Archive of SID

نشریه مهندسی عمران و محیط زیست، جلد ۵۲، شماره ۳ (پاییز ۱۴۰۱)، مقاله پژوهشی، ۷۷-۹۲ پیاپی ۱۰۸

بررسی نحوه انتشار مواد آلی فرار از جایگاه‌های عرضه سوخت در سطح شهر تبریز

اسداله کریمی*[۱]، اسماعیل محمدخانلو[۲]، اسماعیل فاتحی‌فر[۳]

[۱] دانشیار گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مراغه
[۲] کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز
[۳] استاد دانشکده مهندسی شیمی، مرکز تحقیقات بهره‌وری و توسعه پایدار، دانشگاه صنعتی سهند، تبریز

دریافت: ۱۳۹۹/۱/۸، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۱/۵، نشر آنلاین: ۱۳۹۹/۱۱/۵

چکیده

از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا می‌توان به ترکیبات آلی فرار اشاره کرد که یکی از منابع انتشار این آلاینده‌ها جایگاه‌های عرضه سوخت در سطح شهر می‌باشند. در این مطالعه، میزان آلاینده‌های آلی فرار در ۱۶ جایگاه سطح شهر تبریز موردبررسی اولیه قرار گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل دقیق‌تر ۴ جایگاه به‌عنوان نماینده تمامی جایگاه‌ها انتخاب شد و ارزیابی‌های بیشتر نیز در این جایگاه‌ها صورت پذیرفت. اندازه‌گیری‌ها در مدت ۸ ماه انجام شده، همچنین بازه زمانی روز به ۴ دوره تقسیم گردید. نتایج حاصل نشان داد که غلظت ترکیبات آلی فرار در داخل جایگاه‌های عرضه بنزین معمولاً از حد استاندارد بیشتر بوده و میزان غلظت در نزدیک باک خودرو و در منطقه تنفس افراد در حال انجام عملیات سوخت‌گیری، بسیار بالاتر از حد استاندارد می‌باشد. این میزان در جایگاه‌های آذربایجان، تعاونی ۱۰۶، تعاونی ۴۵ و مجید به‌ترتیب برابر ppm ۱۰/۵، ۹/۲، ۱۵/۱ و ۲۷/۷ به‌دست آمد. همچنین بیش‌ترین فاصله تأثیرگذاری انتشارات ناشی از جایگاه‌ها تا حداکثر ۵۰ متری از جایگاه‌ها مشاهده گردید. مهم‌ترین عوامل مؤثر در میزان انتشار آلاینده‌ها، میزان فروش هر جایگاه، همچنین وضعیت ساختمانی (بسته بودن فضای محیط)، تشخیص داده شد. بالاترین غلظت ترکیبات آلی فرار در زمان تخلیه تانکر انتقال سوخت در مخازن ذخیره جایگاه مشاهده گردید. برای بررسی توافق داده‌های تجربی با داده‌های آماری از روش طراحی آزمایش (نرم‌افزار Design Expert) استفاده گردید. غلظت ترکیبات BTEX نسبت به غلظت کل ترکیبات آلی فرار و همچنین غلظت ماده سمی بنزن نسبت به غلظت کل ترکیبات آلی فرار به‌ترتیب ۷۱/۹ و ۲۴ درصد به‌دست آمد.

کلیدواژه‌ها: ترکیبات آلی فرار، بنزین، جایگاه عرضه سوخت، BTEX.

۱- مقدمه

آلودگی هوا به‌عنوان یکی از مشکلات جهانی فراروی بشر تهدیدی جدی برای سلامتی انسان‌ها، حیات‌وحش و محیط‌زیست به‌شمار می‌رود. آلودگی هوا عبارت است از حضور یک یا بیش از یک آلاینده در هوای آزاد به‌مقدار کافی با خواص مشخص و مداوم که می‌تواند حیات انسان‌ها، جانوران، گیاهان و اموال انسانی را به مخاطره اندازد و یا آن‌که به نحو قابل‌ملاحظه‌ای در روند درست و مطلوب زندگی ایجاد اختلال نماید (پوی و همکاران، ۱۳۷۸؛ خازینی و همکاران، ۱۳۹۸).

ازآنجایی‌که حجم آلاینده‌های هوا در سال‌های اخیر و با رشد جوامع افزایش یافته، برای کشورهای در حال توسعه به‌عنوان یک مشکل جدی مطرح است (خازینی و همکاران، ۱۳۹۸؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۹).

ترکیبات آلی فرار (VOCs)[۱]، یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا محسوب می‌شوند که به‌دلیل خاصیت سمی بدون و سرطان‌زایی از اهمیت خاصی برخوردارند. همچنین ترکیبات فرار آلی باعث ایجاد حساسیت‌های پوستی و بیماری‌های چشمی شده و بعضاً منجر به آسیب به سیستم عصبی مرکزی و اندام داخلی بدن می‌گردند. به‌دلیل اثرات زیان‌بار این ترکیبات بر سلامت انسان و حیوانات، اثرات نامطلوب بر تجزیه و رشد گیاهان و تغییرات آب‌وهوا، لازم است تا از انتشار این ترکیبات به هوا جلوگیری به‌عمل آید. این آلاینده‌ها علاوه بر اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی بر بدن انسان، موجب شکل‌گیری آلاینده‌های فتوشیمیایی[۲] و

1. Volatile Organic Compounds

2. Photochemical

* نویسنده مسئول؛ شماره تماس: ۰۴۱-۳۷۲۷۸۹۰۰
آدرس ایمیل: a.karimi@maragheh.ac.ir (ا. کریمی)، mohamadkhanloo.e@gmail.com (ا. محمدخانلو)، fatehifar@sut.ac.ir (ا. فاتحی‌فر).

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین ذرات معلق اسیدی می‌شوند که پدیده مه‌دود فتوشیمیایی و بارش‌های اسیدی را موجب می‌شوند (Colls، ۲۰۰۲).

از سوی دیگر انتشار ناشی از تبخیر سطحی، سالیانه هزینه‌های اقتصادی قابل‌توجهی را تحمیل می‌کنند. از این‌رو، کاهش میزان انتشار این ترکیبات بهترین راه جهت مقابله با اثرات نامطلوب آلاینده‌های ثانویه به‌شمار می‌رود. در سال‌های اخیر قوانین زیست‌محیطی فشارهای زیادی را برای کم کردن انتشار این ترکیبات به محیط وضع کرده است. به‌دلیل عوارض شدید و افزایش انتشار این ترکیبات، رها کردن VOC به محیط با قوانین سخت‌گیرانه‌تری مواجه است. براساس پروتکل گوتوبورگ[3] حداکثر انتشار ترکیبات فرار به محیط تا سال ۲۰۲۰ در کشورهای عضو اتحادیه اروپا باید نزدیک به نصف میزان انتشار آن در سال ۲۰۰۰ کاهش یابد (Liotta، ۲۰۱۰).

ترکیبات آلی فرار طیف وسیعی از مواد، از جمله کربوهیدرات‌ها، ترکیبات آلی و حلال‌ها را شامل می‌شود (Broderick و Marnane، ۲۰۰۲). در بین این گروه‌ها بنزن[4]، تولوئن[5]، استایرن[6]، فرمالدهید[7] و فنول[8] به‌دلیل ایجاد سرطان در انسان و حیوانات، همچنین کاربرد گسترده در صنایع و محصولات خانگی از اهمیت بالاتری برخوردار هستند (Liotta، ۲۰۱۰).

به‌عنوان مثال بنزن و فرمالدهید باعث بروز سرطان خون می‌شوند. به‌دلیل حلالیت در چربی، این ترکیبات توسط ریه‌ها به‌راحتی جذب می‌شوند. بافت‌های روده و معده هم توانایی جذب این ترکیبات را دارند (Rafson، ۱۹۹۸). همچنین انتشار ترکیبات آلی فرار موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای و ایجاد پدیده گلخانه‌ای و به تبع آن باعث افزایش دمای زمین می‌شود که موجبات تبخیر آب دریاها و ذوب شدن یخ‌های قطبی را فراهم می‌نماید (Staudt و Kesselmeier، ۱۹۹۹).

ترکیبات آلی فرار از منابع مختلفی تولید و در اتمسفر منتشر می‌شوند که می‌توان آن‌ها را به گروه‌های مختلف طبیعی و مصنوعی تقسیم‌بندی نمود. از منابع طبیعی انتشار این ترکیبات می‌توان به آتش‌فشان‌ها یا انتشارات ناشی از آتش‌سوزی جنگل‌ها و یا حتی فعالیت‌های طبیعی گیاهان و قارچ‌ها و میکروب‌ها اشاره نمود. غالب بوهای منتشرشده، چه طبیعی و چه مصنوعی، حاصل وجود همین VOCها در ترکیب مواد است. از منابع مصنوعی انتشار ترکیبات آلی فرار نیز می‌توان به فعالیت‌های صنعتی و استفاده از این ترکیبات به‌صورت حلال یا خام، گاز ناشی از احتراق خودروها، تبخیر در کل پروسه پخش فرآورده‌های نفتی، آسفالت‌کاری خیابان‌ها و پخت‌وپز خانگی و ... اشاره کرد (Broderick و Marnane، ۲۰۰۲).

مهم‌ترین منابع انتشار VOCها در هوای شهرها، ترافیک و حمل‌ونقل، بخارات بنزین، صنایع کوچک شهری، استفاده از حلال‌ها و ... می‌باشند (Sarkhosh و همکاران، ۲۰۱۳).

در این میان میزان انتشار این مواد از جایگاه‌های عرضه سوخت (به‌صورت بخارات بنزینی) می‌تواند موردتوجه قرار گیرد. براساس تحقیقات انجام گرفته، یکی از عمده‌ترین منابع تولید آلاینده‌های فرار در شهرها، جایگاه‌های سوخت‌گیری بنزین می‌باشد (Sarkhosh و همکاران، ۲۰۱۳؛ Srivastava و همکاران، ۲۰۰۵؛ Watson و همکاران، ۲۰۰۱).

مخازن موجود در قسمت زیرین جایگاه‌ها در زمان خالی بودن، دارای حجم زیادی بخار بنزین با غلظت بالا می‌باشند که در مواقع پر کردن این مخازن از بنزین (به‌صورت مایع)، بخارات بنزینی از مخزن خارج و در هوای آزاد منتشر می‌شود. در نتیجه در محوطه و اطراف این مکان‌ها غلظت بالای بخارات بنزینی و ترکیبات آلی فرار ملاحظه می‌شود (Carrieri و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین در زمان سوخت‌گیری خودروها نیز همین اتفاق روی داده و بخارات بنزینی موجود در داخل باک خودرو به هوای محیط انتشار می‌یابند. طبق مطالعات صورت گرفته، سهم بخارات بنزین منتشره از جایگاه‌های سوخت‌رسانی شهری قابل‌توجه است. به این ترتیب که در دهلی نو این سهم ۱۱٪ و در هنگ‌کنگ در حدود ۷٪ برآورد شده است. همچنین در کشورمان نیز طبق مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۱ در شهر تهران انجام گرفته این سهم در حدود ۱۲٪ تعیین شده است (Srivastava و همکاران، ۲۰۰۵؛ Lou و همکاران، ۲۰۱۰؛ اسعدی و همکاران، ۱۳۹۲).

