

تعیین غلظت و منبع انتشار فلزات سمی در هوای نواحی شهری (مطالعه موردی: شهر مشهد)

حمیدرضا پورخباز: استادیار گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران*

سعدیه جوانمردی: مربی گروه محیط زیست، دانشگاه صنعتی خاتم الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

وصول: ۱۳۹۱/۲/۲۷ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۲۲، صص ۲۱۶-۲۰۷

چکیده

همه ترکیبات و یا عناصر شیمیایی ناشی از فعالیت‌های انسانی که به داخل اتمسفر رها می‌گردند، و به موجودات زنده می‌توانند آسیب برسانند، به عنوان آلاینده‌های هوا شناخته می‌شوند. انتشار آلاینده‌های هوا در طول دو دهه اخیر افزایش چشمگیری داشته است که این امر به دلیل رشد سریع اقتصادی در بسیاری از کشورهای در حال توسعه در نتیجه توسعه شهری، حمل و نقل، صنعتی شدن و تولید انرژی بوده است. هدف از این تحقیق بیان سطح آلودگی هوای شهر مشهد به وسیله تعدادی از فلزات سنگین (سرب، کروم، کبالت، کادمیم، مس و روی) و همچنین تعیین انتشار منابع آلوده کننده (طبیعی یا انسانی) آنها می‌باشد. در دو منطقه از شهر مشهد و ۲۰ کیلومتر دورتر از مرکز شهر با استفاده از دستگاه مکش هوا در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۶، نمونه برداری هوا انجام گرفت. برای جمع آوری نمونه‌ها از فیلترهای تفلونی و جهت آنالیز غلظت فلزات از روش هضم اسیدی استفاده شد. سپس غلظت فلزات سنگین در نمونه‌ها بوسیله دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی تعیین گردید. میانگین غلظت فلز سرب در هوای شهر مشهد $32 \pm 98/2$ ، کروم $4/3 \pm 49/6$ ، روی و کادمیم به ترتیب $1/4 \pm 4/8$ و $1/5 \pm 2/3$ نانو گرم بر متر مکعب بود، که غلظت سرب ۱۳، کروم ۵ و روی و کادمیم حدود ۲ برابر بیشتر از غلظت آنها در منطقه طرقله با حجم ترافیکی بسیار پایین بود. تعیین منبع آلودگی عناصر از طریق مدل ریاضی فاکتور غنی سازی برآورد گردید، که داده‌ها انتشار عناصر سمی به هوا بوسیله منابع انسانی را نشان داد. در منطقه کنترل به استثناء روی و سرب سایر فلزات EF کمتر از ۱۰ را نشان می‌دهند. در منطقه شهری کبالت و کادمیم همانند نواحی شاهد EF پایین دارند در حالی که سرب، کروم، روی و مس EF بالایی در این منطقه نشان می‌دهند. در هر صورت، هوای مشهد در مقایسه با شهرهای مختلف جهان از آلودگی کمتری به فلزات برخوردار می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: فلزات سنگین، فاکتور غنی سازی، آلودگی هوا، شهر مشهد

مقدمه

زندگی می‌کنند و درخواست محیط زیست تمیزتری دارند. آلودگی هوا در طول دو دهه گذشته در بسیاری از کشورهای در حال توسعه آسیا، آمریکای لاتین و آفریقا افزایش چشمگیری داشته است که این امر به دلیل رشد سریع اقتصادی در بسیاری از این کشورها

آلودگی هوا یک مشکل جدی در بسیاری از نواحی صنعتی و پرجمعیت جهان می‌باشد (Simpson and Layton, 1983: 1650). موضوع کیفیت هوای شهری بستگی به میزان جمعیتی دارد که در مراکز شهری

