مجله دانشکده بهداشت و انستیتو تحقیقات بهداشتی
پاییز ۱۳۹۹، دوره ۱۸، شماره سوم صفحه ۳۰۶-۲۸۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

مریم سامانی: دانشجوی دوره دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران- نویسنده رابط : Maryam.samani@znu.ac.ir
احمد گلچین: استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
حسینعلی علیخانی: استاد، گروه علوم خاک، دانشکده علوم و مهندسی خاک، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران، ایران
احمد بایبوردی: استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات کشاورزی، استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۹/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: فلزات سنگین موجود در گرد و غبارهای اتمسفری قادرند از طریق بلع، تنفس و تماس پوستی وارد بدن انسان شده و موجب بیماری‌های گوناگون شوند. تحقیق حاضر با هدف تعیین غلظت فلز سرب در گرد و غبارهای اتمسفری و ارزیابی ریسک سلامت آن، طی زمستان ۱۳۹۷ تا پاییز ۱۳۹۸در مناطق ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ شهرداری تهران انجام شد.

روش‌کار: دو نقطه در غرب و شرق منطقه ۹ و یک نقطه در شرق مناطق ۱۱،۱۰ و ۱۲ (نقاط غرب مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ هم مرز با شرق منطقه مجاور بود) تعیین و گرد و غبارهای اتمسفری بصورت ماهانه در طی یک سال جمع‌آوری شدند. یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل مکان نمونه‌برداری و زمان (فصل‌های) نمونه‌برداری بود. غلظت سرب بعد از عصاره-گیری با اسیدکلریدریک و اسید نیتریک غلیظ (با نسبت ۳:۱) تعیین شد.

نتایج: نتایج نشان داد کمترین غلظت فلز سرب در فصل زمستان و در نقطه 9W (تهرانسر) برابر ۱۷۷/۱ و بیشترین غلظت سرب در فصل پاییز و در نقطه 11E (خیابان وحدت اسلامی) ۹۸۷/٤٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد بلعیدن گرد و غبارهای اتمسفری اصلی‌ترین راه قرار گرفتن در معرض سرب بود و بیش از ۹۰٪ از شاخص‌خطر بیماری‌های غیرسرطانی فلزات سرب، مربوط به HQ (معادله خطر) بلع بود.

نتیجه گیری: در فصل زمستان مقدار HQ و HI (شاخص تجمعی خطر بیماری‌های غیرسرطانی) برای سرب و برای افراد بالغ و کودکان کمتر از حد مجاز بود و خطری سلامت افراد را تهدید نمی‌کرد اما در بهار، تابستان و پاییز مقدار شاخص خطر سرب برای کودکان بالاتر از حد مجاز بود و ریسک ابتلا به بیماری‌های غیرسرطانی در کودکان در تمام مناطق نمونه برداری بالا بود.

واژگان کلیدی: گرد و غبار اتمسفری، سرب، خطر سلامت، تهران

مقدمه

توسعه شهرنشینی و صنعت علاوه بر بهبود و افزایش سطح رفاه زندگی بشری، مشکلات متعددی نیز برای انسان در سطح جهانی و منطقه‌ای بوجود آورده است. آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین معضلات در اثر پیشرفت شهرنشینی، رشد و توسعه صنایع و حمل و نقل است. کیفیت پایین هوا در اثر آلودگی، خطر بزرگی برای محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها است و می‌تواند منجر به بیماری‌های تنفسی، قلبی-عروقی، و سرطان ریه شود. آلودگی هوا همچنین باعث کاهش طول عمر، افزایش هزینه‌های پزشکی و کاهش بهره‌وری اقتصادی می‌گردد (۱). عوامل متعددی در آلودگی هوا نقش دارند که ذرات معلق

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

یکی از مهم‌ترین آن‌هاست و اثرات سلامت آن به عوامل مختلف از قبیل اندازه، غلظت، ترکیب شیمیایی و سمیت آن‌ها بستگی دارد (۳،۲). ذرات گردوغبار به‌عنوان یکی از مضرترین اجزای محیط زیست شناخته شده‌اند (۵،٤). این ذرات توانایی جذب فلزات سنگین و آلاینده‌های دیگر نظیر آفت‌کش‌ها را دارند(٦). گردوغبار اتمسفری، اصطلاحی است که برای توصیف ذرات اتمسفری به‌کار برده می‌شود که در اثر گرانش به سطح زمین رسوب می‌کنند و نقش مهمی در انتقال آلاینده ها در محیط ایفا می‌کنند (۷). فعالیت‌های انسانی که در تشکیل گردوغبارهای اتمسفری نقش دارند شامل؛ استفاده از سوخت های فسیلی، ترافیک و وسایل نقلیه‌موتوری، نیروگاه‌ها، فعالیت‌های معدن‌کاوی، سوزاندن زباله‌ها و فعالیت‌های صنعتی می‌باشد (۹،۸). سوخت‌های فسیلی که در فعالیت‌های شهری و صنعتی به مقدار زیاد مصرف می‌گردند، حاوی فلزات سنگین مختلف از قبیل سرب، روی، جیوه و آرسنیک می‌باشند (۱۰). آلودگی‌های ترافیکی حاوی عناصر سمی نظیر کادمیوم، سرب و روی هستند که دارای خطر جدی برای سلامت انسان و محیط‌زیست هستند (۱۱). این ذرات عمدتا از طریق سیستم تنفسی، به‌راحتی وارد بدن انسان می‌شوند و اثرات منفی بر سلامت انسان می‌گذارند (۱۲). فلزات سنگین از قبیل آرسنیک، آهن، روی، سرب، کادمیوم، کروم، مس، منگنز و نیکل در هوا، از سه طریق تنفس، بلعیدن و تماس پوستی وارد سیستم بدن انسان می‌شوند و منجر به بروز مشکلاتی از قبیل بیماری‌های کلیوی، اختلال در سیستم اعصاب، اختلال در عملکرد غدد درون‌ریز، اختلال در سیستم دفع ادرار و مشکلات رشد کودکان می‌شوند (۱۳). ارزیابی خطر سلامت به‌عنوان ابزاری برای سنجش و ارزیابی پیامدهای سلامتی (پیامدهای سرطانی و غیر سرطانی) حاصل از تماس با عوامل خطر (آلایندهای شیمیایی، فلزات سنگین و غیره) و همچنین به عنوان اساسی برای توسعه استراتژی‌های مدیریت ریسک می‌باشد. تهران پایتخت ایران با مشکلات جدی در کیفیت هوا روبرو است. به طور کلی، ۲۰٪ از کل انرژی کشور در تهران مصرف می‌شود. آلاینده‌هایی مانند PM_{10} (ذرات با قطر آئرودینامیکی بیشتر از ۱۰ میکرون) و فلزات‌سنگین عمده‌ترین آلاینده‌های هوا در تهران هستند که حدود ۸۵-۸۰٪ از آن‌ها توسط منابع آلودگی سیار تولید می‌شود (۱٤). به دلیل تراکم جمعیت، اقتصاد توسعه یافته‌تر و حوادث مکرر آلودگی هوا، تهران به‌عنوان یکی از آلوده‌ترین شهرها شناخته می‌شود. یک تحلیل کوتاه از توپوگرافی تهران نشان می-دهد که شمال و شرق تهران با کوه مسدود شده‌اند که متأسفانه به‌عنوان موانعی در برابر انتقال آلاینده‌ها عمل می‌کنند. علاوه بر این، از آنجا که منطقه صاف و باز است، آلاینده‌های حومه شهر با کمک وزش باد از غرب وارد شهر می‌شوند (۱۵). تراکم مراکز صنعتی در غرب و جنوب غربی بسیار زیاد است، به‌طوری‌که حدود ۲۸٪ از کل صنعت تهران و ۷٪ صنعت کشور مانند نیروگاه‌های حرارتی، پالایشگاه‌های تهران، کارخانه‌ها و کارگاه-های محصولات ساختمانی از جمله سیمان و سرامیک، در آن واقع شده است. تاکنون تحقیقی به منظور ارزیابی مقدار گردوغبارهای فرونشست کرده، و ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین موجود در این گردوغبارها در طی مدت زمان یک سال و مقایسه فصلی این مقادیر در شهر تهران صورت نگرفته است. از این‌رو بررسی میزان آلاینده‌هایی همچون گردوغبارهای اتمسفری و فلزات سنگین مانند سرب در هوای تهران و ارزیابی ریسک سلامت این فلزات در مناطق مسکونی و مناطق پرترافیک مانند مرکز شهر ضروری به‌نظر می‌رسد. این تحقیق با هدف بررسی مقدار و غلظت فلز سرب و همچنین مقایسه ریسک سلامت گرد و غبارهای اتمسفری در فصل های مختلف در چند منطقه در غرب و مرکز تهران انجام شد.

