DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464 Published by Vesnu Publications

تغییرات آلاینده‌های خروجی از دودکش بخاری گازسوز خانگی در طی ماه‌های سرد، ۹۲-۱۳۹۱

رضا فولادی‌فرد[۱]، امیر حسین محوی[۲]، محسن مهدی‌نیا[۳]، منصوره ساده‌قمصری[۳]، ابوالفضل محمدبیگی[۴]، امیرمنصور گل‌محمدی[۵]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: مصرف عمده گاز طبیعی در ایران، استفاده از آن به عنوان منبع گرمایشی است که بیشتر از طریق احتراق در بخاری‌های گازی ایجاد می‌شود. بخاری‌های خانگی به علت تعداد زیاد، پتانسیل تأثیر قابل توجهی در تولید گازهای گلخانه‌ای و آلاینده دارند. بنابراین، هدف از انجام تحقیق حاضر، بررسی میزان انتشار آلاینده‌های گازی خروجی از دودکش بخاری گازسوز خانگی و ارتباط آن با شرایط دمای جوی و مصرف کلی گاز در کشور بود.

روش‌ها: در این مطالعه، جهت سنجش آلاینده‌های گازی یک بخاری گازسوز متداول خانگی، از دستگاه سنجش آلاینده‌های خروجی از دودکش، مدل Lancom III استفاده گردید. تحقیق طی پنج ماه سرد در سال‌های ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۲ انجام شد. داده‌های دمایی هوا از اداره هواشناسی و میزان کلی مصرفی گاز از شرکت ملی گاز به دست آمد.

یافته‌ها: مقدار میانگین خروجی گازهای CO_2، SO_2، NO_2، NO و C_XH_Y به ترتیب ۱۰۹۳۹/۶۴، ۰/۰۹۱، ۱/۰۱، ۶/۹۹ و ۱۷۲/۹۹۶ ppm بود. ارتباط معنی‌داری بین کاهش دمای روزانه و افزایش میزان SO_2 و C_XH_Y وجود داشت ($P < ۰/۰۱۰$). همچنین، ارتباط معنی‌داری میان کاهش دمای روزانه و کاهش CO_2 و NO_2 در خروجی دودکش مشاهده شد ($P < ۰/۰۵۰$).

نتیجه‌گیری: افزایش غلظت SO_2 و C_XH_Y و کاهش غلظت CO_2 و NO_2 در روزهای سرد، می‌تواند به علت تغییرات در کیفیت گاز مصرفی باشد. در چنین روزهایی مصرف کلی گاز در کشور افزایش می‌یابد و بنابراین، باعث تغییراتی در دبی، سرعت و فشار گاز در لوله‌های انتقال و نیز کیفیت گاز (انتقال نشست‌های گوگردی از لوله‌های به جریان گاز) می‌شود.

واژه‌های کلیدی: گاز طبیعی، بخاری گازی، آلودگی هوا، دی‌اکسید گوگرد

ارجاع: فولادی‌فرد رضا، محوی امیر حسین، محسن مهدی‌نیا، ساده‌قمصری منصوره، محمدبیگی ابوالفضل، گل‌محمدی امیرمنصور. **تغییرات آلاینده‌های خروجی از دودکش بخاری گازسوز خانگی در طی ماه‌های سرد، ۹۲-۱۳۹۱.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۶؛ ۱۳ (۱): ۷۸-۷۲

دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۲/۲۹ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۶/۹

مقدمه

از مهم‌ترین آلودگی‌های بخش انرژی، آلودگی هوا می‌باشد که در اثر انتشار و نشت گازهای آلاینده ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی ایجاد می‌شود (۱). در طول ۲۰۰ سال گذشته، غلظت اتمسفری گازهای گلخانه‌ای دی‌اکسید کربن (CO_2)، متان (CH_4) و مونوکسید دی‌نیتروژن (N_2O) به علت فعالیت‌های انسانی همچون تولید و استفاده از سوخت‌های فسیلی و دیگر فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، افزایش یافته است (۲). اتحادیه اروپا و بسیاری از سازمان‌های محیط زیست، برخی از شاخص‌های مهم در آلودگی هوا را ذرات معلق، مونوکسید کربن و دی‌اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن تعیین کرده‌اند (۳). آلودگی هوا از دیدگاه مخاطرات بهداشتی اهمیت زیادی دارد (۴). مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهند که افزایش آلودگی هوا، باعث افزایش مشکلات قلبی- عروقی، استرس اکسیداتیو و مرگ ناگهانی و دیگر مشکلات در انسان‌ها می‌شود و اثرات مخربی بر سایر موجودات دارد (۶، ۵).

بسیاری از سیستم‌های گرمایشی، از گاز طبیعی به عنوان سوخت در فرایند احتراق خود استفاده می‌کنند (۷) و برای تشخیص نشت گاز، در ایستگاه‌های دروازه ورودی شهرها به آن مواد بودار کننده اضافه می‌نمایند تا ایمنی مصرف کنندگان گاز طبیعی تأمین گردد. گاز طبیعی به طور عمده از CH_4 (ساده‌ترین نوع هیدروکربن) و هیدروکربن‌های سنگین‌تر و پیچیده‌تری همچون اتان، پروپان و بوتان تشکیل شده است و اغلب ناخالصی‌هایی مانند دی‌اکسید کربن، سولفید هیدروژن، آب، نیتروژن، هلیم و سایر گازهای نادر را به همراه دارد. گاز پس از استخراج از چاه‌های تولید، توسط شبکه جمع‌آوری به واحد تصفیه هدایت می‌شود و بعد از تصفیه، گاز شیرین حاصل شده به داخل شبکه توزیع تزریق می‌گردد (۸).