بخارات بنزین به سه شکل مختلف وارد اتمسفر می‌گردد. تبخیر عملیاتی، در طول عملیات بارگیری و تخلیه صورت می‌پذیرد. این شکل از تبخیر می‌تواند در مراحل سوخت‌گیری تانکر انتقال از انبارهای ذخیره مواد نفتی، تخلیه تانکر انتقال در مخزن ذخیره جایگاه‌های پمپ‌بنزین و همچنین سوخت‌گیری خودروها در جایگاه‌ها روی دهد. تبخیر تنفسی، در زمان نگه‌داری بنزین در مخازن ذخیره و در اثر تغییرات دمایی روزانه و غالباً در مخازن سقف ثابت اتفاق می‌افتد. انتشار بخارات بنزین گاهی اوقات به‌دلیل سهل‌انگاری مسئولان و کارکنان انبارهای ذخیره مواد نفتی، جایگاه‌های سوخت‌رسانی و تانکرهای انتقال سوخت و مراجعه‌کنندگان جایگاه‌های پمپ‌بنزین و در اثر نشت یا سرریز نیز قابل‌توجه است. بخش عمده‌ای از اتلاف موجود در این

3. Gotoborg
4. Benzene
5. Toluene
6. Styrene
7. Formaldehyde
8. Phenol

www.SID.ir

Archive of SID

بخش‌ها، به‌علل فرهنگی و ناشی از بی‌توجهی مصرف‌کنندگان می‌باشد. انبارهای ذخیره مواد نفتی غالباً در محیط‌های شهری قرار ندارند، در نتیجه مهم‌ترین منبع انتشار بنزین در شهرها جایگاه‌های عرضه بنزین می‌باشند. جایگاه‌های عرضه فرآورده‌های نفتی، یکی از چالش‌برانگیزترین مراکز تحت پوشش شرکت‌های عرضه‌کننده فرآورده‌های نفتی در سرتاسر دنیا می‌باشند. هدف از ساخت و بهره‌برداری از جایگاه‌ها، تکمیل چرخه تولید به مصرف فرآورده‌های نفتی از جمله بنزین می‌باشد. لذا عملکرد مناسب آن نقش بسیار مهمی در ثمر بخشیدن به کلیه فعالیت‌های پیش از آن دارد. بدین معنا که بروز هرگونه اشتباه یا حادثه در جایگاه‌ها می‌تواند نتیجه مدت‌ها تلاش بی‌وقفه در بخش‌های اکتشاف، حفاری و استخراج، پالایش و پخش و غیره را نابود کرده و بخش عظیمی از سرمایه ملّی را از دست ما خارج کند. طرف دیگر این ماجرا، اثرات جبران‌ناپذیری است که این اشتباهات و کوتاهی‌ها می‌تواند بر محیط‌زیست انسان‌ها و سایر جانداران داشته باشد (Eisaei و همکاران، ۲۰۱۵).

به‌گونه‌ای که افراد شاغل و غیرشاغل در آن مکان‌ها در معرض آلاینده‌های مخاطره‌آمیز قرار می‌گیرند. سالیان متمادی است که مطالعات گوناگونی در زمینه‌های شغلی و زیست‌محیطی در محل‌های مذکور انجام می‌گیرد. جایگاه‌های سوخت‌رسانی از لحاظ بهداشتی به‌عنوان یکی از مناطق دارای ریسک زیاد مورد ملاحظه قرار گرفته‌اند، زیرا کارگران جایگاه‌ها حین فعالیت‌هایی نظیر سوخت‌گیری خودروها، تخلیه تانکر انتقال به مخزن ذخیره جایگاه، جابه‌جایی و تعمیر و نگهداری مخازن ذخیره زیرزمینی در معرض بخارات بنزین می‌باشند. در واقع فرآیند ذخیره و پخش بنزین، یکی از منابع مهم و اصلی انتشار ترکیبات آلی فرار در سطح شهرها به‌حساب می‌آید (Eisaei و همکاران، ۲۰۱۵).

مهم‌ترین قسمت ورود بخارات بنزین، هنگام عملیات تخلیه نفت‌کش حامل بنزین، در مخازن زیرزمینی جایگاه‌های سوخت‌گیری است. بالاترین غلظت مشاهده‌شده، مربوط به زمان پر شدن مخزن پمپ‌بنزین می‌شود (Karakitsios و همکاران، ۲۰۰۷).

عوامل و شرایط محیطی بسیاری می‌توانند بر میزان و سرعت انتشار ترکیبات آلی فرار از جایگاه‌های پمپ‌بنزین تأثیر بگذارد. که از آن جمله می‌توان به ترکیب بنزین (وجود ترکیبات خطرناک مانند بنزن)، دمای محیط (با افزایش دما میزان تبخیر بنزین نیز افزایش)، حجم بنزین فروخته‌شده، سرعت تخلیه تانکر انتقال و بی‌دقتی در نشت و سرریزشدن اشاره کرد.

بی‌تردید اولین گام برای کنترل آلاینده‌ها اندازه‌گیری و پایش آن‌ها بوده و بدون آگاهی کامل از کیفیت و کمیت آلاینده‌ها امکان مقایسه با استانداردهای مربوطه و در نتیجه کنترل آن‌ها میسر نخواهد بود. شرایطی که در اندازه‌گیری مواد باید در نظر گرفته شود عبارت از امکان اندازه‌گیری ترکیبات مختلف با یک وسیله، حساسیت بالا به غلظت کم مواد، انتخاب‌پذیری مناسب با قدرت تشخیص مناسب بین ترکیبات، دامنه اندازه‌گیری بالا برای اندازه‌گیری غلظت‌های کم‌وزیاد، عملیات اتوماتیک و دقت زمانی بالا برای اندازه‌گیری‌های پیوسته است (Ojala، ۲۰۰۰).

این مهم توسط محققان زیادی در سرتاسر دنیا مورد ارزیابی قرار گرفته و غالباً میزان ترکیبات آلی فرار بالاتر از استانداردهای جهانی گزارش شده است (Gonzalez و همکاران، ۲۰۰۲؛ Kountouriotis و همکاران،۲۰۱۴؛ Karakitsios و همکاران، ۲۰۰۷). در سال ۲۰۰۷، در مطالعه‌ای که در شهر کوچک یوآنینا[9] در کشور یونان انجام پذیرفت، دلیل بالا بودن غلظت VOC، پایداری هوا تشخیص داده شد (Karakitsios و همکاران، ۲۰۰۷).

حداکثر فاصله تأثیر انتشارات حاصل از جایگاه در تحقیقی در سال ۲۰۰۷ و در شهر مورسیا[10] در اسپانیا موردتوجه قرار گرفت که در نهایت این فاصله به‌صورت حداکثری تا ۷۵ متر اعلام شد که این میزان حداکثر در دماهای بالا رخ می‌داد (Terres و همکاران، ۲۰۱۰). در مطالعه سال ۲۰۰۶ در دهلی‌نو، سه ایستگاه متفاوت اندازه‌گیری شد که نتایج از ۱۲۷۵-۵۱۲ $\mu g/m^3$ متغیر بود (Srivastav و همکاران، ۲۰۰۶). در نتایج حاصل از مطالعه‌ای که در بریتانیا و در سال ۲۰۱۴ صورت پذیرفت غلظت ترکیبات آلی فرار در نزدیکی پمپ‌های بنزین تا ۶۰۰۰ ppm هم برآورد شد (Kountouriotis و همکاران، ۲۰۱۴).

در مطالعه‌ای هم که در سال ۱۳۹۳ در شهر خرم‌آباد انجام گرفته است، بالا بودن دما مهم‌ترین دلیل برای افزایش انتشارات تعیین شده‌است و همچنین میزان آلاینده‌های VOC در داخل جایگاه عرض سوخت ۷ برابر بیشتر از خارج آن مشاهده شده است (رشیدی و الماسیان، ۱۳۹۳). در سال ۲۰۱۵ مطالعه‌ای در ۶ جایگاه پمپ‌بنزین شهر تهران انجام پذیرفت که نتایج حاصل از آن میزان غلظت متوسط را در تابستان ۸۶۰ ppm و در زمستان ۴۳۴ ppm نشان می‌داد، و حداکثر غلظت مشاهده‌شده ۲۷۰۰ ppm گزارش گردید (Eisaei و همکاران، ۲۰۱۵).

در برآوردی که در سال ۱۳۸۷ در جایگاه پمپ‌بنزین ولیعصر (عج) در شهر تهران انجام شد، میزان هدررفت فراورده بنزین در اثر تبخیر، سالانه در حدود ۱۴ تن به‌دست آمد که اگر چگالی متوسط بنزین ۷۲۰ kg/m^3 در نظر گرفته شود، روزانه تقریباً ۵۲ لیتر تبخیر صورت می‌گیرد (کرباسی و کاویانی‌فر، ۱۳۸۷). در تحقیق دیگری که توسط Hicklin و همکاران انجام شد میزان پخش ترکیبات آلی فرار در ایستگاه‌های عرضه سوخت با استفاده

9. Ioannina

10. Murcia

www.SID.ir

Archive of SID

دو مدل در مالت انجام گرفت که نتایج حاکی از این بود که بیشتر ایستگاه‌های خدماتی عرضه سوخت در مناطق مسکونی ساخته شده‌اند دارای میزان بیش از حد انتظار می‌باشد (Hicklin و همکاران، ۲۰۱۸). در این مطالعه، با توجه به انتشار ترکیبات آلی فرار از جایگاه‌های عرضه سوخت ۱۶ جایگاه عرضه سوخت شهر تبریز از نظر پخش ترکیبات آلی فرار موردبررسی قرار گرفته شده است. براساس مطالعات گذشته پارامترهای مختلف نظیر دما، ساعات روز روزهای سال در این مطالعه در نظر گرفته شده است. همچنین ترکیبات مهم ترکیبات آلی فرار BTEX نیز اندازه‌گیری شده است.

۲- روش مطالعه

شهر تبریز، یکی از شهرهای بزرگ ایران و مرکز استان آذربایجان‌شرقی است. این شهر، بزرگ‌ترین شهر منطقه شمال‌غرب ایران شناخته می‌شود. تبریز به‌دلیل این‌که قطب صنعتی منطقه می‌باشد و جمعیت زیادی را نیز در خود جای داده است، یکی از شهرهای بسیار مهم از نظر آلودگی هوا به حساب می‌آید. توجه به این نکته نیز ضروری به نظر می‌رسد که شهر از جانب شمال، شرق و جنوب به کوهستان و از غرب به زمین‌های هموار دشت تبریز محدود شده است. شیب منطقه از سمت شرق به غرب می‌باشد، به‌طوری‌که ارتفاع از سطح دریا در منطقه شرق تبریز، حدود ۱۵۶۰ متر و در قسمت غرب، حدود ۱۳۵۰ متر است. جهت باد غالب شهر تبریز از سمت غرب به شرق می‌باشد.

در شهر تبریز، ۱۶ جایگاه پمپ‌بنزین وجود دارد که در این پژوهش تمامی آن‌ها موردمطالعه قرار می‌گیرند. در شکل (۱) مکان این جایگاه‌ها در سطح شهر مشخص است. همچنین ویژگی‌های مهم هر جایگاه عرضه سوخت در جدول (۱) نمایش داده شده است.

جایگاه‌ها غالباً در موارد تعیین‌شده در جدول (۱) با یکدیگر تفاوت دارند و مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر تفاوت میزان انتشار آلاینده‌ها در جایگاه‌ها عوامل فوق هستند. فضای داخل جایگاه‌ها هر چه بازتر باشند، میزان تجمع ترکیبات آلی در فضای جایگاه کم‌تر بوده و انتشار آن چندان مهم جلوه نمی‌کند، ولی در جایگاه‌هایی با فضای محدود تجمع غلظت می‌تواند نمایان‌تر باشد. موقعیت شهری جایگاه‌ها هم در زمینه میزان تأثیرگذاری آلاینده‌ها بر افراد می‌تواند بسیار پراهمیت باشد و در نهایت وضعیت تردد نیز میزان فروش هر جایگاه و البته زمان مواجهه مراجعین با آلاینده‌ها را مشخص می‌کند. بعد از یک دوره اندازه‌گیری در تمامی جایگاه‌ها، ۴ جایگاه (مجید، آذربایجان، تعاونی ۱۰۶ و تعاونی ۴۵) به‌عنوان نماینده تمام جایگاه‌های سطح شهر انتخاب شد؛ تا بدین‌ترتیب میزان آلاینده‌ها در این جایگاه‌ها با دقت بیشتری موردبررسی قرار گیرد. دقت بالاتر در تمامی جایگاه‌ها به‌دلیل محدودیت زمانی و هزینه بالای آن مقدور نبود. نقاط نمونه‌برداری منتخب باید به‌گونه‌ای انتخاب شوند که نماینده‌ای از تمام منابع مختلف باشند و همچنین بتوانند تمامی شرایط مختلف را در خود داشته باشند (موفق و همکاران، ۱۳۸۸). ترکیبات آلی فرار که به‌شکل بخار بنزین در پمپ‌بنزین‌ها منتشر می‌شوند، در فواصل مختلف از منبع انتشار دارای غلظت‌های متفاوت هستند، بدین منظور برای بررسی میزان غلظت، اندازه‌گیری‌ها در چند منطقه مختلف در جایگاه‌ها انجام پذیرفت.