روش کار

منطقه مورد مطالعه: تهران در قسمت شمالی ایران و عرض جغرافیایی ٣٤° و ٣٦° شمالی و طول جغرافیایی ۵۰° و ۵۳° شرقی واقع شده است. آب و هوا معمولاً نیمه‌خشک است. به منظور ارزیابی ریسک سلامت فلزات سنگین در گرد و غبارهای

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

اتمسفری، چهار منطقه ۹، ۱۰،۱۱ و ۱۲ در تهران واقع در غرب و مرکز شهر انتخاب شد. نقاط نمونه برداری شامل دو نقطه در غرب و شرق منطقه ۹ و یک نقطه در قسمت شرقی هر کدام از مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ بود. غرب منطقه ۱۰ دقیقا نقطه شرقی منطقه ۹، غرب منطقه ۱۱ همان نقطه شرقی منطقه ۱۰ و غرب منطقه ۱۲ همان نقطه شرقی منطقه ۱۱ بود. لذا در مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ به علت هم مرز بودن با منطقه‌مجاور، فقط نتایج قسمت شرقی آن‌ها بیان شد. حرف W مخفف (West) و حرف E مخفف (East) می‌باشد. نمونه‌برداری در طی فصل‌های زمستان ۱۳۹۷ و بهار، تابستان و پاییز ۱۳۹۸ انجام شد. منطقه ۹ یکی از مناطق شهری تهران است که در غرب شهر تهران قرار دارد. فرودگاه مهرآباد در این منطقه قرار دارد از شمال به خیابان آزادی از جنوب به بزرگراه فتح از غرب به مسیل کن و تهرانسر منتهی می‌شود. منطقه ۱۰ در مرکز شهر تهران قرار دارد و از پر جمعیت‌ترین مناطق تهران می‌باشد، از شمال به خیابان آزادی از جنوب به خیابان قزوین از شرق به اتوبان نواب و از غرب به خیابان شهیدان منتهی می‌شود. منطقه ۱۱ شهرداری تهران از شمال به خیابان انقلاب، از شرق به خیابان‌های وحدت اسلامی و حافظ، از جنوب به میدان راه‌آهن و خیابان شوش و از غرب به خیابان شهید نواب صفوی محدود می‌شود. منطقه ۱۲ یکی از مناطق قدیمی شهر تهران محسوب می‌شود که در مرکز این شهر واقع گردیده-است. منطقه ۱۲ از سمت شمال به خیابان انقلاب‌اسلامی از سمت جنوب به خیابان شوش از سمت شرق به خیابان ۱۷ شهریور و از سمت غرب به خیابان‌های حافظ و وحدت اسلامی محدود می‌باشد. انتخاب نقاط نمونه برداری بر اساس میزان شلوغی و ترافیک مناطق و با توجه به جریان باد غالب در تهران که در اغلب موارد از سمت غرب به شرق می‌باشد، در یک خط از غرب منطقه ۹ تا شرق منطقه ۱۲در مرکز شهر انجام شد. وضعیت ترافیکی و موقعیت جغرافیایی نقاط در جدول ۱ آمده است.

روش نمونه برداری: به‌منظور جمع‌آوری نمونه‌های گرد و غبار اتمسفری در هر نقطه، ۳ تله گرد و غبار(۳ تکرار) قرار داده شد. تله‌های گرد و غبار ظروف با قطر دهانه ۳۷ سانتی‌متر و عمق ۱۵ سانتی‌متر بودند و روی آن یک توری با مش ۲ در۲ میلی‌متر برای جلوگیری از ورود فضولات پرندگان و مواد ناخواسته کشیده شد. نمونه‌های گرد و غبار به صورت ماهانه و در طول یکسال (چهار فصل) از محل‌های نمونه‌برداری جمع‌آوری شدند. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری و انتقال به آزمایشگاه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد آون به مدت ۲٤ ساعت قرار داده شده، سپس نمونه‌ها از الک میلی‌متری عبور داده شدند. ۰/۵ گرم نمونه گرد و غبار توزین و در ارلن ۲۵۰ میلی‌لیتر ریخته شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک غلیظ و اسیدنیتریک (با نسبت ۳:۱) به نمونه‌ها اضافه گردید (١٦). درب ارلن توسط ورقه آلومینیومی پوشانده شد و به مدت ٢٤ ساعت در دمای اطاق قرار گرفت. سپس ورقه آلومینیومی برداشته شد و درب ارلن با شیشه ساعت پوشانده شد و در دمای ۸۰ درجه به مدت دو ساعت حرارت داده شد. پس از سرد شدن نمونه‌ها و عبور از کاغذ صافی واتمن ٤٢ در بالن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و در نهایت با آب مقطر به حجم رسانده شد (١٧،١٦). غلظت کل فلز سرب توسط دستگاه ICP-MS قرائت شد. به‌منظور محاسبه مقدار گرد و غبارهای فرونشست کرده و مقدار فلزات در هر فصل، مقادیر به دست آمده در ماه‌های یک فصل (۳ماه) با یکدیگر جمع شده و درنهایت مقدار گرد و غبار و مقدار فلز در فصل به دست آمد.

ارزیابی خطر سلامت: ارزیابی خطرات فلزات سنگین، فرآیندی چند مرحله‌ای است که در دو بخش ارزیابی خطرات سرطان‌زا و غیرسرطان‌زا و بر اساس روش ارزیابی خطر بهداشتی ارائه شده توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA) انجام شد (۱۸). در بررسی هر دو نوع خطرات سرطان‌زا و غیر-سرطان‌زا، قرارگیری انسان در معرض فلزات از هر سه مسیر بلع، تنفس و جذب‌پوستی مد نظر قرار گرفت و مقادیر جذب

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

روزانه فلزات ADD (Average Daily Dose) در هر یک از مسیرها (معادلات ۱-۳) محاسبه گردید.

(۱)

$$\mathrm{ADD_{Ing}} = \frac{C \times IngR \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

(۲)

$$\mathrm{ADD_{Inh}} = \frac{C \times InhR \times EF \times ED}{BW \times AT \times PEF}$$

(۳)

$$\mathrm{ADD_{dermal}} = \frac{C \times SA \times SL \times ABS \times EF \times ED \times CF}{BW \times AT}$$

که در آن ADD_{Ing}، ADD_{Inh}، ADD_{dermal} به ترتیب مقدار میانگین جذب روزانه فلزات از طریق بلع، تنفس و تماس پوستی ($\mathrm{mg.Kg^{-1}day^{-1}}$) می باشد.

مقدار پارامترهای موجود در فرمول‌ها، توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا محاسبه و عرضه شده‌است. به‌عنوان نمونه در فرمول (۱)، که میزان جذب روزانه فلزات از مسیر بلع می باشد، مقدار $\mathrm{IR_{ing}}$ یا نرخ بلعیدن برای بزرگسالان ۱۰۰ و برای کودکان ۲۰۰ (میلی‌گرم در روز)، EF یا توالی قرار گرفتن در معرض گردوغبار برای هر دو گروه کودک و بزرگسال ۳۵۰ (روز در سال)، ED یا مدت زمان قرارگیری در معرض فلزات سنگین در گردوغبار برای بزرگسالان ۲۴ سال و برای کودکان ۶ سال، BW یا وزن بدن برای بزرگسالان ۵۵/۹ و برای کودکان ۱۵ کیلوگرم و AT یا مدت زمان قرارگیری در معرض هر مقدار فلز به طور میانگین، برای بزرگسالان (۲۴×۳۶۵) و برای کودکان (۶× ۳۶۵) روز محاسبه و درنظر گرفته شده‌است. با درنظر گرفتن مقادیر محاسبه شده هر یک از پارامترهای موجود در فرمول‌ها که توسط سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (۱۸) انجام شده است، برای محاسبه میزان جذب روزانه فلزات از هر سه مسیر بلع، تنفس و جذب پوستی کافی است غلظت فلز مورد نظر در گردوغبارهای اتمسفری را در فرمول جاگذاری کرده و میزان جذب را محاسبه نمود. پارامترهای موجود در محاسبه مقدار جذب روزانه فلزات از مسیرهای مختلف شامل:

C: غلظت فلزات در گرد و غبار (mg/Kg)، $\mathrm{IR_{ing}}$: نرخ بلع (mg/day)، $\mathrm{IR_{inh}}$: نرخ تنفس ($m^3 day^{-1}$)، SA: ناحیه‌ای از سطح‌پوست قرارگرفته در معرض فلزات (cm^2)، PEF : فاکتور انتشار فلزات در گردوغبار ($m^3 Kg^{-1}$)، EF: توالی قرارگرفتن در معرض گرد و غبار(day.$year^{-1}$)، ED: مدت‌زمان قرارگیری در معرض فلزات سنگین در گرد و غبار(year)، CF: فاکتور تبدیل ($\mathrm{Kg}.m^{-1}$)، BW: وزن بدن(Kg)، AT: مدت زمان قرارگیری در معرض هر مقدار از فلزات به‌طور میانگین(day)، SL: فاکتور چسبندگی گردوغبار به پوست ($\mathrm{mg.cm^2}.day^{-1}$) و ABS: فاکتور جذب سطحی پوست (بدون واحد) می‌باشند. جزئیات هر پارامتر و مقادیر به‌کار گرفته‌شده آن‌ها در معادلات ارزیابی خطر(۱۹-۲۱) در جدول ۲ آمده است.

پس از محاسبه مقدار جذب روزانه فلزات برای هریک از مسیرها، خطر غیرسرطان‌زایی (HI) کل مسیرها برای کودکان و بزرگسالان از تقسیم مجموع میزان ADD هر مسیر به مقدار مرجع سمیت آن فلز تعیین می گردد.

$$\mathrm{HQ_{(Hazard\ Quotient)}} = \sum \frac{ADDi}{RfDi} \qquad (٤)$$

که HQ: خطر غیرسرطان‌زایی فلزات در هر مسیر

ADDi: مقدار جذب روزانه فلزات از هریک از مسیرهای قرار-گیری در معرض فلزات (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز).

RfDi: مقدار مرجع سمیت هر فلز از هر مسیر (میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز) (جدول ۲)

اگر $HQ \leq 1$ باشد با سلامت انسان ناسازگار نیست و اگر بزرگتر از یک باشد دارای اثرات نامطلوب بر سلامت انسان است (۲۲).