با این که گاز طبیعی تحت عنوان سوخت پاک مطرح است، اما در اثر احتراق آن برخی آلودگی‌ها منتشر می‌شود. دو دسته از انتشارات نیتروژنی ناشی

۱- استادیار، مرکز تحقیقات آلاینده‌های محیطی و گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران ایران
۳ - کارشناس ارشد، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۴- دانشجوی کارشناسی، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
۵- دانشیار، گروه اپیدمیولوژی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی قم، قم، ایران
نویسنده مسؤول: امیر حسین محوی
Email: ahmahvi@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]

از گاز طبیعی، NO و NO_2 (۹) و مهم‌ترین آلاینده منتشر شده از احتراق گاز طبیعی، اکسیدهای نیتروژن می‌باشد (۱۰). سوختن گاز طبیعی به طور قابل توجهی باعث انتشار CO_2 و NO_X (۱۱)، متان، ذرات SO_X، CO، فرمالدئید، هیدروکربن‌های غیر متانی (Non-methane hydrocarbons) و آمونیاک (NH_3) می‌شود (۱۲). فرایند احتراق گاز در صورت ناقص بودن می‌تواند با تولید هیدروکربن‌ها و CO نیز همراه باشد. انتشار CO و هیدروکربن‌ها تحت تأثیر طراحی مشعل و شرایط تنظیم دستگاه قرار دارد و در شرایط غیر بهینه می‌تواند به حداکثر خود برسد (۱۳). نرخ انتشار CO و هیدروکربن‌ها با افزایش دمای ورودی، کاهش می‌یابد (۱۴). اکسیدهای ازت NO_X (شامل NO و NO_2) نیز از بین ۷ اکسید مختلف نیتروژن، در آلودگی هوا و سلامت انسان نقش مهمی دارند (۱۵) و باعث تشدید آسم و عوارض تنفسی (۱۸-۱۶) و افزایش مرگ (۱۹) و ایجاد مه- دود شهری (Urban smog) می‌شوند (۲۰). مواجهه با SO_2 با افزایش کلی مرگ ناشی از مشکلات تنفسی (۲۱)، تشدید بیماری‌های تنفسی (۲۲) و افزایش شیوع عوارض تنفسی همچون خس‌خس سینه و تنگی نفس در ارتباط است (۲۳) و یکی از عوامل مهم در بروز باران اسیدی می‌باشد (۲۰). گاز CO_2 نیز به عنوان یک گاز گلخانه‌ای که منجر به تغییر اقلیم و گرمایش جهانی می‌شود، به طور جدی مورد توجه قرار دارد (۲۴، ۲۰).

یکی از مصارف عمده گاز طبیعی در ایران، استفاده از آن به عنوان منبع گرمایش است که بیشتر از طریق احتراق در بخاری‌های گازی ایجاد می‌شود. این بخاری‌ها با این که کوچک هستند، اما به علت تعداد زیاد، پتانسیل اثر قابل توجهی در تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه در کشورهای در حال توسعه دارند. با این وجود، مطالعات محدودی در خصوص اندازه‌گیری شاخص انتشار برای بخاری‌ها در کشورهای در حال توسعه انجام شده است (۲۵).

با توجه به این که مصرف گاز در طی روزهای سرد افزایش می‌یابد و باعث ایجاد شرایط ناپایدار سیال در لوله‌ها و تغییرات سرعت و فشار در خطوط لوله می‌شود، به نظر می‌رسد در خصوصیت گاز در این روزها تغییراتی (با توجه به ته‌نشست‌های گوگردی موجود در لوله‌ها) ایجاد می‌گردد که می‌تواند بر میزان انتشار آلاینده‌های مختلف از بخاری‌های گاز تأثیر بگذارد. بنابراین، جهت بررسی این فرضیه و نیز با توجه به این که تحقیق مشابهی در کشور در حوزه بررسی میزان و تغییرات انتشار آلاینده‌ها از بخاری‌های گازسوز خانگی در ماه‌های مختلف انجام نشده بود، مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات آلاینده‌های خروجی از بخاری‌های گازسوز خانگی طی ماه‌های سرد سال انجام گردید.

روش‌ها

این مطالعه از نوع توصیفی- تحلیلی بود و در طول یک فصل سرد (ماه‌های آذر، دی، بهمن و اسفند سال ۱۳۹۱ و فروردین سال ۱۳۹۲) که برای گرمایش از بخاری گازی استفاده می‌شد، در شهر قم انجام گرفت. داده‌های مربوط به میزان مصرف کلی گاز در روزهای مختلف و سایر اطلاعات مورد نیاز از شرکت ملی گاز و اطلاعات مربوط به شرایط جوی مانند دمای محیط در روزهای مختلف، از سازمان هواشناسی دریافت گردید.

آلاینده‌های خروجی مورد اندازه‌گیری شامل C_XH_Y، NO_2، SO_2، CO_2، CO و NO بود و برای اندازه‌گیری این آلاینده‌ها از دستگاه آنالیز گازهای دودکش [Stackanalyzer (Lancom III)] استفاده شد. دستگاه Lancom، یکی از دستگاه‌هایی است که برای اندازه‌گیری آلاینده‌های خروجی از دودکش (که تحت عنوان Stack analyser نامیده می‌شود) به کار می‌رود. مقیاس اندازه‌گیری برای NO_2، SO_2، NO و CO بر حسب ppm و برای C_XH_Y و CO_2 بر حسب درصد بود.