شکل ۱- نقشه شهر تبریز و جانمایی جایگاه‌های عرضه بنزین

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- پمپ‌بنزین‌های سطح شهر تبریز و ویژگی‌های آن‌ها

ردیف	نام جایگاه	فضای باز داخل جایگاه	موقعیت شهری		وضعیت تردد	ترافیک ایستا
۱	ائل‌گلی	فضای کاملاً باز بدون دیوار	حومه شهر	حاشیه اتوبان	غالباً دارای تردد	غالباً ندارد
۲	افتخاری	فضای کاملاً باز بدون دیوار	حومه شهر	حاشیه اتوبان	غالباً دارای تردد	غالباً ندارد
۳	بهران ۵	حدود ۲۰-۱۵ متر با دیوارهای بلند	منطقه مسکونی	پرتردد شهری	غالباً دارای تردد	غالباً دارد
۴	تنها	حدود ۱۰-۵ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه مسکونی	کم تردد شهری	کم تردد	ندارد
۵	مجید	حدود ۱۰-۵ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه مسکونی با فاصله حدود ۷۰-۸۰ متری	پرتردد شهری	غالباً پرتردد	دارد
۶	تعاونی ۸۳	حدود ۲۵-۲۰ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه مسکونی با فاصله ۳۰-۴۰ متری	پرتردد شهری	غالباً دارای تردد	غالباً ندارد
۷	چایکنار	حدود ۱۰-۵ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه غیرمسکونی	پرتردد شهری	غالباً پرتردد	دارد
۸	بهران ۳	حدود ۱۵-۱۰ متر با دیوارهای بلند	منطقه مسکونی	پرتردد شهری	غالباً دارای تردد	غالباً دارد
۹	نگین آذربایجان	حدود ۲۰-۱۰ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه غیرمسکونی	کم تردد	غالباً دارای تردد	ندارد
۱۰	الماس غرب	حدود ۳۰-۲۰ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه غیرمسکونی	کم تردد	غالباً کم‌تردد	ندارد
۱۱	آذربایجان	حدود ۲۰-۱۰ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه مسکونی	پرتردد	غالباً دارای تردد	ندارد
۱۲	بهران ۴	حدود ۲۰-۱۵ متر با دیوارهای بلند	منطقه مسکونی	پرتردد	غالباً دارای تردد	ندارد
۱۳	تعاونی ۱۰۶	حدود ۳۰-۲۰ متر با دیوارهای کوتاه	منطقه غیرمسکونی و صنعتی	پرتردد	دارای تردد	ندارد
۱۴	سرداران شهید	حدود ۱۰-۵ متر با دیوارهای کوتاه	حومه شهر	کم تردد	دارای تردد	غالباً ندارد
۱۵	تعاونی ۶۰ آذر	حدود ۳۰-۲۰ متر با دیوارهای بلند	منطقه مسکونی	پرتردد	پرتردد	دارد
۱۶	تعاونی ۴۵	حدود ۲۰-۱۵ متر با دیوارهای بلند	منطقه مسکونی	پرتردد	پرتردد	دارد

در زمان مقایسه تمام ۱۶ جایگاه، این اندازه‌گیری‌ها در دو سطح کنار نازل‌های بنزین صورت پذیرفت؛ ولی در زمان مقایسه در ۴ جایگاه منتخب این اندازه‌گیری در ۳ سطح و در کنار نازل‌های بنزین (مرکز جایگاه)، فاصله حدود ۵ متری و فاصله حدود ۲۰ متـری از نازل‌های بنزین انجام گرفت. اندازه‌گیری غلظت کل VOC، در طول دوره با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری قابل‌حمل، شرکت ION Science صورت پذیرفت. این دستگاه قادر است با دقت ۱ppb تا غلظت کل ۲۰۰۰۰ppm را گزارش کند. تمامی اعداد گزارش‌شده در قسمت نتایج برحسب ppm خواهد بود.

اندازه‌گیری در تمامی ۱۶ جایگاه در ۲۶ دوره یک‌روزه، از آبان ماه تا خرداد ماه سال بعد انجام شد. در هر روز و در هر یک از ۴ بازه زمانی ۱۰:۳۰-۸:۰۰، ۱۳:۰۰-۱۰:۳۰، ۱۶:۰۰-۱۳:۳۰ و ۱۸:۳۰-۱۶:۰۰ چهار جایگاه مورد آزمایش قرار گرفت. این اندازه‌گیری‌ها به‌صورت گردشی انجام پذیرفت تا داده‌هایی برای تمام ساعات روز و در تمام جایگاه‌ها در دست باشد. زمان اندازه‌گیری در حدود ۱۰ دقیقه در هر سطح فاصله در نظر گرفته شد. همچنین اندازه‌گیری غلظت در ۴ جایگاه منتخب نیز در ۱۲ دوره، به‌صورت یک روز در هر جایگاه از دی ماه تا خرداد ماه سال بعد انجام گرفت. زمان اندازه‌گیری در حدود ۲۰ دقیقه در هر سطح فاصله در نظر گرفته شد، تا روزانه در هر ۴ بازه زمانی ۲/۵ ساعته، ۲ بار از هر سه سطح مختلف، داده‌گیری انجام گیرد. به‌طورکلی سعی شده تا در تمامی جایگاه‌ها در ساعات مختلف، آب‌وهوای مختلف و حتی روزهای مختلف هفته این اندازه‌گیری صورت گیرد تا داده‌ها در بالاترین دقت ممکن به‌دست آیند. همچنین از اردیبهشت تا خرداد و در هر یک از چهار جایگاه دو بار، میـزان غلظت ترکیبات آلی فرار در کنار محل تخلیه تانکر انتقال اندازه‌گیری گردید. در هر جایگاه به تعداد ۳۰ مرتبه نیز در کنار خودروهای در حال سوخت-گیری و تقریباً در سطح تنفس افراد در حال سوخت زدن، از اردیبهشت تا خرداد اندازه‌گیری صورت گرفت. در طول این زمان در هر جایگاه به تعداد ۱۰ مرتبه نیز به مـدت ۵ دقیقه و در زمان-های مختلف، میزان غلظت ترکیبات آلی فرار در فاصله حدود ۵۰ متری جایگاه‌ها اندازه گرفته شد.

انجام آزمایش‌های مؤثـر که با صرف حداقل هزینه و زمان بیش‌ترین اطلاعات را به‌دست بدهد مطلوب یک مطالعه خواهد بود. بنابراین به‌روشی نیاز است که در آن بتوان با صرف حداقل هزینه و زمان، به بیش‌ترین اطلاعات در مورد فرآیند دست پیدا کرد، طراحی آزمایش نام دارد. کاربرد موفقیت‌آمیز طراحی آزمایش در توسعه فرآیند تولید می‌تواند اساساً زمان تولید و هزینه‌ها را تقلیل داده و به فرآیندها و فرآورده‌هایی منتهی شود که در نوع خود عملکرد بهتر و اعتمادپذیری بالاتر از آن‌هایی دارند که با کاربـرد شیوه‌های دیگر به‌دست آمده‌اند. این تکنیک را می‌توان در اغلب فرآیندها جهت بهینه‌سازی آزمایش‌ها مورداستفاده قرار داد. در این مطالعه نیز برای بهبود کیفیت و صحت‌سنجی در بعضی

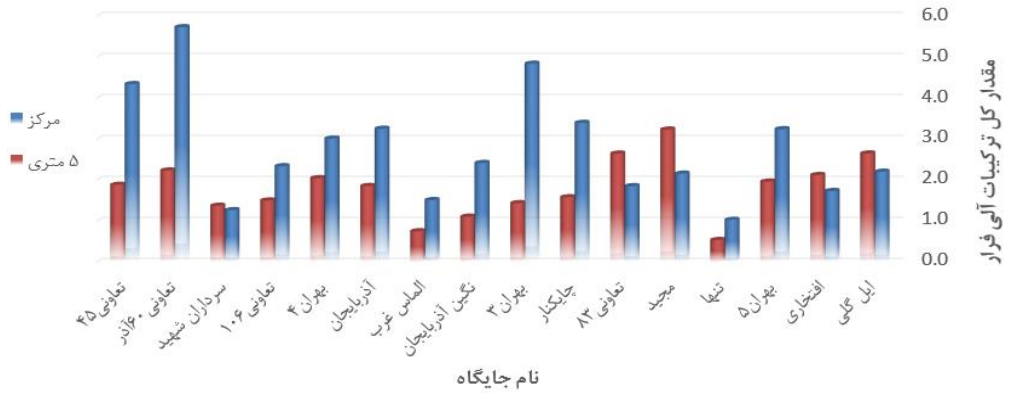
www.SID.ir

Archive of SID

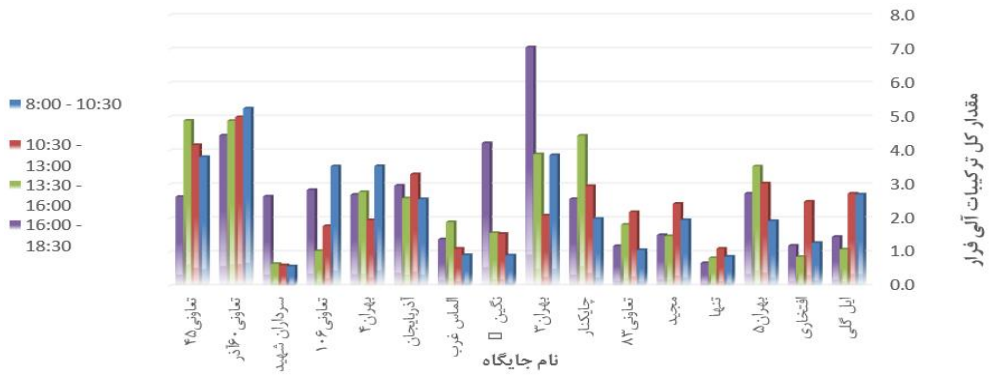
آزمایش‌ها به‌کار گرفته شده است. چون سطح فاکتورها در این مطالعه بسیار متفاوت است از روش Multilevel Categoric Design استفاده شد، تا جدول ANOVA و ضریب همبستگی (R^2) برای آزمایش‌های موردنظر به‌دست‌آمده و مقایسه آماری صورت پذیرد. که برای این‌کار از نرم‌افزار Design Expert استفاده شد.

۳- نتایج و بحث

در ابتدا یک برآورد کلی از میزان غلظت کل ترکیبات آلی در طول دوره ۸ ماه آورده شده است. شکل (۲) مقایسه غلظت متوسط در بین تمام جایگاه‌ها را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که غلظت به‌ترتیب در جایگاه‌های تعاونی ۶۰ آذر، بهران ۳، تعاونی ۴۵، چایکنار، بهران ۵، آذربایجان و بهران ۴ بیش‌تر از جایگاه‌های دیگر است. با توجه به ویژگی‌های جایگاه‌ها که در (جدول (۱)) قابل‌مشاهده است، این حالت می‌تواند به‌دلیل تردد بالای خودرویی و همچنین ترافیک ایستا ایجاد شده باشد. قابل‌ذکر است که جایگاه مجید نیز می‌توانست به‌دلیل تردد بالا و ترافیک ایستا در این جمع قرار بگیرد، ولی این اتفاق نیفتاده است. دلیل این امر می‌تواند فضای باز و وجود باد زیاد در این جایگاه باشد. جایگاه‌های تنها، سرداران شهید و الماس غرب به دلیل کم تردد بودن و البته فضای باز و غالباً وجود باد به‌دلیل موقعیت جغرافیایی، کم‌ترین غلظت ترکیبات آلی فرار در محیط را دارند. در جایگاه‌های ائل گلی، افتخاری، مجید، تعاونی ۸۳ و سرداران شهید، نکته جالب، بالا بودن غلظت ترکیبات آلی فرار در فاصله ۵ متری نسبت به غلظت در مرکز جایگاه است که دلیل این پدیده، باز هم تنها با توجه به فضای باز و وجود باد غالب در این جایگاه‌ها توجیه‌پذیر خواهد بود. نکته قابل‌ذکر دیگر پایین بودن غلظت در دو جایگاه تنها و الماس غرب است. این دو جایگاه از جایگاه‌های تازه تأسیس شهر تبریز هستند و در حال حاضر از تجهیزات جدید و سالمی بهره می‌برند و در کنار کم تردد بودن این جایگاه‌ها دلیل دیگر انتشار کم آلاینده‌ها از این جایگاه‌ها قطعاً به همین سالم بودن تجهیزات برمی‌گردد. با توجه به این‌که طول مدت اندازه‌گیری به چهار بازه زمانی تقسیم شده است لازم است تا غلظت ترکیبات آلی فرار در بازه‌های زمانی مختلف نیز بررسی گردد (شکل (۳)). همان‌طور که از (شکل (۳)) می‌توان مشاهده کرد، در جایگاه‌های بهران ۳، نگین آذربایجان و سرداران شهید، بالا بودن غلظت ترکیبات آلی فرار در دوره چهارم کاملاً مشهود است. دلیل این امر می‌تواند تردد بیشتر اتومبیل باشد.



