

## پخش ابرآلودگی ناشی از اشتعال انبار نفت کرج با استفاده از روش Computational fluid dynamics

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۹/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** این تحقیق به بررسی نحوه پراکنش آلاینده‌های ناشی از سناریو اشتعال انبار نفت با استفاده از نرم‌افزار انسیس فلوینت پرداخته است و برای اولین بار در کشور سناریوهای خطرناک و غیرمنتظره انفجار و اشتعال در سایت‌های نفتی را با استفاده از این نرم‌افزار مورد بررسی قرار داده و هدفش حفظ دارایی‌ها جانی و مالی مناطق اطراف انبار نفت است.

**مواد و روش‌ها:** به‌منظور تعیین میزان آلاینده‌های حاصل از سوختن مخازن، از نرم‌افزار Ansys Fluent 15 استفاده شد. این نرم‌افزار پارامترهای مؤثر سرعت، جهت باد، دمای محیط، میزان انتشار آلاینده‌ها و پایداری جو را در نظر گرفته و می‌تواند غلظت آلاینده‌های گوناگون را در فواصل مختلف از انبارها پیش‌بینی نماید. نتایج خروجی این نرم‌افزار وارد محیط مشینگ شد و در نهایت نقشه پراکنش آلودگی در محدوده‌ای به وسعت چهار کیلومتر تا ارتفاع ۲۰۰ متر به دست آمد.

**یافته‌ها:** در این پژوهش، تأثیر اشتعال و انفجار انبار نفت بر روی محیط‌زیست و محیط مسکونی اطراف محوطه انبار مورد تحلیل عددی قرار گرفت. با توجه به جمع‌بندی نتایج در شرایط بحرانی که سرعت وزش باد بالا باشد، جهت وزش باد تأثیر بسزایی در مناطق تحت تأثیر خواهد داشت، بطوری که افزایش دمای تا حدود ۶۰ درجه سلسیوس و بالاتر و نیز غلظت آلاینده‌های  $CO, CO_2, NOX, SO_2$  همگی در فواصلی حدود ۸۰۰ متر تا یک کیلومتر در مناطق انبار غله کرج، شهرک بنفشه، رزکان نو، محوطه راه‌آهن کرج، سرحدآباد و شهرک وحدت با توجه به جهت وزش باد به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد بالاتر از استاندارد، مورد انتظار است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این تحقیق نشان داد اگر آتش‌سوزی در مخازن رخ دهد. مناطق مسکونی و صنعتی مختلفی در مسیر پخش و پراکنش آلودگی بسیار بالاتر از حد استاندارد می‌باشند. با توجه به شدت آلودگی تولیدشده و وسعت مناطق درگیر بیماری‌های تنفسی، خسارت‌های جانی و مالی قابل پیش‌بینی است.

**کلمات کلیدی:** انبار نفت، نرم‌افزار فلوینت، آلودگی ناشی از حریق

سیده آذر موسوی فرد<sup>۱،۲</sup> سید علی  
جوزی<sup>۳</sup>، مژگان زعیم دار<sup>۴</sup>، منصور  
رضازاده آذری<sup>۵</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری مدیریت محیط زیست،  
دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد  
اسلامی واحد تهران شمال، ایران  
<sup>۲</sup> گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای،  
دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی  
البرز، کرج، ایران

<sup>۳</sup> استاد تمام، گروه محیط زیست، دانشکده  
علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران شمال، ایران

<sup>۴</sup> استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده علوم  
و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد  
تهران شمال، ایران

<sup>۵</sup> استاد تمام، مرکز تحقیقات ایمنی و  
پیشگیری از مصدومیتها و گروه مهندسی  
بهداشت حرفه‌ای و ایمنی کار، دانشگاه  
علوم پزشکی شهید بهشتی، دانشکده  
بهداشت، ایران، تهران

### نویسنده مسئول:

استاد تمام، گروه محیط زیست، دانشکده  
علوم و فنون دریایی، دانشگاه آزاد اسلامی  
واحد تهران شمال، ایران

۰۹۱۲۶۱۹ ۴۶۷۶  
Email: joozii.ali@gmail.com

## مقدمه

آلودگی هوا یکی از بحران‌های زیست‌محیطی شهرهای بزرگ و صنعتی در چند دهه اخیر است که باعث آسیب‌های جدی به سلامت شهروندان و محیط‌زیست می‌شود و زندگی در این شهرها را پرهزینه و حتی خطرناک ساخته است. سازمان بهداشت جهانی در سال ۲۰۱۶ اعلام نمود تعداد افرادی که در آن سال بر اثر آلودگی هوا در شهرهای صنعتی و کلان‌شهرها جان خود را از دست داده‌اند، در جهان بیش از سه میلیون و در ایران ۳۳ هزار و ۵۰۰ نفر بوده است. این مرگ‌ومیرها به‌طور خاص مربوط به آسم، برونشیت، تنگی نفس و حملات قلبی و آلرژی‌های مختلف تنفسی است. آلودگی هوا به‌عنوان عامل درجه‌یک سرطان برای بشر توسط سازمان بهداشت جهانی طبقه‌بندی شده است.<sup>۱</sup> کلان‌شهر کرج مرکز استان البرز که در سال‌های پیشین در ردیف باغ شهرهای کشور جای داشت متأسفانه امروزه به دلیل رشد بی‌رویه جمعیت ناشی از مهاجرت چهارمین شهر پرجمعیت کشور و به‌عنوان یکی از ۸ شهر آلوده کشور محسوب می‌شود.<sup>۲</sup> در سال‌های اخیر عدم برنامه‌ریزی برای کنترل تراکم جمعیتی و بهبود زیرساخت‌های شهر، کرج را با مشکلات زیست‌محیطی بسیاری روبه‌رو کرده است. برجسته‌ترین مشکلات زیست‌محیطی این شهر، آلودگی هوا و بحران آب است.<sup>۱</sup> امروزه ایمنی فرآیند با طراحی، تولید و نگهداری تأسیسات فرآوری مواد نفتی درآمیخته است. با این حال، علیرغم تمام دستورالعمل‌ها و اقدامات ایمنی، حوادث ناگوار همچنان در حال رخ دادن است. بزرگی این حوادث از آسیب جزئی تا فاجعه‌بار به تجهیزات یا کارکنان است. در تأسیسات نفت و گاز، خطر می‌تواند ناشی از انتشار یا اشتعال سریع و غیرمنتظره مواد شیمیایی باشد که توانایی ایجاد ابرهای قابل انفجار و سمی را دارند.<sup>۳</sup> نشت و انتشار فرآورده‌های نفتی و آتش‌گیر در صنایع وابسته به آن همواره به‌عنوان یک خطر بزرگ، زندگی افراد شاغل، ساکنین اطراف این صنایع و نیز محیط‌زیست را تهدید می‌کند. برای افزایش سطح ایمنی پیش‌بینی رفتار مایع پس از رها شدن و انتشار آن در محیط‌زیست، یکی از فعالیت‌هایی است که پس از مرحله طراحی یا فعالیت واحدهای صنعتی، برای ارزیابی پیامدها و آسیب‌های احتمالی و همچنین آگاهی از حداکثر شعاع اطمینان آتش، انفجار و انتشار مواد سمی بسیار مهم است و می‌تواند