بعد از بررسی‌ها، یک بخاری گازسوز خانگی متداول برای انجام مطالعه انتخاب و مطابق اصول استاندارد نصب شد. بخاری گازسوز مورد نظر، یک بخاری گازسوز متداول خانگی با انتقال حرارت جابه‌جایی نوع B_{11} بود. با توجه به دستورالعمل نمونه‌برداری از دودکش که محل نمونه‌برداری را ۸ برابر قطر دودکش در پایین دست زانویی و دو برابر قطر در بالادست زانویی معرفی نموده‌اند (۲۶)، چنین مکانی روی دودکش بخاری مشخص و سوراخی برابر با قطر خارجی پراب دستگاه Lancom در محل ایجاد گردید و با درپوشی پوشانده شد تا در زمان‌های نمونه‌برداری مورد استفاده قرار گیرد. در روزهای مختلف مورد نظر که اغلب از بخاری جهت گرمایش استفاده می‌شود، آلایندهای خروجی از بخاری اندازه‌گیری گردید. تمامی اندازه‌گیری‌ها حداقل بعد از ۳۰ دقیقه که از روشن شدن بخاری گذشت، انجام گرفت. در تمامی اندازه‌گیری‌ها بخاری با شعله متوسط (میانگین دما در دودکش برابر با ۱۵۳٫۶ درجه سانتی‌گراد) در حال کار بود و در تمام دفعات نمونه‌برداری، دبی گاز ورودی به بخاری ثابت و برابر ۱۰/۵ لیتر بر دقیقه بود. این دبی با استفاده از روتامتر (مدل Platon) اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است که قبل از استفاده از روتامتر، این وسیله با استفاده از فلومتر حباب صابون کالیبره شد و ضریب خطای آن برابر با ۰/۹۵ به دست آمد. در هر روز سه نوبت اندازه‌گیری (جهت میانگین‌گیری) انجام گرفت. سعی شد در روزهایی که هوا خیلی سرد و مصرف کلی گاز بالا بود، این سنجش‌ها انجام گیرد تا با دیگر روزها مقایسه شود. در نهایت، داده‌ها با استفاده از آزمون‌های توصیفی (میانگین و انحراف معیار) و تحلیلی (ضریب همبستگی Pearson) در نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (version 16, SPSS Inc., Chicago, IL) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یافته‌ها

میانگین غلظت هر آلاینده در روزهای مختلف (بر اساس نتایج سنجش و محاسبات آماری) و حداکثر، حداقل و میانگین دمای آن روز (بر اساس داده‌های آماری کسب شده از اداره هواشناسی) و همچنین، میزان کلی مصرف گاز به صورت متناظر در جدول ۱ ارایه شده است. با توجه به صفر بودن مقادیر منوکسید کربن در کل زمان‌های نمونه‌برداری، این بخش در ستون‌های نتایج وارد نگردید.

میانگین و انحراف معیار غلظت آلاینده‌های خروجی در نمونه‌برداری‌ها (بر اساس نتایج حاصل از تحلیل آماری) در جدول ۲ آورده شده است.

با توجه به این که در روزهای سردتر مصرف گاز طبیعی جهت تأمین گرمایش بیشتر بود، بنابراین ارتباط معکوسی بین دما و مصرف گاز وجود داشت که این موضوع (در روزهای نمونه‌برداری) در شکل ۱ مشخص شده است. در روزهایی که دما کاهش می‌یابد، میزان مصرف گاز در بخش خانگی بالا می‌رود و بر عکس. بر اساس نتایج آنالیز همبستگی Pearson ($r = -0/942$)، ارتباط معنی‌دار و معکوسی بین میانگین دمای هوا و مصرف کلی گاز در بخش خانگی مشاهده شد ($P < 0/001$) و این ارتباط با میانگین دمای هوا بیشتر بود تا با دماهای حداکثر و حداقل هوا در روز نمونه‌برداری.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]

جدول ۱. میانگین غلظت گازهای خروجی از دودکش بخاری در مقایسه با دما و مصرف کلی گاز در روزهای اندازه‌گیری