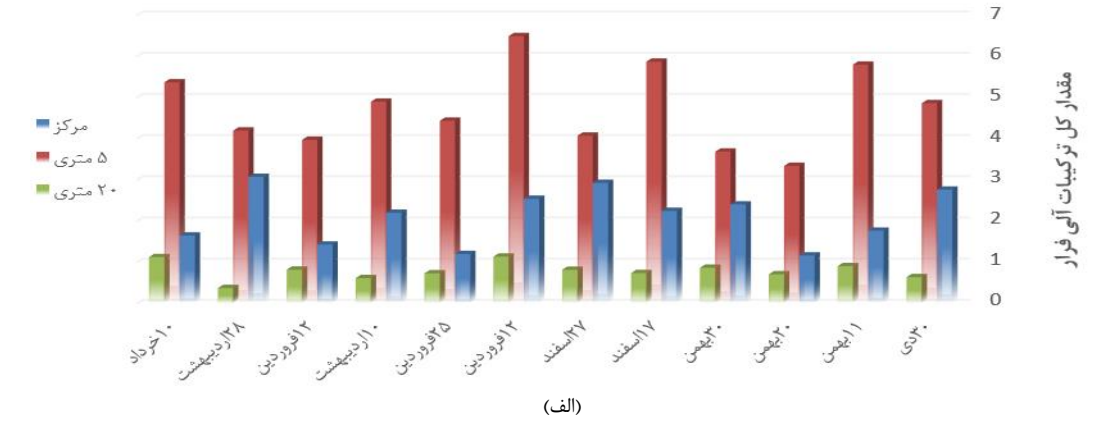
شکل ۲- مقایسه غلظت متوسط ترکیبات آلی فرار در کل دوره بین تمام جایگاه‌ها



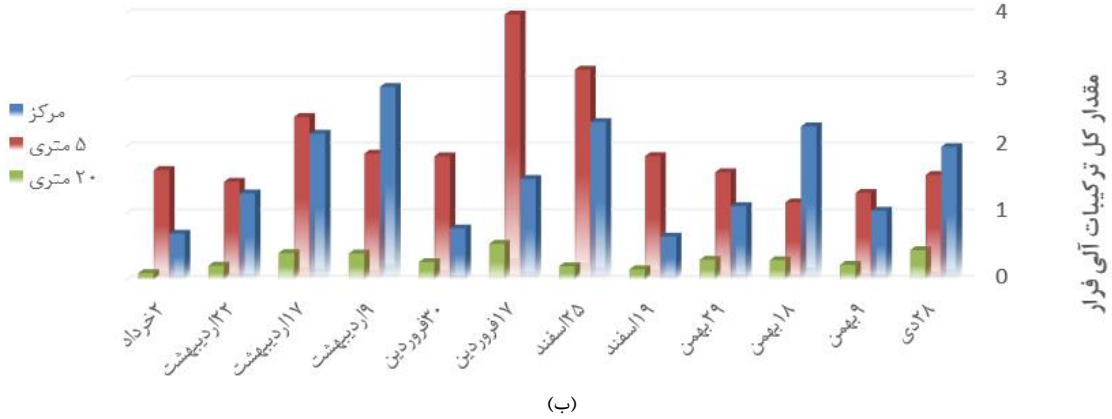
شکل ۳- مقایسه متوسط غلظت ترکیبات آلی فرار در مرکز جایگاه، در ۴ بازه زمانی تعیین‌شده در تمام جایگاه‌ها برحسب ppm

www.SID.ir

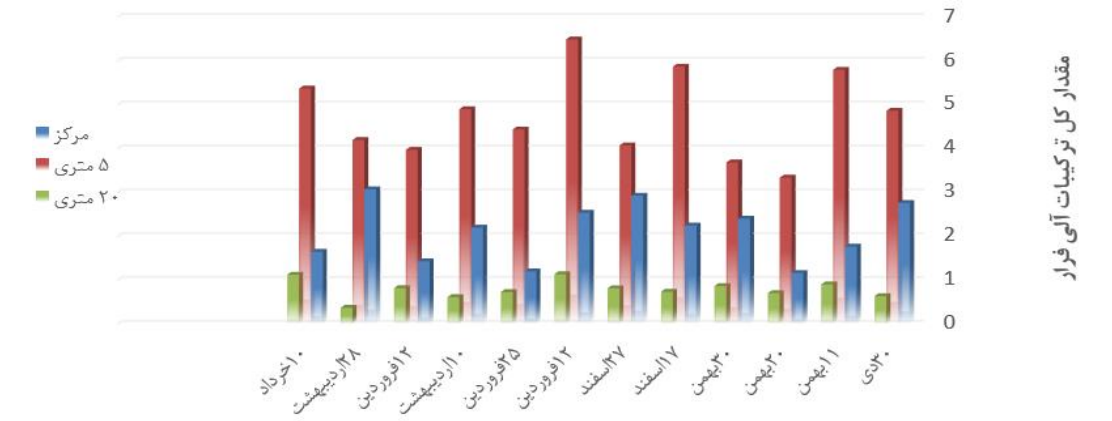
Archive of SID



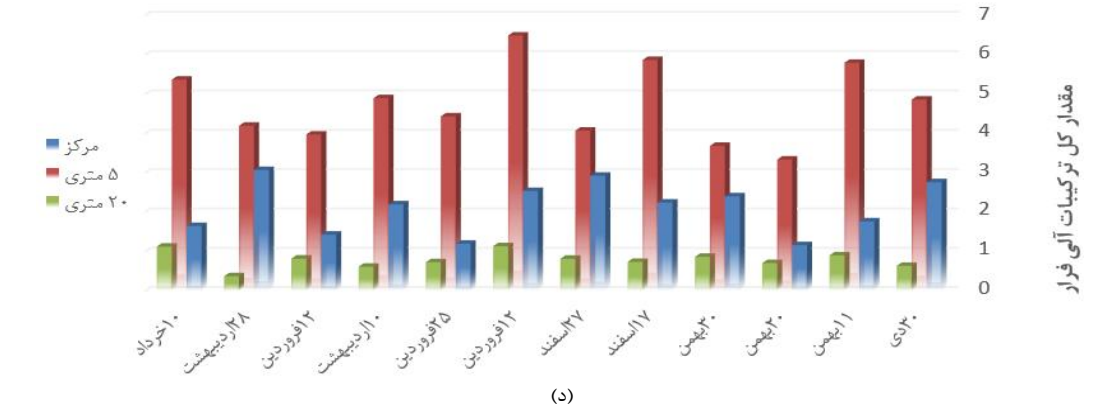
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۴- تغییرات غلظت ترکیبات آلی فرار با فاصله در روزهای مختلف در ۴ جایگاه منتخب برحسب ppm: الف) آذربایجان، ب) تعاونی ۱۰۶، ج) تعاونی ۴۵، د) مجید

www.SID.ir

Archive of SID

در جایگاه تعاونی ۴۵، غلظت در فاصله ۵ متری بسیار کم‌تر از مرکز مشاهده می‌شود. نکته جالب‌توجه بالا بودن میزان غلظت در فاصله ۲۰ متری جایگاه تعاونی ۴۵ نسبت به دیگر جایگاه‌هاست که با توجه به قرار گرفتن این جایگاه در منطقه پرتردد شهری و منطقه اداری و مسکونی و وجود مراکز پزشکی و مدارس در اطراف از خطرآفرین‌ترین جایگاه‌ها در سطح شهر محسوب می‌شود. البته میزان غلظت در فاصله بیش از ۲۰ متر آن‌چنان زیاد نیست، تا در فضای باز خطرناک و مضر باشد ولی صد در صد این انتشارات بر میزان غلظت ترکیبات آلی فرار در فضاهای سرپوشیده و بسته اطراف این جایگاه تأثیر خواهد داشت. جایگاه مجید نیز به علت وجود باد غالب در آن منطقه، معمولاً تجمع غلظت در مرکز را نشان نمی‌دهد و در ۵ متری جایگاه غلظت بالاتری مشاهده می‌شود (شکل (۴)).

به این ترتیب غلظت در فاصله ۲۰ متری نیز بعضاً قابل‌توجه می‌شود که البته به‌دلیل فاصله زیاد از مناطق مسکونی و ساختمان‌ها، چندان خطر جدی متوجه افراد نمی‌شود. در شکل (۵) غلظت ترکیبات آلی فرار در ساعات مختلف روز و در روزهای مختلف، در مرکز جایگاه به نمایش در آمده است (به‌دلیل اشکال زیاد در فواصل ۲۰ و ۵ متری از آوردن نتایج اجتناب شده است). همان‌گونه که مشاهده می‌شود، تغییرات غلظت در روزها و ساعات مختلف، از نظم خاصی پیروی نمی‌کند. بالا بودن بیش از اندازه غلظت در برخی زمان‌ها، به‌دلیل اتفاقات خاص از جمله بی‌دقتی‌ها و نشت بنزین بوده است. در ضمن در زمان بارش باران، وقتی‌که نشت بنزین اتفاق می‌افتد، به‌همراه آب باران بنزین نیز در سطح جایگاه جریان می‌یابد. در نتیجه غلظت‌های بسیار زیاد غالباً در چنین زمان‌هایی قابل‌مشاهده هستند. در برخی جایگاه‌ها به‌دلیل فرسودگی جوب‌های فاضلاب و عدم انتقال صحیح فاضلاب، جاری شدن بنزین بر روی زمین موجب انتشار بیشتر می‌شود.

با توجه به شکل (۵) مشاهده می‌شود که در ساعات مختلف روز در منطقه شهری، به‌دلیل عدم متغیر بودن میزان ترافیک، معمولاً غلظت نیز چندان تغییری نشان نمی‌دهد. ولی در جایگاه تعاونی ۱۰۶، که در منطقه حاشیه شهر قرار دارد و غالباً در زمان صبح دارای ترافیک بیشتری است، در ساعات اولیه روز، غلظت بالاتری مشاهده می‌شود.