از آثار زیان بار و پنهان این فلزات خطرناک آگاه نباشد. در ایران مانند سایر مناطق آسیا، آلودگی هوا به وسیله انواع توسعه از جمله رشد شهرنشینی، توسعه سریع اقتصادی و صنعتی، افزایش ترافیک و به دنبال آن مصرف بالای انرژی در محیط‌های شهری ایجاد گشته است. علاوه بر بخش‌های صنعتی و حمل و نقل، فعالیت‌های ساختمانی و گردوغبار و همچنین تخلیه بالای آلودگی به ویژه مواد آلاینده سبب آلودگی شهرها شده است (Singh, 1995: 16). تحقیقات نشان می‌دهند که منابع فلزات سرب، روی، کادمیم و مس، فعالیت‌های بشری به ویژه وسایط نقلیه (حبیبی، ۱۳۷۸: ۵۳ Lagerwerff and Specht, 1970: 584; Rahn, 190; Karakas, 2004: 251; 1979) می‌باشد. فرهمندکیا و همکاران (۱۳۸۸) فلزات سنگین ذرات راسب شونده از هوای شهر زنجان را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که وجود این فلزات به علت فعالیت صنایع و اثر ترافیک شهری می‌باشد. غلامی و استکی (۱۳۸۸) نیز بر روی آلودگی خاک و هوای شهر کرج پایش زیستی انجام دادند، بطوری که نتایج نشان داد مناطق پرترافیک شهری عامل اصلی آلودگی هوا به فلزات سنگین در کرج می‌باشد. مشهد شهری بزرگ با جمعیت حدود ۱/۹ میلیون نفر می‌باشد که در شمال شرقی ایران و در دره رودخانه کاشف واقع شده و مرکز تجاری و صنعتی در استان خراسان رضوی می‌باشد. حوزه آبخیز این شهر توسط کوه‌های بلند از دو طرف احاطه شده است. دلایل اصلی آلودگی هوای این شهر افزایش جمعیت، ورود گردشگران زیارتی، وجود هزاران وسیله نقلیه که تقریباً

در نتیجه توسعه شهری، حمل و نقل، صنعتی شدن و تولید انرژی بوده است (UNEP, 1997: 55). بر اساس مطالعات مؤسسه منابع جهانی (World Resources Institute, 1994:23) آلودگی ناشی از وسایط نقلیه موجود، ۵۷ تا ۷۵ درصد از کل آلاینده‌های شهری در بسیاری از شهرهای بزرگ را شامل می‌شود که ته نشست‌های اتمسفری نتیجه تجمع این آلاینده‌های می‌باشد. این آلاینده‌ها شامل فلزات سنگین نیز است، که اثرات جبران ناپذیری روی محیط زیست می‌گذارد و حتی سبب مرگ پنهان در انسان‌ها می‌شود. این فلزات دارای فراوانی زیاد در طبیعت بوده و به مقدار کم نیز بسیار خطرناک می‌باشند، چرا که دارای خاصیت تجمع‌زیستی هستند. به عبارت دیگر فلزات سنگین پایدار بوده و قابل تجزیه و از بین رفتن نمی‌باشند، به طوری که بخش اعظمی از آلاینده‌های هوا را تشکیل داده، که سموم هوا نامیده می‌شوند. فلزات سنگین در نتیجه فرایندهای مختلف و همچنین منابع انسانی و طبیعی به داخل اتمسفر انتشار می‌یابند. از جمله فعالیت‌های انسانی می‌توان به مصرف سوخت‌های فسیلی همراه با افزودن فلزات، کان کنی، لاستیک اتومبیل‌ها و صنایع مختلف اشاره نمود. فلزات سنگین اثرات مهلکی روی موجودات و ارگانسیم می‌گذارد (Olivares, 2003: 152). اثرات فلزات سنگین روی انسان عمدتاً روی بافت‌های کبد، کلیه و اسکلت می‌باشد. این عناصر به دلیل نیمه عمر بالا (میانگین ۱۵ سال) باعث بیماری‌های پنهان در افراد مسن و کودکان در دراز مدت می‌گردد (Rabnowitz, 1972: 177). امروزه محدود کشوری پیدا می‌شود که

- فلزات سنگین و سمی در هوای شهر مشهد چه میزان است؟

- منبع انتشار فلزات سنگین در هوای شهر مشهد چیست؟

به دنبال آن چنین فرض می شود که:

- میزان فلزات سنگین در هوای منطقه مطالعاتی متفاوت است.

- منبع اصلی انتشار فلزات سنگین در هوای شهر مشهد، وسایط نقلیه می باشد.