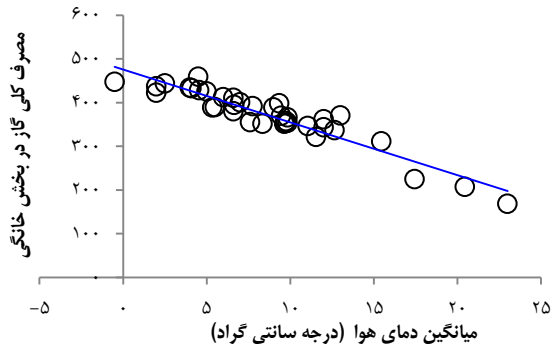
حداکثر دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد)	حداقل دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد)	میانگین دمای روزانه (درجه سانتی‌گراد)	میزان کلی مصرف گاز (میلیون مترمکعب)	SO_2 (ppm)	CO_2 (ppm)	NO_2 (ppm)	NO (ppm)	C_XH_Y (ppm)
۱۱/۵	۷/۹	۹/۷۰	۳۵۲/۵	۰	۲۰۳۳۳/۳۳	۱/۷۳	۸/۴۳	۳۰۰/۰۰
۱۵/۲	۴/۳	۹/۷۵	۳۵۷/۲	۰	۲۹۸۶۶/۶۷	۱/۶۰	۲۰/۳۷	۴۳۳/۳۳
۱۲/۵	۷/۲	۹/۸۵	۳۶۵/۷	۰	۷۴۰۰/۰۰	۱/۰۳	۰/۲۰	۱۶۶/۶۷
۱۲/۶	۰/۶	۶/۶۰	۳۷۹/۵	۰	۳۶۶۶/۶۷	۰/۸۰	۰	۱۰۰/۰۰
۷/۵	۱/۶	۴/۵۵	۴۲۷/۷	۰/۳۶۶۶۷	۱۹۴۳۳/۳۳	۱/۲۳	۱۷/۶۷	۳۳۳/۳۳
۹/۶	−۱/۴	۴/۱	۴۳۲/۴	۰	۴۹۶۶/۶۷	۱/۱۰	۱۲/۶۰	۳۶۶/۶۷
۱۷/۰	۱/۰	۹/۰۰	۳۸۸	۰/۱۶۶۶۷	۲۱۹۳۳/۳۳	۱/۷۷	۱۶/۸۰	۴۰۰/۰۰
۹/۰	۲/۰	۵/۵۰	۳۸۹	۰/۲۶۶۶۷	۱۵۳۰۰/۰۰	۱/۰۷	۱۲/۰۰	۳۳۳/۳۳
۷/۰	−۳/۰	۲/۰۰	۴۲۲	۰/۵۰۰۰۰	۱۴/۴۰۰	۱/۶۰	۱۴/۷۰	۳۳۳/۳۳
۵/۰	−۱/۰	۲/۰۰	۴۳۷	۰/۵۰۰۰۰	۴۰۰۱۷/۰۰	۱/۶۰	۱۴/۷۰	۲۰۰/۰۰
۸/۰	−۳/۰	۲/۵۰	۴۴۳	۰/۳۰۰۰۰	۲۵۳۳/۳۳	۰/۷۳	۰/۳۳	۳۳۳/۳۳
۱۰/۰	−۲/۰	۴/۰۰	۴۳۴	۰/۳۰۰۰۰	۴۵۶۶/۶۷	۰/۴۳	۰/۷۳	۳۳۳/۱۰
۱۲/۰	−۲/۰	۵/۰۰	۴۲۵	۰	۳۴۳۳/۳۳	۰/۵۰	۱/۰۰	۳۰۰/۰۰
۱۳/۰	−۱/۰	۶/۰۰	۴۱۲	۰	۶۶۳۵/۶۷	۰/۶۷	۰/۸۳	۱۶۶/۶۷
۱۴/۰	۰	۷/۰۰	۴۰۰	۰	۳۳۳۳/۳۰	۰/۵۳	۱۰/۷۰	۴۳۳/۳۳
۷/۰	−۸/۰	−۰/۵۰	۴۴۷	۰/۶۳۳۳۳	۳۹۶۶/۶۷	۰/۶۰	۱۱/۷۷	۴۰۰/۰۰
۱۰/۰	−۱/۰	۴/۵۰	۴۵۹	۰	۳۶۶۶/۶۷	۱/۰۳	۰/۵۷	۴۰۰/۰۰
۱۹/۱	−۰/۴	۹/۳۵	۳۹۸	۰	۶۷۶۶/۶۷	۱/۱۷	۰/۸۷	۱۰۰/۰۰
۲۱/۱	۲/۹	۱۲/۰۰	۳۶۱	۰	۱۱۵۶۶/۶۷	۱/۰۷	۲/۰۰	۱۳۳/۳۳
۱۲/۳	۱/۰	۶/۶۵	۳۹۳/۹	۰	۱۷۱۳۳/۳۳	۱/۵۰	۸/۹۳	۱۶۶/۶۷
۱۶/۴	−۳/۲	۶/۶۰	۴۱۰	۰	۸۵۶۶/۶۷	۱/۱۳	۱/۴۳	۶۶/۶۷
۱۶/۲	−۰/۷	۷/۷۵	۳۹۱	۰	۲۴۶۶/۶۷	۰/۷۷	۰	۰
۲۱/۶	۲/۴	۱۲/۰۰	۳۴۳	۰	۲۲۳۳/۳۳	۱/۰۳	۰	۰
۱۹/۳	۳/۸	۱۱/۵۵	۳۲۱	۰	۱۹۹۰۰/۰۰	۱/۵۳	۱۲/۷۷	۱۰۰/۰۰
۱۵/۴	۱/۳	۸/۳۵	۳۵۱	۰	۱۹۱۳۳/۳۳	۲/۶۰	۱۰/۶۰	۳۳۳/۳۳
۱۷/۸	۱/۵	۹/۶۵	۳۵۱	۰	۵۶۰۰/۰۰	۱/۰۰	۰	۰
۱۸/۶	۱/۱	۹/۸۵	۳۵۳	۰	۷۳۰۰/۰۰	۱/۲۳	۰/۴۰	۰
۱۸/۳	۳/۸	۱۱/۰۵	۳۴۶	۰/۰۶۶۶۷	۲۴۰۳۳/۳۳	۱/۳۳	۱۸/۶۰	۱۶۶/۶۷
۱۵/۴	−۰/۲	۷/۶۰	۳۵۵	۰/۵۶۶۶۷	۲۰۱۶۶/۶۷	۰/۵۷	۱۶/۰۰	۰
۱۵/۱	۳/۸	۹/۴۵	۳۶۹	۰	۴۱۶۶/۶۷	۰/۴۷	۰	۰
۲۳/۲	۷/۷	۱۵/۴۵	۳۱۱	۰	۲۶۶۶/۶۷	۰/۵۳	۰	۰
۱۶/۲	۹/۱	۱۲/۶۵	۳۳۶	۰	۱۷۳۳/۳۳	۰/۴۰	۰	۰
۱۱/۱	−۰/۴	۵/۳۵	۳۸۸	۰	۲۱۰۰/۰۰	۰/۴۳	۰	۰
۱۸/۵	۷/۵	۱۳/۰۰	۳۷۰	۰	۲۲۶۶/۶۷	۰/۴۷	۰	۰
۲۲/۷	۱۲/۲	۱۷/۴۵	۲۲۴	۰	۲۱۶۶۶/۶۷	۲/۲۷	۱۴/۳۳	۱۶۶/۶۷
۳۰/۰	۱۰/۹	۲۰/۴۵	۲۰۷	۰	۲۱۲۰۰/۰۰	۱/۶۳	۱۴/۸۷	۳۳/۳۳
۳۲/۰	۱۴/۰	۲۳/۰۰	۱۶۸	۰	۲۱۳۳۳/۳۳	۱/۶۰	۱۴/۵۳	۰