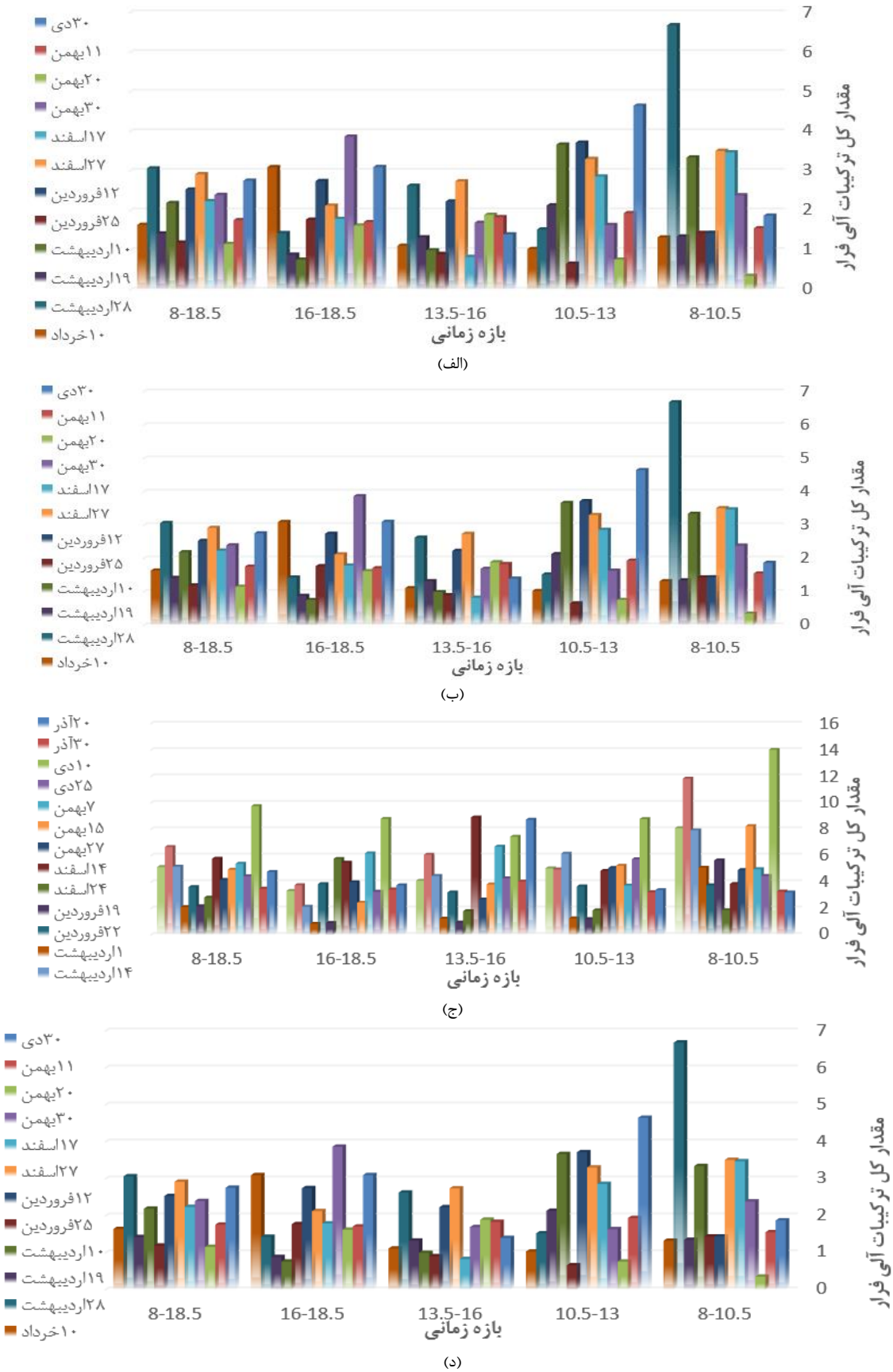
در شکل (۶) تغییرات غلظت ترکیبات آلی فرار با دما نمایش داده شده است. با توجه به این شکل‌ها مشاهده می‌شود که غلظت، با افزایش دما تغییرات مشخص و قابل تحلیلی ندارد. به‌طور مثال در مرکز جایگاه تعاونی ۱۰۶ مشاهده می‌شود که با افزایش دما غلظت نیز افزایش یافته است. ولی غلظت در مرکز جایگاه ۴۵ با افزایش دما کاهش را نشان می‌دهد و در دیگر نمودارها اصلاً حالت مشخصی دیده نمی‌شود.

با توجه به این‌که می‌توان دما را به‌عنوان یک فاکتور تأثیرگذار در آزمایشات در نظر گرفت، طراحی آزمایش برای بررسی تأثیر فاکتور دما و فاصله اندازه‌گیری انجام گرفت در این طراحی آزمایش دما با ۷ سطح و فاصله اندازه‌گیری با ۳ سطح انجام گرفت. مقدار سطوح دقیقاً براساس مقادیر ارائه‌شده در شکل (۶) در نظر گرفته شد. مقادیر آنالیز واریانس (ANOVA) یک روش آماری است که برای تجزیه‌وتحلیل واریانس مورداستفاده قرار می‌گیرد که شامل درجه آزادی، مجموع مربعات، F-Value و P-Value برای هر عامل محاسبه‌شده، مقادیر آنالیز واریانس در جداول (۲)، (۳)، (۴) و (۵) برای بررسی کفایت مدل نشان داده شده است. تأثیر متقابل متغیرها و پاسخ‌ها توسط آنالیز واریانس مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. هر چه مقدار P-Value کم‌تر باشد، میزان اثرگذاری متقابل آن در F-Value چشمگیرتر (بهتر) است. (برای اثبات کفایت مدل مقدار P-Value باید کم‌تر از ۰/۰۵ باشد) در جداول نشان داده شده که مقدار P-Value مدل برای هر چهار جایگاه کم‌تر از ۰/۰۰۱ می‌باشد، که تأیید می‌کند کلیه پارامترها مهم هستند و مدل استفاده‌شده می‌تواند یک مدل کارآمد برای پیش‌بینی مقادیر تجربی است. همچنین هر چه مقدار F-Value بزرگ‌تر باشد، دلیلی برای اثبات کفایت مدل می‌باشد. جدول (۶) ضریب همبستگی را برای چهار جایگاه برای فاکتور دما نشان می‌دهد.

مقادیر R^2، R^2 اصلاح‌شده و R^2 پیش‌بینی‌شده جایگاه‌های مجید، تعاونی ۴۵ و آذربایجان به یک نزدیک هستند و R^2 اصلاح‌شده و R^2 پیش‌بینی‌شده که نشان از قدرت پیشگویی مدل است، کم‌تر از ۲۰٪ اختلاف دارند. بنابراین این مقادیر قابل‌قبول می‌باشند. در نتیجه تمامی این معیارهای آماری، صحت نتایج مناسب برازش داده‌ها را اثبات می‌کند. در تحقیقات گذشته ملاحظه شد که بعضاً در دمای بالا و فصل تابستان غلظت ترکیبات در هوا بیشتر بوده (Terres و همکاران، ۲۰۱۰؛ Srivastav و همکاران، ۲۰۰۶) و بعضاً در زمستان ملاحظه می‌شود (Dehdari و همکاران، ۲۰۱۴). در فصول گرم به‌دلیل دمای بالای هوا میزان انتشار بیشتر است و در نزدیکی پمپ‌ها طبیعتاً این مقدار بیشتر خواهد بود. ولی با توجه به این مسئله که در گرمای هوا و تابش مستقیم آفتاب میزان فعالیت‌های فتوشیمیایی نیز افزایش می‌یابد، در نتیجه سرعت تبدیل VOCها افزایش یافته و در فواصل دورتر نسبت به محل انتشار، این غلظت کم‌تر از فصول سرد سال گزارش می‌شود.

www.SID.ir

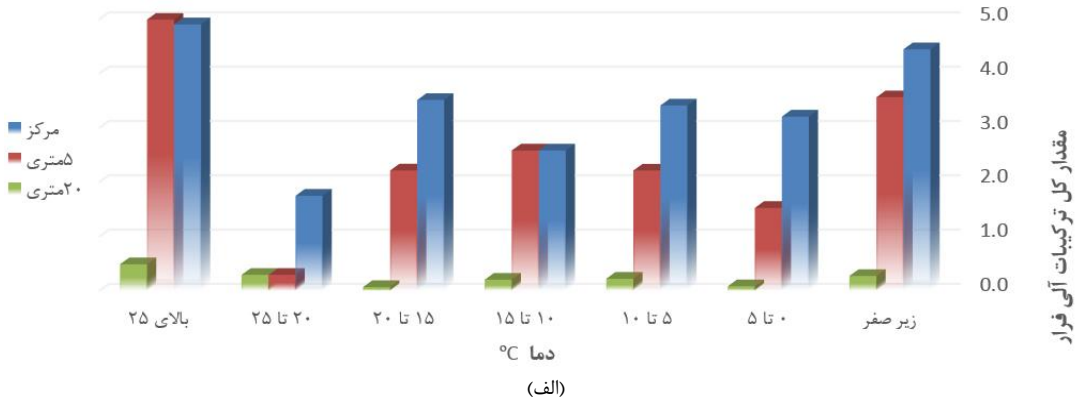
Archive of SID



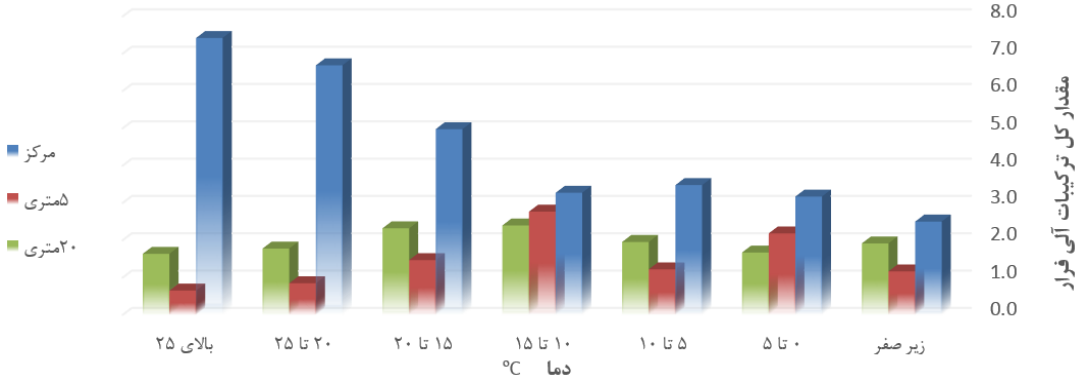
شکل ۵- تغییرات غلظت ترکیبات آلی فرار با زمان در روزهای مختلف در مرکز ۴ جایگاه منتخب برحسب : الف) آذربایجان، ب) تعاونی ۱۰۶، ج) تعاونی ۴۵، د) مجید

www.SID.ir

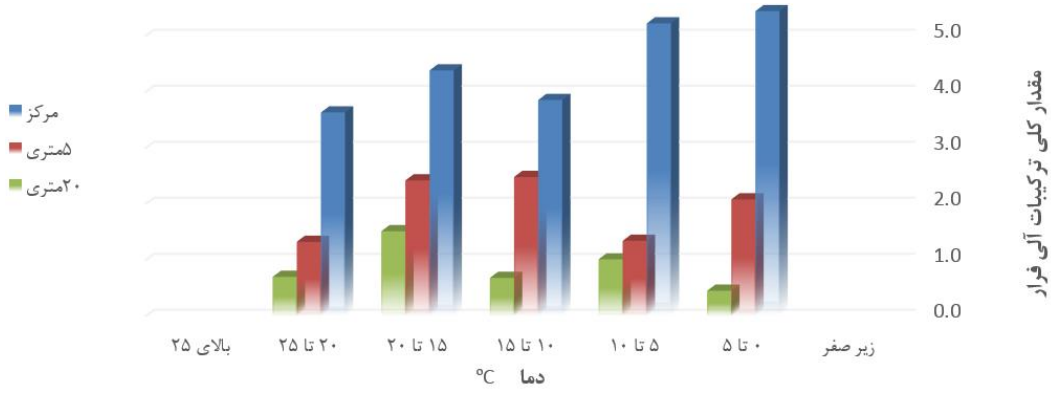
Archive of SID



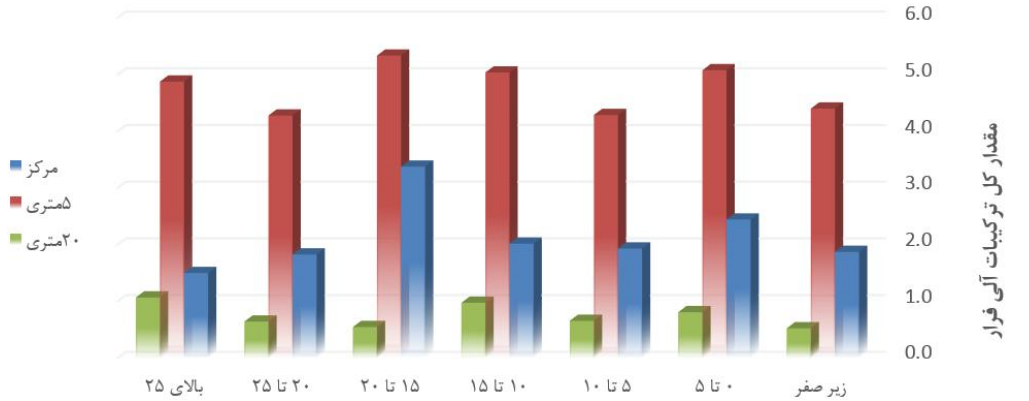
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