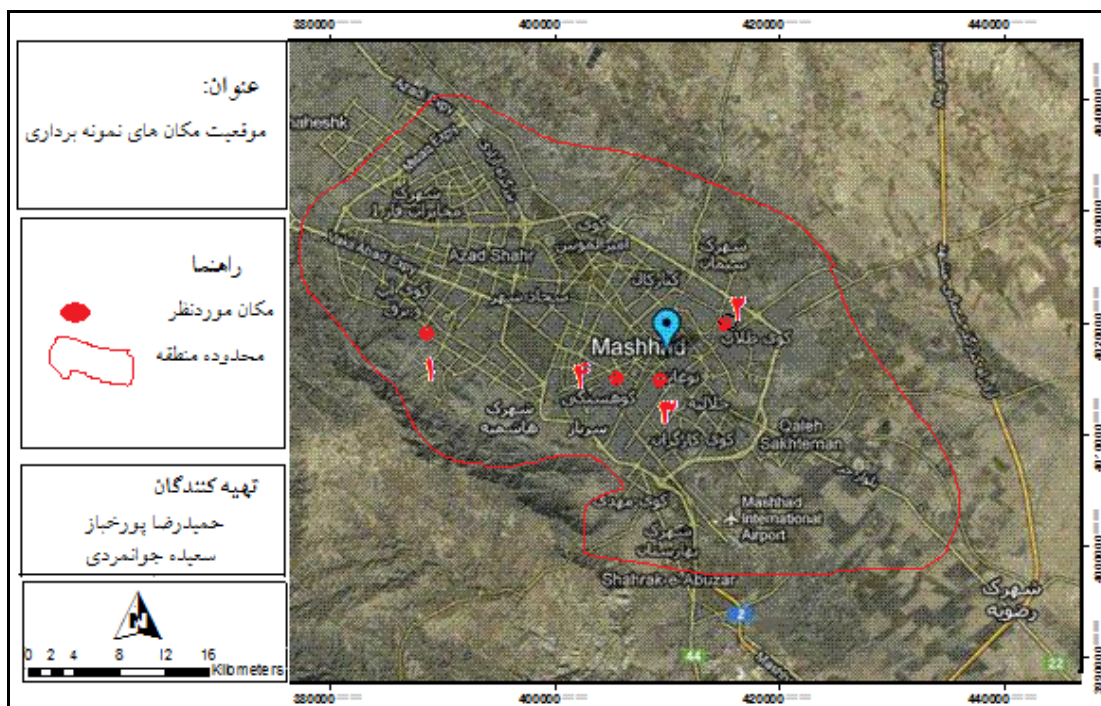
داده‌ها و روش‌ها

در این تحقیق سه مکان در حومه مرکز ترافیکی شهر به عنوان ایستگاه یک و ایستگاه بعدی حدود ۲۰ کیلومتر دورتر از مرکز شهر با ترافیک خیلی پایین بنام روستای طبقه انتخاب گردیده است (شکل ۱).

به طور تصاعدی افزایش یافته و می یابند، تعداد زیاد صنایع و میزان کم فضای سبز در حوزه مربوطه می باشد.

هدف از این تحقیق بیان سطح آلودگی هوای شهر مشهد به وسیله تعدادی از فلزات سنگین (سرب، کروم، کبالت، کادمیم، مس و روی) و همچنین تعیین انتشار منابع آلوده کننده (طبیعی یا انسانی) آنها می باشد. تعیین منبع آلودگی این فلزات در هوای شهر مشهد و منطقه شاهد می تواند ناشی از فرسایش طبیعی پوسته زمین و یا فعالیت های انسانی و گردوغبار باشد. جهت تعیین منبع آلودگی این فلزات راه ساده آماری (EF) پیشنهاد گردیده است (Rahn, 1979: 253; Manjunatha, 2001: 1465). سؤالاتی که در این

تحقیق مطرح می شود، عبارتند از:



شکل (۱): موقعیت ایستگاه های نمونه برداری در منطقه مطالعاتی

مدل ریاضی فاکتور غنی سازی (EF)^۳ مشخص گشته است. ارزش EF پایین تر از ده و نزدیک به یک، نشان می‌دهد که فرسایش پوسته زمین بعنوان منبع اولیه ماده آلوده کننده است و ارزش‌های بالاتر از ۱۰ بیانگر اهمیت منابع دیگر مانند فعالیت‌های انسانی، فرسایش خاک و گردوغبار است. تجزیه آماری با استفاده از برنامه SPSS و روش ANOVA انجام گردید.

نتایج

جدول (۱) تغییرات غلظت فلزات سنگین در هوای شهر مشهد و منطقه روستایی (طرقبه) را از اردیبهشت تا شهریور نشان می‌دهد و جدول (۲) نشان دهنده میانگین غلظت عناصر ته نشست شده روی فیلترها در مکان‌های نمونه گیری می باشد. برای تعدادی از فلزات مانند سرب ($P < 0.001$)، کروم ($P < 0.0$)، و کادمیم ($P < 0.05$)، نتایج اختلاف قابل ملاحظه ای بین شهر و روستا را نشان می دهد.

