

بررسی غلظت منواکسید کربن در هوای آزاد شهری و هوای داخل ساختمان‌های مسکونی شهر اردبیل

مهدی فضل زاده^۱، روح اله رستمی^۲، صادق حضرتی^{۳*}

^۱ مربی، کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران
^۲ مربی، دانشجوی دکتری مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سمنان، سمنان، ایران
^۳ دانشیار، دکترای بهداشت حرفه ای، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، اردبیل، ایران

*نشانی نویسنده مسئول: اردبیل، دانشگاه علوم پزشکی اردبیل، دانشکده بهداشت، صادق حضرتی

E-mail: s.hazrati@arums.ac.ir

وصول: ۹۴/۸/۱۵، اصلاح: ۹۴/۱۰/۱۶، پذیرش: ۹۴/۱۲/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: مونوکسید کربن گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و سمی بوده و از آلاینده‌های مهم هوای محیط‌های داخلی و همچنین خارج ساختمان می‌باشد. بنابراین، این مطالعه با هدف اندازه‌گیری غلظت CO در هوای آزاد شهری و هوای داخل منازل مسکونی شهر اردبیل و مقایسه آن با استاندارد کیفیت هوا انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه‌ی توصیفی - تحلیلی، غلظت مونوکسید کربن در طی دو فصل تابستان و زمستان از هوای آزاد شهری و هوای داخل ۵۰ واحد مسکونی در سال ۱۳۹۲ صورت گرفت. اندازه‌ی CO به وسیله‌ی دستگاه گازسنج پرتابل و به مدت ۱ ساعت از محدوده‌ی تنفسی افراد انجام شد.

یافته‌ها: نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که مقدار مونوکسید کربن در هوای محیط بیرون ($1/13 \pm 2/18$ ppm) در مقایسه با هوای داخل منازل ($0/63 \pm 0/57$ ppm) بیشتر می‌باشد. همچنین میزان مونوکسید کربن در هوای داخل در فصل زمستان ($0/62 \pm 0/63$ ppm) اندکی بیشتر از فصل تابستان ($0/65 \pm 0/51$ ppm) می‌باشد. نسبت غلظت مونوکسید کربن در هوای بیرون به هوای داخل منازل (I/O) نیز برابر $0/76 \pm 0/37$ به‌دست‌آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، کیفیت هوای شهری و هوای داخلی منازل در شهر اردبیل از لحاظ شاخص مونوکسید کربن در حد قابل قبول بوده و آلودگی کمتر از مقادیر رهنمود برآورد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، مونوکسید کربن، هوای داخل، هوای آزاد، نسبت I/O.

مقدمه

مانند چوب، زغال‌سنگ، نفت، گاز طبیعی و نفت سفید تولید می‌شود (۲). صنایع و وسایل نقلیه‌ی موتوری به‌عنوان مهمترین منابع برای آلودگی اتمسفری مونوکسید کربن در محیط‌های شهری شناخته می‌شوند، اما کیفیت هوای داخل ساختمان ممکن است به‌وسیله‌ی طیف وسیعی از منابع

مونوکسید کربن، گازی بی‌رنگ، بی‌بو، بی‌مزه و غیرقابل اشتعال است (۱) که ممکن است از طریق منابع طبیعی و مصنوعی به داخل محیط زیست انتشار یابد. این گاز به‌وسیله‌ی احتراق ناقص سوخت‌های حاوی کربن

منتشرکننده‌ی مونوکسیدکربن از قبیل اجاق گاز، دود تنباکو، بخاری‌های با سوخت چوبی، شومینه و دیگر اجاق‌های با سوخت‌های فسیلی متاثرشود(۳).

