مقاله اصیل

برآورد انتشار ترکیبات آلی فرار از مخازن ذخیره سوخت با استفاده از مدل TANKS و مدل سازی پراکنش آن با مدل AERMOD

بهمن رماوندی[1]، مهدی احمدی مقدم[2]*، نرجس شاه حیدر[3]، مریم بیغمی[4]

[1] دانشیار، دکتری، مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی بوشهر، بوشهر، ایران

[2]دانشیار، دکتری، مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات فن آوری های زیست محیطی، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

[3] کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت محیط، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز. ایران

[4] کارشناس ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر، ماهشهر، ایران

***نشانی نویسنده مسؤل:** اهواز، مرکز تحقیقات فن آوری های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

E-mail: Ahmadi241@gmail.com

وصول: ۹۴/۶/۲۶، اصلاح:۹۴/۸/۱۳، پذیرش:۹۴/۱۰/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: ترکیبات آلی فرار (VOCs) تاثیر نامطلوبی بر شیمی اتمسفر و سلامت انسان می گذارند و بزرگترین منبع آن ذخیره سازی نفت است. با مدل های آلودگی هوا می توان غلظت و نحوه پراکنش ترکیبات آلی فرار از مخازن نفت را مدل سازی نمود. هدف این مطالعه بررسی و مدل سازی میزان انتشار ترکیبات آلی فرار از یک انبار نفت در ایران با استفاده از نرم افزار TANKs 4.0.9d و نحوه پراکنش این ترکیبات در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل AERMOD است.

مواد و روشها: در این مطالعه میزان و درصد انتشار ماهیانه ترکیبات آلی فرار از ۲۲ مخزن ذخیره نفت در ۱۲ ماه سال ۲۰۱٤ (۱۳۹۳-۱۳۹۲هجری شمسی) با استفاده از نرم افزار TANKS به تفکیک نوع تلفات و بر حسب نوع مخزن تعیین شد. سپس توسط مدل پراکنشی AERMOD غلظت بیشینه ترکیبات آلی فرار در منطقه ای با وسعت ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع و با فاصله شبکه ای ۲۰۰ متر و همچنین در دامنه ۵۰×۵۰ کیلومتر مربع و با فاصله شبکه ای ۱۰۰۰ متر در دوره آماری ۱۲ ماهه و برای دوره آماری ۱، ۳، ۸ و ۲٤ ساعته، یک ماهه و یک ساله در ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین تعیین و نحوه پراکنش آنها در منطقه شبیه سازی و بوسیله نرم افزار GIS نمایش داده شد.

یافته ها: نتایج نرم افزار TANKS نشان داد که مخازن ذخیره ای مورد مطالعه سالانه ۱٤۸۵۸۰۱/۲٦ تن VOC منتشر می کنند که سهم مخازن با سقف شناور خارجی ۹۹/۹۸ درصد و سهم مخازن با سقف ثابت عمودی ۰/۰۱۷ درصد می باشد. نتایج نرم افزار AERMOD نیز نشان داد که غلظت های بیشینه VOCs در محدوده ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع در فصول سرد سال رخ می دهد. این پدیده به علت کاهش عمق اختلاط و در نتیجه تشکیل پدیده وارونگی دما می باشد.

نتیجه گیری: بکارگیری مخازن با سقف ثابت عمودی و اصلاح الگوی بهره برداری می تواند منجر به کاهش انتشار VOCs و درنتیجه صرفه اقتصادی، بهداشتی و زیست محیطی فراوان گردد. این مطالعه به مهندسین طراح مخازن ذخیره نفت کمک می نماید تا استراتژی مناسبی برای ذخیره سازی نفت در پیش بگیرند.

کلمات کلیدی: *برآورد انتشار، ترکیبات آلی فرار، مدل TANKS، مدل AERMOD، GIS*

مقدمه

ترکیبات آلی فرار (VOCs) یکی از آلاینده های مهم هوا می باشند که علاوه بر اثرات نامطلوب فیزیولوژیکی بر بدن انسان همچون سرطان، جهش ژنتیکی، تحریک چشم، مخاط بینی و گلو، سرگیجه و سردرد و حتی از دست دادن حافظه کوتاه مدت، در حضور اکسیدهای نیتروژن و پرتو فرابنفش موجب شکل گیری آلاینده های فتوشیمیایی و همچنین آئروسل اسیدی شده که پدیده مه دود فتوشیمیایی را موجب می شوند (۱).