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار غلظت آلاینده‌های خروجی در کل نمونه‌برداری‌ها

متغیر	میانگین ± انحراف معیار	حداقل	حداکثر
SO_2	۰/۰۹۱ ± ۰/۱۸۶	۰	۰/۶۳۳۳۳
C_XH_Y	۱۷۹/۹۶۶ ± ۱۵۲/۹۱۰	۰	۴۳۳/۳۳۰۰۰
CO_2	۱۰۹۳۹/۶۴۰ ± ۸۴۳۳/۳۸۰	۱۷۳۳/۳۳	۲۹۷۶۶/۷۰۰۰۰
NO_2	۱/۱۰۱ ± ۰/۵۳۹	۰/۴۰	۲/۶۰۰۰۰
NO	۶/۹۹۳ ± ۷/۱۹۰	۰	۲۰/۳۷۰۰۰



شکل ۱. ارتباط میانگین دمای هوا و مصرف کلی گاز در بخش خانگی تنظیم شده بر اساس میانگین دما

با توجه به نتایج جدول ۳، در روزهایی که دمای هوا سردتر شده بود، مصرف کلی گاز نیز افزایش یافت و تغییراتی در غلظت آلاینده‌ها در روزهای مختلف ایجاد گردید.

جدول ۳. ضریب همبستگی Pearson بین آلاینده‌های خروجی از دودکش، مصرف گاز و دمای هوا

تراکم آلاینده های خروجی		میانگین دمای هوا (درجه سانتی‌گراد)	میزان مصرف گاز (مترمکعب)
SO_2	r	-۰/۴۹۹**	۰/۳۳۷*
	P	۰/۰۰۲	۰/۰۴۱
C_XH_Y	r	-۰/۵۳۵**	۰/۴۷۰**
	P	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳
CO_2	r	۰/۲۲۸	-۰/۴۱۵*
	P	۰/۰۸۳	۰/۰۱۱
NO_2	r	۰/۲۷۵	-۰/۳۸۴*
	P	۰/۱۰۰	۰/۰۱۹
NO	r	۰/۰۶۹	-۰/۲۲۸
	P	۰/۶۸۴	۰/۱۷۴

* همبستگی تا سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار است. ** همبستگی تا سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است.

با توجه به آنالیز همبستگی انجام شده، ارتباط معنی‌دار و معکوسی بین میانگین دمای هوا و SO_2 خروجی (P = ۰/۰۰۲) و ارتباط معنی‌داری بین مصرف کلی گاز و SO_2 خروجی وجود داشت (P = ۰/۰۴۱). همچنین، ارتباط معنی‌دار و معکوسی بین میانگین دمای هوا و C_XH_Y (P = ۰/۰۰۱) و ارتباط معنی‌داری بین مصرف کلی گاز و C_XH_Y مشاهده شد (P = ۰/۰۰۳).

ارتباط بین تغییرات NO با تغییرات مصرف کلی گاز و دماهای روزانه معنی‌دار نبود، اما ارتباط معنی‌دار و معکوسی بین NO_2 و مصرف کلی گاز مشاهده شد (P = ۰/۰۱۹)؛ یعنی با افزایش مصرف کلی گاز، میزان NO_2 خروجی کاهش یافت. همچنین، مطابق داده‌های جدول ۳، ارتباط معنی‌دار و مستقیمی بین تغییرات NO و NO_2 وجود داشت. با توجه به این که NO پیش‌ساز NO_2 است (۲۶)، افزایش NO باعث بالا رفتن تراکم NO_2 خواهد شد. از طرف دیگر، ارتباط به نسبت معنی‌دار و معکوسی (P = ۰/۰۱۱) بین مصرف کلی گاز و CO_2 خروجی وجود داشت.