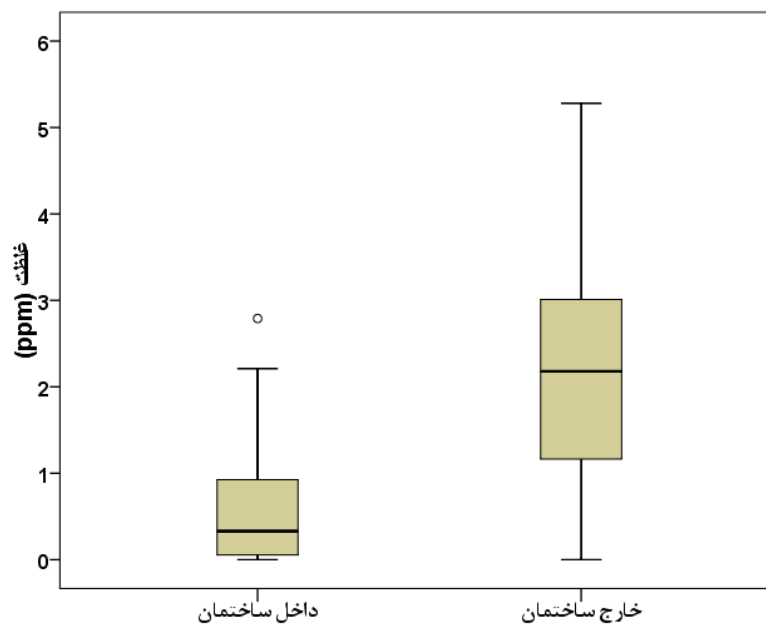
مواجهه با غلظت‌های بالای مونوکسیدکربن در هوای محیط‌های داخل به‌ندرت مشاهده شده‌است و تنها در بعضی از شرایط و محدوده‌ی خاص مانند مکان‌هایی که نزدیک منابع انتشار مونوکسیدکربن قرار گرفته‌اند، اتفاق می‌افتد(۴). غلظت مونوکسیدکربن در هوای محیط‌های داخل ساختمان معمولاً تحت شرایط با تهویه طبیعی و میزان‌های تخلیه‌ی هوای کافی به بیش از ۳۰ ppm تجاوز نمی‌کند(۵). در محیط‌های بسته که فاقد منابع تولید کننده‌ی مونوکسیدکربن هستند، غلظت‌های مونوکسیدکربن داخل ساختمان در منازل مسکونی، مدارس و ادارات به‌طور نسبی به‌وسیله‌ی غلظت‌های مونوکسیدکربن هوای آزاد شهری(۶) با نسبت‌های داخل به خارج تقریباً ۱ تحت تاثیر قرار خواهند گرفت(۲).

مواجهه با مونوکسیدکربن منجر به اثرات بهداشتی مختلفی از قبیل اثر بر روی سیستم قلبی-عروقی، ریه‌ها، سیستم اعصاب مرکزی و خون، بسته به وضعیت فیزیولوژیکی و بهداشتی شخص مواجهه‌یافته، غلظت آلاینده و زمان مواجهه خواهد داشت(۲، ۷). یکی از اثرات مهم مواجهه با مونوکسیدکربن، واکنش آن با مولکول‌های هموگلوبین خون و تشکیل کربوکسی هموگلوبین می‌باشد که منجر به کاهش ظرفیت حمل اکسیژن به مغز و دیگر ارگان‌های بدن می‌گردد. غلظت کربوکسی هموگلوبین در خون به‌عنوان یک شاخص برای پیامدهای بهداشتی مواجهه با مونوکسیدکربن در نظر گرفته می‌شود و علائم مختلفی به غلظت‌های متفاوت کربوکسی هموگلوبین در خون مرتبط است. در کل، علائم و نشانه‌های سمیت حاد با مونوکسیدکربن در غلظت COHb تقریباً ۳-۲۴٪ آشکار می‌شود. همچنین اثبات شده‌است که علائم مواجهه با مونوکسیدکربن در غلظت‌های COHb بیشتر از ۳٪ ظاهر می‌گردد(۵).