میانگین غلظت فلزات سنگین در این مطالعه با تحقیقات انجام شده در دیگر شهرهای جهان در جدول (۳) مقایسه گشته است. هرچند که موقعیت و جمعیت برخی شهرها با شهر مشهد متفاوت است، ولی از آنجایی که چنین مطالعاتی

در شهرهای ایران انجام نشده یا اگر شده قابل دسترسی نبوده، ناچاراً چنین مقایسه ای انجام گردیده است تا میزان بار آلودگی هوای شهر مشهد نشان داده شود. جدول (۴) میزان غنی سازی آلاینده‌های هوای منطقه مورد مطالعه و کنترل را نشان داده و بیانگر EF برای فلزات سنگین مورد نظر در این مطالعه می باشد.

برای آنالیز شیمیایی هوا ۲۴ ساعت نمونه برداری با استفاده از دستگاه مکش هوا^۱ انجام شد، که فیلترهای تفلونی^۲ با سوراخ‌هایی به اندازه $0.2 \mu m$ و قطر $47mm$ جهت مکش هوای آلوده مورد استفاده قرار گرفت. برای نصب دستگاه مذکور، ساختمان‌های مرتفع در هر دو منطقه انتخاب و دستگاه مکش هوا در فاصله دو متری از بالای پشت بام نصب، که ارتفاع ساختمان بطور تقریبی حدود ۱۰ متر بود. به دلیل مشکلات الکتریسته و تکنیکی، نمونه‌های هوا فقط در چهار مکان از دو ایستگاه جمع آوری شد که به طور میانگین در جداول (۱ و ۲) ارائه گردید. نمونه برداری هوا در ماه‌های اردیبهشت، تیر و شهریور سال‌های ۸۷-۱۳۸۶، یکبار در هفته برای مدت ۲۴ ساعت انجام شد. فیلترهای تفلونی جهت آزمایش در بطری‌های پلاستیکی پلی اتیلنی جهت جلوگیری از هر آلودگی نگهداری گردید. سپس مواد آلاینده روی فیلترها با روش هضم اسیدی استخراج (Koenig and Fortmann, 1999: 43) شد، بدین صورت که جهت هضم اسیدی نسبت ۲ به ۱ اسید نیتریک و اسید پرکلریک استفاده و سپس نمونه‌ها بعد از اینکه در دمای $120^{\circ}C$ به مدت ۵ ساعت روی حمام شن حرارت داده شد، فیلتر گردیده و توسط آب دوبار تقطیر به حجم $50cc$ رسانده شدند و غلظت فلزات سنگین در این محلول بوسیله دستگاه جذب اتمی به روش کوره گرافیتی (Backstrom and Danielsson, 1990: 37) تعیین گردید. نتایج داده‌ها به ngm^{-3} محاسبه شده است. همچنین تعیین منبع آلودگی توسط

1- Dehm & Zinkeisen Firm

2- Membrane Filter

3- Enrichment Factor

جدول (۱): میانگین غلظت فلزات سنگین هوا در منطقه شاهد و کنترل در زمان‌های مختلف (ng m^{-3})

فلزات	شهر (میانگین \pm انحراف معیار)			روستا (میانگین \pm انحراف معیار)		
	اردیبهشت	تیر	شهریور	اردیبهشت	تیر	شهریور
Pb	۴۸/۳ \pm ۸/۶۵	۷۶/۵ \pm ۹/۴	۱۳۱/۳ \pm ۳۳/۶	۴/۹ \pm ۶/۲	۷/۰ \pm ۴/۴	۱۱/۳۹ \pm ۵/۴
Cd	۰/۶۹ \pm ۰/۳	۲/۷ \pm ۰/۹	۳/۵۱ \pm ۱/۳	۰ \pm ۰	۰/۴۱ \pm ۰/۵	۱/۴۵ \pm ۰/۵
Zn	۲/۲۶ \pm ۱/۲	۳/۰۱ \pm ۰/۵	۵/۳۲ \pm ۱/۵	۱/۸ \pm ۰/۰۱	۱/۸ \pm ۰/۰۱	۲/۲۵ \pm ۱/۱
Cr	۴۷/۵۳ \pm ۹/۸	۵۱/۰۵ \pm ۱۰/۷	۵۰/۰۶ \pm ۸/۱	۱۱/۹ \pm ۴/۸	۶/۴ \pm ۳/۷	۹/۷۹ \pm ۲/۳
Co	۱/۳۵ \pm ۰/۶	۲/۷۶ \pm ۰/۶	۲/۸۷ \pm ۱/۲	۰/۳ \pm ۰/۰۱	۰/۳ \pm ۰/۰۱	۱/۲۹ \pm ۰/۸
Cu	۳۲/۷۹ \pm ۸/۲	۴۲/۷۷ \pm ۶	۴۸/۴۹ \pm ۷/۶	۳۸/۴۴ \pm ۱۲	۴۱/۲۹ \pm ۵/۲	۵۰/۳۷ \pm ۸/۴