مقدار شاخص خطر تجمعی غیرسرطان‌زایی (HI) کل فلزات برای هر دو گروه بزرگسال و کودک طبق معادله ۵ به‌دست می‌آید.

$$\mathrm{HI_{(Hazard\ Index)}} = \sum \mathrm{HQ} \qquad (٥)$$

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

ارزیابی خطر سرطان‌زایی هر یک از مسیرهای سه گانه برای فلز سرب با استفاده از معادله ٦ انجام می‌شود.

$$RI_{(Risk\ Index)} = \sum ADD_i \times SFi \qquad (٦)$$

در معادله فوق، (RI) ریسک خطر سرطان‌زایی، ADDi مقادیر جذب روزانه فلزات در هر یک از مسیرهای قرارگیری در معرض فلزات و SFi فاکتور احتمال ابتلا به سرطان در هر واحد قرارگیری در معرض فلزات می باشد. در بیشتر منابع، فلز سرب به عنوان فلز سرطان‌زا شناخته نمی‌شوند (۲۳-۲۵)، لذا در این تحقیق محاسبه RI صورت نپذیرفت و به محاسبه HI (شاخص خطر تجمعی غیر سرطانزایی) اکتفا شد.

نتایج

مقدار گرد وغبار اتمسفری، مقدار و غلظت سرب

نتایج تجزیه واریانس تاثیر زمان نمونه‌برداری (فصل)، مکان و اثر متقابل زمان* مکان بر مقدار گردوغبارهای اتمسفری (گرم بر مترمربع در فصل)، مقدار فلز سرب (میلی‌گرم بر مترمربع در فصل) و غلظت سرب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) موجود در گردوغبارهای اتمسفری در نقاط مختلف نمونه برداری در جدول ٤ آمده است. نتایج نشان داد که مکان نمونه‌برداری بر مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب دارای اثر معنی دار در سطح یک درصد بود. به این معنی که مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب در مناطق مختلف نمونه‌برداری دارای تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ بودند. همچنین نتایج نشان داد که تاثیر زمان نمونه‌برداری (فصل‌های نمونه برداری) بر مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب دارای اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل زمان*مکان نمونه برداری بر مقدار گرد و غبار اتمسفری، مقدار و غلظت فلز سرب دارای اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر مستقل مکان و اثر مستقل زمان بر مقدار گرد و غبار، مقدار و غلظت سرب در جدول ٥ آمده است. از نظر مکان نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار گردوغبار اتمسفری ۲۱/۸٤ ($g/m^2.season$) و بیشترین مقدار سرب برابر ۱٤/۳۲ ($mg/m^2.season$) در نقطه 11E و کمترین میزان گردوغبار ۲۱/۰۳ (گرم بر مترمربع در فصل) و کمترین مقدار سرب ۱۲/۷۲ (میلی گرم بر متر مربع در فصل) در نقطه 9W (واقع در تهرانسر) بود. همچنین نتایج نشان داد بیشترین غلظت سرب در منطقه ۱۱ و به ترتیب ٦۱٦/٤۱ (میلی گرم بر کیلوگرم) و کمترین غلظت سرب ٥٦۱/۷٥ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) در نقطه 9W بود. از نظر زمان، مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار گردوغبار به میزان ۲٤/۰۸ (گرم بر متر مربع در فصل)، بیشترین مقدار سرب ۲۲/۷۱ (میلی گرم بر مترمربع در فصل) و بیشترین غلظت سرب ۹٤۳/۱٥ (میلی گرم بر کیلوگرم) در فصل پاییز بود و ترتیب کاهش مقدار گردوغبار و مقدار غلظت سرب به ترتیب پاییز> تابستان> بهار> زمستان بود. کمترین مقدار گردوغبار فرونشست کرده در فصل زمستان و به میزان ۱٦/۲٥ ($g/m^2.season$)، کمترین مقدار سرب در زمستان و ۳/۱۱ ($mg/m^2.season$) و کمترین غلظت سرب در فصل زمستان و ۱۹۱/۰۹ (mg/kg) بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مکان در زمان بر مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب در جدول ٦ آمده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین مقدار گردوغبار اتمسفری در فصل پاییز و در نقاط 10E، 11E و 12E به میزان ۲٤/۲۳ (گرم بر مترمربع در فصل) و در فصل تابستان در نقاط 11E و 12E به ترتیب ۲٤/۱ (گرم بر مترمربع در فصل) و کمترین مقدار گردوغبار در فصل زمستان و در نقطه 9W به میزان ۱٥/۳۳ (گرم بر مترمربع در فصل) مشاهده شد. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مکان در زمان نشان داد بالاترین مقدار فلز سرب ۲۳/۸٦ (میلی گرم بر متر مربع در فصل) درفصل پاییز و در نقطه 11E بود که اختلاف بسیار ناچیزی با نقاط 10E و 12E در همان فصل داشت و کمترین مقدار سرب در فصل زمستان و در نقطه 9W به میزان ۲/۷۱ (میلی‌گرم بر مترمربع در فصل) بود. بیشترین غلظت سرب در پاییز در نقطه 11E

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

۹۸۷/٤٦ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین غلظت سرب در فصل زمستان و در 9W برابر ۱۷۷/۱ (میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. بیشترین میزان گرد و غبار و فلزات‌سنگین در مرکز شهر مشاهده شد. نتایج نشان داد میانگین مقدار فرونشست‌های اتمسفری و مقدار فلزات در فصل زمستان کمتر از تابستان و پاییز بود که می‌توان علت آن را بارندگی‌های مداوم در زمستان دانست. بطور کلی مقدار فلزات سنگین در نقاط غربی‌تر در تمام فصول کمتر از نقاط شرقی‌تر بود. (۲٦) علت آلودگی هوای تهران را در قسمت‌های مرکزی مواردی چون، تعداد سفرهای شهری به‌علت توزیع نامناسب فعالیت‌ها، تراکم زیاد جمعیت و کمبود فضای سبز شهری عنوان کردند. از نظر پراکندگی صنایع در سطح استان‌های کشور، حدود ٤۰٪ از این صنایع در استان تهران واقع شده‌اند. بیش از ۷۰۰۰ واحد صنعتی در تهران وجود دارد که۳۰٪ از آن‌ها در غرب، ٥٤٪ در جنوب و ۱٦٪ آن در شرق تهران تاسیس شده است (۱٥). از آنجایی که مراکز صنعتی و کارخانجات بزرگ شهر در غرب تهران مستقرند، جریان‌های غربی، آلاینده‌ها را به سمت مرکز شهر هدایت می‌کند. به‌علت غربی بودن جریان باد غالب و استقرار بخش مهمی از صنایع استان تهران، در غرب شهر تهران، غالب آلودگی‌های ناشی از صنایع مستقر در غرب تهران به‌سمت مرکز شهر رانده می‌شود. کوه‌های شمال و شمال شرق تهران مانع خروج آلودگی‌ها از طریق جریان باد می‌شوند، در نتیجه هوای نواحی مرکزی شهر به‌خاطر انباشته شدن آلودگی‌های ناشی از خودروها، انواع دودکش‌ها و آلودگی‌های منتقل شده از حومه شهر، آلوده‌تر می‌شوند. از طرف دیگر بالا بودن دمای هوا در مرکز شهر و تشکیل جزایر حرارتی در آن باعث ایجاد بادهای محلی از حومه به طرف مرکز شهر می‌شود. با انتقال آلودگی‌ها از حومه به مرکز شهر توسط این بادها، وضعیت آلودگی در مرکز شهر به‌طرز خطرناکی افزایش می‌یابد (۲۷). سرب در گرد و غبار شهری از منابع بنزین سرب‌دار، روغن وسایل نقلیه و ساییدگی و پارگی لاستیک ناشی می‌شود. (۲۸) در بررسی غلظت فلزات-سنگین در چین بیان کردند که غلظت فلز سرب در زمستان، ۱۷٦٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در تابستان، ۲٥٤۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود.

ارزیابی خطر سلامت: نتایج تجزیه واریانس تاثیر مکان نمونه-برداری، زمان نمونه‌برداری و اثر متقابل مکان در زمان نمونه برداری بر HQ بلع، HQ تنفس، HQ جذب پوستی و HI برای هر دو گروه بزرگسال و کودک در جدول ۷ نشان داده شده است. نتایج به دست آمده برای فلز سرب نشان داد که، مکان نمونه برداری بر HQ بلع، HQ جذب پوستی و HI در هر دو گروه کودک و بزرگسال دارای تاثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ بود در حالی‌که HQ تنفس برای هر دو گروه کودک و بزرگسال در مکان‌های مختلف نمونه برداری، از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار نداشت. زمان نمونه‌برداری برای فلز سرب، بر تمام پارامترهای HQ بلع، HQ تنفسHQ جذب پوستی و HI در هر دو گروه دارای تاثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ بود که نشان می‌دهد مقدار این پارامترها، در فصل‌های مختلف نمونه-برداری دارای اختلاف معنی‌دار بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل مکان در زمان برای فلز سرب، بجز HQ تنفس برای کودک و افراد بالغ که اختلاف معنی‌دار نداشت، در بقیه پارامترها دارای اختلاف معنی دار در سطح ۱٪ بود.