به‌همین خاطر، بسیاری از سازمان‌ها برای رویارویی با مونوکسیدکربن در هوا، استاندارد یا رهنمود تعیین کرده‌اند. OSHA، NIOSH و وزارت بهداشت ایران به‌ترتیب ۵۰ ppm (REL-TWA)، ۳۵ ppm (REL-TWA) و ۲۵ ppm (OEL-TWA) را برای مواجهه‌ی شغلی کارگران با مونوکسیدکربن پیشنهاد کرده‌اند (۸-۱۰). همچنین استاندارد ملی کیفیت هوای آزاد سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۹ ppm برای مواجهه‌ی ۸ ساعت و یا ۳۵ ppm را برای مواجهه‌ی ۱ ساعت به‌عنوان استاندارد اولیه برای مواجهه با مونوکسیدکربن در هوای آزاد شهری به‌صورت رهنمود ارائه کرده‌اند. علاوه بر این‌ها WHO هم غلظت‌های ۶ ppm برای مواجهه‌ی ۲۴ ساعته، ۹ ppm برای مواجهه‌ی ۸ ساعت و یا ۲۸ ppm برای مواجهه‌ی ۱ ساعت مونوکسید کربن در هوای آزاد شهری به‌عنوان رهنمود ارائه کرده‌اند(۲، ۱۱، ۱۲).

گزارش‌های زیادی بر روی غلظت مونوکسیدکربن در هوای آزاد شهری و بعضی مناطق صنعتی منتشر شده است (۴، ۶، ۱۳، ۱۵)، اما غلظت‌های مونوکسیدکربن در محیط‌های کوچک عمومی به‌مراتب کمتر از میزان‌های گزارش شده در هوای آزاد شهری و صنعتی می‌باشد. یکی از این مناطق مهم، خانه‌های مسکونی می‌باشد که به‌دلیل سپری شدن قسمت اعظم وقت انسان‌ها به‌خصوص کودکان و سالمندان در آن، باید از لحاظ گاز مونوکسیدکربن به‌صورت مرتب مورد پایش قرارگیرد(۱۶).

شهر اردبیل، یک شهر سردسیر و در شمال غربی ایران واقع شده‌است و در اکثر زمان‌های سال بخاطر شرایط آب و هوایی متفاوت آن، از بخاری برای گرمایش استفاده می‌شود. با توجه به این‌که تاکنون هیچ مطالعه‌ای در رابطه با غلظت‌های مونوکسیدکربن در هوای محیط‌های داخل ساختمان و هوای آزاد شهر اردبیل صورت‌نگرفته است، لذا این مطالعه با هدف بررسی غلظت گاز



شکل ۱: نمودار باکس پلات غلظت مونوکسید کربن در هوای داخل و خارج ساختمان ها

مونوکسیدکربن در هوای محیط خارج ساختمان در مجاور ساختمان و حداکثر در فاصله ۱۰۰ متری منازل مسکونی انتخاب شدند و سنجش گاز مونوکسیدکربن مطابق روش اندازه‌گیری شده در هوای داخل ساختمان صورت گرفت. در محیط‌های داخل ساختمان نیز اندازه‌گیری از چهار نقطه‌ی (آشپزخانه و ۳ نقطه‌ی هال)، انجام و میانگین آنها برای هوای محیط داخل ساختمان گزارش شد. علاوه بر غلظت گاز مونوکسیدکربن متغیرهایی شامل: طبقه‌ی ساختمان، وجود یا عدم وجود فرد سیگاری، نوع سامانه‌ی گرمایشی و نوع آشپزخانه (باز یا بسته) با استفاده از پرسش‌نامه‌ی خودساخته جمع‌آوری شد. در نهایت غلظت‌های مونوکسیدکربن در محیط‌های داخل ساختمان و هوای آزاد با استانداردهای ملی و بین‌المللی مورد مقایسه قرار گرفت. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS و آزمون‌های T-test، آزمون چندمتغیره (Multivariate)، آزمون همبستگی و آزمون آمار توصیفی استفاده گردید.