شکل ۶- تغییرات غلظت ترکیبات آلی فرار با دما در ۴ جایگاه منتخب برحسب ppm: الف) آذربایجان، ب) تعاونی ۱۰۶، ج) تعاونی ۴۵، د) مجید

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه آذربایجان

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۲	۵/۵۷	۳۴/۰۹	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۵/۵۷	۳۴/۰۹	<۰/۰۰۰۱
باقی‌مانده	۱۸	۱/۴۷		
مجموع	۲۰	۷/۰۴		

جدول ۳- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه ۱۰۶

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۲	۴/۷۹	۱۶/۲۵	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۴/۷۹	۱۶/۲۵	<۰/۰۰۰۱
باقی‌مانده	۱۸	۲/۶۵		
مجموع	۲۰	۷/۴۴		

جدول ۴- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه ۴۵

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۲	۳۵/۰۵	۴۶/۳۲	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۳۵/۰۵	۴۶/۳۲	<۰/۰۰۰۱
باقی‌مانده	۱۲	۴/۵۴		
مجموع	۱۴	۳۹/۵۹		

جدول ۵- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه مجید

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۲	۵۸/۲۰	۱۴۲/۰۱	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۵۸/۲۰	۱۴۲/۰۱	<۰/۰۰۰۱
باقی‌مانده	۱۸	۳/۶۹		
مجموع	۲۰	۶۱/۸۹		

جدول ۶- مقادیر ضریب همبستگی برای جایگاه‌ها

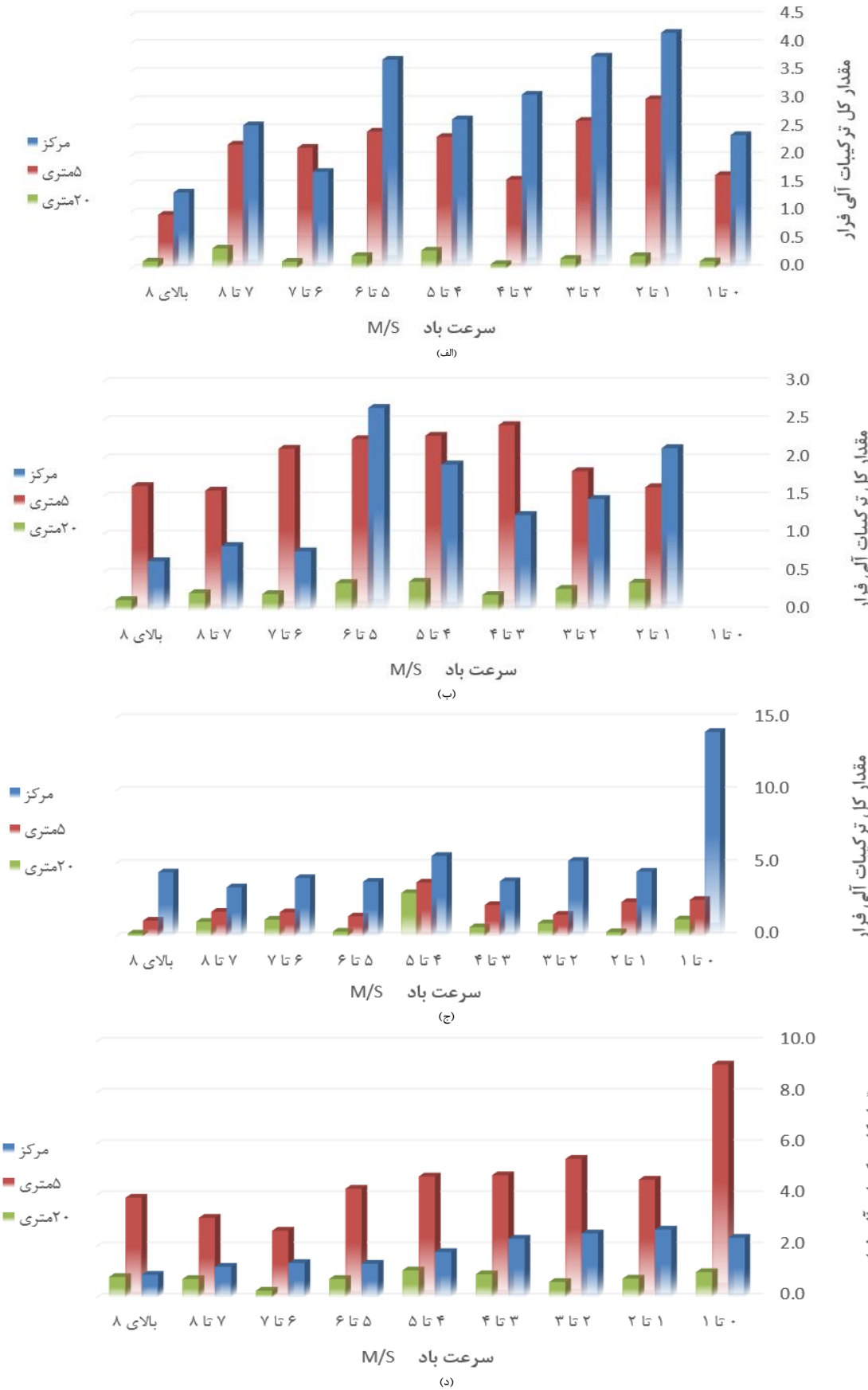
جایگاه	R^2	$Radj^2$	$Rperd^2$
مجید	٪۹۴	٪۹۳/۴	٪۹۱/۹
تعاونی ۱۰۶	٪۶۴/۶	٪۶۰/۲	٪۵۳/۳
آذربایجان	٪۸۰	٪۸۹/۸۳	٪۷۶/۸۵
تعاونی ۴۵	٪۸۸/۵	٪۸۶/۶	٪۸۲/۱

البته نکته مهم قابل‌ذکر است که، گزارشات در زمان‌های مختلف و در شرایط آب و هوایی متفاوت از هم انجام گرفته‌اند بعضاً باعث می‌شود تا نتایج همین گزارشات نیز با هم در تضاد باشند.

در فصل گرم انتظار می‌رود به‌دلیل بالا بودن درجه حرارت و تبخیر سریع‌تر بنزین، مقدار VOCها در محوطه جایگاه بیشتر از فصل سرد باشد، ولی از طرف دیگر شرکت‌های پالایش در فصل سرد فشار بخار بنزین و درصد اجزای فرار آن را افزایش می‌دهند (Dehdari و همکاران، ۲۰۱۴) تا به راحت‌تر روشن شدن خودرو کمک کنند. این افزایش فشار بخار می‌تواند باعث تبخیر سریع‌تر بنزین و افزایش غلظت ترکیبات در محوطه جایگاه شود. با توجه به نتایج تحقیق، در مورد ترکیبات آلی فرار اختلاف بین میانگین غلظت در فصول گرم و سرد سال کم است و نمی‌توان این افزایش یا کاهش را به‌طور قطع به درجه حرارت هوای محیط نسبت داد. تغییرات غلظت ترکیبات آلی فرار با سرعت باد در شکل (۷) قابل‌مشاهده است. وزش باد باعث پخش شدن ترکیبات آلی فرار می‌شود که این پدیده، در مرکز جایگاه باعث کاهش غلظت می‌گردد ولی در فواصل دورتر نتیجه عکس به‌همراه دارد. باد شدید باعث انتقال بیشتر، ولی تجمع غلظت کم‌تر خواهد بود. در جایگاه تعاونی ۱۰۶ چون محیط کاملاً باز است، در زمان وجود باد شدید، آلاینده‌ها به‌صورت کامل پخش می‌شوند و حتی در فاصله ۲۰ متری نیز، غلظت افزایش نمی‌یابد؛ و شاید به فواصل دورتر نیز انتقال انجام گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷- تغییرات غلظت ترکیبات آلی فرار با سرعت باد در ۴ جایگاه منتخب برحسب ppm: الف) آذربایجان، ب) تعاونی ۱۰۶، ج) تعاونی ۴۵، د) مجید

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه آذربایجان

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۹	۳۳/۲۴	۱۱۶/۶	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۳۲/۰۴	۷۸/۹	<۰/۰۰۰۱
سرعت باد	۷	۱/۲	۳/۲	۰/۰۱۰
باقی‌مانده	۱۴	۰/۴۷		
مجموع	۲۳	۳۳/۷۱		

جدول ۸ - آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه ۱۰۶

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۹	۲۱/۴۱	۲۹/۳	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۱۸/۸۷	۱۱۶/۳۴	<۰/۰۰۰۱
سرعت باد	۷	۲/۵۴	۴/۴۸	۰/۰۰۸۳
باقی‌مانده	۱۴	۱/۱۴		
مجموع	۲۳	۲۲/۵۵		

جدول ۹- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه ۴۵

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۹	۷/۲۶	۱۶/۱۹	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۵/۸۲	۵۸/۳۵	<۰/۰۰۰۱
سرعت باد	۷	۱/۴۵	۴/۱۴	۰/۰۱۱۴
باقی‌مانده	۱۴	۰/۶۹		
مجموع	۲۳	۷/۹۶		

جدول ۱۰- آنالیز واریانس طراحی آزمایش مربوط به جایگاه مجید

منبع	درجه آزادی	مجموع مربعات	F-Value	P-Value
مدل	۹	۱۵/۸۵	۳۲/۴۵	<۰/۰۰۰۱
فاصله اندازه‌گیری	۲	۱۳/۷۷	۱۲۶/۸۹	<۰/۰۰۰۱
سرعت باد	۷	۲/۰۸	۵/۴۷	۰/۰۰۳۴
باقی‌مانده	۱۴	۰/۷۵۹۸		
مجموع	۲۳	۱۶/۶۱		

جدول ۱۱- مقادیر ضریب همبستگی برای جایگاه‌ها

جایگاه	R^2	$Radj^2$	$Rperd^2$
مجید	٪۹۵/۵	٪۹۲/۴	٪۸۶/۵
تعاونی ۱۰۶	٪۹۵	٪۹۱/۷	٪۸۵/۲
آذربایجان	٪۹۱/۷	٪۹۰/۹	٪۸۹/۲
تعاونی ۴۵	٪۹۱/۲	٪۸۵/۶	٪۷۴/۳

جدول ۱۲- میزان ترکیبات BTEX و TVOC در ۴ جایگاه منتخب

جایگاه	TVOC	بنزن	تولوئن	اتیل بنزن	زایلن	BTEX	BTEX/ TVOC (%)	Benzene/ TVOC (%)
آذربایجان	۷/۴	۱/۷	۱/۹	۱/۳	۰/۳	۵/۲	۷۰/۳	۲۳/۰
تعاونی ۱۰۶	۳/۵	۰/۸	۱/۱	۰/۶	۰/۴	۲/۹	۸۲/۹	۲۲/۹
تعاونی ۴۵	۱۹/۹	۴/۷	۵/۳	۲/۲	۲/۱	۱۴/۲	۷۱/۴	۲۳/۶
مجید	۷/۹	۲/۳	۱/۷	۰/۸	۰/۹	۵/۶	۷۰/۹	۲۹/۱
متوسط	۹/۶	۲/۳	۲/۵	۱/۲	۰/۹	۶/۹	۷۱/۹	۲۴/۰

www.SID.ir

Archive of SID

البته به‌دلیل غلظت بسیار پایین قابل‌توجه نخواهد بود. در جایگاه تعاونی ۴۵، باد تأثیر کاهش غلظت در مرکز را دارد؛ ولی به‌دلیل بسته بودن فضای جایگاه تأثیر آن کم‌تر دیده می‌شود. در جایگاه مجید نیز باد باعث کاهش غلظت در مرکز و حتی ۵ متری شده است؛ ولی در ۲۰ متری تغییر چندانی قابل‌مشاهده نیست. با توجه به این‌که می‌توان سرعت باد را به‌عنوان یک فاکتور تأثیرگذار در آزمایشات در نظر گرفت، طراحی آزمایش برای بررسی تأثیر فاکتور سرعت باد و فاصله اندازه‌گیری انجام گرفت در این طراحی آزمایش سرعت باد با ۸ سطح و فاصله اندازه‌گیری با ۳ سطح انجام گرفت. مقدار سطوح دقیقاً براساس مقادیر ارائه‌شده در شکل (۷) در نظر گرفته شد. مقادیر آنالیز واریانس در جداول (۷)، (۸)، (۹) و (۱۰) برای بررسی کفایت مدل نشان داده شده است. جدول (۱۱) ضریب همبستگی را برای چهار جایگاه براساس فاکتور سرعت باد را نشان می‌دهد.