نتایج مقایسه میانگین اثر مکان نمونه برداری بر پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب در جدول ۸ نشان داده شده است. از نظر مکان نمونه برداری، مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب و برای هر دو گروه کودک و بزرگسال در نقطه 11E بود. بیشترین مقدار HQ بلع فلز سرب برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب ۰/۳۰۲ و ۲/۲٥، بیشترین مقدار HQ تنفس سرب در بزرگسال و کودک به ترتیب (E-05 ۲/۸۲) و (E-05 ٦/۲۸)، بیشترین مقدار HQ جذب پوستی سرب در بزرگسال و کودک به ترتیب (E-02 ٦/۱) و (E-02 ۲/٤) بود. بیشترین میزان HI سرب برای افراد بالغ ۰/۳٦۳ و برای کودکان ۲/۲۷

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

بود. مقایسه میانگین نشان داد کمترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب و برای هر دو گروه کودک و بزرگسال در نقطه 9W بود. کمترین مقدار HQ بلع، تنفس و جذب پوستی سرب برای افراد بزرگسال به ترتیب ۰/۲۷۵، E-05 ۲/۵ و E-02 ۵/۵ و کمترین مقدار HQ بلع، تنفس و جذب پوستی سرب برای کودکان به ترتیب ۲/۰۵، E-05 ۵/۷۲ و E-02 ۲/۱ بود. کمترین مقدار HI سرب در افراد بالغ و کودکان به ترتیب ۰/۳۳۱ و ۲/۰۷ بود. مقدار HQ بلع و HI سرب در تمام نقاط نمونه برداری در کودکان بالاتر از حد مجاز بود که افزایش خطر بیماری های غیرسرطانی سرب در کودکان در تمام نقاط نمونه برداری را به همراه داشته است.

نتایج مقایسه میانگین اثر زمان نمونه برداری بر پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب در جدول ۹ نشان داده شده است. از نظر زمان نمونه برداری، نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب و برای هر دو گروه کودک و بزرگسال در فصل پاییز بوده است. بیشترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh} و HQ_{derm} سرب برای افراد بزرگسال به ترتیب ۰/۴۶۲، E-05 ۴/۳۲ و E-02 ۹/۳ و بیشترین مقدارHQ_{ing}، HQ_{inh} و HQ_{derm} سرب برای کودکان به ترتیب ۳/۴۴، E-05 ۹/۶ و ۰/۰۳۶ بود. میزان HQ بلع در کودکان در فصل های بهار، تابستان و پاییز بالاتر از حد مجاز بوده است. بیشترین مقدار HI سرب برای افراد بالغ ۰/۵۵ و برای کودکان ۳/۴۸ بود. میزان شاخص خطر بیماری های غیرسرطانی سرب در فصل پاییز، تابستان و بهار (جدول ۹) برای کودکان بیشتر از حد مجاز بود که نشان می دهد خطر ابتلا به بیماری های غیرسرطانی ناشی از سرب در کودکان در فصل بهار، تابستان و پاییز سال ۱۳۹۸ وجود داشته است. کمترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب و برای هر دو گروه کودک و بزرگسال در فصل زمستان سال ۱۳۹۷ بوده است. کمترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh} و HQ_{derm} سرب برای افراد بزرگسال به ترتیب E-02 ۹/۳، E-06 ۸/۷۶ و E-02 ۱/۹ و کمترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh} و HQ_{derm} سرب برای کودکان در فصل زمستان و به ترتیب ۰/۶۹۸، E-05 ۱/۹۶ و E-03 ۷/۴ بود. کمترین میزان شاخص خطر سرب در زمستان و برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب E-02 ۱/۱ و ۰/۷ بود که از حد استاندارد فاصله زیادی داشت.

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل مکان در زمان بر پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب در جدول ۱۰نشان داده شده است. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI سرب درفصل پاییز و در نقطه 11E و کمترین مقدار HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI در فصل زمستان و درنقطه 9W بوده است. بیشترین میزان HQ سرب از مسیر بلع در فصل پاییز در افراد بالغ (E-01 ۴/۸) و در کودکان ۳/۶، بیشترین میزان HQ سرب از مسیر تنفس برای بزرگسالان (E-05 ۴/۵۲) و برای کودکان (E-04۱) و بیشترین میزان HQ سرب از طریق جذب پوستی برای بزرگسالان (E-02 ۹/۸۳) و برای کودکان (E-02 ۳/۸۴) بود. میزان HQ سرب از مسیر بلع برای کودکان در فصل بهار، تابستان و پاییز بزرگتر از ۱ شد که نشان می‌دهد در بهار، تابستان و پاییز ۱۳۹۸در تمام نقاط مورد مطالعه، ریسک بیماری‌های غیرسرطانی سرب برای کودکان از طریق بلع گرد و غبار وجود داشته است. میزان شاخص خطر بیماری های غیر سرطانی در پاییز برای کودکان ۳/۶ برابر حد مجاز و ۶ برابر زمستان بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد کمترین مقدار پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای فلز سرب در فصل زمستان و در منطقه تهرانسر بود. کمترین مقدار HQ بلع، تنفس و جذب پوستی برای فلز سرب در بزرگسالان به ترتیب E-02 ۸/۶۰۲، E-06 ۸/۱۲ و E-02 ۱/۷ و در کودکان به ترتیب ۰/۶۴، E-05 ۱/۸ و E-03 ۶/۹ بود. کمترین میزان HI سرب در زمستان و در تهرانسر برای بزرگسالان و کودکان به ترتیب ۰/۱ و ۰/۶۵۳ بود. میزان HQ و HI در فصل پاییز برای فلز سرب در کودکان و بزرگسالان بیشتر از زمستان، بهار و تابستان بود به‌طوری‌که میزان HQ سرب از مسیرهای سه‌گانه و شاخص

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

خطر(HI) در پاییز ۱/۱۷ برابر فصل تابستان، ۳برابر HQ وHI سرب فصل بهار و ٦ برابر HQ وHI سرب زمستان بود. میزان HQ از مسیر بلع و تنفس، در کودکان بیشتر از بزرگسالان بود به طوریکه میزان HQ سرب از مسیر بلع در کودکان ۷/۳ برابر بزرگسالان و از مسیر تنفس، ۲/۲۲ برابر بزرگسالان بود اما میزان HQ از مسیر جذب پوستی در بزرگسالان بیشتر از کودکان بود و جذب پوستی سرب در بزرگسالان۲/٦٦ برابر کودکان بود. میزان شاخص خطر(HI) سرب در کودکان ٦/۳ برابر بیشتر از بزرگسالان بود.

مقادیر HQ از مسیرهای مختلف جذب روزانه و HI برای سرب در نقاط مختلف نمونه برداری در فصل‌های مختلف نشان می‌دهدکه بیشترین مقدار HQ برای عنصر سرب، برای هر دو گروه افراد بالغ و کودکان از مسیر بلع بود. ترتیب کاهش میزان HQ برای فلز سرب مسیر بلع>مسیر تماس‌پوستی>مسیر تنفس بود. میزان مشارکت مقدار HQ بلع در مقدار HI بالاتر از سایر مسیرها بود و در پاییز برای فلز سرب در بزرگسالان ۸۲٪ و در کودکان ۹۸٪ مقدار HI از مسیر بلع بود. نتایج مشابهی هم در مطالعات گذشته بر روی گرد و غبارهای اتمسفری، به‌دست آمده است (۲۹-۳۲). بنابراین می‌توان نتیجه‌گرفت که در محیط‌زیست شهری تهران، مسیر بلع گرد و غبار تاثیر زیادی بر سلامت انسان‌ها دارد.

ارزیابی پارامترهای ریسک سلامت در فصل زمستان: بیشترین میزان HQ سرب، از مسیر بلع برای بزرگسالان (E-02 ۷/ ۹) و درنقطه 11E و برای کودکان (E-01 ۷/۲٦) بود. بیشترین میزان HQ سرب، از مسیر تنفس برای بزرگسالان (E-06۹/۱۲) و برای کودکان (E-05 ۲/۰۲) بود. بیشترین میزان HQ سرب، از مسیر جذب‌پوستی برای بزرگسالان (E-02 ۱/۹۸) و در کودکان (E-03 ۷/۷۵) بود. میزان HQ از مسیر بلع و تنفس، در کودکان بیشتر از بزرگسالان بود به‌طوری‌که میزان HQ سرب از مسیر بلع در کودکان ۷/۵ برابر بزرگسالان و از مسیر تنفس، ۲/۲۲ برابر بزرگسالان بود. جذب پوستی سرب در بزرگسالان ۲/۵ برابر کودکان بود. میزان شاخص خطر غیر سرطان‌زا (HI) سرب در کودکان ٦ برابر بیشتر از بزرگسالان بود. مقدار HQ و شاخص خطر در هر دو گروه در فصل زمستان، کمتر از حد مجاز بود.

ارزیابی ریسک سلامت در فصل بهار: مقادیر HQ از مسیرهای مختلف جذب روزانه و HI برای عنصر سرب در نقاط مختلف نمونه‌برداری در فصل بهار نشان می‌دهد بیشترین مقدار پارامترها در نقطه 11E بود. بیشترین مقدار HQ برای سرب ، برای هر دو گروه افراد بالغ و کودکان از مسیر بلع بود. ترتیب کاهش میزان HQ برای فلز سرب مسیر بلع>مسیر تماس‌پوستی>مسیر تنفس بود. میزان مشارکت مقدار HQ بلع، در مقدار HI بالاتر از سایر مسیرها بود و برای فلز سرب بیش از ۸۲/۵٪ مقدار HI، از مسیر بلع بود.