نقش مهمی در مقابله با حوادث در شرایط اضطراری داشته باشد. نتایج مطالعه بیاتیان و همکاران با استفاده از دینامیک سیالات محاسباتی (CFD) نشان می‌دهد همواره نگرانی فزاینده‌ای در مورد انتشار مداوم و ناگهانی آلاینده‌های آلی فرار (VOC) از پالایشگاه‌ها، انبارهای نفت وجود دارد. ترکیبات فرار آلی از رایج‌ترین آلاینده‌ها در این صنایع هستند و بسیاری از نویسندگان به دلیل سمیت بالقوه آن‌ها در محیط‌های شغلی و محیط‌زیست به آن پرداخته‌اند. آنچه تحت عنوان اثرات اقتصادی آلودگی هوا مورد بررسی قرار می‌گیرند، هزینه‌هایی است که آلودگی هوا بر سلامت و هزینه‌های بهداشت و درمان انسان‌ها تحمیل می‌کند. بنا بر گزارش سالانه سازمان بهداشت جهانی (WHO) بار اقتصادی بیماری‌های ناشی از آلودگی هوا بر اقتصاد جهانی ۳۳۸ میلیون دلار و در اقتصاد ایران هشت تا ده میلیارد دلار برآورد شده است.<sup>۴</sup> اقدامات بهداشتی در شرایط بحرانی یکی از اموری است که در صورت اجرای مناسب، می‌تواند خسارات ناشی از حوادث و سوانح را بکاهد و بحران بهداشتی ایجادشده را کنترل کند.<sup>۵</sup> یکی از روش‌های مؤثر پیشگیری و مطالعه پیامدهای آلودگی هوا استفاده از روش‌های ارزیابی خطر و مدل‌های انتشار جوی به‌منظور تهیه برنامه واکنش اضطراری است. هدف از طرح واکنش اضطراری سازمان‌دهی و افزایش آمادگی در برابر شرایط اضطراری به‌منظور کاهش آسیب احتمالی است. لذا عملیات واکنش اضطراری می‌تواند با استفاده از نتایج این مدل‌سازی‌ها برنامه‌ریزی شوند. CFD یکی از نرم‌افزار قوی و معروف برای مدل‌سازی پیامدهای انتشار مواد در محیط است.<sup>۱</sup> مطالعه‌ای لی و همکاران با تمرکز بر خلاصه‌ای از انفجار گاز شوق هارلم در منهن نیویورک و چگونگی وقوع فاجعه در همسایگی منهن و تأثیر آن بر احتمال و میزان تکرار این حادثه مورد بررسی قرار گرفت. شبیه‌سازی‌های عددی CFD برای بررسی ویژگی‌های انفجار نشت گاز طبیعی و انفجار بر اساس سناریوی واقعی حادثه انجام شد. نتایج شبیه‌سازی‌شده با تخریب واقعی صورت گرفته در حادثه مطابقت داشت. علاوه بر این محل و علت احتراق را در حادثه واقعی تأیید کرد. بررسی این حادثه به‌وضوح آسیب‌پذیری‌های اساسی بسیاری از زیرساخت‌های زیر سطح این شهر را نشان می‌دهد.<sup>۷</sup> در مطالعه Yi Zhu تحت عنوان درس‌های آموخته‌شده از حادثه انفجار بخارات نفتی در چین‌گدائو به علت پرتاب اشیای ناشی از انفجار در آن حادثه ۶۳ نفر کشته و ۱۳۶ نفر زخمی

تصمیم‌گیری‌های غلط و گسترش دامنه بحران محسوب می‌شود. تصمیم‌گیری‌های مهم و عمده لحظات اولیه بحران معمولاً دارای ویژگی مانند تأثیر و عمق زیاد، زمان اندک برای تصمیم‌گیری است. این تصمیم‌های عجولانه آینده و گستره بحران را شکل می‌دهند و در نهایت تصمیمات مورد قضاوت عام قرار می‌گیرند.<sup>۱۰</sup>

لذا ضروری است در صورت ایجاد شرایط اضطراری در انبار نفت شهید دولتی کرج هم‌زمان برنامه‌ای جامع و کامل برای سایت صنعتی و بیکره جوامع نزدیک آن وجود داشته باشد تا بتوان بدون سردرگمی و به‌صورت همه‌جانبه به مشکلات مردم درخصوص ۱- سلامت ۲- امنیت ۳- ایمنی ۴- محیط‌زیست رسیدگی شود. در صورتی‌که در لحظه‌های اولیه بحران، برنامه‌ای برای مدیریت مشکلات شهروندان اطراف مراکز صنعتی وجود نداشته باشد، ممکن است آن‌ها با آسیب‌های جدی روبرو شوند. بحران انبار نفت در صورت وقوع اثرات منفی بر روی موجودات زنده (گیاهان، جانوران و انسان) محیط‌زیست (آلودگی آب، خاک و هوا) به‌صورت بلندمدت و یا کوتاه خواهد داشت.

## روش کار

### موقعیت مکانی انبار نفت کرج

انبار نفت کرج جمعاً دارای ۱۹ مخزن (۱۰ مخزن سقف شناور و ۹ مخزن سقف ثابت) با ظرفیت ۱۳۳۰۰۰ مترمکعب و شامل سه فرآورده اصلی شامل بنزین موتور، نفت سفید، نفت گاز می باشد. انبار نفت شهید دولتی کرج از نظر تقسیمات شهری در استان البرز واقع در جنوب شهر کرج (دشت شهریار و ملارد) و در فاصله ۴۵ کیلومتری تهران واقع شده است. این میدان در محدوده مرکزی از غرب شریان ارتباطی شهرک وحدت، شهرک صنعتی سیمین دشت و شهریار و از شمال نیز به سمت اهری و در جنوب فردیس و ملارد می‌رسد و در حوزه استحفاظی شهرداری منطقه ۱۰ واقع شده است.

شدند اولین فاکتور موردنظر احتمال آسیب به مردم اطراف سایت بود. هدف این تحقیقات انجام اقدامات احتیاطی برای جلوگیری از تکرار این‌گونه حوادث در آینده بود. در محل منبع انفجار، برخی از شبیه‌سازی‌های CFD برای تجزیه و تحلیل توزیع پرتاب اشیا به دوردست و آسیب به ساختمان‌های اطراف در آینده انجام شد.<sup>۸</sup> محصولات حاصل از سوختن مواد نفتی موجود در انبار شامل NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, CO و خاکستر است که طیف گسترده‌ای از مشکلات سلامتی را ایجاد خواهد نمود. CO<sub>x</sub> سهم عمده‌ای در گرم شدن جهان دارد و عامل برخی از بیماری‌های خطرناک مانند، بیماری مزمن انسدادی ریه (COPD) و سرطان ریه است. NO<sub>x</sub> در تشکیل ذرات اسیدی ثانویه دخالت دارد. NO<sub>2</sub> آلاینده‌ای با خواص بسیار خورنده و قابلیت، اکسیداسیون قوی و تجمع در هوا را دارد و به‌طورکلی به محیط‌زیست و سلامتی آسیب می‌رساند، نیتریک اکسید (NO)، عملکرد ریوی در انسان را به میزان قابل توجهی کاهش می‌دهد و تماس مستقیم با این آلاینده حملات آسمی را تشدید می‌کند. علاوه بر این، استنشاق NO باعث نارسایی تنفسی هیپوکسیک می‌شود که عمدتاً مربوط به فشارخون ریوی مداوم نوزادان (PPHN) است. انتشار SO<sub>x</sub>، نه تنها برای گیاهان و جانوران سمی است، بلکه به‌عنوان عامل اصلی باران‌های اسیدی می‌تواند به ساختمان‌ها و بناها نیز آسیب برساند. SO<sub>x</sub> باعث طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله بی‌ثباتی ضربان قلب، سرطان پوست، آسم و سرفه، سردرد، تحریکات گلو و بینی می‌شود.<sup>۹</sup> هدف این تحقیق استفاده از اطلاعات خروجی اعتباربخشی و شبیه‌سازی‌شده بر پایه دینامیک سیالات محاسباتی، به‌عنوان بخشی از اطلاعات ورودی به برنامه مدیریت بحران در مناطق مسکونی مجاور انبار نفت شهید دولتی کرج هست. مدیریت بحران دقیقاً به معنای سوق دادن هدفمند جریان پیشرفت امور به فرآیندی قابل کنترل و انتظار برگشتن امور در اسرع وقت به شرایط قبل از بحران است. بیش از ۹۰٪ تصمیمات حساس در ساعات اولیه بحران گرفته می‌شوند، فشارهایی که از بیرون به مسئولین مدیریت بحران وارد می‌شود، از دام‌های مدیریتی هستند و یکی از مهم‌ترین عوامل