یافته‌ها

نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری مقدار مونوکسیدکربن محیط، حاکی از غلظت بیشتر آن در هوای

مونوکسیدکربن در هوای محیط‌های داخل ساختمان و هوای آزاد شهر اردبیل و تاثیر فاکتورهای تاثیرگذار بر روی آنها در محیط‌های داخل ساختمان انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در سال ۱۳۹۲ بر روی غلظت‌های مونوکسیدکربن در هوای آزاد و هوای محیط‌های داخل ساختمان در فصل‌های تابستان و زمستان بر روی ۵۰ خانه مسکونی شهر اردبیل انجام گرفته است. غلظت‌های مونوکسیدکربن در هوای محیط‌های داخل ساختمان و هوای آزاد در محدوده‌ی تنفسی افراد (تقریباً ۱۵۰ سانتی متری سطح زمین) با استفاده از گازمتر پرتابل BW MAX XTII ساخت کشور کانادا اندازه‌گیری شد. رنج اندازه‌گیری این دستگاه ppm ۰-۱۰۰۰ با دقت ± 1 ppm بود. دستگاه گازسنج قبل از استفاده، کالیبره و اندازه‌گیری مونوکسیدکربن در هر مکان به مدت ۶۰ دقیقه انجام شد. بدین طریق که هر ۲ دقیقه یک قرائت توسط دستگاه گاز سنج صورت گرفت. بنابراین در کل ۶۰ دقیقه نمونه‌برداری ۳۰ قرائت در هر محل صورت گرفت و غلظت نهایی مونوکسیدکربن از میانگین غلظت‌های مونوکسیدکربن برای هر محل به دست آمد. محل اندازه‌گیری غلظت

جدول ۱: غلظت مونوکسید کربن (ppm) در هوای داخل و خارج منازل در فصل تابستان و زمستان

حد اکثر	حداقل	میانگین غلظت	فصل	
۲/۷۹	.	۰/۵۱± ۰/۶۵	تابستان	هوای داخل
۲/۰۴	.	۰/۶۳± ۰/۶۲	زمستان	
۴/۳۲	.	۲/۱۸± ۱/۱۸	تابستان	هوای خارج
۵/۲۸	۰/۱۵	۲/۱۷± ۱/۰۸	زمستان	
۱/۷۸	.	۰/۲۸± ۰/۳۷	تابستان	نسبت غلظت (I/O)
۶/۸۷	.	۰/۴۶± ۱/۰۱	زمستان	

جدول ۲: میانگین غلظت مونوکسید کربن (ppm) در هوای داخل و خارج منازل برحسب متغیرهای مورد مطالعه

شاخص	درصد فراوانی (%)	میانگین غلظت (ppm)	p-value
همکف	۴۰	۰/۸۹± ۰/۸۱	
شماره‌ی طبقه	اول	۰/۲۸± ۰/۳۳	۰/۵۵
	بالتر	۰/۲۳± ۰/۴۳	
مصرف سیگار	بله	۰/۶۳± ۰/۷۲	۰/۳۲
	خیر	۰/۲۱± ۰/۲۶	
سامانه‌ی گرمایشی	بخاری	۰/۸۱± ۰/۷۱	۰/۰۴۵
	شوفاژ	۰/۰۹± ۰/۱۵	
نوع آشپزخانه	باز	۰/۵۶± ۰/۶۸	۰/۷۵
	بسته	۰/۱۶± ۰/۲۲	

بیرون منازل در فصل تابستان و زمستان نیز مشابه یگدیگر بودند (جدول ۱). براساس این نتایج، غلظت مونوکسید کربن در هر دو فصل در هوای بیرون، بیش از هوای داخل منازل بوده و میانگین نسبت غلظت کمتر از ۱ می باشد (جدول ۱). بالاترین مقدار حداقل و حداکثر غلظت هوای خارج نیز به ترتیب (۰/۱۵) و (۵/۲۸) در فصل زمستان مشاهده شد.