ارزیابی ریسک سلامت در فصل تابستان: بیشترین مقدار HQ از تمام مسیرها برایعنصر سرب، در تابستان برای هر دو گروه افراد بالغ و کودکان از مسیر بلع و در نقطه 11E بود. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد، بیشترین میزان HQ سرب از مسیر بلع در بزرگسالان (E-01 ٤/۳٦) و در کودکان ۳/۲۵، بیشترین میزان HQ سرب، از مسیر تنفس در بزرگسالان (E-05 ٤/۰۸) و در کودکان (E-05 ۹) و میزان HQ از مسیر جذب پوستی در بزرگسالان در تمام مناطق برابر (E-02۸/۸) و در کودکان برابر(E-02 ۳/٤۷) بود. میزان HQ سرب، از مسیر بلع برای کودکان در فصل تابستان سه برابر حد مجاز بود، که نشان می-دهد در تابستان ۱۳۹۸ در تمام نقاط مورد مطالعه، ریسک بیماری‌های غیرسرطانزای سرب برای کودکان از طریق بلع گردوغبار وجود داشته است. میزان شاخص‌خطر سرب در کودکان در تمام مناطق بالاتر از حد مجاز بود که نشان می‌دهد در تابستان ۱۳۹۸ در تمام مناطق مورد مطالعه، ریسک بیماری-های غیرسرطان‌زای سرب، برای کودکان وجود داشته است. میزان HQ و HI در فصل تابستان برای فلز سرب در کودکان و بزرگسالان بیشتر از بهار و زمستان بود به‌طوری‌که میزان HQ سرب، از مسیرهای سه‌گانه و شاخص خطر (HI) در تابستان

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

۲/٦ برابر فصل بهار و ۵ برابر HQ وHI سرب در فصل زمستان بود.

بحث

مطالعات انجام شده در آنگولا (۲۳)، ترکیه (۳۳)، استرالیا (۳٤) و سریلانکا (۳۲) نیز نتایج مشابهی به‌دست آوردند. بنابراین اگرچه سرب موجب آلودگی هوا می‌شوند، اما در زمستان ۱۳۹۷ تاثیر نهایی شدید بر سلامت انسان‌ها نداشتند. بنابراین پتانسیل ریسک سلامت برای بزرگسالان و کودکان از طریق آلودگی اتمسفری در فصل زمستان، از اهمیت زیادی برخوردار نبود. در مقایسه با کودکان، ریسک سلامت برای بزرگسالان کمتر بود. (۳۵) با بررسی غلظت و ریسک‌سلامت فلزات سنگین در طول خیابان انقلاب در تهران بیان کردند که نرخ آلودگی به فلزات‌سنگین در طول خیابان از میدان انقلاب تا میدان امام‌حسین تقریبا به یک میزان است و در چهارراه ولیعصر کمی بیشتر از باقی نقاط است و نرخ ابتلا به بیماری-های غیرسرطانی زیر یک گزارش شد که نشان‌دهنده ایجاد نکردن مشکلات اضافی ناشی از فلزات سنگین در منطقه است.

این نتایج با یافته‌های (۳۷،۳٦) هماهنگ است. بلعیدن ذرات معلق گرد و غبار اصلی‌ترین راه در معرض قرار گرفتن فلزات سنگین است که اثرات منفی بر سلامت انسان می‌گذارد (۲۹). بیشترین میزان HQ سرب، از مسیر بلع برای بزرگسالان در نقطه 11E برابر (E-01 ۱/۹) و برای کودکان (۱/٤۱) در همان نقطه بود. بیشترین مقدار HQ سرب، از مسیر تنفس برای بزرگسالان (E-05 ۱/۷۸) و برای کودکان (E-05 ۳/۹۵) بود. بیشترین میزان HQ سرب، از طریق تماس پوستی برای بزرگسالان (E-02 ۳/۸٦) و کودکان (E-02 ۱/۵۱) بود. در فصل بهار میزان HQ از هر سه مسیر بلع، تنفس و تماس پوستی و شاخص‌خطر غیرسرطان‌زای فلزات سرب و روی بیشتر از فصل زمستان بود. به‌طوری‌که میزان HQ سرب از طریق بلع ۱/۹۷ برابر، HQ سرب از مسیر تنفس و تماس پوستی ۱/۹۵ برابر زمستان بود و شاخص‌خطر غیرسرطان‌زای سرب برای بزرگسالان در بهار، ۱/۹۵ و برای کودکان ۲ برابر فصل زمستان بود. میزان شاخص‌خطر در کودکان، بیشتر از بزرگسالان بود. مقدار HQ بلع سرب و شاخص خطر کودکان بزرگتر از ۱ بود که نشان می‌دهد در فصل بهار در تمام نقاط نمونه برداری ریسک بیماری‌های غیر سرطانی، کودکان را تهدید می‌کرده است. در تحقیقی که (۲۲) بر روی گرد و غبارهای خیابانی در محوطه معدن در شمال چین انجام دادند بیان کردند که بلع اولین مسیر برای در معرض قرارگرفتن فلزات سنگین است (۳۸). در بررسی ریسک سلامت گرد و غبارهای خیابانی در آبادان بیان کرد بیشترین و کمترین میزان HQ برای فلزات سنگین از مسیر بلع> جذب پوستی> تنفس بوده است. در بررسی او میزان HQ از هر سه مسیر کمتر از یک بود و عواقب مضری برای انسان نداشت. در تحقیقاتی که (۳۲) در سریلانکا، (۳٤) در استرالیا، (۳۰) در چین انجام دادند بیان کردند که میزان HQ و HI از هر سه مسیر بلع، تنفس و جذب پوستی برای سرب، در کودکان و افراد بالغ در طول مدت نمونه‌برداری زیر حد مجاز بوده است و خطری سلامت افراد را تهدید نمی‌کرده است. این تحقیقات با نتایج حاصل از فصل‌های زمستان و بهار در تهران مطابقت دارد در طول زمستان و بهار به علت بارندگی-های متوالی و وزش بادهای پی در پی شاخص آلودگی هوای تهران در حد استاندارد و سالم بوده است. ولی در فصول تابستان و پاییز سال ۱۳۹۸ به علت سکون هوا، و عدم بارش نزولات جوی، که از عمده‌ترین دلایل باقی‌ماندن آلاینده‌ها در هوای شهر تهران می‌باشند، میزان شاخص‌خطر مخصوصا برای کودکان بالاتر از حد مجاز بود.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان داد که کمترین غلظت فلزات سنگین و مقدار گرد و غبارهای اتمسفری فرو نشست کرده، در فصل زمستان بود که علت آن را می‌توان بارندگی‌های متوالی و با مقدار زیاد در زمستان ۱۳۹۷ در سطح

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

شهر تهران و نیز وزش باد در کل مناطق دانست. میزان گرد و غبارهای اتمسفری و غلظت فلزات سنگین با حرکت از سمت غرب تهران (محله تهرانسر) به سمت مرکز شهر افزایش پیدا کرد. بیشترین غلظت سرب و میزان گرد و غبارهای اتمسفری در خیابان وحدت‌اسلامی در مرکز شهر (نقطه11E) ودر فصل پاییز و به‌علت ساکن بودن هوا و عدم بارش در این فصل، مشاهده شد. به‌علت غربی بودن بادهای غالب تهران و استقرار بخش مهمی از صنایع استان تهران، در غرب شهر، غالب آلودگی‌های ناشی از صنایع به سمت مرکز شهر رانده می‌شوند. همچنین کوه‌های شمال و شمال شرق تهران مانع از خروج آلودگی‌ها از طریق جریان باد می‌شود. هوای نواحی مرکزی شهر بخاطر انباشته شدن آلودگی‌های ناشی از خودروها، استهلاک قطعات خودرو و احتراق سوخت‌های فسیلی و سایر منابع و آلودگی‌های انتقالی از حومه شهر، آلوده‌تر می‌شود. ارزیابی ریسک سلامت در مناطق مورد مطالعه در طول چهار فصل نشان داد که اصلی‌ترین مسیر برای جذب روزانه فلزات سنگین، بلع بود و در تمام فصول و مناطق نمونه‌برداری بیش از ۸۰-۹۰ درصد از سهم شاخص-خطر بیماری‌های غیرسرطانی مربوط به بلع بود. روند کاهشی به ترتیب مسیر بلع> جذب پوستی> تنفس در هر دو گروه کودک و افراد بالغ بود. میزان جذب روزانه فلز سرب از مسیر بلع و تنفس در کودکان بیشتر از بزرگسالان و میزان جذب روزانه فلزات از مسیر جذب پوستی در افراد بالغ بیشتر از کودکان بود. در فصل زمستان میزانHQ از هر سه مسیر و میزان شاخص‌خطر غیرسرطانی سرب برای کودکان و بزرگسالان کمتر از حد مجاز بود و خطری سلامتی افراد را تهدید نمی‌کرد. اما در فصل های بهار، تابستان و پاییز میزانHQ سرب از مسیر بلع و HI سرب در کودکان بالاتر از حد مجاز بود که نشان می‌دهد در بهار، تابستان و پاییز سال ۱۳۹۸ خطر بیماری‌های غیر سرطانی ناشی از سرب، در تمام نقاط مورد مطالعه سلامتی کودکان را تهدید می‌کرده است. درحالی‌که میزان HI سرب برای افراد بالغ کمتر از حد مجاز بود و تهدیدی برای سلامتی افراد بالغ به‌حساب نمی‌آمد. میزان شاخص‌خطر برای فلز سرب در پاییز ۱۳۹۸ به مقدار زیادی بیشتر از زمستان ۹۷ و بهار ۹۸ بود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از تمامی کسانی که در جمع آوری نتایج این مطالعه همکاری نموده اند تشکر و قدردانی می نماید. در مقاله حاضر هیچ تعارض منافعی وجود ندارد.