جدول (۲): میانگین غلظت عناصر (ng m^{-3}) در هوای ایستگاه‌های تحقیقی مشهد ($n = 24$)

فلزات	شهر (میانگین \pm انحراف معیار)	روستا (میانگین \pm انحراف معیار)	اختلاف معنی داری
Pb	۳۲ \pm ۹۸/۲	۳/۱ \pm ۷/۵	***
Cd	۱/۵ \pm ۲/۳	۰/۶ \pm ۰/۷	*
Zn	۱/۴ \pm ۴/۸	۰/۷ \pm ۲	Ns
Cu	۸/۶ \pm ۴۲	۷/۸ \pm ۴۴/۲	Ns
Co	۲ \pm ۲/۳	۰/۶ \pm ۰/۷	*
Cr	۴/۳ \pm ۴۹/۶	۲/۲ \pm ۹/۳	**

$P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$, *** $P \leq 0.001$, ns = not significant

جدول (۳): مقایسه میانگین فلزات سنگین در شهر مشهد (ng m^{-3}) با سایر مطالعات

مکان	Cd	Zn	Pb	Cu	Cr	منابع
مشهد	۲/۳	۴/۸	۹۸/۲	۴۲	۴۹/۶	
امان		۲۶	۹۴	۴۰۰		Jaradat and Momani, 1999
قاهره		۹۰	۱۰	۱۹۰		Hindy and Farag, 1983
دواس			۲۴۰	۴۹	۱۴۰	Rao and Dubey, 1992
ریاض		۴۰	۲۰۰	۲۴۰		Raouf and Al-sahhaf, 1992
کاراکاس		۶۹۰	۴۱۰		۵<	Escalona and Sanhueza, 1981
تایوان		۱۵۶	۷۸	۱۷		Wang, 1989
میشیگان	۷/۱		۱۶۹			Pirrone and Keeler, 1996
سانتیاگو		۳۱۰	۱۰۰	۲۲۰		Romo-Kroeger, 1989

جدول (۴): فاکتور غنی سازی آلودگی هوا و انحراف معیار فلزات سنگین در ایستگاه‌های نمونه برداری

فلزات	شهر	انحراف معیار	روستا	انحراف معیار
Cr	۱۳	۴/۱	۱	۰/۴
Co	۱۰	۶	۹/۱	۷/۴
Cu	۱۴/۸	۵/۶	۶/۹	۲/۲
Zn	۳۲/۵	۱۳/۲	۲۶/۷	۱۲
Cd	۱۰	۳/۲	۳/۷	۱/۶
Pb	۹۳/۶	۲۹/۵	۶۸/۶	۲۳/۲

بحث

با توجه به نتایج این تحقیق، آلودگی فلزات در نواحی شهری و روستایی تغییرات مختلفی را نشان می‌دهد (جدول ۱):

- تغییرات در غلظت کروم از اردیبهشت تا شهریور در هر دو منطقه پایین بوده و اختلاف معنی داری در این زمان پیدا نگردید.

- تغییرات مقدار کادمیم در هوای هر دو ایستگاه در طول زمان افزایش نشان می‌دهد. به عبارت دیگر از شروع فصل تعطیلات تابستانی تا انتها یعنی شهریور ماه افزایش کادمیم قابل ملاحظه می‌باشد. اما مقدار کادمیم در هوای شهر در طول این مدت بطور معنی داری از منطقه تفریحی طرجه بیشتر بود.

- غلظت کبالت و روی در شهر مشهد افزایش اندکی در طول این دوره زمانی نشان می‌دهد، که می‌تواند ناشی از تراکم وسایط نقلیه یا سایر فعالیت‌های انسانی باشد. اما در روستا غلظت این فلزات تقریباً پایدار مانده است یا به عبارتی افزایش چشمگیری نداشته است. غلظت فلز سرب در طول دوره زمانی در هر دو منطقه به ویژه منطقه شهری افزایش چشمگیری نشان می‌دهد، اما تغییرات غلظت عنصر سرب در منطقه نمونه گیری در شهریور ماه در مقایسه با سایر ماه‌ها به میزان زیادی به چشم می‌خورد. این در مورد عناصر دیگر مانند روی، کروم و کادمیم با CV بین ۴۰ تا ۶۵٪ در زمان‌های مختلف صادق بود.