شکل ۲: موقعیت مکانی انبار نفت کرج و شهرک‌های اطراف

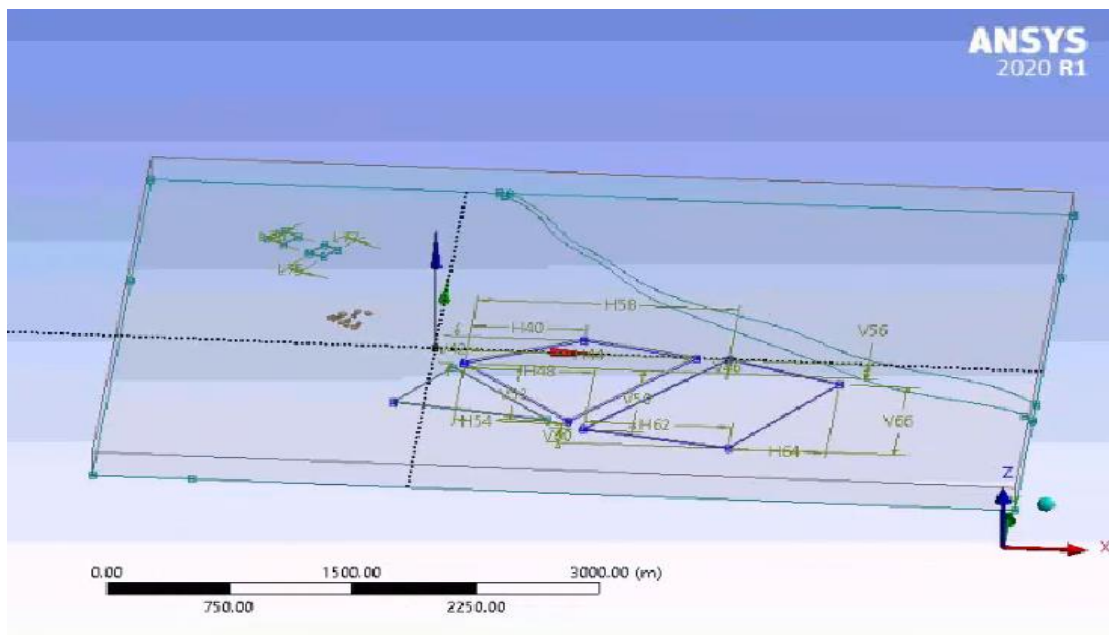


شکل ۳: گام‌های اجرایی این مطالعه

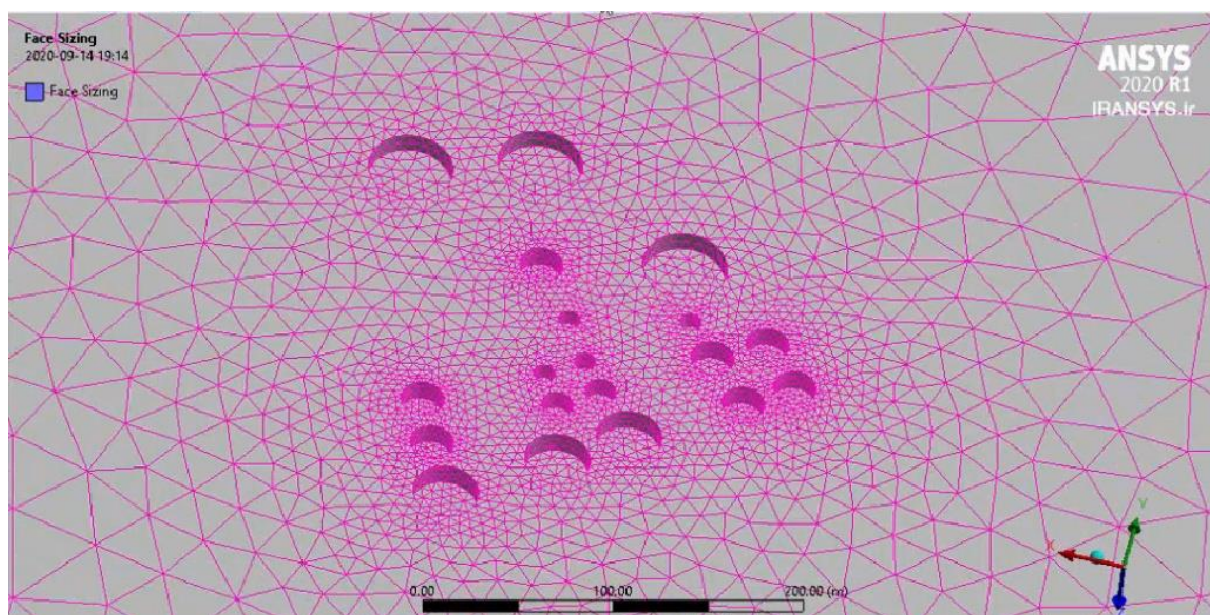
### ایجاد هندسه

حل معادلات به صورت پایا، سه بعدی و جریان آشفته انجام شده است. بدین منظور جهت حل معادلات آشفته‌گی از روش کی اسپیلون استاندارد استفاده شده است. در این تحقیق با استفاده از نرم افزار شبیه ساز انسیس فلوئنت سعی شده که میزان تأثیر حرارت و آلودگی ناشی از انفجار انبار نفت بر روی محیط زیست پیرامون مشخص شود. با توجه به اینکه شرایط آب و هوایی از جمله سرعت و جهت وزش باد و دمای هوا (محیط) بر روی میزان پخش آلاینده‌ها و دمای اشتعال انبار نفت تأثیرگذار هستند، به عنوان متغیرهای مهم در ترسیم کانتور ابرآلودگی در نظر گرفته شدند. به همین دلیل برای رسیدن به شرایط بحرانی بدترین شرایط ممکن (سرعت باد ۱۲۰ کیلومتر بر ساعت و دمای هوای ۳۷ درجه سانتی گراد) در جهت‌های مختلف با توجه به گلباد غالب شهرستان کرج طی یک دوره دوازده ماهه (۹۸-۹۹) در نظر گرفته شده است.

پیش‌بینی و مطالعه پراکنش آلاینده‌ها و جریان متلاطم در محیط‌های بازمانند جو و سایر محیط‌های بسته و نیمه‌باز به موضوعی قابل تأمل در حیطه استفاده از نرم افزارهای CFD تبدیل شده است. در این پژوهش با استفاده از مدل CFD-Mshing، جریان متلاطم و نحوه پخش آلاینده در اطراف انبار نفت مورد بررسی قرار گرفته است. برای به دست آوردن نحوه پراکنش گازها و بخارات ناشی از اشتعال در انبار نفت و مناطق اطراف آن از نرم افزار فلوئنت (یک حل گر درزمینه شبیه سازی جریان سیالات و انتقال حرارت) استفاده شد. برای این منظور در گام اول (شکل ۳) طول و عرض مناطق مورد مطالعه به ابعاد چهار کیلومتر از هر طرف با در نظر گرفتن ارتفاعی معادل ۲۰۰ متر برای رفتار سیال در محیط نرم افزار وارد شد، سپس در گام دوم نقشه منطقه و حجم‌های مربوط به مخازن ذخیره سوخت‌های فسیلی به کمک نرم افزار در ابعاد مشخص شده رسم گردید. در مرحله سوم به کمک نرم افزار مشینگ شبکه بندی و مش زدن هندسه منطقه انجام و پس از مش بندی، در گام چهارم مرزها تحت عناوین، ورودی‌ها، خروجی‌ها و دیوارهای محیط مشخص و نام گذاری شدند تا در نرم افزار فلوئنت قابل تشخیص باشند و شرایط متناسب با هر مرز به آن‌ها اختصاص داده شود؛ و در گام پایانی برای به دست آوردن نرخ انرژی بدترین سناریو یعنی اشتعال کلیه مخازن نوزده گانه انبار نفت و توان بالای نرم افزار مدنظر قرار گرفت؛ و شبیه سازی براساس آن انجام شد.



شکل ۴: ترسیم نقشه منطقه در نرم افزار



شکل ۵: نمایی از مش زنی بدنه مخازن

### تولید شبکه و مش زنی

دورتر به جهت افزایش سرعت حل، از شبکه بندی درشت تر استفاده شده است. شبکه بندی در تمام فضای محاسباتی به صورت مثلثی است و تعداد ۱۷۴۶۹۷۹ سلول در فضای محاسباتی موجود است. شرایط مرزی برای گره های مرزی و با اعمال تقریب هایی در

در این بخش به کمک نرم افزار انسیس مشینگ شبکه بندی و مش زدن هندسه انجام شد. در نواحی نزدیک به مخازن، به دلیل بالا بودن گرادیان های دما و سرعت جریان، از شبکه بندی ریزتری و در مناطق

سرعت، فشار و دمای ناحیه مورد نظر یک دستگاه معادلات خطی در نظر گرفته شد که با حل این دستگاه معادلات جبری مورد نیاز، به دست آمد.