مقادیر R^2، R^2 اصلاح‌شده و R^2 پیش‌بینی‌شده هر چهار جایگاه به یک نزدیک هستند و R^2 اصلاح‌شده و R^2 پیش‌بینی‌شده که نشان از قدرت پیشگویی مدل است، کم‌تر از ۲۰٪ اختلاف دارند. بنابراین این مقادیر قابل‌قبول می‌باشند. مقادیر ضرایب همبستگی (به‌ویژه R^2و R^2 اصلاح‌شده) با همدیگر نیز توافق خوبی دارند، به عبارت دیگر مدل در پیش‌بینی مقادیر واقعی توانمند است. در تمامی مقادیر جدول ANOVA مقادیر P-Value مدل برای هر چهار جایگاه کم‌تر از ۰/۰۰۰۱ می‌باشد. P-Value مدل مربوط به عامل‌های اصلی همگی معنی‌دار هستند. نزدیکی هرچه بیشتر ضریب همبستگی به ۱۰۰٪ نشان می‌دهد، عامل‌های موجود در مدل به‌خوبی داده‌های حاصل از طرح را توجیه می‌کنند. در زمان حضور تانکر انتقال در جایگاه آذربایجان میزان غلظت ترکیبات آلی فرار بسیار تغییر می‌کند. این تغییرات در تمامی نقاط قابل احساس است. البته نکته قابل‌ذکر دیگر در مورد جایگاه آذربایجان، این است که به‌دلیل واقع شدن ساختمان اداری جایگاه در کنار محل تخلیه تانکر انتقال، در زمان تخلیه، غلظت ترکیبات آلی در داخل ساختمان بسیار بالا می‌رود؛ و این امر باعث تخلیه ساختمان در زمان سوخت‌گیری جایگاه توسط کارکنان می‌شود که از نکات جالب‌توجه می‌باشد و باید در ساخت جایگاه‌ها مورد دقت بیشتری قرار گیرد.

حضور تانکر در جایگاه تعاونی ۱۰۶، تأثیر قابل‌توجهی بر داده‌های اندازه‌گیری شده نداشت. دلیل این امر، واقع شدن محل تخلیه در دورترین نقطه این جایگاه می‌باشد. به‌نظر می‌آید این کار که محل تخلیه دارای فاصله زیادی با منطقه سوخت‌گیری خودروها و ساختمان اداری جایگاه باشد، بسیار ایده جالبی است؛ ولی این کار، فقط در مناطق حاشیه شهر ممکن است و در داخل شهر متولیان امر، ناچار به ساخت در فواصل کمتر هستند.

حضور تانکر انتقال و تخلیه آن در جایگاه تعاونی ۴۵ بسیار محسوس می‌باشد و قطعاً خطرناک‌ترین و خطرآفرین‌ترین زمان، در طول دوره اندازه‌گیری در تمام جایگاه‌های سطح شهر تبریز، در همین زمان و در همین مکان مشاهده شده است. غلظت‌های بالای ۶ ppm در نزدیک مراکز تجاری (داروخانه و مرکز فروش محصولات پروتئینی) بسیار خطرناک خواهد بود. نکته مهم دیگر قرار گرفتن محل تخلیه تانکر انتقال در کنار یک دیوار بسیار بلند است که باعث پخش کم‌تر و انتقال یکجا و در یک جهت بخارات به سمت خیابان اصلی و محل عبور و مرور افراد و ورودی مراکز تجاری و اداری می‌شود. چون این جایگاه، در مرکز شهر واقع است و میزان تردد آن نیز بسیار بالاست، در نتیجه میزان فروش و در ادامه حضور تانکرهای انتقال نیز بسیار زیاد خواهد بود. به‌عبارت‌دیگر زمان تخلیه در این جایگاه نسبت به دیگر جایگاه‌ها بیشتر است و بالا بودن غلظت در مدت طولانی، ریسک بیشتری نیز دارد.

در جایگاه مجید، حضور تانکر انتقال تأثیر کم‌تری دارد، زیرا که جهت باد غالب باعث انتقال بخارات به سمت خارج جایگاه و فضای باز اطراف است.

لازم است تا برآورد درستی از میزان ترکیبات بسیار خطرناک ترکیبات آلی فرار یعنی BTEX وجود داشته باشد. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، این ترکیبات آروماتیکی برای سلامتی انسان بسیار مضر می‌باشند. در جدول (۱۲) میزان غلظت کل ترکیبات آلی (TVOC) فرار و ترکیبات BTEX نشان داده شده است. با توجه به جدول (۲) تقریباً می‌توان گفت که ۲۴٪ از ترکیبات آلی فرار را ماده سمی بنزن تشکیل می‌دهد. تولوئن حدود ۲۶٪، اتیل بنزن ۱۲٪ و زایلن نیز ۹٪ از کل ترکیبات آلی را تشکیل می‌دهند. پس می‌توان غلظت متوسط بنزن را در تمامی داده‌های اندازه‌گیری شده در حدود ۲۴٪ کل ترکیبات آلی فرار در نظر گرفت. که البته این میزان در شرایط جوی مختلف، متفاوت خواهد بود. همچنین حتی ترکیب بنزین عرضه‌شده نیز بر این میزان تأثیر خواهد داشت. ولی با توجه به تکرار اندازه‌گیری‌ها عدد قابل اتکایی به نظر می‌رسد. با توجه به غلظت‌های به‌دست‌آمده در اندازه‌گیری‌ها می‌توان در این بخش میزان غلظت‌های خطرناک را تعیین نمود. با توجه به استاندارد هوای آزاد که غلظت مجاز هیدروکربن‌های آلی را در هوای آزاد در حدود ۰/۲۴ ppm تعیین کرده است؛ غالب داده‌های به‌دست‌آمده در حالت غیرمجاز هستند. به عبارت دیگر می‌توان این‌گونه برداشت نمود که تا فاصله حدود ۲۰ متری از مکان سوخت‌گیری خودروها، میزان غلظت مشاهده‌شده برای کارکنان و مراجعین جایگاه‌های پمپ‌بنزین خطرناک و مضر می‌باشد. همچنین با در نظر گرفتن متوسط بنزن موجود در کل ترکیبات آلی در حدود ۲۴٪، مشاهده می‌شود که میزان بنزن نیز در هوای محیط جایگاه بالاتر از استانداردهای جهانی و در حد هشدار قرار می‌گیرد. از لحاظ انتشار بخار بنزین و ترکیبات آلی فرار از جایگاه‌ها نیز با توجه به قانون 2009/126/EC اتحادیه اروپا و همچنین طرح ملی کهاب در جمهوری اسلامی ایران، باید سیستم کنترل بخار در جایگاه‌ها

www.SID.ir

Archive of SID

استقرار یابد تا از انتشار این ترکیبات به هوای محیط جلوگیری شود.

۴- نتیجه‌گیری

در مقایسه بین جایگاه‌های عرضه سوخت در ساعات مختلف روز، مشاهده شد که دلیل بالا بودن غلظت ترکیبات آلی فرار در یک جایگاه، میزان فروش بالا (به‌عبارت‌دیگر تردد زیاد خودروها) و البته در کنار آن فضای بسته جایگاه است. باز بودن فضای جایگاه باعث بیشتر بودن تأثیر باد و در نتیجه انتشار بیشتر ترکیبات آلی فرار در محیط می‌شود. در این حالت بعضاً غلظت در فاصله ۵ متری بیشتر از سکوی جایگاه مشاهده می‌شود. پایین بودن انتشارات در دو جایگاه تازه تأسیس، نمایانگر این نکته بود که جدید و سالم بودن تجهیزات جایگاه‌ها نیز تأثیر مثبتی بر کم بودن انتشار ترکیبات آلی فرار دارد. تأثیرات دمایی فصول، بر روی انتشار ترکیبات آلی فرار، به دلیل تفاوتی که در ترکیب بنزین تولیدی پالایشگاه‌ها در تابستان و زمستان وجود دارد، چندان قابل‌توجه نیست. مهم‌ترین عامل انتشار ترکیبات آلی فرار (با میزان بالا) در جایگاه‌های عرضه سوخت، هنگامی روی می‌دهد که تخلیه سوخت توسط تانکر انتقال سوخت انجام می‌پذیرد. یکی دیگر از عوامل بالا بودن انتشار ترکیبات آلی فرار، نشت بنزین در اثر بی‌دقتی مراجعین و کارکنان است، به‌ویژه در زمان بارش باران و جاری شدن آب در سطح جایگاه، که غلظت‌های بسیار بالا را نیز گزارش گردید. با اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، در فواصل مختلف در ۴ جایگاه منتخب، شعاع اثر جایگاه‌های عرضه سوخت کم‌تر از ۵۰ متر به‌دست آمد، البته این میزان در شرایط آب و هوایی مختلف می‌تواند متفاوت باشد. بنابراین بایستی در این شعاع، در اطراف جایگاه‌ها مراکز پزشکی، مدرسه، ساختمان‌های مسکونی و مکان‌های عمومی که در آن‌ها امکان تردد افراد آسیب‌پذیر وجود دارد، تا حد امکان اجازه ساخت‌وساز داده نشود. همچنین داده‌های خروجی از نرم‌افزار Design Expert نشان داد که، توافق بسیار خوبی با داده‌های تجربی وجود دارد. در تمامی مدل‌ها P-Value کم‌تر از ۰/۰۵ به‌دست آمد که نشان می‌داد که نتایج کاملاً معنی‌دار است. همچنین عموماً ضرایب همبستگی نزدیک به یک گزارش گردید.

۵- مراجع

اسعدی س، فاتحی‌فر ا، "بررسی و تعیین ترکیبات آلی فرار در هوای شهر تهران با تأکید بر روی اثر جایگاه‌های عرضه فرآورده‌های نفتی"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۹۲.

خازینی ل، جمشیدی م، N. Blond "بررسی میزان انتشار و نحوه پراکندگی آلاینده‌های حاصل از خودروهای شهر تبریز"، نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست دانشگاه تبریز، ۱۳۹۸، ۴ (۳)، ۳۴-۲۳.

رشیدی ر، الماسیان م، "ارزیابی ترکیبات آلی فرار در هوای شهر خرم‌آباد و مقایسه آن با استانداردهای موجود"، فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی لرستان، دوره ۱۶، شماره ۴، ۱۳۹۳.

کرباسی ع، کاویانی‌فر ف، "برآورد میزان هدرروی ناشی از تبخیر بنزین در جایگاه‌ها از طریق نرم‌افزار"، سمینار تخصصی نفت، گاز و محیط‌زیست، ۱۳۸۷.

کریمی ا، سواری چ، بازیار ش، رفیعی م، "بررسی و تحلیل روش‌های تصفیه فاضلاب کاستیک مستعمل واحدهای پتروشیمی و شبیه‌سازی روش بهینه"، نشریه مهندسی عمران و محیط‌زیست دانشگاه تبریز، ۱۳۹۹، ۵۰ (۳)، ۵۹-۶۷.