جدول ۱- مکان نقاط نمونه برداری مطالعه ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

نقطه نمونه برداری	منطقه	توصیف منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
9W	تهرانسر(غرب)	منطقه مسکونی	$35^0 69' 96.2'' N$	$51^0 26' 57.1'' E$
9E	خیابان جی	ترافیک کم	$35^0 69' 24.06'' N$	$51^0 35' 27.06'' E$
10E	خ امام خمینی(مرکز)	ترافیک نسبتا زیاد	$35^0 68' 78.2'' N$	$51^0 37' 92.9'' E$
11E	خ وحدت اسلامی(مرکز)	ترافیک زیاد، بازار تهران	$35^0 68' 56.06'' N$	$51^0 41' 07'' E$
12E	خ هفده شهریور(شرق)	ترافیک نسبتا زیاد	$35^0 67' 37.3'' N$	$51^0 44' 62.4'' E$

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

جدول ۲- راهنمای پارامترهای معادلات ارزیابی خطر سرطان‌زایی و غیر سرطان‌زایی فلزات سنگین در گرد و غبار

پارامتر	واحد اندازه گیری	توصیف	بزرگسال	کودک
ABS	-	فاکتور جذب سطحی پوست	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
SL	$mg.cm^2.day^{-1}$	فاکتور چسبندگی گردوغبار به پوست	۰/۷	۰/۲
AT	days	مدت زمان قراگیری در معرض هر مقدار از فلزات به طور میانگین	ED×۳٦٥	ED×۳٦٥
BW	Kg	وزن بدن	۵۵/۹	۱۵
CF	$Kg.m^{-1}$	فاکتور تبدیل	۱۰$^{-٦}$	۱۰$^{-٦}$
ED	year	مدت زمان قرارگیری در معرض فلزات سنگین در گرد و غبار	۲٤	٦
EF	$day.year^{-1}$	توالی قرار گرفتن در معرض گرد و غبار	۳۵۰	۳۵۰
PEF	m^3Kg^{-1}	فاکتور انتشار فلزات در گرد و غبار	۱/۳٦×۱۰^{۹}	۱/۳٦×۱۰^{۹}
SA	cm^2	ناحیه ای از سطح پوست قرار گرفته در معرض فلزات	٤۳۵۰	۱٦۰۰
IRing	$mg.day^{-1}$	نرخ بلع	۱۰۰	۲۰۰
IRinh	m^3day^{-1}	نرخ تنفس	۱۲/۸	۷/٦۳
C	$mg.Kg^{-1}$	غلظت فلزات در گرد و غبار	-	-

جدول ۳- مقدار مرجع سمیت هر فلز از مسیرهای بلع، تنفس و تماس پوستی مطالعه ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

فلز	RfD_{der}	RfD_{inh}	RfD_{ing}
	$(mg.Kg^{-1}day^{-1})$		
سرب	۰/۰۰۰۵۲۵	۰/۰۰۳۵۲	۰/۰۰۳۵

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

جدول ٤- نتایج تجزیه واریانس تاثیر مکان، زمان و اثر متقابل مکان درزمان بر مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب و روی در گردوغبارهای اتمسفری

		میانگین مربعات		
منابع تغییرات	**درجه آزادی**	**مقدار گردوغبار (گرم بر مترمربع.فصل)**	**مقدار سرب (میلی گرم بر مترمربع.فصل)**	**غلظت سرب (میلی گرم بر کیلوگرم)**
مکان	٤	۱/٤٨**	٥/٠٥**	٥٧٧٠/٣**
زمان	٣	۱۹۸/۳۷**	۱۳۰۲/۹٦**	۱۹۳٤٤۷٥/۹**
مکان در زمان	۱۲	۰/۲٤٤**	۰/۸۱۱**	۱۰۸۷/۹۲**
خطا	٤۰	۰/۰٦۸	۰/۰۳۸	۱/۳۸۸
ضریب تغییرات(٪)	-	۱/۲۱	۱/٤٤	۰/۲

** و ns به ترتیب معنی داری در سطح یک درصد و از لحاظ آماری بی معنی است.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر مستقل مکان و اثر مستقل زمان بر مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب

		مقدار گردوغبار (گرم بر مترمربع.فصل)	مقدار فلز (میلی گرم بر مترمربع.فصل)	غلظت فلز (میلی گرم بر کیلوگرم)
			سرب	سرب
مکان	9W	۲۱/۰۳^{c}	۱۲/۷۲^{e}	٥٦۱/۷٥^{e}
	9E	۲۱/۲۸^{b}	۱۳^{d}	٥۷۰/۸^{d}
	10E	۲۱/٤۳^{b}	۱۳/٦۸^{c}	٥۹٥/۱۸^{c}
	11E	۲۱/۸٤^{a}	۱٤/۳۲^{a}	٦۱٦/٤۱^{a}
	12E	۲۱/۸۳^{a}	۱۳/۸٦^{b}	٥۹٦/۹٤^{b}
زمان	**زمستان**	۱٦/۲٥^{d}	۳/۱۱^{d}	۱۹۱/۰۹^{d}
	بهار	۲۱/۷۸^{c}	۸/۳٤^{c}	۳۸۳/۱۳^{c}
	تابستان	۲۳/۸۲^{b}	۱۹/۹۱^{b}	۸۳٥/٥^{b}
	پاییز	۲٤/۰۸^{a}	۲۲/۷۱^{a}	۹٤۳/۱٥^{a}

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

جدول ٦- اثر متقابل زمان در مکان بر مقدار گردوغبار، مقدار و غلظت سرب مطالعه ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

		مقدار گردوغبار (گرم بر مترمربع.فصل)	مقدار فلز (میلی گرم بر مترمربع.فصل)	غلظت فلز (میلی گرم بر کیلوگرم)
زمان*مکان			سرب	سرب
زمستان	9W	۱۵/۳۳^{g}	۲/۷۱^{l}	۱۷۷/۱^{r}
	9E	۱۵/۸۷^{f}	۳^{kl}	۱۸۹/٤۳^{q}
	10E	۱٦^{f}	۳/۱۱^{jk}	۱۹٤/۷^{p}
	11E	۱۷^{e}	۳/۳۸^{j}	۱۹۸/۹^{0}
	12E	۱۷/۰٦^{e}	۳/۳۳^{jk}	۱۹۵/۳۳^{p}
بهار	9W	۲۱/٤۳^{d}	۸/۰۸^{i}	۳۷۷/۱٦^{n}
	9E	۲۱/۷^{cd}	۸/۲۸^{hi}	۳۸۱/۷٦^{m}
	10E	۲۱/۷^{cd}	۸/۳٤^{hi}	۳۸٤/۱٦^{l}
	11E	۲۲/۰٦^{c}	۸/۵٦^{h}	۳۸۸/۲^{k}
	12E	۲۲^{c}	۸/٤۵^{h}	۳۸٤/۳٦^{l}
تابستان	9W	۲۳/۵٦^{b}	۱۸/٦٦^{g}	۷۹۱/۹٦^{j}
	9E	۲۳/۵٦^{b}	۱۸/۸۸^{g}	۸۰۱/٤^{i}
	10E	۲۳/۸^{ab}	۲۰/۰۹^{f}	۸٤٤/۵۳^{h}
	11E	۲٤/۱^{a}	۲۱/٤۷^{d}	۸۹۱/۱^{f}
	12E	۲٤/۱^{a}	۲۰/٤٤^{e}	۸٤۸/۵^{g}
پاییز	9W	۲۳/۸^{ab}	۲۱/٤۳^{d}	۹۰۰/۷٦^{e}
	9E	۲٤^{a}	۲۱/۸۵^{c}	۹۱۰/٦۳^{d}
	10E	۲٤/۱٦^{a}	۲۳/۱۹^{b}	۹۵۷/۱۳^{c}
	11E	۲٤/۲۳^{a}	۲۳/۸٦^{a}	۹۸۷/٤٦^{a}
	12E	۲٤/۲^{a}	۲۳/۲۲^{b}	۹۵۹/۷^{b}

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس تاثیر مکان، زمان و اثر متقابل مکان در زمان بر پارامترهای مطالعه ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

		HQ_{ing}		HQ_{inh}		HQ_{derm}		HI	
منابع تغییرات	df	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک
مکان	٤	۰/۰۰۱**	۰/۰۷۷**	0^{ns}	0 ^{ns}	۵/۷۲E-5**	۸/۷٦E-6**	۰/۰۰۲**	۰/۰۷۹**
زمان	۳	۰/٤٦۵**	۲۵/۸۱**	٤/۰۷E-9**	۲E-08**	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۳**	۰/٦۷۳**	۲٦/۳٦**
مکان×زمان	۱۲	0^{**}	۰/۰۱۵**	0^{ns}	0^{ns}	۱/۰۷E-5**	۱/٦۵E-6**	0^{**}	۰/۰۱۵**
خطا	٤۰	۳/۳۳E-7	۱/۸۵E-5	۲/۹۱E-15	۱/٤٤E-14	۱/۳۷E-8	۲/۱E-9	٤/۸۲٦	۱/۸۹E-5
ضریب تغییرات(٪)	-	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲۲	۰/۲	٦٤٤/۱۱	۲

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

جدول ۸- اثر مکان بر پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای سرب مطالعه ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