منابع انتشار ترکیبات آلی فرار، به دو گروه طبیعی و انسان ساخت تقسیم بندی می شوند. از منابع طبیعی انتشار این ترکیبات می توان به آتشفشان ها و یا آتش سوزی جنگل ها اشاره کرد. از مهمترین منابع انتشار بشر ساخت نیز می توان استفاده از حلال ها (نظیر تینر رنگ)، وسایل نقلیه موتوری و صنعت نفت برشمرد. در بخش صنعت نفت، مخازن نگهداری سوخت سهم مهمی در انتشار VOCs به اتمسفر دارا می باشند به طوری که علاوه بر آلودگی محیط زیست و ایجاد مشکلات بهداشتی، سالیانه هزینه اقتصادی قابل توجهی را به شرکت ها و پایانه های نگهداری مواد نفتی تحمیل می کنند.امروزه مدل سازی آلودگی هوا ابزاری اساسی و قدرتمند در مطالعات جوی بوده و به کمک آن می توان غلظت آلایندها، همچنین نحوه پراکنش آنها را در شرایط مختلف جوی و در موقعیت های مکانی گوناگون مدل کرد. مدل سازی رایانه ای در مهندسی آلودگی هوا یک علم در حال پیشرفت است و مدل ها به تدریج از نظر پیچیدگی و توانایی، گسترش یافته و روز به روز بیشتر مورد توجه مهندسین آلودگی هوا قرار می گیرند(۲).

مدل TANKS جهت تخمین انتشار مایعات آلی از مخازن ذخیره به هوا طراحی شده است. در این نرم افزار با وارد کردن اطلاعات خاصی مانند مشخصات مخزن ذخیره (قطر، ساختمان مخزن و غیره)، مایعات درون آن (ترکیب شیمیایی و درجه حرارت مایع) و موقعیت مکانی مخزن (نزدیکی به شهر، دمای محیط و غیره)، گزارشی در خصوص انتشارات هوا ارائه می دهد. این گزارش شامل تخمین انتشارات ماهانه، سالانه یا بخشی از یک سال برای هر ماده ذخیره شده در مخازن یا ترکیبی از آنها است(۳). در سال ۱۹۹٦ در موت کانینگهام روشها و نرم افزارهای موجود را برای محاسبه میزان انتشار ترکیبات آلی فرار در زمینه های مختلف صنعتی را مورد بررسی قرار داده و نرم افزار TANKS را که برای مخازن ذخیره ای طراحی شده دقیق و نتایج آن را قابل استناد می داند به طوری که نیاز برای اندازه گیری و پایش را از بین می برد(٤). در سال ۲۰۰٤ مطالعه ای موردی بر روی شهر دارالسلام تانزانیا انجام گرفت که در این تحقیق با استفاده از نرم افزار TANKS، میزان انتشار ترکیبات آلی فرار از مخازن ذخیره مایعات آلی ۸ شرکت مختلف تعیین و با مدل کالپف، نحوه پراکنش و سپس تحلیل خطر این آلاینده در منطقه مشخص شد(٤). کرباسی و همکاران نیز روشهای متداول محاسبه انتشار از مخازن مورد نقد و بررسی قرار دادند و سپس با استفاده از نرم افزار TANKS نسبت به محاسبه مواد نفتی از انبارهای شمال غرب تهران اقدام نمودند(۵).

مدل AERMOD نیز برای برآورد غلظت انتشارات از منابع نزدیک (کمتر از ۵۰ کیلومتر) طراحی شده و می تواند برای پیش بینی غلظت آلاینده های متفاوت منابع نقطه ای، خطی و سطحی مورد استفاده قرار گیرد(٦). این مدل برای منابع بزرگ یا برای منابع ساکن و ثابت نیز استفاده می شود(۷). در این مدل علاوه بر پردازشگر اصلی AERMOD از یک پیش پردازنده هواشناسی به نام AERMET و یک پیش پردازنده زمین شناسی به نام AERMAP تشکیل شده است. پیش پردازنده AERMET به گونه ای طراحی شده است که می توان تمامی اطلاعات هواشناسی موجود را در قالب فایل در محل تعریف و جهت پردازش استفاده نمود. سازمان محیط زیست آمریکا پس از ١٤ سال بررسی در نوامبر

۲۰۰۵، مدل AERMOD را به عنوان مدل برگزیده خویش معرفی کرد. مدل AERMOD یک مدل دودکش در وضعیت پایداری می باشد که پراکنش هوا را بر مبنای ساختار تلاطم لایه مرزی سیاره ای و در مقیاس های قابل قبول توضیح می دهد.. محققین زیادی از این مدل استفاده نموده اند و بکار بردن آن جهت مدل سازی انواع آلاینده های اتمسفری پیشنهاد نموده اند. در سال ۲۰۰٦ غلظت آلاینده سیانید هیدروژن حاصل از فرایند جداسازی طلا از سنگ معدن آن، در معدن طلا در شهر کلرادو با دو مدل ISCST3 و AERMOD تعیین و با مقادیر اندازه گیری شده در ایستگاههای پایش مقایسه شد(۸). در سال ۲۰۰۷ در قالب مطالعه ای موردی، آلاینده ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) در شهر پونا هندوستان مدل سازی شد که در آن، مشخصه های هواشناسی مورد نیاز AERMOD به کمک مدل WRF محاسبه گردید. در این مطالعه با فرض مسطح بودن زمین و در محدوده ای با وسعت ۲۵ ×۲۵ کیلومتر مربع و با فاصلهٔ شبکه مدل سازی ۱ کیلومتر انجام گرفت(۲). در مطالعه ای دیگر، ضرایب انتشار آلاینده های ذرات معلق با قطر کمتر از ۲,۵ میکرون ($PM_{2.5}$) و PM_{10} حاصل از برداشت بادام در ایالت کالیفرنیا، با دو مدل ISCST3 و AERMOD تعیین و با مقادیر پایش شده مقایسه شد(۹). در ایران نیز در سال۱۳۹۱ آلاینده های آلی فرار منتشر شده از مخازن ذخیره مایعات آلی با استفاده از نرم افزار TANKS تعیین و سپس نحوه پراکنش این آلاینده ها با مدل پراکنشی AERMOD مدل سازی شدند(٦). همچنین در یک مطالعه، انتشار آلاینده های ناشی از کارخانه آسفالت و دستگاه سنگ شکن پروژه راهسازی با استفاده از مدل AERMOD مدل سازی شد(۱۰).

