. 2010; 181(1-3): 640-646.
- 19-Sayadi M, Sayyed MRG. Comparative assessment of baseline concentration of the heavy metals in the soils of Tehran (Iran) with the comparable reference data. *Environmental Earth Sciences*, 2011; 63(6): 1179-1188.
- 20-Kadi MW. "Soil Pollution Hazardous to Environment": A case study on the chemical composition and correlation to automobile traffic of the roadside soil of Jeddah city, Saudi Arabia. *Journal of Hazardous Materials*. 2009; 168(2-3): 1280-1283.
- 21-Yaylal A. Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey. *Microchemical Journal*, 2011; 99(1): 82-92.