با توجه به عوامل بررسی شده‌ی موثر بر غلظت مونوکسیدکربن در این مطالعه، فراوانی هر یک از عوامل مطابق جدول ۲ به دست آمد. نتایج حاصل شده، حاکی از غلظت پایین تر مونوکسیدکربن در هوای داخل منازل واقع در طبقات بالاتر بود (جدول ۲). هرچند که آزمون آماری چندمتغیره (Multivariate) فقط تاثیر معنادار نوع سامانه‌ی گرمایشی منزل را بر میزان غلظت مونوکسیدکربن داخل منزل نشان داد ($p=0/045$)، اما در آزمون تعقیبی صورت گرفته، تاثیر معنادار طبقه‌ی ساختمان در فصل تابستان مابین هر سه دسته بندی طبقات ($p<0/05$) و در زمستان

محیط بیرون ($1/13 \pm 2/18$ ppm) در مقایسه با هوای داخل منازل ($0/57 \pm 0/63$ ppm) می باشد. نمودار شکل ۱، توزیع مقادیر غلظت به دست آمده در هوای داخل و بیرون ساختمان‌ها را در این مطالعه نشان می دهد. نسبت غلظت هوای بیرون به هوای داخل منازل (I/O) نیز برابر $0/76 \pm 0/37$ به دست آمد. همچنین، آزمون آماری تی تست نشان دهنده‌ی تفاوت معنادار غلظت مونوکسیدکربن در هوای داخل و خارج منازل می باشد ($p < 0/01$). با وجود این تفاوت معنادار در غلظت مونوکسیدکربن مابین هوای داخل و خارج منازل، رابطه‌ی همبستگی بین غلظت هوای داخل و خارج مشاهده نگردید ($p=0/15$) و فقط در مورد ساختمان‌های طبقه‌ی همکف رابطه‌ی همبستگی معنادار بین هوای داخل و خارج به دست آمد ($p=0/043$).

میانگین غلظت مونوکسیدکربن هوای داخل و خارج منازل در فصل زمستان اندکی بیش از فصل تابستان بود. ولی آزمون تی تست نشان داد که این تفاوت از لحاظ آماری معنادار نمی باشد ($p=0/1$). میانگین غلظت هوای

مابین طبقه‌ی همکف و طبقات بالاتر از ۱ ($p=0/049$)، مشخص گردید. همچنین مقدار حداکثر غلظت در هوای داخل ($2/79\text{ppm}$) در شرایطی همچون گرمایش از نوع بخاری، طبقه‌ی همکف، آشپزخانه‌ی باز و با وجود فرد سیگاری در منزل به دست آمد. بیشترین مقدار نسبت غلظت داخل به خارج ($I/O=6/87$) نیز در شرایط طبقه-ی اول، گرمایش از نوع بخاری، آشپزخانه باز و با وجود فرد سیگاری در منزل حاصل شد.

بحث

باتوجه به نتایج به دست آمده در این مطالعه و مقایسه با حدود رهنمودهای ارائه شده برای غلظت مونوکسیدکربن، هم در مورد غلظت هوای داخل ساختمان ($1/13\text{ppm}$) و هم خارج ساختمان ($0/63\pm 0/57$) مقدار غلظت کمتر از حدود رهنمود سازمان محیط زیست ایران برای تماس ۸ ساعته (9ppm) و همچنین رهنمود WHO برای تماس ۲۴ ساعته (6ppm) می باشد. این نتایج نشان دهنده‌ی کیفیت مطلوب هوای محیط از جنبه‌ی شاخص مونوکسیدکربن در هوای محیط شهر اردبیل در فصل‌های گرم و سرد سال می باشد. پایداری جو و پدیده‌ی وارونگی دمایی، می تواند موجب افزایش غلظت آلاینده‌ها در هوای محیط گردد که موارد بروز حداکثر غلظت می تواند ناشی از این پدیده‌ها باشد (۱۶). چون در طی سال، به خصوص در فصل زمستان، استفاده از وسایل گرمایشی بیشتر بوده، لذا انتشار مونوکسیدکربن از این طریق فزونی می یابد. همچنین، تواتر پایداری جو و وارونگی دمایی در فصل‌های سرد بیشتر است (۱۷). بنابراین، مشاهده‌ی مقادیر بالاتر حداقل و حداکثر غلظت در این فصل همانگونه که در نتایج به دست آمده، قابل انتظار است.