ارتفاع دامنه شبیه سازی این سیالات برای اینکه اثرات داخلی دامنه وارد مرز نگردد، ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است. کانتور آلاینده های فوق در فضای حدود ۴ کیلومتر در ۴ کیلومتر محاسبه شدند.

## یافته ها

نرخ تولید حرارت ناشی از سوختن مواد موجود در کلیه مخازن

خواهد داشت.

حدود ۱۳۹۰۷۲۰۷ کیلووات است. طبق محاسبات نرم افزاری دما در مخازن در حال سوختن به حدود ۴۰۰۰ درجه کلوین می رسد. در این انرژی و دمای تولید شده مواد نفتی درون مخازن تقریباً به صورت کامل سوخته و مواد حاصل شامل بخار آب، دی اکسید کربن، مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید سولفور و دود می باشند. نرخ تولید جرم فرآورده های حاصل از سوختن مواد موجود در مخازن در جدول شماره ۲ ارائه شده است. مدت زمان سوختن مواد انبارها در شبیه ساز حداقل ۸ ساعت و حداکثر به مدت سه روز ادامه

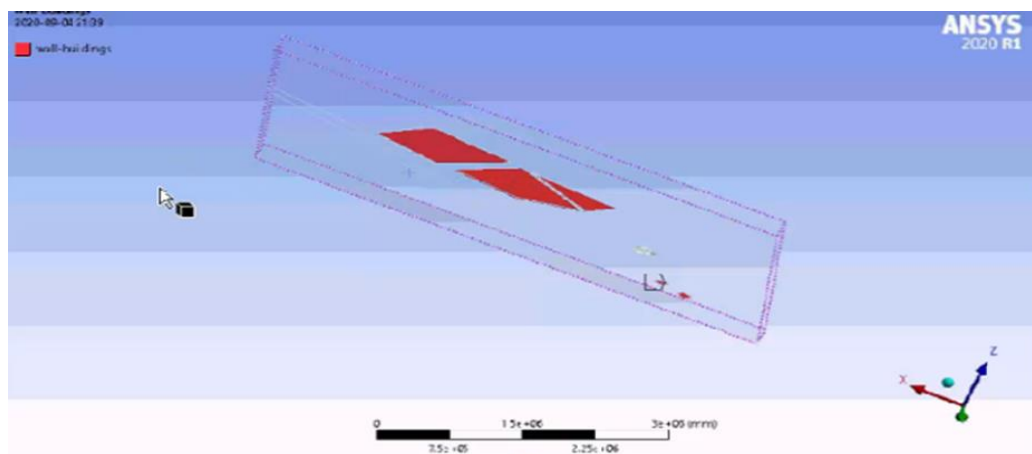
جدول ۲: نرخ تولید فرآورده های سوختن مخازن

	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	Smoke
Mass Source (kg/m <sup>3</sup> s)	0.068	0.136	0.0047	6.27×10 <sup>-7</sup>	0.00013	<b>0.0068</b>
ppm	68000	136000	4700	.627	1.3	

جدول ۳: استانداردهای هوای پاک ایران مصوب سال ۱۳۹۵<sup>۱۱</sup>

واحد اندازه گیری		نوع آلاینده	
ppm	µg/m <sup>3</sup>		
۹	۱۰.۰۰۰	حداکثر ۸ ساعته	مونواکسید کربن (CO)
۳۵	۴۰.۰۰۰	حداکثر ۱ ساعته	
۰/۰۷۵	۱۹۶	حداکثر یک ساعته	دی اکسید گوگرد (SO <sub>2</sub> )
۰/۱۴	۳۹۵	حداکثر ۲۴ ساعته	
۰/۰۵۳	۱۰۰	سالانه	دی اکسید نیتروژن (NO <sub>2</sub> )
۰/۱	۲۰۰	حداکثر یک ساعته	
-	-	سالانه	PM <sub>10</sub>
-	۱۲۴	حداکثر ۲۴ ساعته	
-	۱۲	سالانه	PM <sub>2.5</sub>
-	۳۵	حداکثر ۲۴ ساعته	





شکل ۶: نمایی از تولید مرزهای چهارگانه منطقه

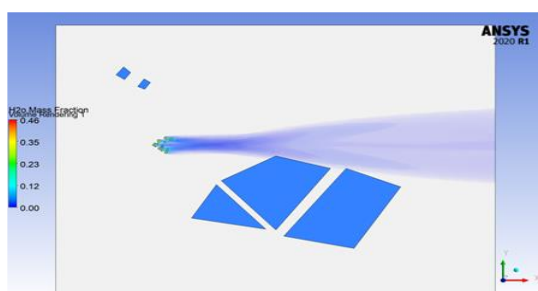
$H_2O$  (شکل ۹) بیشترین میزان نفوذ در منطقه را دارد و دامنه توزیع کانتور آن از منطقه مورد مطالعه نیز خارج گردیده است. در کانتور توزیع آلاینده مونواکسید کربن ( $CO$ ) مطابق شکل ۱۰ مشخص شده است. اگرچه میزان تولید این آلاینده خطرناک کمتر از سایر آلاینده هاست ولی تقریباً منطقه مسکونی سرحد آباد و شهرک وحدت و شهرک صنعتی سیمین دشت را تحت تأثیر قرار می دهد. این آلاینده در منطقه سرحد آباد و قسمتی از شهرک وحدت پراکنده می شود. شکل ۱۱ نشان دهنده حدفاصل توزیع آلاینده  $NO_2$  است. این آلاینده منطقه سرحد آباد و قسمتی از شهرک وحدت را تحت تأثیر قرار می دهد.

افزایش آلودگی هوا به میزان ۳۰ تا ۴۰ درصد، در فواصلی حدود ۸۰۰ متر تا یک کیلومتر در راستای جهت وزش باد مورد انتظار است.

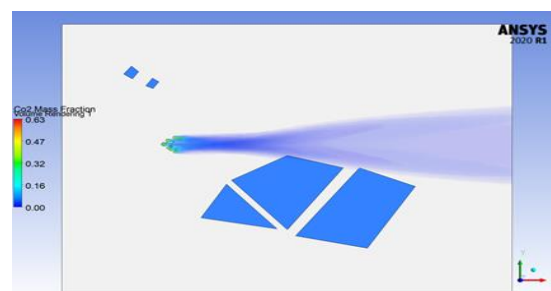
#### الگوی پخش آلودگی

کسر جرمی  $CO_2$  یا همان نسبت جرم  $CO_2$  به کل جرم مخلوط، در مقایسه با سایر آلاینده های تولید شده بیشتر بود. محاسبه حدفاصل آلاینده دی اکسید کربن در شرایط حداکثر سرعت وزش باد  $km/h$  ۱۲۰ و در جهت باد غالب محاسبه شد. نقشه هوایی در شکل ۸ نشان می دهد این آلاینده هنگام وزش باد مسافت طولانی تری را اشغال و حتی از محدوده مش زنی نیز خارج می گردد.