		HQ_{ing}		HQ_{inh}		HQ_{derm}		HI	
	مکان	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک
	9W	۲/۷۵E-01 ^{e}	۲/۰۵^{e}	۲/۵E-05^{e}	۵/۷۲E-05^{e}	۵/۵E-02^{e}	۲/۱E-02^{e}	۳/۳۱E-01^{e}	۲/۰۷^{e}
	9E	۲/۷۹E-01 ^{d}	۲/۰۸^{d}	۲/۶E-05^{d}	۵/۸۱E-05^{d}	۵/۶E-02^{d}	۲/۲E-02^{d}	۳/۳۶E-01^{d}	۲/۱^{d}
سرب	10E	۲/۹۱E-01 ^{c}	۲/۱۷^{c}	۲/۷۲E-05^{c}	۶/۰۶E-05^{c}	۵/۹۲E-02^{c}	۲/۳۱E-02^{c}	۳/۵۱E-01^{c}	۲/۱۹^{c}
	11E	۳/۰۲E-01 ^{a}	۲/۲۵^{a}	۲/۸۲E-05^{a}	۶/۲۸E-05^{a}	۶/۱E-02^{a}	۲/۴E-02^{a}	۳/۶۳E-01^{a}	۲/۲۷^{a}
	12E	۲/۹۲E-01 ^{b}	۲/۱۸^{b}	۲/۷۳E-05^{b}	۶/۰۸E-05^{b}	۵/۹۴E-02^{b}	۲/۳۲E-02^{b}	۳/۵۲E-01^{b}	۲/۲^{b}

جدول ۹- اثر زمان بر پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای سرب مطالعه ارزیابی خطر سلامت سرب در گرد و غبارهای اتمسفری شهر تهران در فصل‌های مختلف

		HQ_{ing}		HQ_{inh}		HQ_{derm}		HI	
	زمان	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک
	زمستان	۹/۳۶E-01^{d}	۶/۹۸E-01^{d}	۸/۷۶E-06^{d}	۶/۸۵E-08^{d}	۱/۹E-02^{d}	۷/۴E-03^{d}	۱/۱۲E-01^{d}	۷/۰۵E-01^{d}
	بهار	۱/۸۷E-01^{c}	۱/۴^{c}	۱/۷۵E-05^{c}	۱/۳۷E-07^{c}	۳/۸E-02^{c}	۱/۴۹E-02^{c}	۲/۲۵E-01^{c}	۱/۴۱^{c}
سرب	تابستان	۴/۸۹E-01^{b}	۳/۶۵^{b}	۴/۵۸E-05^{b}	۳/۵۸E-07^{b}	۹/۹E-02^{b}	۳/۸۹E-02^{b}	۵/۸۹E-01^{b}	۳/۶۹^{b}
	پاییز	۵/۷۵E-01^{a}	۴/۲۸^{a}	۵/۳۸E-05^{a}	۴/۲۱E-07^{a}	۱/۱E-01^{a}	۴/۵۷E-02^{a}	۶/۹۲E-01^{a}	۴/۳۳^{a}

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

جدول ۱۰- اثر متقابل مکان در زمان بر پارامترهای HQ_{ing}، HQ_{inh}، HQ_{derm} و HI برای سرب

سرب		HQ_{ing}		HQ_{inh}		HQ_{derm}		HI	
زمان*مکان		بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک	بالغ	کودک
9W		۸/۶E-02^{r}	۶/۴E-01^{r}	۸/۱۲ E-06^{r}	۱/۸ E-05^{r}	۱/۷ E-02^{r}	۶/۹E-03^{r}	۱/۰۴ E-01^{r}	۶/۵۳ E-01^{s}
9E		۹/۲E-02^{q}	۶/۹ E-01^{q}	۸/۶۸ E-06^{q}	۱/۹ E-05^{q}	۱/۸ E-02^{q}	۷/۳ E-03^{q}	۱/۱۱ E-01^{q}	۶/۹۹ E-01^{r}
10E	زمستان	۹/۵E-02^{p}	۷/۱۱ E-01^{p}	۸/۹۳ E-06^{p}	۱/۹۸ E-05^{p}	۱/۹۳ E-02^{p}	۷/۵۸ E-03^{p}	۱/۱۴ E-01^{p}	۷/۱۸ E-01^{q}
11E		۹/۷E-02^{o}	۷/۲۶ E-01^{o}	۹/۱۲ E-06^{o}	۲/۰۲ E-05^{o}	۱/۹۸ E-02^{o}	۷/۷۵ E-03^{o}	۱/۱۷ E-01^{o}	۷/۳۴ E-01^{o}
12E		۹/۵E-02^{p}	۷/۱۳ E-01^{p}	۸/۹۵ E-06^{p}	۱/۹۹ E-05^{p}	۱/۹۴ E-02^{p}	۷/۶ E-03^{p}	۱/۱۵ E-01^{p}	۷/۲۱E-01 ^{p}
9W		۱/۸۴ E-01^{n}	۱/۳۷ ^{n}	۱/۷۲ E-05^{n}	۳/۸۴ E-05^{n}	۳/۷۵ E-02^{n}	۱/۴۶ E-02^{n}	۲/۲۲ E-01^{n}	۱/۳۹ ^{n}
9E		۱/۸۷ E-01^{m}	۱/۳۹ ^{m}	۱/۷۵ E-05^{m}	۳/۸۸ E-05^{m}	۳/۸ E-02^{m}	۱/۴۸ E-02^{m}	۲/۲۵ E-01^{m}	۱/۴ ^{m}
10E	بهار	۱/۸۸E-01^{l}	۱/۴ ^{l}	۱/۷۶ E-05^{l}	۳/۹۱ E-05^{l}	۳/۸۲ E-02^{l}	۱/۴۹ E-02^{l}	۲/۲۶ E-01^{l}	۱/۴۱ ^{l}
11E		۱/۹ E-01^{k}	۱/۴۱ ^{k}	۱/۷۸ E-05^{k}	۳/۹۵ E-05^{k}	۳/۸۶ E-02^{k}	۱/۵۱ E-02^{k}	۲/۲۸ E-01^{k}	۱/۴۳ ^{k}
12E		۱/۸۸ E-01^{l}	۱/۴ ^{l}	۱/۷۶ E-05^{l}	۳/۹۱ E-05^{l}	۳/۸۲ E-02^{l}	۱/۴۹ E-02^{l}	۲/۲۶ E-01^{l}	۱/۴۱ ^{l}
9W		۳/۸۸ E-01^{j}	۲/۸۹^{j}	۳/۶۳ E-05^{j}	۸/۰۶ E-05^{j}	۷/۸۸ E-02^{j}	۳/۰۸ E-02^{j}	۴/۶۷ E-01^{j}	۲/۹۲ ^{j}
9E		۳/۹۲ E-01^{i}	۲/۹۲^{i}	۳/۶۷ E-05^{i}	۸/۱۶ E-05^{i}	۷/۹۸ E-02^{i}	۳/۱۲ E-02^{i}	۴/۷ E-01^{i}	۲/۹۵ ^{i}
10E	تابستان	۴/۱۳E-01^{h}	۳/۰۸^{h}	۳/۸۷ E-05^{h}	۸/۶ E-05^{h}	۸/۴ E-02^{h}	۳/۲۹ E-02^{h}	۴/۹ E-01^{h}	۳/۱۱ ^{h}
11E		۴/۳۶ E-01^{f}	۳/۲۵ ^{f}	۴/۰۸ E-05^{f}	۹ E-05^{f}	۸/۸ E-02^{f}	۳/۴۷ E-02^{f}	۵/۲۵ E-01^{f}	۳/۲۸ ^{f}
12E		۴/۱۵ E-01^{g}	۳/۰۹^{g}	۳/۸۹ E-05^{g}	۸/۶۴ E-05^{g}	۸/۴۴ E-02^{g}	۳/۳ E-02^{g}	۵ E-01^{g}	۳/۱۳ ^{g}
9W		۴/۴۱ E-01^{e}	۳/۲۹^{e}	۴/۱۳ E-05^{e}	۹/۱۷ E-05^{e}	۸/۹۶ E-02^{e}	۳/۵ E-02^{e}	۵/۳۱ E-01^{e}	۳/۳۲ ^{e}
9E		۴/۴۶ E-01^{d}	۳/۳۲ ^{d}	۴/۱۷ E-05^{d}	۹/۲۷ E-05^{d}	۹/۰۶ E-02^{d}	۳/۵۴ E-02^{d}	۵/۳۷ E-01^{d}	۳/۳۶ ^{d}
10E	پاییز	۴/۶۹ E-01^{c}	۳/۴۹ ^{c}	۴/۳۹ E-05^{c}	۹/۷۵E-05^{c}	۹/۵۳ E-02^{c}	۳/۷۲ E-02^{c}	۵/۶۴ E-01^{c}	۳/۵۳ ^{c}
11E		۴/۸ E-01^{a}	۳/۶ ^{a}	۴/۵۲ E-05^{a}	۱ E-05^{a}	۹/۸۳ E-02^{a}	۳/۸۴ E-02^{a}	۵/۸۳ E-01^{a}	۳/۶۴ ^{a}
12E		۴/۷ E-01^{b}	۳/۵ ^{b}	۴/۴ E-05^{b}	۹/۷۷ E-05^{b}	۹/۵۵ E-02^{b}	۳/۷۳ E-02^{b}	۵/۶۶ E-01^{b}	۳/۵۴^{b}