هرچند که نسبت غلظت داخل به بیرون ساختمان ($I/O=0/37$)، بسیار کوچکتر از ۱ می باشد و این مساله می تواند هوای خارج ساختمان را به عنوان یک منبع

عمده‌ی مونوکسیدکربن برای هوای داخل ساختمان مطرح نماید، اما عدم وجود رابطه‌ی همبستگی معنادار بین غلظت داخل و هوای محیط خارج، نشان دهنده‌ی تاثیر قابل توجه سایر عوامل داخل ساختمان بر غلظت مونوکسیدکربن هوای داخلی می باشد. تفاوت معنادار غلظت مونوکسید کربن در هوای داخل و خارج ساختمان نیز موید عدم نفوذ و تاثیر قابل توجه هوای محیط بیرون به داخل ساختمان‌ها بوده است. هرچند که رابطه‌ی همبستگی بین غلظت مونوکسیدکربن هوای داخل و خارج ساختمان در برخی مطالعات حاصل شده است (۱۳)، ولی وجود تهویه مناسب هوای محیط و ناپایداری جو، می تواند با صعود هوای آلوده، نفوذ آن به داخل ساختمان‌ها را کاهش دهد (۱۸). حصول رابطه‌ی همبستگی معنادار که فقط بین غلظت داخل و خارج در ساختمان‌های طبقه همکف به دست آمده است، نیز می تواند تاییدکننده‌ی تهویه مناسب اتمسفر با افزایش ارتفاع باشد. مضاف بر این که تفاوت معنادار بین غلظت محیط داخلی در طبقات مختلف نیز مشاهده شده است و طبقات بالاتر مقادیر میانگین غلظت کمتری را نشان داده اند.

وجود رابطه‌ی معنادار بین غلظت محیط داخلی مونوکسیدکربن با نوع سامانه‌ی گرمایشی منازل و بالاتر بودن غلظت مونوکسیدکربن در منازل دارای بخاری، تاثیر استفاده از بخاری را به عنوان یک منبع قابل توجه در انتشار مونوکسیدکربن در هوای محیط داخلی نمایان می کند. اگرچه در مورد سایر عوامل تاثیر معناداری در نتایج مشاهده نشده، اما به دست آمدن حداکثر مقادیر غلظت در شرایط وجود افراد سیگاری در منازل و ساختمان‌های با آشپزخانه‌های باز، نشان از مستعد بودن این منازل برای غلظت‌های بالای هوای داخلی مونوکسیدکربن دارد. از آنجایی که مطالعات گذشته، تاثیر تماس مداوم با غلظت‌های پایین مونوکسیدکربن به ویژه برای افراد با حساسیت‌های تنفسی و بیماری‌های قلبی - عروقی را نشان داده اند (۱۸، ۱۹)، کنترل عوامل موثر بر افزایش غلظت در منازل

با وجود چنین افرادی، اهمیت بیشتری را بازگویی کند. نتایج تحقیق دکتر دهقانزاده و همکاران در شهر تبریز نشان داد که بیشترین غلظت CO در هوای خارج در فصل‌های زمستان و تابستان برای ایستگاه‌های واقع در مراکز تجاری و اداری شهر ۱۱ و ۱۰ پی پی ام اندازه‌گیری شده‌است. کمترین مقدار آن نیز مربوط به ایستگاه‌های واقع در مناطق مسکونی حاشیه‌ی شهر به ترتیب ۴/۵ ppm و ۴ می‌باشد. محدوده‌ی نسبت غلظت CO در هوای داخل به خارج I/O در فصل‌های زمستان و تابستان برای تمامی مناطق مورد مطالعه به ترتیب بین ۰/۲ تا ۱/۶ و ۰/۲ تا ۱ متغیر بوده‌است (۱۷) که تقریباً با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. بیشتربودن غلظت مونوکسیدکربن در هوای خارج نیز، به کلان‌شهربودن شهر تبریز و تعداد بیشتر وسایل نقلیه در داخل شهر و ترافیک بالا در این شهر برمی‌گردد. اما نتایج تحقیق آقای احمدی‌آسور و همکاران در هوای شهر سبزوار نشان داد که غلظت مونوکسیدکربن در تمامی ماه‌های سال، از میزان استاندارد بالاتر است که از دلایل آن، می‌تواند انتقال آلودگی صنایع و کارخانه‌های اطراف شهر به داخل شهر، ترافیک شهری و تهویه‌ی نامناسب جوی شهر باشد (۱۹). همچنان که تاثیر عوامل جغرافیایی در تهویه‌ی جوی محیط و پراکنش آلودگی در مطالعات پیشین مشخص شده‌است (۲۲)، وسایل نقلیه،