بحث

با توجه به یافته‌های تحقیق حاضر، آلاینده‌های خروجی از بخاری گازسوز در روزهای مختلف فصل سرد (که اغلب در این روزها از بخاری جهت گرمایش منازل استفاده می‌شود) نرخ یکسانی ندارد. طبق اندازه‌گیری‌ها، در روزهایی که دما کاهش می‌یابد و مصرف گاز بیشتر می‌شود، SO_2 در خروجی دودکش ظاهر می‌گردد یا مقدار آن به طور معنی‌داری بیشتر می‌شود. دلیل این پدیده می‌تواند این باشد که در روزهای سردتر به علت مصرف بالاتر گاز و ناپایا بودن جریان سیال و تغییرات سرعت و فشار گاز در خطوط لوله، رسوبات گوگردی از دیواره لوله‌ها جدا و به گاز حامل اضافه می‌شوند (۲۸، ۲۷) و در فرایند احتراق به صورت SO_2 ظاهر می‌گردد. البته شایعاتی مبنی بر ورود گازهای با کیفیت پایین (کمتر تصفیه شده و حاوی گوگرد) در روزهایی که مشکل کمبود گاز وجود دارد (روزهای سرد)، بیان شده که هیچ گاه مورد تأیید مسؤولان قرار نگرفته است. به هر حال، آنچه مشخص است، ظهور SO_2 در روزهای سرد در خروجی بخاری می‌باشد که حکایت از افزایش محتوای گوگرد سوختی در جریان گاز دارد؛ چرا که منشأ اکسیدهای گوگرد در خروجی احتراق، ناشی از وجود آن در سوخت است و آنچه در ادبیات مهندسی آلودگی هوا رایج است این که SO_2 منشأ سوختی دارد نه منشأ احتراقی (۱۵).

بر اساس نتایج پژوهش حاضر، در روزهایی که هوا خیلی سرد است، میزان C_XH_Y در خروجی دودکش بخاری به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. دلیل این پدیده می‌تواند کاهش کیفیت گاز در این روزها باشد. در نتیجه، بهسوزی گاز در بخاری دچار مشکل می‌گردد و کربن‌های ناشی از سوخت، کمتر به CO_2 تبدیل و بیشتر به صورت کربن‌های نسوخته و C_XH_Y خارج می‌شوند.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]

نتایج بررسی حاضر نشان داد که بین تغییرات NO با تغییرات مصرف کلی گاز و دماهای روزانه ارتباطی وجود نداشت، اما ارتباط معکوسی بین NO_2 و مصرف کلی گاز مشاهده گردید؛ یعنی با افزایش مصرف کلی گاز (در اثر کاهش دما)، میزان NO_2 خروجی کاهش یافت. این مسأله می‌تواند به علت تغییرات ایجاد شده در گاز و کاهش کیفیت آن باشد (۲۸، ۲۷)؛ چرا که تولید NO_2 از NO منوط به دسترسی به اکسیژن و دماهای بالاتر است (۱۵) و کاهش بهسوزی گاز می‌تواند باعث کاهش NO_2 شود.

مطابق نتایج حاصل شده، در روزهایی که دما کاهش می‌یابد و مصرف گاز بیشتر می‌شود، CO_2 خروجی از دودکش کمتر می‌شود. آنچه مسلم است این که CO_2 یکی از محصولات احتراق کامل می‌باشد و بنابراین، کاهش این گاز در خروجی دودکش به دلیل کاهش کیفیت سوخت یا احتراق ناقص گاز است و در نتیجه، کربن‌های ناشی از سوخت کمتر به CO_2 تبدیل می‌شوند و بیشتر به صورت کربن‌های نسوخته و C_XH_Y خود را نشان می‌دهند.

در بررسی‌های صورت گرفته، مطالعه مشابهی که به بررسی تغییرات آلاینده‌های خروجی از بخاری‌های خانگی پرداخته باشد، یافت نشد. Zhang و همکاران مطالعاتی بر روی انواع اجاق گازی‌های خانگی در چین و هند انجام دادند و شاخص‌های انتشار آلاینده‌هایی همچون TSP، NO_X، CO_2، SO_2، N_2O، CTNMHC، CH_4 و CO را برای ۲۸ نوع سوخت/ اجاق (از جمله اجاق‌های چوبی، زغالی، نفتی، گاز مایع و گاز طبیعی) محاسبه نمودند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که برای بخاری‌های با سوخت گاز طبیعی، میزان میانگین انتشار بر اساس گرم بر کیلوگرم سوخت برای CO_2 برابر با ۳۴۴۰، NO_X برابر با ۰/۵۷۷ و CTNMHC برابر با ۰/۱۶۷ بود، اما در مطالعه آن‌ها SO_2 و CO در خروجی بخاری گازی مشاهده نشد (۲۹).

تحقیق Ko و Lin با بررسی اجاق‌های گازی خانگی و میزان راندمان آن و انتشار CO در شرایط مختلف، به این نتیجه رسیدند که کاهش کارایی دمایی و فشار گاز باعث افزایش CO شده است (۷). نتایج پژوهش Boke و Aydin که بر روی اثر سطح تشعشع شعله بر انتشار اکسیدهای نیتروژن (ناکس) در مشعل‌های گازی انجام گرفت، حاکی از آن بود که با افزایش طول محفظه مشعل، میزان NO افزایش می‌یابد (۱۰). Rangel و همکاران در مطالعه خود که بر روی تأثیر احتراق گاز مایع در مشعل سرامیکی بر تولید NOx انجام دادند، نتیجه گرفتند سوخت‌هایی که درصد بیشتری از پروپان و پروپن دارند، NOx کمتری تولید می‌کنند (۳۰).