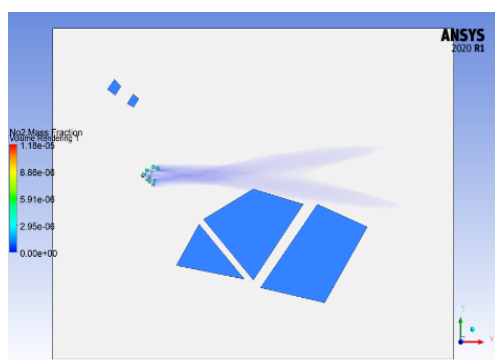
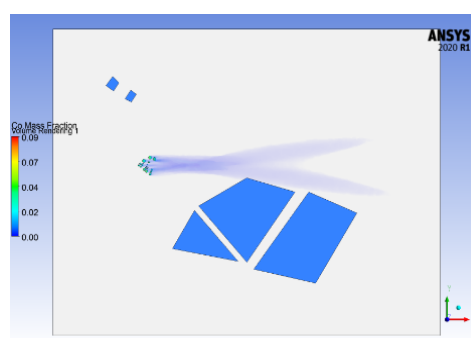
پس از  $CO_2$  با توجه به نقشه هوایی حدفاصل کسر جرمی



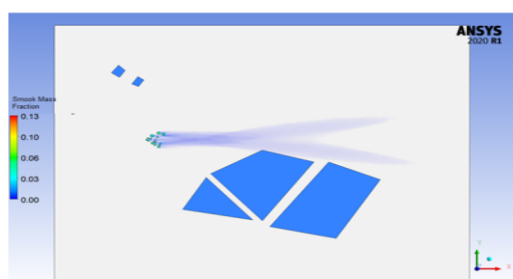
شکل ۹: کسر جرمی  $H_2O$  در جهت باد غالب



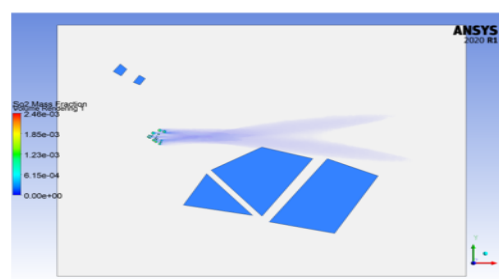
شکل ۸: کسر جرمی  $CO_2$  در جهت باد غالب

شکل ۱۱: کسر جرمی NO<sub>2</sub> در جهت باد غالب

شکل ۱۰: کسر جرمی CO در جهت باد غالب



شکل ۱۳: کسر جرمی دوده در جهت باد غالب

شکل ۱۲: کسر جرمی SO<sub>2</sub> در جهت باد غالب

حاصل شامل بخار آب، دی اکسید کربن، مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن، دی اکسید سولفور و دود می باشند (جدول شماره ۱). با توجه به اینکه دما در مخازن در حال سوخت به حدود ۳۷۰۰ درجه سلسیوس می رسد، مواد مذکور در صد بسیار بالایی را از آلاینده ها به خود اختصاص خواهند داد. با توجه به جهت وزش باد غالب شهر کرج (غرب به شرق) ارتفاع دامنه شبیه سازی این سیالات برای اینکه اثرات داخلی دامنه وارد مرز نگردد، ۲۰۰ متر در نظر گرفته شده است. کانتور کسر جرمی آلاینده دی اکسید کربن (شکل ۸) یا همان نسبت جرم CO<sub>2</sub> به نسبت کل جرم مخلوط، در مقایسه با سایر آلاینده های تولید شده بیشتر است. نقشه هوایی نشان می دهد این آلاینده هنگام وزش باد حداکثری (سرعت ۳۳ m/s) مسافت طولانی تری را اشغال و حتی از محدوده مش زنی نیز خارج می گردد. دی اکسید کربن یکی از گازهای مهم و به عنوان یک عامل اساسی در چرخه حیات موجودات زنده محسوب می گردد و در چرخه فتوسنتز گیاهان و تعادل دمای زیست کره و جلوگیری از یخزدگی آن نقش

شکل ۱۲ توزیع آلاینده SO<sub>2</sub> را نشان می دهد. غلظت این آلاینده نسبت به سایر آلاینده ها کمتر است. آخرین کانتور توزیع آلاینده (شکل ۱۳) دوده است که با توجه به وزن بالای این آلاینده بیشترین تأثیر را در نواحی نزدیک انبار نفت نشان می دهد.

## بحث

در این تحقیق مطابق با بررسی های انجام شده سناریوی ایجاد اشتعال حداکثری به عنوان مهم ترین پیامد محتمل، مورد مطالعه قرار گرفته است. به منظور مدل سازی سناریو از نرم افزار انسیس فلونت استفاده گردید. مطالعات پیشین نشان داده اند که این نرم افزار یکی از قابل اعتمادترین نرم افزارهای موجود در حوزه مدل سازی نشت مواد است.<sup>۱۲</sup>

نتایج حاصل از بررسی سناریو، نرخ تولید حرارت ناشی از سوختن کلیه مواد موجود در مخازن را حدود ۱۳۹۰۷۲/۷ کیلووات محاسبه نموده و در صورت سوختن مواد نفتی درون مخازن مواد



NO بسیار مفید باشد.<sup>۱۷</sup> در کانتور توزیع آلاینده CO (شکل ۱۰) اگرچه میزان تولید این آلاینده خطرناک کمتر از سایر آلاینده‌ها هست، استاندارد هوای پاک ایران حدود مجاز مونوکسید کربن در هوا را برای ۸ ساعت حداکثر ppm ۹ و برای یک ساعت حداکثر ppm ۳۵ در نظر گرفته است. میزان تولید این آلاینده در شرایط بحرانی انبار نفت به حدود ppm ۴۷۰۰ می‌رسد. حد طبیعی مونوکسید کربن (CO) در هوا ۰/۲-۰/۱ ppm (حجمی) است. در مناطق شهری معمولاً زیر ppm ۱۷ است ولی در شهرهای بزرگ مانند تهران و کرج در ساعات ترافیک و در بعضی مناطق برای کوتاه‌مدت تا ppm ۵۰ و حتی بیشتر هم گزارش شده است. مونوکسید کربن چهار نوع اثر مهم (جدول شماره ۴) بر اعمال فیزیولوژیکی انسان دارد. (۱) اثرات قلب و عروق (۲) رفتارهای عصبی (۳) اثر Fibrinolysis (۴) اثر بر جنین. هیپوکسی که به وسیله مونواکسید کربن ایجاد می‌شود منجر به نارسائی در اعمال حسی و عضلات مثل مغز، قلب، جدار داخلی عروق خونی و پلاکت‌ها می‌شود. در جوانان با رسیدن کربوکسی هموگلوبین خون به ۵٪، ظرفیت اکسیژن‌گیری بدن پایین آمده و اثرات آن روی قلب به‌طور وضوح نشان داده شده است.<sup>۱۸</sup>

جدول ۴: اثرات بهداشتی مونوکسید کربن

اثرات	مدت تماس	مقدار (PPM)
حد استاندارد ملی	۸ ساعت	۹
تغییر در دید و شفافیت نسبی	در ۵۰ دقیقه	۵۰
اختلالات عصبی	۸ تا ۱۲ ساعت	۵۰
تغییر در ساختار قلب و مغز حیوانات	۶ هفته	۵۰

با توجه به مقادیر بسیار بالاتر از استاندارد این گاز، زندگی افراد پرخطر (بیماران قلبی-ریوی، افراد مسن، کودکان و زنان باردار) در اطراف انبار نفت را به مخاطره می‌اندازد و در افراد سالم نیز عوارضی همچون سردرد، سرگیجه، خستگی زیاد و تحریک اعصاب را به وجود می‌آورد و در مقادیر هشدار و خطر نیز سبب مرگ سریع افراد می‌شود. مونواکسید کربن برای گیاهان مشکلی ایجاد نمی‌کند.<sup>۱۴</sup> اما با توجه به حدود مجاز ۸ و ۲۴ ساعته و میزان مونوکسید کربن تولیدی