صنایع و سوزاندن سوخت‌های فسیلی از منابع عمده‌ی انتشار مونوکسیدکربن در شهرها به‌شمارمی‌روند و تهویه‌ی ناکافی جوی شهر، می‌تواند موجب افزایش غلظت این آلاینده در هوای محیط گردد (۲۰، ۲۱).

در مطالعه آقای محمدرضا پاشایی فر و همکاران بر روی هوای داخل منازل روستاهای عجب‌شیر، نشان داده شد که با وجود استفاده از بخاری در اکثر خانه‌ها برای گرمایش، غلظت مونوکسیدکربن بیشتر از حد استاندارد نیست و غلظت مونوکسید در فصل زمستان بیشتر از فصل تابستان است که با نتایج این مطالعه مطابقت دارد (۲۰).

باعنایت به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، کیفیت هوای شهری و هوای داخلی منازل در شهر اردبیل از لحاظ شاخص مونوکسیدکربن در حد قابل قبول بوده و آلودگی، کمتر از مقادیر رهنمود می‌باشد. اما عوامل تاثیرگذار بر غلظت مونوکسیدکربن داخل منازل شامل نوع سامانه‌ی گرمایشی منازل به‌طورکلی و غلظت هوای محیط خارج در مورد ساختمان‌های طبقه‌ی همکف می‌باشد. وجود فرد سیگاری در منزل و نوع آشپزخانه‌ی باز نیز از عوامل احتمالی تاثیر بر غلظت داخلی مونوکسیدکربن است که لزوم توجه به تهویه‌ی مناسب در آشپزخانه‌های باز را می‌طلبد.

References

- Langston JW, Widner H, Brooks D. Carbon Monoxide Poisoning. *Encyclopedia of Movement Disorders*. 2010;1:187.
- WHO. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Geneva, Switzerland: World Health Organization. 2010.
- Chowdhury Z, Campanella L, Gray C, Al Masud A, Marter-Kenyon J, Pennise D, Charron D, Zuzhang X. Measurement and modeling of indoor air pollution in rural households with multiple stove interventions in Yunnan, China. *Atmos Environ*. 2013;67:161–9.
- Chaloulakou A, Mavroidis I. Comparison of indoor and outdoor concentrations of CO at a public school. Evaluation of an indoor air quality model. *Atmos Environ*. 2002;36(11):1769-81.
- CDC. Toxicological Profile for Carbon Monoxide. In: Service USDohahsPH, editor. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry; 2009.
- Zhong K, Yang F, Kang Y. Indoor and outdoor relationships of CO concentrations in natural ventilating rooms in summer, Shanghai. *Building and Environment*. 2013; 62: 69-76.
- Reboul C, Thireau J, Meyer G, André L, Obert P, Cazorla O, et al. Carbon monoxide exposure in the urban environment: An insidious foe for the heart? *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2012;184(2):204-12.
- MHMEI (Ministry of Health and Medical Education). occupational exposure limits, 3rd edition.