References

1. WHO. Health and Environment in Europe. Progress Assessment, World Health Organization; WHO Regional Office Europe, 2010. Copenhagen.
2. Franklin M, Schwartz J. Differential effects of PM2.5 species on acute mortality. Epidemiology. 2007; 18 (5): S175.
3. Pérez N, Pey J, Querol X, Alastuey A, López JM, Viana M. Partitioning of major and trace components in PM10–PM2.5–PM1 at an urban site in Southern Europe. Atmospheric Environment. 2008; 42(8): 1677-1691.
4. Rai PK. Environmental magnetic studies of particulates with special reference to biomagnetic monitoring using roadside plant leaves. Atmos. Environ. 2013;72:113-129.
5. Rashki A, Eriksson PG, Rautenbach CJW, Rautenbach CJW, Kaskaoutis DG, Grote W,

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

Dykstra J. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. Chemosphere, 2013;90: 227-236.
6. Awadhi JM, AlShuaibi AA. Dust fallout in Kuwait City: Deposition and characterization. Science of the Total Environment. 2013; 461-462:139-148.
7. Awadhi JM, AlShuaibi AA. Dust fallout in Kuwait City: Deposition and characterization. Science of the Total Environment. 2013; 461-462: 139-148.
8. Polizzi S, Ferrara M, Bugiani M, Barbero D, Baccolo T. Aluminum and iron air pollution near an iron casting and aluminum foundry in Turin District (Italy). Journal of Inorganic Biochemistry. 2007;101:1339-1343.
9. Alahmr FOM, Othman M, Wahid NBA, Halim AA, Latif MT. Compositions of dust fall around Semi-Urban Areas in Malaysia. Aerosol and Air Quality Research. 2012;12: 629-642.
10. Ozaki H, Watanabe I, Kuno K. As, Sb and Hg distribution and pollution sources in the roadside soil and dust around Kamikochi, Chubu Sangaku National Park, Japan. Geochemical Journal. 2004;38: 473-484.
11. Duran AC, Gonzalez A. Determination of lead, naphthalene, phenanthrene, anthracene and pyrene in street dust. International Journal of Environmental Science and Technology. 2009;6(4): 663-670.
12. Grimm NB, Faeth SH, Golubiewski NE, Redman CL. Global change and the ecology of cities. Science. 2008; 319: 756-760.
13. Yang Z, Ge H, Lu W, Long Y. Assessment of heavy metals contamination in near-surface dust. Pollution Journal of Environment Study. 2010; 24:1817-1829.
14. Hosseinpour A, Forouzanfar M, Yunesian M, Asghari F, Naieni K, Farhood D. Air pollution and hospitalization due to angina pectoris in Tehran, Iran: A time-series study. Environmental Research. 2005; 99:126-13.
15. Safavi Y, Alijani B. Geographical agents analyzing in air pollution in Tehran. Geographical Research. 2006; 58(1):106-151. [Persion]
16. Sparks DL, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour MA. Tabatabai ME. Sumner. 1996.
17. Karimi N, Ghaderian SM, Maroofi H, Schat H. Analysis of arsenic in soil and vegetation of a contaminated area in Zarshuran, Iran. Int. J. Phytorem. 2009; 12: 159-173.
18. United States Environmental Protection Agency (USEPA). Risk Assessment Guidance for Superfund: Human Health Evaluation Manual (Part A); 1989. EPA/540/1–89/002; USEPA: Washington, DC, USA, Volume 1.
19. Wue S, Peng S, Zhang X, Wu D, luo W, Zhang T, Zhuo S, Yang G, Wan H, Wu L. Level and risk assessment of heavy metals in urbun soil in Dongguan, China. Geochem Explor. 2015; 108: 27-38.
20. Wei X, Gao B, Wang P, Zhou H, Lu J. Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015; 112:186-92.
21. Qing X, Yutong Z, Shenggao L. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2015; 120:377-85.
22. Lee XP, Feng LN, Huang CC, Yan XY, Zhang X. Chemical characteristics of atmospheric fallout in the south of Xi'an during the dust episodes of 2001–2012 (NW China). Atmos. Environ. 2014; 83: 109-118.
23. Ferreira-Baptista L, De Miguel E. Geochemistry and risk assessment of street dust in Luanda, Angola: a tropical urban environment. Atmos. Environ. 2005; 39: 4501e4512.
24. Cheng S. Effects of heavy metals on plants and resistance mechanisms. A state-of-the-art report with special reference to literature published in Chinese journals. Environ Sci Pollut Res Int. 2003; 10(4): 256-64.
25. Zheng N, Liu JS, Wang QC, Liang ZZ. Health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc smelting district, Northeast of China, Science of the Total Environment. 2010; 408:726-733.
26. Glikson M, Rutherford S, Simpson RW. Microscopic and submicron components of atmospheric particulate matter during high

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

asthma periods in Brisbane, Queensland, Australia. Atmospheric Environment. 1995; 29: 549-562.
27. Sun Y, Hu X, Wu J, Lian H, Chen Y. Fractionation and health risks of atmospheric particle-bound as and heavy metals in summer and winter. Sci. Total Environ. 2014; 493: 487-494.
28. Wue S, Peng S, Zhang X, Wu D, luo W, Zhang T, Zhuo S, Yang G, Wan H, Wu L. Level and risk assessment of heavy metals in urbun soil in Dongguan, China. Geochem Explor, 2015; 108: 27-38.
29. IRIS. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment. EPA, 2005.
30. Du Y, Gao B, Zhou H, Ju X, Hao H, Yin S. Health risk assessment of heavy metals in road dusts in urban parks of Beijing, China. Procedia Environ. Sci. 2013; 18: 299-309.
31. Liu X, Song Q, Tang Y, Li W, Xu J, Wu J. Human health risk assessment of heavy metals in soil- vegetable system: a multi-medium analysis. Science of the Total Environment. 2013; 463:530-40.
32. Weerasundara L, Amarasekara R, Magana-Arachchi D, Ziyath AM, Karunaratne D, Goonetilleke A, Vithanage M. Microorganisms and heavy metals associated with atmospheric deposition in a congested urban environment of a developing country: Sri Lanka. Sci. Total Environ. 2018; 584: 803-812.
33. Kurt-Karakus PB. Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: estimation of the health risk. Environ. Int. 2012; 50: 47-55.
34. Ma Y, Egodawatta P, Mcgree J, Liu A, Goonetilleke A. Human health riskassessment of heavy metals in urban stormwater. Sci. Total Environ. 2016; 557: 764-772.
35. Noorpoor A, Sadri Jahanshahi A. Evaluation of Health Risk Assessment by Heavy Metals in the Ambient Air of Tehran. Journal of environmental studies. 2014; 39(4):181-192. [Persian]
36. Shi GT, Chen ZL, Bi CJ, Wang L, Teng J, Li Y, Xu SA. Comparative study of health risk of potentially toxic metals in urban and suburban road dust in the most populated city of China. Atmos. Environ. 2011; 45:764-771.
37. Gao P, Liu S, Ye WY, Lin N, Meng P, Feng Y, Zhang Z, Cui F, Lu B, Xing B. Assessment on the occupational exposure of urban public bus drivers to bio accessible trace metals through re suspended fraction of settled bus dust. Sci. Total Environ. 2015;508: 37-45.
38. Omran F, Alahmr M, Othman M, Bahiyah N, Abdul Halim A, Latif MT. Compositions of dust fall around semi-urban areas in Malaysia. Aerosol and Air Quality Research 2012; 12: 629-642.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]

Assessment of the Health Risk of Lead in the Atmospheric Dust in Tehran City in Different Seasons

Samani M: **PhD. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Zanjan, Iran- Corresponding Author:Maryam.samani@znu.ac.ir**
Golchin A: **PhD. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture University of Zanjan, Zanjan, Iran**
Alikhani HA: **PhD. Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture University of Tehran, Tehran, Iran**
Baybordi A: **PhD. Assistant Professor, Department of soil and water Research, East Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran**
Received: Nov 6, 2020 Accepted: Dec 5, 2020

ABSTRACT

Background and Aims: Heavy metals in atmospheric dust can enter the human body through ingestion, respiration and skin contact and cause various diseases. The aim of this study was to determine the concentration of lead, a heavy metal, in atmospheric dust and assess its health risk during the period between winter of 1397 and the fall of 1398 in regions 9, 10, 11 and 12 of Tehran Municipality, Tehran, Iran.

Materials and Methods: Atmospheric dusts were collected monthly during one year in the following locations in Tehran: west and east of region 9; east of regions 10, 11 and 12 (the locations in the west of these regions had common borders with the eastern part of the adjacent region). A factorial experiment was performed in a completely randomized design with three replications; the experimental factors included sampling locations and sampling times (seasons). The concentration of lead in the samples was then determined after extraction with hydrochloric acid and concentrated nitric acid (ration 3:1).

Results: The lowest (177.1 mg/kg) and highest (98.476 mg/kg) concentration of lead were found to be in location 9W (Tehransar) in winter and in location 11E (Vahdet-E-eslami Avenue) in autumn, respectively. Further analysis of the data showed that ingestion of the atmospheric dust was the main risk of exposure to lead and that more than 90% of the risk index for non-cancerous diseases caused by lead was related to ingestion hazard quotient (HQ, risk equation).

Conclusion: Based on the findings it can be concluded that in winter the hazard quotient (HQ) and hazard index (HI, non-cancer Risk Index) for lead were lower than the maximum permitted levels for adults and children and, so, did not pose any health risk for these age groups. However, in spring, summer and autumn the risk index for lead was higher than the maximum permitted level for children and, thus, the risk of children developing non-cancerous diseases was high in all the sampling locations.

Keywords: Atmospheric Dust, Lead, Health Risk, Tehran

Copyright © 2021 Tehran University of Medical Sciences. Published by Tehran University of Medical Sciences.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-11-08]