مهمی دارد، اما انتشار بیش‌ازحد این گاز که در نتیجه سوختن سوخت‌های فسیلی است باعث افزایش پدیده مخرب دمای غیرمتعادل کره زمین و ایجاد گرمایش جهانی می‌گردد. در عین حال این گاز در صورت افزایش در محیط می‌تواند اثرات سوء سلامتی نیز به همراه داشته باشد. در جدول هوای پاک اداره محیط زیست ایران، استاندارد برای دی‌اکسید کربن وجود ندارد. انجمن مهندسين گرمایش و سرمایش و تهویه مطبوع آمریکا (ASHRAE) میزان مجاز دی‌اکسید کربن در فضای داخلی را بین ppm ۱۲۰۰-۱۰۰۰ اعلام نموده ولی برای هوای بیرون استاندارد وجود ندارد.<sup>۱۳</sup> در صورت به وقوع پیوستن سناریو انبار نفت غلظت این گاز به ppm ۱۳۶۰۰۰ که حدوداً ۱۳۶ برابر استاندارد ASHRAE است می‌رسد. این میزان از غلظت، هوای داخلی مناطق مسکونی و صنعتی منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار خواهد داد. برخلاف مونواکسید کربن که یک خفه‌کننده شیمیایی محسوب می‌شود دی‌اکسید کربن یک خفه‌کننده ساده است و از طریق جایگزین شدن به جای اکسیژن باعث ایجاد خفگی می‌گردد. اگر غلظت دی‌اکسید کربن در هوا بیشتر از ۴٪ برسد برای سلامتی و حیات بسیار خطرناک است و در غلظت‌های زیاد می‌تواند با سلامت شغلی، آرامش و میزان کارایی در ارتباط باشد.<sup>۱۴</sup> در مطالعه اثرات زیست‌محیطی مشعل پالایشگاه‌های کشور که در سال ۹۷ توسط امیر وهاب پور و همکارانش انجام شد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشترین میزان آلاینده تولیدی از مشعل مربوط به گاز CO<sub>2</sub> است.<sup>۱۵</sup> در تحقیق انجام شده در انبار نفت نیز میزان جرم تولیدی CO<sub>2</sub> نسبت به سایر آلاینده‌ها بالاتر است. پس از CO<sub>2</sub> کسر جرمی H<sub>2</sub>O (شکل ۹) بیشترین میزان نفوذ در منطقه را دارد حتی دامنه توزیع کانتور آن از منطقه مورد مطالعه نیز خارج گردیده است. بخار آب یک محصول جانبی تنفس در گیاهان و حیوانات است. به‌طور طبیعی با افزایش غلظت بخار آب در هوا سایر اجزای هوا را رقیق یا جابجا می‌کند. بخار آب در هوای بسیار گرم (۳۵ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند بر تنفس طبیعی تأثیر بگذارد و باعث ایجاد مشکلات تنفسی گردد.<sup>۱۶</sup> بخار آب با غلظتی معادل ppm ۸۰۰۰ در دمای بالای ناشی از حریق می‌تواند شرایط را برای افراد در معرض این آلاینده سخت نماید. اما به‌طور کلی افزایش بخار آب در احتراق سوخت‌های فسیلی می‌تواند به دلیل کاهش آلاینده‌های CO<sub>2</sub> و CO

در این سناریو که ۴۷۰۰ ppm است غلظت این آلاینده بسیار بالاتر از استاندارد است. منطقه مسکونی سر حد آباد و شهرک وحدت و شهرک صنعتی سیمین دشت تحت تأثیر این آلاینده قرار می‌گیرند. این حجم از آلودگی جمعیتی که در این مناطق ساکن هستند، خصوصاً افراد آسیب‌پذیر را به شدت تحت تأثیر قرار خواهد داد و حتی ممکن است سلامت آنان را تحت تأثیر جدی قرار دهد. در یک تحقیق مروری مونوکسید کربن به عنوان یکی از مهم‌ترین آلاینده‌های هوا در صنایع و محیط‌زیست مطرح شده است. از عمده‌ترین منابع تولید و انتشار گاز مونوکسید کربن می‌توان به وسایل نقلیه موتوری و صنایع وابسته به نفت اشاره کرد.<sup>۱۴</sup> نقشه هوایی توزیع آلاینده NO<sub>2</sub> (شکل ۱۱) نشان می‌دهد که این آلاینده در منطقه سر حد آباد و قسمتی از شهرک وحدت می‌تواند سبب مشکلاتی برای افراد در معرض تماس باشد. این گاز خورنده و اکسیدان قوی بوده و از نظر فیزیولوژیکی نیز محرک مجاری تنفسی تحتانی است. طبق نتایج حاصل از مطالعات صورت گرفته سمیت NO<sub>2</sub> چندین برابر سمیت NO است که باعث بروز اثراتی در انسان از قبیل ایجاد تغییرات در بافت‌های کلیه، کبد و قلب پس از ۲ ساعت تماس با غلظت ppm ۱۵ می‌شود. کاهش مصونیت در برابر بیماری‌های عفونی، حساسیت در برابر باکتری‌ها و افزایش احتمال عفونت‌های ویروسی از دیگر عوارض آن است. تأثیر اصلی NO<sub>2</sub> در افرادی که در معرض این آلاینده قرار گرفته بودند، حساسیت ریوی شناخته شد که معمولاً در غلظت‌های بیشتر از ۱۸۰۰ میکروگرم در مترمکعب در افراد سالم و در غلظت‌های ۲۰۰ تا ۵۰۰ میکروگرم در مترمکعب در افراد مبتلا به آسم یا بیماری مزمن انسداد ریوی (COPD) بروز می‌کند.<sup>۱۹</sup> با توجه به اینکه میزان NO<sub>2</sub> تولیدی در این سناریو حدود ۶۲۷ میکروگرم در مترمکعب یا ppm ۰/۶۲۷ است و حدود مجاز برای یک ساعت ppm ۰/۱ است، این میزان ۶ برابر حد مجاز است و خطراتی را برای افراد سالم و کسانی که از مشکلات تنفسی رنج می‌برند ایجاد خواهد کرد. افزایش میزان اکسیدهای نیتروژن یک عامل محدود کننده عمده در رشد گیاهان به شمار می‌رود. مدت‌هاست که غلظت زیاد ازن در مناطق شهری و صنعتی در سراسر جهان مسئله اصلی کیفیت هوا است.<sup>۲۰</sup> مطالعات اپیدمیولوژیکی ارتباط بین سطح ازن محیط و مرگ‌ومیر زودرس را نشان داده است. مواجهه کوتاه‌مدت

با ازن با آسم در کودکان نیز ارتباط دارد.<sup>۲۱</sup> غالباً گمان می‌رود که ازن با سایر آلاینده‌ها رابطه هم‌افزایی دارد و در مطالعات اخیر به ارتباط بین غلظت این ماده و بروز آسم اشاره شده است.<sup>۱۹</sup> کانتور توزیع آلاینده SO<sub>2</sub> (شکل ۱۲) در مقایسه با سایر آلاینده‌ها کمترین غلظت یعنی ppm ۱/۳ را دارد؛ اما با توجه به استانداردهای هوای پاک که حداکثر مجاز یک‌ساعته ppm ۰/۰۷۵ و برای ۲۴ ساعت ppm ۰/۱۴ است غلظت این آلاینده خیلی بیشتر از حد مجاز ۲۴ ساعته است. با توجه به مدت‌زمان و تعداد مخازن در حال سوخت افراد ساکن در اطراف انبار نفت با مشکلات تنفسی و سایر عوارض ناشی از این آلاینده مواجهه خواهند شد. در تحقیقی با عنوان "برآورد تعداد موارد مرگ قلبی-عروقی، سکته قلبی و بیماری انسداد مزمن ریوی منتسب به ذرات معلق و دی‌اکسید گوگرد موجود در هوای کلان‌شهر تهران" نتایج نشانگر اثرات بهداشتی مرتبط به آلاینده‌های ذرات معلق و دی‌اکسید گوگرد شامل تعداد کل مرگ‌ها، مرگ‌های قلبی-عروقی، تنفسی، بستری در بیمارستان به دلیل بیماری انسداد مزمن ریوی و سکته قلبی در کلان‌شهر تهران بود که ارتباط معنی‌داری با افزایش آلاینده‌های مذکور و آلودگی هوای ناشی از آن‌ها در هوای شهر تهران داشت. این موضوع نیازمند توجه هر چه بیشتر مسئولین و متخصصین امر جهت کنترل آلودگی هوا است.<sup>۲۲</sup> تماس زنان باردار با SO<sub>2</sub> سبب ایجاد سختی در تنفس می‌شود.<sup>۲۳</sup> ایمان مؤمنی با مدل‌سازی پخش SO<sub>2</sub> با استفاده از مدل AERMOD نشان داد که اکسید گوگرد از جمله آلاینده‌های هوا محسوب می‌گردد که اثرات حاد بر سلامت انسان دارد. در ایران سالانه در حدود ۵۴۷۵۰۰ تن اکسیدهای گوگرد از نیروگاه‌های حرارتی وارد اتمسفر می‌گردد.<sup>۲۴</sup> یکی از آلاینده‌های گازی جو دی‌اکسید گوگرد است که عامل تشکیل باران اسیدی و بسیاری دیگر از خطرات زیست‌محیطی و بهداشتی است. این گاز سمی و تحریک‌کننده است و بر غشا و سیستم تنفسی اثر می‌گذارد.<sup>۲۵</sup> آخرین کانتور توزیع آلاینده مربوط به دوده است (شکل ۱۳) دوده مخلوط کربن و مواد آلی دیگر است که از سوختن ناقص یا بدون حضور کافی اکسیژن تولید می‌شود. دوده به‌عنوان فرآورده فرعی به وجود می‌آید. در استاندارد اولیه کیفیت هوا میانگین هندسی سالانه ذرات معلق  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و در استاندارد ثانویه  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  است.<sup>۲۶</sup> در صورت اتفاق افتادن این سناریو غلظت این آلاینده به