با توجه به حجم عظیم استفاده از بخاری و تجهیزات گازسوز در کشور، علاوه بر مشکلات بهداشتی و زیست محیطی ناشی از افزایش SO_2 و هیدروکربن‌های ناشی از احتراق، از آن‌جا که همیشه تعدادی از بخاری‌های گازسوز مصرفی توسط شهروندان ممکن است دارای نشتی‌هایی به داخل ساختمان باشد، مشکلات ناشی از آلودگی‌های داخل ساختمان نیز افزایش می‌یابد. با توجه به موارد فوق، پیشنهادهایی در این زمینه می‌تواند راهگشا باشد. از جمله این که کنترل و نظارت کیفیت گاز مصرفی شهری باید به طور مداوم مورد بررسی قرار گیرد؛ چراکه کاهش کیفیت گاز پس از احتراق، منجر به افزایش آلودگی خواهد شد. همچنین، نظارت بر پالایش و کیفیت خروجی از پالایشگاه‌ها باید مورد توجه بیشتری واقع شود. خروجی سیستم‌های گازسوز باید به خوبی و به صورت ایمن انجام شود تا به فضای داخلی نشتی نداشته باشد و استفاده از بخاری‌ها و سیستم‌های احتراقی بدون دودکش و هود در فضای داخلی باید محدود گردد و آموزش‌های لازم در این زمینه به مردم داده شود.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر با حمایت کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی قم با کد پژوهشی ۹۲۳۵۵ انجام گردید. بدین وسیله نویسندگان ضمن قدردانی از این مرکز، از کارکنان آزمایشگاه دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی قم، شرکت ملی گاز ایران و اداره هواشناسی استان قم که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آورند.

References

1. Zhang H, Wang S, Hao J, Wang X, Wang S, Chai F, et al. Air pollution and control action in Beijing. J Clean Prod 2016; 112(Part 2): 1519-27.
2. Cakir FY, Stenstrom MK. Greenhouse gas production: A comparison between aerobic and anaerobic wastewater treatment technology. Water Res 2005; 39(17): 4197-203.
3. Kurt A, Gulbagci B, Karaca F, Alagha O. An online air pollution forecasting system using neural networks. Environ Int 2008; 34(5): 592-8.
4. Goudarzi G, Geravandi S, Foruozandeh H, Babaei AA, Alavi N, Niri MV, et al. Cardiovascular and respiratory mortality attributed to ground-level ozone in Ahvaz, Iran. Environ Monit Assess 2015; 187(8): 487.
5. Li W, Wilker EH, Dorans KS, Rice MB, Schwartz J, Coull BA, et al. Short-Term Exposure to Air Pollution and Biomarkers of Oxidative Stress: The Framingham Heart Study. J Am Heart Assoc 2016; 5(5).
6. Goudarzi G, Geravandi S, Salmanzadeh S, Mohammadi M, Zallaghi E. The number of myocardial infarction and cardiovascular death cases associated with sulfur dioxide exposure in Ahvaz, Iran. Arch Hyg Sci 2014; 3(3): 112-9.
7. Ko YC, Lin TH. Emissions and efficiency of a domestic gas stove burning natural gases with various compositions. Energy Conversion and Management 2003; 44(19): 3001-14.
8. National Iranian Gas Company. Safety guideline for natural gas consumers, Instruction number: HSE-IN-S-114(0)-89 [Online]. [cited 2014]; Available from: URL: http://hse.nigc.ir/Portal/File/ShowFile.aspx?ID=826e2fc1-2c77-4962-8d44-dc2a1be5c9d4
9. Martin RJ, Brown NJ. Analysis and modeling of nitrous oxide chemistry in lean, premixed combustion. Combust Flame 1990; 82(3): 312-33.
10. Boke YE, Aydin O. Effect of the radiation surface on temperature and NOx emission in a gas fired furnace. Fuel 2009; 88(10): 1878-84.
11. Jaramillo P, Griffin WM, Matthews HS. Comparative life-cycle air emissions of coal, domestic natural gas, LNG, and SNG

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]
[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]