موفق ا، دوستی م، دلبری ا، "ضوابط و استانداردهای مکان‌یابی ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا"، سومین همایش ملّی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست تهران، ۱۳۸۸.

پوی ه س، روو د ر، چبانوگلاس ج، "مهندسی محیط‌زیست (جلد دوم)"، ترجمه م. ع. کی‌نژاد، س. ابراهیمی، انتشارات دانشگاه صنعتی سهند، ۱۳۷۸.

Broderick BM, Marnane IS, “A comparison of the C2-C9 hydrocarbon compositions of vehicle fuels and urban air in Dublin, Ireland”, Atmospheric Environment, 2002, 36, 975-986.

Brunelli M, “Introduction to the analytic hierarchy process”, Springer, 2014.

Carrieri M, Bonfiglio E, Scapellato ML, Macca I, Tranfo G, Faranda P, Paci E, Bartolucci GB, “Comparison of exposure assessment methods in occupational exposure to benzene in gasoline filling station attendants”, Toxicology Letters, 2006, 162, 146-152.

Colls J, “Air Pollution”, Spon Press: London and New York, 2002.

Dehdari Rad H, Babaei AA, Goudarzi G, Ahmadi Angali K, Ramezani Z, Mir Mohammadi M, “Levels and sources of BTEX in ambient air of Ahvaz metropolitan city”, Air Quality, Atmosphere and Health, 2014, 7, 515-524.

Eisaei HR, Ahmadi Dehrashid SS, Khani MR Hashemi SM, “Assessment and control of VOCs emitted from gas stations in Tehran, Iran”, Pollution, 2015, 4, 363-371.

Gonzalez-Flesca N, Vardoulakis S, Cicolella A, “BTX concentrations near a stage 2 implemented petrol station”, Environmental Sience and Pollution Research, 2002, 9, 169-174.

Hicklin W, Farrugi PS, Sinagr E, “Investigations of VOCs in and around buildings close to service stations”, Atmospheric Environment, 2018, 172, 93-101.

Karakitsios SP, Delis VK, Kassomenos PA, Pilidis GA, “Contribution to ambient benzene concentrations in the vicinity of petrol stations: estimation of the associated health risk”, Atmospheric Environment, 2007, 41, 1889-1902.

Kesselmeier J, Staudt M, “Biogenic volatile organic compounds (VOC): an overview on emission,

www.SID.ir

Archive of SID

physiology and ecology", Journal of Atmospheric Chemistry, 1999, 33, 23-88.
Kountouriotis A, Aleiferis PG, Charalambides AG, "Numerical investigation of VOC levels in the area of petrol stations", Science of the Total Environment, 2014, 470, 1205-1224.
Liotta L, "Catalytic oxidation of volatile organic compounds on supported noble metals", Applied Catalysis B: Environmental, 2010, 100, 403-412.
Lou AKH, Yuan Z, Yu JZ, Louie PKK, "Source apportionment of ambient volatile organic compounds in Hong Kong", Science of the Total Environment, 2010, 408, 4138-4149.
Ojala S, "Catalytic oxidation of volatile organic compound emissions", John Wiley and Sons, Inc, 2000.
Rafson HJ, Odor and Voc Control Handbook McGraw- Hill Handbook Series, 1998.
Sarkhosh M, Mahvi AH, Yunesian M, Nabizadeh R, Hemmati Borji S, Ghiami Bajgirani A, "Source Apportionment of Volatile Organic Compounds in Tehran, Iran", Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 2013, 90, 440-445.
Srivastav A, Josepha AE, Devotta S, "Volatile organic compounds in ambient air of Mumbai, India", Atmospheric Environment, 2006, 40, 892-903.
Srivastava A, Joseph AE, More A, Patil S, "Emissions of VOCs at urban petrol retail distribution centers in India", Environmental Monitoring and Assessment, 2005, 109, 227-242.
Srivastava A, Sengupta B, Dutta SA, "Source apportionment of ambient VOCs in Delhi City", Science of the Total Environment, 2005, 343, 207-220.
Terres IM, Minarro MD, Ferradas EG, Caracena AB, Rico JB, "Assessing the impact of petrol stations on their immediate surroundings", Journal of Environmental Management, 2010, 91, 2754-2762.
Watson JG, Chow JC, Fujita EM, "Review of volatile organic compound source apportionment by chemical mass balance", Atmospheric Environment, 2001, 35, 1567-1584.

www.SID.ir

Archive of SID

University of Tabriz

Journal of Civil and Environmental Engineering
Volume 52 (2022), Issue 3 (Autumn), 77-92

EXTENDED ABSTRACT

Study of the Emission of Volatile Organic Compounds from Gas Station in Tabriz City

Asadollah Karimi [a,*], Esmaeil MohamadKhanloo [b], Esmaeil Fatehifar [c]

[a] *Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Maragheh, Maragheh, Iran*
[b] *Faculty of Chemical Engineering, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran*
[c] *Faculty of Chemical Engineering, Productivity and Sustainable Development Research Center, Sahand University of Technology, Tabriz, Iran*

Received: 28 March 2020; **Accepted:** 25 Jeanery 2021

Keywords:
Volatile organic compounds, Gasoline, Gas station, BTEX.

1. Introduction

Air pollution is a serious threat to human health, wildlife, and the environment that the problem is now one of the most serious issues facing mankind. Volatile organic compounds (VOCs) are one of the most prominent air pollutants that are of particular importance due to their serious toxicants as carcinogens. Due to the harmful effects of VOC compounds on human health, adverse effects on plant degradation and global climate change, it is necessary to prevent their release into the air. The most important sources of VOCs in urban areas are traffic and transportation, gasoline vapors, solvent use and etc. The emissions of VOC from gas stations can be considered seriously. According to research, one of the major sources of VOC pollutants in cities is gas-fueling stations. These studies have been evaluated by many researchers around the world and the volatile organic compounds content is often above the reported international standards (Gonzalez et al, 2002; Kountouriotis et al, 2014, Hicklin et al, 2018).

In 2006, three different gas stations were measured, with results ranging from 512 to 1275 μg/m^3 in New Delhi (Srivastav et al, 2006). In 2015, a study was carried out at six gas stations in Tehran that showed average concentrations in summer at 860 ppm and in winter at 434 ppm (Eisaei et al, 2015). In another study by Hicklin et al., Volatile organic compounds were distributed in gas stations using two models in Malta, which showed most gas stations were built in residential areas that exceed the standard level (Hicklin et al, 2018).

2. Methodology

2.1. Experimental study

There are 16 gas stations in Tabriz that are all investigated in this study. Fig. 1. shows the locations of these locations in the city.

* Corresponding Author
E-mail addresses: a.karimi@maragheh.ac.ir (Asadollah Karimi), mohamadkhanloo.e@gmail.com (Esmaeil MohamadKhanloo), a.karimi@maragheh.ac.ir (Esmaeil Fatehifar).

www.SID.ir

Archive of SID

Fig. 1. Tabriz city map and location of gas stations

In order to evaluate the concentration, measurements were made in several different locations at the sites. These measurements were carried out at two levels next to the gas nozzles (center station) and within 5 m of the gas nozzles. The total VOC concentration was measured during the period using a portable measuring device, ION Science. The device is capable of accurately reporting 1 ppb to a total concentration of 20,000ppm.

3. Results and discussion

The total concentration of volatile organic compounds over the 8-month period was measured in the whole of the gas station. Since the duration of measurement is divided into four times intervals, it is necessary to investigate the concentration of volatile organic compounds at different time intervals. Fig. 2 indicates the mean concentration across all sites at different hours.

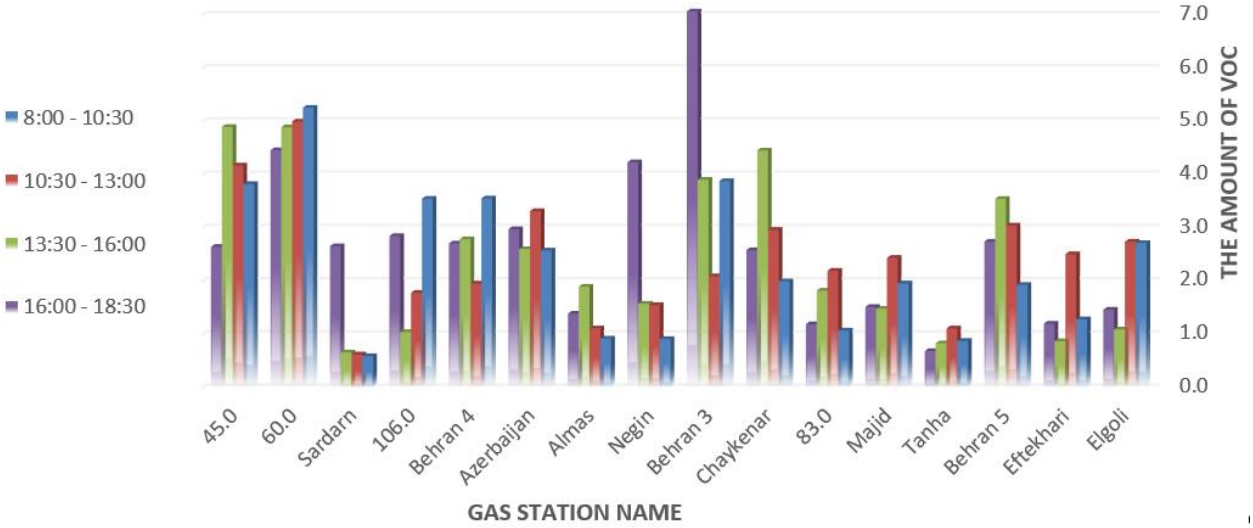


Fig. 2. The result of pairwise comparison in expert choice software: a) Criteria factor, b) Alternatives

www.SID.ir

Archive of SID

It is better to have an accurate estimate of the amount of highly hazardous volatile organic compounds, BTEX. As mentioned earlier, these aromatic compounds are very harmful to human health. Table 1 shows the total concentration of volatile organic compounds (TVOC) and BTEX compounds. According to (Table. 1), it can almost be noted that 24% of the volatile organic compounds constitute the benzene component. Toluene, ethylbenzene and xylene exists 26%, 12% and 9% respectively, which will vary in different weather conditions and gasoline contents.

Table 1. The amount of BTEX and VOC compounds in 4 gas station

Name	Benzene/ TVOC (%)	BTEX/ TVOC (%)	BTEX	xylene	ethylbenzene	toluene	benzene	TVOC
Azerbaijan	23	70.3	5.2	0.3	1.3	1.9	1.7	7.4
106	22.9	82.9	2.9	0.4	0.6	1.1	0.8	3.5
45	23.6	71.4	14.2	2.1	2.2	5.3	4.7	19.9
Majid	29.1	70.9	5.6	0.9	0.8	1.7	2.3	7.9
Average	24	71.9	6.9	0.9	1.2	2.5	2.3	9.6

4. Conclusions

In a comparison between gas stations at different times of the day, it was found that the reason for the high concentration of volatile organic compounds in a station, was the high sales rate and the closed space of the station. The low emission at the two newly established sites indicated that new and healthy station equipment also had a positive effect on the low volatile organic compounds release. The most important factor in the emission of volatile organic compounds occurs when the fuel is discharged by the fuel truck.

5. References

Eisaei HR, Ahmadi Dehrashid SS, Khani MR, Hashemi SM, "Assessment and control of VOCs emitted from gas stations in Tehran, Iran", Pollution, 2015, 4, 363-371.

Gonzalez-Flesca N, Vardoulakis S, Cicolella A, "BTX concentrations near a stage 2 implemented petrol station", Environmental Sience and Pollution Research, 2002, 9, 169-174.

Hicklin W, Farrugi PS, Sinagr E, "Investigations of VOCs in and around buildings close to service stations", Atmospheric Environment, 2018, 172, 93-101.

Kountouriotis A, Aleiferis PG, Charalambides AG, "Numerical investigation of VOC levels in the area of petrol stations", Science of the Total Environment, 2014, 470, 1205-1224.

Srivastav A, Josepha AE, Devotta S, "Volatile organic compounds in ambient air of Mumbai, India", Atmospheric Environment, 2006, 40, 892-903.

www.SID.ir