بطور کلی افزایش معنی دار غلظت سرب، کادمیم و کبالت در هوای شهر در طول این مدت می‌تواند به

دلیل ورود گردشگران فراوان و در نتیجه افزایش سریع اتومبیل‌ها در این ماه‌ها باشد. در مکان‌های نمونه برداری در شهر مشهد تقریباً بین ۴۰۰۰-۳۰۰۰ اتومبیل و موتور سیکلت در ساعت جابجا می‌شوند، در حالی که در منطقه کنترل، بیشتر وسایط نقلیه محدود به آخر هفته و بطور میانگین حدود ۶۵۰-۵۰۰ عدد در ساعت تخمین زده شد. غلظت بالای فلزات سنگین در هوای شهر در زمان‌های تیر و شهریور در مقایسه با اردیبهشت همچنین می‌تواند به درجه حرارت بالای هوا ارتباط داشته باشد، همچنان که پراکنش مواد آلاینده بستگی به واریانس‌های درجه بالای حرارت و سرعت زیاد دارد.

غلظت سرب در هوای شهر مشهد بطور میانگین $98/2$ با انحراف معیار 32 ، غلظت کروم $49/6$ با انحراف معیار $4/3$ و غلظت روی و کادمیم به ترتیب $1/4 \pm 8/4$ و $1/5 \pm 2/3$ نانو گرم بر متر مکعب در جدول (۲) نشان داده شده است، در حالی که برای هوای منطقه کنترل، برای سرب $3/1 \pm 7/5$ ، کروم $2/2 \pm 9/3$ ، روی $0/7 \pm 2$ و کادمیم $0/6 \pm 0/7$ نانو گرم بر متر مکعب برآورد گشته است (اثبات فرضیه اول).

بنابراین غلظت سرب در هوای مشهد 13 ، کروم 5 و روی و کادمیم در حدود 2 مرتبه بالاتر از غلظت این فلزات در هوای طرجه به عنوان منطقه شاهد بود، در حالی که میانگین غلظت فلز مس در هوای روستا از هوای شهر بالاتر می‌باشد (جدول ۲)، اما اختلاف معنی داری یافت نشد. براساس تحقیقات oliva and (2004) valdes ترافیک می‌تواند منبع مهم انتشار مس در

و توسعه حمل و نقل عمومی به ویژه در سال‌های اخیر باشد.

همانطور که گفته شد جهت تعیین منبع آلودگی فلزات راه ساده آماری (EF) پیشنهاد گردیده است. در منطقه کنترل به استثناء روی و سرب سایر فلزات EF کمتر از ۱۰ را نشان می‌دهند. در منطقه شهری کبالت و کادمیم همانند نواحی شاهد EF پایین دارند در حالی که سرب، کروم، روی و مس EF بالایی در این منطقه نشان می‌دهند. فلزات کبالت و کادمیم عموماً ناشی از فعالیت‌های انسانی در نظر گرفته می‌شوند، اما پایین بودن EF در نواحی شهری ثابت می‌کند که منابع عمده مهم انسانی برای این فلزات در شهر مشهد وجود ندارد. EF بالای سرب، روی و مس همچنین به وسیله Rahn (1979) و Foner (2006) گزارش شده است.

خادم حقیقت (۱۳۷۰) بارآلودگی سرب در برگ درختان چنار تهران را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که میزان سرب درختان در مناطق پر ترافیک شهری بالاست. حبیبی (۱۳۷۸) طی تحقیقی مشخص کرد که دلیل افزایش غلظت سرب در خاک و گیاهان حاشیه جاده، تردد وسایط نقلیه به عنوان منبع آلودگی می‌باشد. پورخباز و همکاران (۱۳۸۷) نیز غلظت بالای سرب، روی، کرم و کادمیم در برگ درختان چنار و زبان گنجشک در نواحی شهری را ناشی از ترافیک سنگین می‌دانند. Karakas (1970) و Lagerwerff and Specht (2006) نشان دادند که منبع اولیه فلزات سرب، روی، کادمیم و مس اشاره شده

اتمسفر باشد، چنان که بوسیله سایش لاستیک به ویژه در هنگام ترمزگیری تولید می‌گردد. در هر صورت در منطقه مورد مطالعه، مقدار مس در خاک‌های نواحی روستایی بالاتر از نواحی شهری بوده است. بنابراین غلظت تقریباً بالای مس در هوای روستا می‌تواند نتیجه مقدار بالای فرسایش طبیعی پوسته زمین در این مکان باشد. محاسبه فاکتور غنی سازی آلودگی هوا (EF) برای مس (۶/۹) این نتیجه را تأیید می‌کند.