for electricity generation. Environ Sci Technol 2007; 41(17): 6290-6.
12. Lee S, Kim J, Lee J, Lee S, Jeon EC. A study on the evaluations of emission factors and uncertainty ranges for methane and nitrous oxide from combined-cycle power plant in Korea. Environ Sci Pollut Res Int 2013; 20(1): 461-8.
13. Traynor G, Apte M, Chang GM. pollutant emission factors from residential natural gas appliances: A literature review. Berkeley, CA: Lawrence Berkeley National Laboratory. Environmental Energy Technologies Division; 1996.
14. Ashman PJ, Junus R, Stubington JF, Sergeant GD. The effects of load height on the emissions from a natural gas-fired domestic cooktop burner. Combust Sci Technol 1994; 103(1-6): 283-94.
15. Ghiasodin M. Air Pollution . 1st ed. Tehran, Iran: University of Tehran publication; 2006. [In Persian].
16. Amster ED, Haim M, Dubnov J, Broday DM. Contribution of nitrogen oxide and sulfur dioxide exposure from power plant emissions on respiratory symptom and disease prevalence. Environ Pollut 2014; 186: 20-8.
17. Goudarzi G, Mohammadi MJ, Ahmadi Angali K, Neisi AK, Babaei AA, Mohammadi B, et al. Estimation of health effects attributed to NO2 exposure using Airq model. Arch Hyg Sci 2012; 1(2): 59-66.
18. Zallaghi E, Goudarzi G, Nourzadeh Haddad M, Moosavian SM, Mohammadi MJ. Assessing the effects of nitrogen dioxide in urban air on health of west and southwest cities of Iran. Jundishapur Journal of Health Sciences 2014; 6(4): e23469.
19. Moolgavkar SH, McClellan RO, Dewanji A, Turim J, Luebeck G, Edwards M. Time-series analyses of air pollution and mortality in the united states: A subsampling approach. Environ Health Perspect 2013; 121(1): 73.
20. Tang M, Mudd GM. The pollution intensity of Australian power stations: A case study of the value of the National Pollutant Inventory (NPI). Environ Sci Pollut Res Int 2015; 22(23): 18410-24.
21. Chen R, Huang W, Wong CM, Wang Z, Thach TQ, Chen B, et al. Short-term exposure to sulfur dioxide and daily mortality in 17 Chinese cities: The China air pollution and health effects study (CAPES). Environ Res 2012; 118: 101-6.
22. Chen TM, Gokhale J, Shofer S, Kuschner WG. Outdoor air pollution: Nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. Am J Med Sci 2007; 333(4): 249-56.
23. Zhao Z, Zhang Z, Wang Z, Ferm M, Liang Y, Norback D. Asthmatic symptoms among pupils in relation to winter indoor and outdoor air pollution in schools in Taiyuan, China. Environ Health Perspect 2008; 116(1): 90-7.
24. Shakun JD, Clark PU, He F, Marcott SA, Mix AC, Liu Z, et al. Global warming preceded by increasing carbon dioxide concentrations during the last deglaciation. Nature 2012; 484(7392): 49-54.
25. Smith KR, Khalil MAK, Rasmussen RA, Thorneloe SA, Manegdeg F, Apte M. Greenhouse gases from biomass and fossil fuel stoves in developing countries: A Manila pilot study. Chemosphere 1993; 26(1): 479-505.
26. Wark K, Warner CF, Davis WT. Air Pollution: Its Origin and Control: Solutions Manual. Boston, MA: Addison-Wesley Educational Publishers, Incorporated; 1997.
27. Gato LMC, Henriques JCC. Dynamic behaviour of high-pressure natural-gas flow in pipelines. Int J Heat Fluid Flow 2005; 26(5): 817-25.
28. Ardeshirian F, Afshar Ebrahimi A, Fatemieh S. Elemental sulfur and problems caused by the production of sour gas (from source to consumption point). Journal of Exploration & Production Oil & Gas 2013; 11: 18-26. [In Persian].
29. Zhang J, Smith KR, Ma Y, Ye S, Jiang F, Qi W, et al. Greenhouse gases and other airborne pollutants from household stoves in China: A database for emission factors. Atmos Environ 2000; 34(26): 4537-49.
30. Rangel LP, Ditz DR, Moreira RF, Jorge José H. Influence of LPG composition on NOX emissions in ceramic gas-fired burners. Latin American Applied Research 2001; 31(5): 501-6.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]

DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Received: 19.05.2015

Vol. 13, No. 1, Spring 2017 Accepted: 30.08.2016

Variation in Stack Exhaust Pollutants Produced by Domestic Gas Heaters during Cold Months in 2012-2013

Reza Fouladi-Fard[1], Amir Hossein Mahvi[2], Mohsen Mahdinia[3], Mansoreh Sadeh Ghamsari[3], Abolfazl Mohammadbeigi[4], Amirmansour Golmohammadi[5]

Original Article

Abstract

Background: The main consumption of natural gas in Iran is in domestic heating mostly by domestic gas heaters. Domestic gas heaters may have considerable effect on pollutant and greenhouse gas production due to their high number. The aim of this research was to investigate stack exhaust pollutants of domestic gas heaters and its relation with air temperature and total gas consumption in the country.

Methods: LANCOM III, as a portable stack gas analyzer, was used for the measurement of gas pollutants produced by a domestic gas heater during the 5 cold months in 2012-2013. Meteorological and total gas consumption data were gathered from the Meteorological Office and National Iranian Gas Organization (NIGC), respectively.

Findings: The average amount of carbon dioxide, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, nitric oxide, and hydrocarbons emission were 10939.64, 0.091, 1.01, 6.99, and 172.996 ppm, respectively. A significant relation was observed between daily reduction of air temperature with increase in sulfur dioxide and hydrocarbons ($P < 0.01$) and decrease in in carbon dioxide and nitrogen dioxide ($P < 0.05$) emission of gas heaters.

Conclusion: The increase in sulfur dioxide and hydrocarbons and decrease in carbon dioxide and nitrogen dioxide on cold days may be due to variation in gas characteristics. On cold days, the total gas consumption in the country is increased which results in changes in gas flow rate, velocity, and pressure in gas pipelines and gas quality (due to the transfer of sulfur sediments from pipelines to gas).

Keywords: Natural gas, Gas heater, Air pollution, Sulfur dioxide

Citation: Fouladi-Fard R, Mahvi AH, Mahdinia M, Sadeh Ghamsari M, Mohammadbeigi A, Golmohammadi A. **Variation in Stack Exhaust Pollutants Produced by Domestic Gas Heaters during Cold Months in 2012-2013.** J Health Syst Res 2017; 13(1): 72-8.

1- Assistant Professor, Research Center for Environmental Pollutants AND Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
3- Department of Occupational Health, School of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
4- BSc Student, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
5- Associate Professor, Department of Epidemiology, School of Health, Qom University of Medical Sciences, Qom, Iran
Corresponding Author: Amir Hossein Mahvi, Email: ahmahvi@yahoo.com

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-25]

[DOI: 10.22122/jhsr.v13i1.2464]