و در تابستان افزایش دمای محیطی به بیش از ۱۱۰ درجه مشکل آفرین است و در زمستان به علت وارونگی هوا تخلیه آلاینده‌ها از محیط به‌کندی صورت خواهد گرفت. بدترین سناریو را زمانی خواهیم داشت که فصل تابستان و سرعت باد نیز کم باشد. در فصل تابستان لایه‌های سطحی جو که در مجاورت سطح زمین قرار دارند تقریباً دمایی برابر با لایه‌های فوقانی جو داشته و بنابراین جوی پایدارتر نسبت به زمستان حاکم است اما در فصل زمستان دمای لایه‌های نزدیک به زمین که حرارت زمین را که با تابش نور خورشید حاصل شده به خود گرفته‌اند با دمای لایه‌های فوقانی جو تفاوت بیشتری داشته و بنابراین جوی ناپایدارتر نسبت به تابستان حاکم است زیرا در جو پایدارتر میزان گسترش گازهای سنگین بسیار بیشتر از جو ناپایدار است، و حرکت جریان هوا در محور عمود بر سطح زمین کم بوده و توده آلودگی در محور افقی گسترش بیشتری پیدا می‌کند.<sup>۲۷</sup> ساکن بودن حجم زیادی از چند نوع آلاینده ذکر شده به همراه دمای بالای منطقه، زندگی را برای ساکنین مناطق اطراف انبار نفت که تراکم جمعیتی نسبتاً بالایی نیز دارند مشکل خواهد نمود به‌ویژه گروه‌های حساس و آسیب‌پذیر شرایط بغرنجی را طی خواهند کرد.

### نتیجه‌گیری

اشتعال و انفجار انبارنفت کرج نتایج فاجعه باری را برای این شهر رقم خواهد زد. لذا توجه خاص مدیریت بحران شهر کرج به این موضوع امری ضروری است. انبار نفت برای ایجاد حریم ایمن باید مناطق مسکونی اطراف از هر طرف ۶۰ متر را خریداری نماید<sup>۲۸</sup>، یا به خارج از شهر منقل شود. نبود پناهگاه مناسب شهری در مقابله با انفجار احتمالی انبار نفت از جمله مشکلات ساکنین مناطق است. برابر بررسی‌های میدانی و شهودی اکثر مناطق شهری حومه انبار نفت بافت‌های فرسوده با عمری بیش از ۳۰ سال هستند. این موضوع می‌تواند آسیب‌پذیری آن‌ها را در مقابل اشتعال و انفجار، دمای بالا و آسیب‌های احتمالی ناشی از آلاینده‌های تولیدی در بحران انبار نفت بالا ببرد. بدیهی است وارد آمدن مشکلات ناشی از انهدام و آسیب‌های جدی به انبار نفت شهید دولتی که در حوزه پرتراکم جمعیت شهری قرار دارد، می‌تواند باعث تلفات سنگین جانی، مالی

۶۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب خواهد رسید که بیشترین تأثیر را در نواحی نزدیک انبار نفت یعنی مناطق خیابان یکم شهرک ۱۱۰ و انبار غله زندان شهید کچویی و سرحد آباد نشان می‌دهد. میدان دید در نواحی شهری برای افراد در غلظت ۳۰ میکروگرم بر مترمکعب ۴۰ کیلومتر تخمین زده می‌شود اما در غلظت ۲۰۰-۱۰۰ میکروگرم بر مترمکعب میدان دید به ۱۲-۶ کیلومتر کاهش پیدا می‌کند.<sup>۲۶</sup> لذا در غلظت ۶۸۰۰ میکروگرم بر مترمکعب این میدان به مراتب کمتر خواهد شد و بر میدان دید رانندگانی که در مسیر جاده فردیس-ملارد و کرج-شهریار که در حال رانندگی هستند تأثیر منفی گذاشته و سبب تصادف وسایل نقلیه خواهد شد. ته‌نشینی ذرات استنشاقی در گلو و بینی به‌وسیله موهای ریز و در راه‌های باریک و پرپیچ‌وخم بینی صورت می‌گیرد. سپس پاک‌سازی این ذرات توسط سلول‌های مژکدار و بلع انجام می‌گیرد. پوشش موکوسی این ناحیه دستگاه تنفسی در پاک‌سازی ذرات بسیار مهم است و فاکتورهای داخلی و خارجی می‌توانند سرعت پاک‌سازی را تغییر دهند. ذرات معلق هوا که در ناحیه کیسه‌های هوایی بدون سلول‌های مژکدار دستگاه تنفسی ته‌نشین می‌شوند ممکن است در ایجاد بیماری آمفیزم و سایر بیماری‌های ریوی نقشی داشته باشند. بعلاوه این سلول‌های مژکدار محرک‌ها و سموم را در نقاطی به نام "نقاط داغ" Hot spots جمع و تغلیظ کرده و اثرات بیماری‌زایی آن‌ها را افزایش می‌دهند. ذراتی که ممکن است پاک‌سازی نشوند از راه اپیتلیوم به جریان لنف و خون وارد می‌شوند. اگرچه این ذرات از سیستم تنفسی گرفته شده‌اند، اما ممکن است به سایر نقاط بدن آسیب برسانند.<sup>۲۶</sup> حجم ذرات معلق موجود در جو، یکی دیگر از مهم‌ترین شاخص‌های آلودگی هوا محسوب می‌شود. هوابردها تأثیر زیادی بر آب‌وهوا و زندگی بشر دارند. بسیاری از پژوهش‌های اپیدمیولوژی نشان دادند که تماس با ذرات معلق، سبب مرگ زودرس، سرطان ریه، سرطان خون، برونشیت، آسم و بسیاری از بیماری‌ها خواهد شد.<sup>۲۹</sup> با توجه به نقشه هوایی منطقه به علت فاصله کم مناطق مسکونی از انبار نفت خصوصاً شهرک ۱۱۰، خیابان یکم، ضلع جنوبی سرحد آباد، انبار غله و زندان بیشترین میزان آلودگی را خواهند داشت. در این سناریو در صورت عدم وزش باد در منطقه میزان آلودگی حدود ۷۰ درصد افزایش یافته

پیشگیرانه بحران انبار نفت در جهت کاهش تلفات انسانی و خسارات مالی در هنگام وقوع حادثه گام‌های مؤثری برداشته شود.

### سپاسگزاری

این مقاله حاصل پایان‌نامه دکتری دانشگاه آزاد اسلامی است. لذا نویسندگان مراتب سپاسگزاری خود را از انبار نفت، دانشگاه علوم پزشکی البرز و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال که حامی این مطالعه بوده است اظهار می‌دارند.