نتیجه گیری

مطابق جدول (۳)، آلودگی کادمیم در شهر مشهد تقریباً شبیه به آنچه در شیکاگو و دیترویت اندازه گیری شده، می‌باشد، اما بسیار پایین تر در مقایسه با شهرهای میشگان و کلونداست. اما غلظت کروم گاهی اوقات در شهر مشهد بالاتر از سایر تحقیقات بوده است. آلودگی فلز سرب بعنوان یک ماده آلوده کننده اصلی قابل مقایسه با شهر سانتیاگو و امان می‌باشد اما غلظت آن خیلی پایین تر از مقدار یافت شده در شیکاگو و تورنتو، کاراکاس، ریاض و دواس می‌باشد، اما بالاتر از آنچه در قاهره و در تایوان گزارش شده، است.

در هوای شهر مشهد، میزان مس تا حدودی شبیه به هوای دواس، اما سه تا ده برابر پایین تر در مقایسه با هوای سانتیاگو، ریاض و کلوندا نشان می‌دهد. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که هوای شهر مشهد آلودگی کمتری در مقایسه با شهرهای بزرگ جهان دارد. این می‌تواند به دلیل توسعه نسبتاً پایین صنعتی و مکان‌گزینی بهینه صنایع، محدودیت ترافیک در مراکز شهر

دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۲۰: ۱۵۲-۱۴۴.

حبیبی، مسعود، (۱۳۷۸)، بررسی میزان سرب موجود در خاک و نباتات حاشیه جاده سراسری مازندران (بهشهر- آمل)، استاد راهنما: فاضلی محمد شریف، پایان نامه کارشناسی ارشد محیط زیست دانشگاه تربیت مدرس.

حقیقت خادم، حمیدرضا، (۱۳۷۰)، توزیع سرب در برگ‌های چنار نسبت به مراکز تردد خودرو در مناطق مختلف تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

غلامی، علی، استکی، خسرو، (۱۳۸۸)، زیست ردیابی آلودگی خاک و هوای شهر کرج، فصل‌نامه جغرافیایی چشم‌انداز زاگرس، شماره ۲: ۷۹-۸۸.

فرهمندکیا، زهره، مهراسبی، محمدرضا، سخاوتجو، محمدصادق، حسنعلی زاده مظهر، امیرشاهرخ و رمضانزاده، زهرا، (۱۳۸۸)، بررسی فلزات سنگین در ذرات راسب شونده از هوای شهر زنجان، مجله سلامت و محیط انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۴: ۲۴۹-۲۴۰.

Backstrom, K., and Danielsson, L.R., (1990), A mechanized continuous flow system for the concentration and determination of Co, Cu, Ni, Pb, Cd and Fe in seawater using graphite furnace atomic absorption. *Marine Chemistry*, 21: 33-46.

Escalona L., and Sanhueza, E., (1981), Elemental analysis of the total suspended matter in the air in downtown Caracas. *Atmospheric Environment*, 15: 61-64.

Foner, H.A., (2006), The chemical composition and sources of dust fall on lake Kinnert

ناشی از فعالیت‌های بشری به ویژه وسایط نقلیه در نواحی شهری می‌باشد. روی در روغن‌های استفاده شده در اتومبیل‌ها بعنوان بسیاری از ترکیبات افزودنی یافت می‌شود. از آنجایی که کارخانجات عمده ای در مکان‌های نمونه برداری وجود ندارد، منبع روی در هوا و محل مورد مطالعه می‌تواند به دلیل روغن‌های ماشین و تایرهای فرسوده باشد. سطوح ناهموار خیابانی در هر دو مکان با افزایش سائیدگی لاستیک‌ها، می‌تواند منبع اولیه تولید باشد. (Nriagu and Davidson (1986 تخمین زدند که بیشتر از ۹۹ درصد آلودگی سرب هوا ناشی از منابع بشری و تقریباً ۶۰ درصد از این سرب از وسایط نقلیه انتشار می‌یابد. Oguniola (1994) یک ارتباط معنی داری بین غلظت سرب، تراکم ترافیک و EF بالا یافتند. در پایان از آنجایی که صنایع مهم و عمده ای در نواحی مطالعه موجود نبود، فقط می‌توان تخمین زد که منبع اولیه تولید بسیاری از فلزات مذکور با EF بالا در هر دو ایستگاه، وسایط نقلیه است (اثبات فرضیه دوم). البته برای دو فلز کروم و کبالت در نواحی شهری علاوه بر ترافیک می‌توان از کارخانجات چرم نزدیک شهر مشهد نام برد.