- Tehran: ministry of health and medical education- enviromental and occupational health center; 2012.
9. NIOSH. Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Carbon Monoxide. Atlanta: CDC; 2012.
 10. OSHA. Carbon monoxide. Washington, DC U.S. Department of Labor. 2012.
 11. EPA. Typical Indoor Air Pollutants. IAQ reference guide, Appendix E. : U.S EPA; 2013 [cited 2013/10/14].
 12. IEPO. clean air standard. Tehran, Iran: Iran Environmetal Protection Organization; 2012.
 13. Chaloulakou A, Mavroidis I, Duci A. Indoor and outdoor carbon monoxide concentration relationships at different microenvironments in the Athens area. *Chemosphere*. 2003;52(6):1007-19.
 14. Jo WK, Lee JY. Indoor and outdoor levels of respirable particulates (PM₁₀) and Carbon Monoxide (CO) in high-rise apartment buildings. *Atmos Environ*. 2006;40(32):6067-76.
 15. Naeher LP, Smith KR, Leaderer BP, Mage D, Grajeda R. Indoor and outdoor PM_{2.5} and CO in high-and low-density Guatemalan villages. *J Expo Anal Environ Epidemiol*. 2000;10(6):544-51.
 16. Stern AC. Fundamentals of air pollution: Elsevier. 1973.
 17. De Nevers N. Air pollution control engineering. Waveland Press; 2010.
 18. Anderson EW, Andelman RJ, Strauch JM, Fortuin NJ, Knelson JH. Effect of low-level carbon monoxide exposure on onset and duration of angina pectorisa study in ten patients with ischemic heart disease. *Annals of internal medicine*. 1973;79(1):46-50.
 19. Allred EN, Bleecker ER, Chaitman BR, Dahms TE, Gottlieb SO, Hackney JD, et al. Short-term effects of carbon monoxide exposure on the exercise performance of subjects with coronary artery disease. *New England journal of medicine*. 1989;321(21):1426-32.
 20. Rashidi M, Massoudi MS. A study of the relationship of street level carbon monoxide concentrations to traffic parameters. *Atmos Environ*. 1980;14(1):27-32.
 21. Shafiepour M, Kamalan H. Air quality deterioration in Tehran due to motorcycles. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*. 2005. 2(3):145-52.
 22. Safavi Y, Alijani B. Investigation ofgeographical factors in Tehran air pollution. *Geography Research Quatry*. 2007; 38(58), 99-112.

Concentrations of Carbon Monoxide in Outdoor and Indoor Air of Residential Buildings in Ardabil

Mehdi Fazlzadeh

MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran.

Roohallah Rostamy

MSc, Department of Environmental Health Engineering, School of Medicine, Semnan University of Medical Sciences, Semnan, Iran.

***Sadegh Hazrati**

Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Ardabil University of Medical Sciences, Ardabil, Iran.

Received:06/11/2015, Revised:27/12/2015, Accepted:17/03/2016

Corresponding author:

Sadegh Hazrati,
School of Public Health, Ardabil
University of Medical Sciences,
Ardabil, Iran.
E-mail: s.hazrati@arums.ac.ir

Abstract

Background & Objectives: Carbon monoxide (CO) is a colorless, odorless, tasteless, and toxic gas. It is one of the important indoor and outdoor air pollutants. This study was aimed to measure CO concentrations in outdoor and indoor air of residential homes in Ardabil city and to compare the results with air quality standards.

Materials & Methods: For this descriptive-analytical study, concentrations of CO in indoor and outdoor air were measured in 50 dwellings during summer and winter in 2013. Concentrations of CO were measured at breathing zone using a portable Gas meter for a period of one hour.

Results: CO concentrations in outdoor air (2.18 ± 1.13 ppm) were higher than the indoor air (0.57 ± 0.63 ppm). Also, CO concentrations of indoor air in winter (0.63 ± 0.62 ppm) were slightly higher than the summer amounts (0.51 ± 0.65 ppm). The indoor to outdoor (I/O) ratio of 0.37 ± 0.76 was obtained for CO concentration.

Conclusion: According to the obtained results, CO concentrations are well below the guideline values and, therefore, Ardabil indoor and outdoor air quality is acceptable in terms of CO indicator.

Keywords: Air Pollution, Carbon Monoxide, Indoor, Outdoor, I/O ratio