شده و نتایج بسیار نامطلوبی برجای بگذارده که سبب فلج شدن سایر کارکردها و خدمات شهری در این منطقه و حتی کلان‌شهر کرج شود. جاده کرج به فردیس، ملارد، مارلیک و شهریار از مجاور دیوار ضلع شرقی انبار نفت می‌گذرد. در صورت بروز حادثه، ترافیک عظیمی ایجاد و هر لحظه بر خطرات ناشی از حادثه و بحران در انبار افزوده می‌تواند سهم عمده‌ای از خسارات مالی، جانی، روحی و روانی ناشی از اشتعال و انفجار انبار نفت را به خود اختصاص دهد. پیشنهاد می‌گردد به منظور جلوگیری از این بحران، جاده‌ای جایگزین پیش‌بینی گردد و با ارائه برنامه و بکارگیری روش‌های مناسب مدیریتی و

### References

- Pesic, D. J.; Blagojevic, M. D.; Glisovic, S. M., The model of air pollution generated by fire chemical accident in an urban street canyon. *Transportation research part D: transport and environment* 2011;16(4):321-326..
- Mirhashemi Seyed Navid, Investigating the causes of air pollution in Karaj and strategies to deal with it. In International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Development Management in Iran in 1397.2018.
- Sajid, Z.; Khan, M. K.; Rahnama, A.; Moghaddam, F. S ; Vardhan, K.; Kalani, R., Computational Fluid Dynamics (CFD) Modeling and Analysis of Hydrocarbon Vapor Cloud Explosions (VCEs) in Amuay Refinery and Jaipur Plant Using FLACS. *Processes*2021;9(6):960.
- Benis K. Z; Fatehifar I; Ahmadi J; Mohammadi M Modeling of air pollution distribution using ISCST software around Tabriz Oil Refining Company. *Journal of Civil and Environmental Engineering* 2014;44.
- Beheshti, M. H.; Mosavianasl, Z.; Tajpoor, A.; Hajizadeh, R., Evaluation the Extent of Explosion, Ignition and Gas Leakage Consequences in Cylinders Containing ۲۶.۲- Liters of Liquid Gas, with Passive Defense Approach. *J Mil Med* 2018;19(6):551-561.
- Panahi, S.; Karimi, A.; Pourbabaki, R., Consequence modeling and analysis of explosion and fire hazards caused by methane emissions in a refinery in cold and hot seasons. *Journal of Health in the Field* 2020.
- Wang, K.; Shi, T.; He, Y.; Li, M.; Qian, X., Case analysis and CFD numerical study on gas explosion and damage processing caused by aging urban subsurface pipeline failures. *Engineering Failure Analysis* 2019;97:201-219.
- Zhu, Y.; Qian, X.-m.; Liu, Z.-y.; Huang, P.; Yuan, M.-q., Analysis and assessment of the Qingdao crude oil vapor explosion accident: Lessons learnt. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2015;33:289-303.
- Munawer, M. E., Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. *Journal of Sustainable Mining* 2018;17(2):87-96.
- Moradian Mohammad Javad, An Introduction to Planning in Disaster Management.2011.
- Iran Clean Air Standards. <https://ier.tums.ac.ir/>
- Shen, R.; Jiao, Z.; Parker, T.; Sun, Y.; Wang, Q., Recent application of Computational Fluid Dynamics (CFD) in process safety and loss prevention: A review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2020;104-252.
- Ansarimanesh, M.; Nasrollahi, N., Proper Range of Carbon Dioxide to Optimize Indoor Environmental Quality in Office Buildings of Kermanshah. *Naqshejahan-Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning* 2018;8(1):9-15.
- Taherkhani A, Effects of carbon dioxide on health in prison. In The first conference on industrial and process air filtration, .2011.
- Vahappour A; Shojaei M; Tahmasbzadeh M; Rasouli F, A Study of the Environmental Impact of Torch Gas in Iran and Its Significance in Line with the Country's Obligations in the Paris Agreement. *Quarterly Journal of Strategic Studies in Public Policy* 2018;8:133-154.
- McElroy M. B, The Atmospheric Environment. Princeton University Press 2002.
- Zamani MR; Abdollahifar M; Nekouei H; Zare S; Aghili Jam H; Ebrahim AP, The effect of increasing water vapor on reducing natural gas combustion emissions in a thermal power plant: Thermodynamic analysis. . In *First International Conference on Oil, Gas, Petrochemical and Power Plant, , International Conference Center of Tehran*

*Olympic Hotel 2018.*

18. Ghiasuddin D, Air pollution University of Tehran: Tehran, 2015.
19. Asl, F. B.; Kermani, M.; Aghaei, M.; Karimzadeh, S.; Arian, S. S.; Shahsavani, A.; Goudarzi, G., Estimation of Diseases and Mortality Attributed to NO<sub>2</sub> pollutant in five metropolises of Iran using AirQ model in 2011-2012. *Journal of Mazandaran university of medical sciences 2015;25(121):239-249.*
20. Wang ,T.; Xue, L.; Brimblecombe, P.; Lam, Y. F.; Li, L.; Zhang, L., Ozone pollution in China: A review of concentrations, meteorological influences, chemical precursors, and effects. *Science of the Total Environment 2017;575:1582-1596.*
21. Tai, A. P.; Martin ,M. V., Impacts of ozone air pollution and temperature extremes on crop yields: Spatial variability, adaptation and implications for future food security. *Atmospheric Environment 2017;169:11-21.*
22. Kermani M; Fallah J S; Mr. M; Mohsen D, Estimating the number of cases of cardiovascular death, myocardial infarction and chronic obstructive pulmonary disease attributed to particulate matter and sulfur dioxide in the air of Tehran. *Journal of Environmental Health Research 2016;2:116-126.*
23. Geravandi ,S.; Goudarzi, G.; Soltani, F.; Dobaradaran, S.; Salmanzadeh, S.; Kamaei, S.; Yari, A.; Kalantar, F.; Mohammadi, M., Sulfur dioxide pollutant and its effects on disease incidence and death among the citizens of Bushehr city. *ISMJ 2016;19(4):598-607.*
24. Momeni, I.; Danehkar, A.; Karimi, S.; Khorasani, N. A., Dispersion modelling of SO<sub>2</sub> pollution Emitted from Ramin Ahwaz power plant using AERMOD model. *Human & Environment 2011;9(3):3-8.*
25. Maziar H, Crisis Management. Nashrshahr: Tehran. 2000.
26. J .W.Wu & M. H. Cheng, Disaster and restoration governance of the 2014 Kaohsiung gas explosion. *WIT Transactions on Ecology and The Environment 2015:206.*
27. Kheirkhah, A.; Gholamnia, R.; Kavousi, A., Evaluation of the Establishment of the Emergency Management System Based on Health, Safety, and the Environment Management System and Oil and Gas Producers Standards. *Journal of Inflammatory Disease 2019;23(1):74-83.*
28. Iranian petroleum standards .Engineering standard for layout and spacing . Dirst revision. 2009.

Seyedeh Azar Mousavifard<sup>1,2</sup>,  
Seyed Ali Joozi<sup>3\*</sup>, Mojgan  
Zaeimdar<sup>4</sup>, Mansour  
Rezazadeh Azari<sup>5</sup>

<sup>1</sup> PhD student in Environmental Management, Islamic Azad University, North Tehran Branch

<sup>2</sup> Department of Occupational Health and Safety Engineering, School of Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

<sup>3</sup> Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran, Tehran

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch

<sup>5</sup> Professor, Injury Research and Prevention Center and Occupational Health and Safety Engineering Department, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Faculty of Health, Iran, Tehran

## Modeling of Diffusion Propagation due to Ignition of Karaj Oil Depot using Computational Fluid Dynamics Method

Received: 6 Dec 2021 ; Accepted: 4 Apr 2022

### Abstract

**Background and Aim:** This study investigates the distribution of pollutants from the oil storage ignition scenario using Ensys Fluint software has studied and for the first time in the country the dangerous and unexpected scenarios of explosion and ignition in oil sites using advanced Fluent and monitoring software and aims to preserve the life and financial assets of the areas around the oil depot.

**Materials and Methods:** Ensys Fluent 15 software was used to determine the amount of pollutants from burning tanks. Warehouses predict. The output of this software entered the machining environment and finally the contamination distribution map was obtained in an area of four kilometers to an altitude of 200 meters.

**Results:** In this study, the effect of ignition and explosion of oil depot on the environment and residential environment around the depot was numerically analyzed. According to the summary of the results in critical conditions where the wind speed is high, the wind direction will have a significant effect on the affected areas, so that the temperature rises to about 60 degrees Celsius and above and the concentrations of CO, CO<sup>2</sup>, NOX, SO<sup>2</sup> are all at intervals. About 800 meters to one kilometer is expected in Anbarghleh area of Karaj, Banafsheh town, Rozkan Nou, Karaj railway area, Sarhadabad and Vahdat town due to the wind direction being 30 to 40 percent higher than the standard.

**Conclusion:** The results of this study showed that if a fire occurs in the tanks. Various areas, including residential and industrial, are much higher than the standard in the spread of pollution. Due to the severity of the pollution produced and the extent of the areas affected by respiratory diseases, human and financial losses are predictable.

**Keywords:** Oil depot, Fluent software, Fire pollutio

### \*Corresponding Author:

Professor, Department of Environment, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Iran, Tehran

Tel: 09126194676  
E-mail: joozi.ali@gmail.com