منابع

پورخباز، علیرضا، پورخباز، حمیدرضا، (۱۳۸۷)، مطالعه آلودگی هوای شهر مشهد با تعیین غلظت فلزات سنگین در برگ درختان، مجله علوم

- Olivares, E., (2003), The effect of lead on the phytochemistry of *Tithonia diversifolia* exposed to roadside automotive pollution or grown in pots of Pb-supplemented soil. *Journal of Plant Physiology*, 15: 149-158
- Oliva, S.R., and Valdes, B., (2004), *Licium lucidum* leaves as a bioindicator of the Air-quality a Mediterranean city. *Environmental Monitoring and Assessment*, 96: 221-232.
- Pirrone, N., and Keeler, G.J., (1996), A preliminary assessment of the urban pollution in the Great Lakes region. *Science of the Total Environment* 189/190: 91-98
- Rabnowitz, M.B., (1972), Plant uptake of soil and atmospheric lead in Southern California. *Chemosphere*, 1: 175-180.
- Rahn, K.A., (1979), Long-range impact of desert aerosol on atmospheric chemistry: two examples. In: Morales, C., (ed), *Scope 14: Saharan Dust (Mobilization, transport, deposition)*, pp. 243-266. John Wiley. Chechester.
- Rao, M.V., and Dubey, P.S., (1992), Occurrence of heavy metals in air and their accumulation by tropical plants growing around an industrial area. *Science of the Total Environment*, 126: 1-16.
- Raouf, S.A., and Al-sahhaf, M., (1992), Study of particulate pollutants in the air of Riyadh by energy dispersive X-ray fluorescence spectrometry. *Atmospheric Environment*, 26: 421-423.
- Romo-Kroeger, C.M., (1989), Risks of airborne particulate exposure in a copper mine in Chile. *Industrial health*, 27: 95-99.
- Simpson, R., and Layton, A., (1983), Forecasting peak ozone levels. *Atmospheric Environment*, 17: 1649-1654.
- Singh, N., (1995), Monitoring of auto exhaust pollution by roadside plants. *Environmental Monitoring and Assessment*, 34: 13-25.
- UNEP, (1997), *Global environment outlook-1. United nation environmental programme. Global state of the environment report 1997*. Oxford university press, New York.
- (The sea of Galilee), Israel. *Chemical Composition* 8 doc.
- Hindy, K.T., and Farag, S.A., (1983), Composition of suspended and settled particulate matter from the atmosphere: A comparative study. *Environmental Pollution*, 5: 247-254.
- Jaradat, Q.M., and Momani, K.A., (1999), Contamination of roadside soil, Plants, and air with Heavy metals in Jordan; A comparative Study. *Turkish Journal of Chemistry*, 23: 209-220.
- Karakas, D., (2004), Trace and major element compositions of Black Sea aerosol. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 259: 187-192.
- Koenig, N., and Fortmann, H., (1999), *Probenvorbereitungs-, Untersuchungs- und Elementbestimmungsmethoden des Umweltanalytik-Labors der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt, 1. Ergänzung: 1996-1998, Teil 2: Elementbestimmungsmethoden M-Z und Sammelanhänge. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme der Universität Göttingen, Reihe B, Bd. 59, 462 Seiten, DM 37,00.*
- Lagerwerff, J.V., and Specht, A.W., (1970), Contamination of road soil and vegetation with cadmium, nickel, lead, and zinc. *Environmental Science and Technology*, 4: 583-586.
- Manjunatha, B., (2001), Geochemistry and assessment of metal pollution in soils and river components of a monsoon-dominated environment near Karwar, southwest coast of India. *Environmental Geology*, 40: 1462-1470.
- Nriagu, J.O., and Davidson, C.I., (1986), Toxic metals in the atmosphere. *Wiley series in: Advances in Environmental Science and Technology*, 17: 201-266.
- Ogunsola, O.J., (1994), Traffic pollution: preliminary elemental characterization of roadside dust in Lagos, Nigeria. *Science of the Total Environment*, 146/147: 175-184.

World Resources Institute, (1994), World resources 1994-1995. New York: Oxford University Press.

Wang, C.F., (1989), Multi-element Analysis of airborne particulate matter by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. *Analyst*, 114: 1067-1070.