در این مطالعه میزان و درصد انتشار ماهیانه ترکیبات آلی فرار از ۲۲ مخزن ذخیره در یک انبار نفت در ایران طی ۱۲ ماه سال ۲۰۱٤ با استفاده از نرم افزار TANKs 4.0.9d به تفکیک نوع تلفات و برحسب نوع مخزن تعیین شده و سپس نحوه پخش و پراکنش این ترکیبات در منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل AERMOD مدل سازی و بررسی می گردد.

مواد و روش ها

این مطالعه به منظور برآورد انتشار ترکیبات آلی فرار از مخازن ذخیره سوخت یکی از انبارهای نفت و مدل سازی پراکنش آنها انجام شده است. به منظور برآورد میزان انتشار ترکیبات آلی فرار با استفاده از مدل تانک، از نرم افزار TANKs 4.6.9d استفاده گردید. اطلاعات ورودی مورد نیاز این مدل برای مخازن با سقف ثابت عمودی و سقف شناور خارجی شامل قطر، حجم موثر، تعداد دفعات پر وخالی شدن مخزن در سال، رنگ آمیزی و شرایط آن، نوع سازه مخزن، درزگیر اولیه، درزگیر ثانویه، شرایط پوسته داخلی، نوع سقف و اتصالات آن و ظرفیت در سال می باشند. همچنین موقعیت محلی و مشخصات محتویات هر مخزن طبق اطلاعات سازمان هواشناسی و بانک اطلاعاتی موجود در نرم افزار وارد مدل شدند.

همچنین به منظور مدل سازی پخش و پراکندگی آلودگی از مدل AERMOD استفاده گردید. پراکنش ترکیبات آلی فرار برای یک دوره آماری ۱۲ ماهه و برای متوسط زمانی ۱، ۳، ۸ و ۲٤ ساعته و همچنین دوره آماری یک ماهه و یک ساله و در ارتفاع ۱/۵ متری انجام گرفت. اطلاعات ورودی مورد نیاز برای این مدل شامل پارامترهای سطحی (میزان بارندگی، پوشش ابر، فشار اتمسفر، فشار نسبت به سطح دریا، نسبت بوان، ضریب آلبدو و طول زبری سطح) و پارامترهای نیم رخی (دمای نقطه شبنم، درجه حرارت، جهت و سرعت باد و درصد رطوبت) باتوجه به اطلاعات هواشناسی و همچنین مشخصات منبع آلاینده (نرخ انتشار و ارتفاع آزاد سازی آلاینده و شعاع سطح) با توجه به خروجی نرم افزار TANKS بدست آمده و وارد مدل شدند. در ادامه و پس

از اجرای مدل AERMOD؛ بیشترین غلظت ترکیبات آلی فرار برای متوسط های زمانی ۱، ۳، ۸ و ۲٤ساعته، یک ماهه و یک ساله برای دامنه های ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع و ۵۰×۵۰ کیلومتر مربع تعیین شد.

پراکنش انتشار ترکیبات آلی فرار نیز توسط نرم افزار GIS نمایش داده شد. اعتبار هر دو مدل بکار رفته در این مطالعه (AERMODو TANKS) در مطالعات دیگر محققین مورد تایید قرار گرفته است(۱۱)،(۱۲)،(۱۳

یافته‌ها

پس از اجرای نرم افزار TANKs برای مخازن ذخیره نفت، نتایج ذیل حاصل شدند که در ادامه ارائه و بررسی می گردند. میزان انتشار ماهیانه ترکیبات آلی فرار (VOCs) به تفکیک نوع مخزن در جدول ۱ آورده شده اند.

همان گونه که در جدول ۱ نشان داده شده است در مخازن با سقف شناور خارجی بیشترین میزان انتشار برای مخزن شماره ۱٤۱ به میزان ۳۰۹۳۳/۵ تن، در ماه جولای(مرداد ماه ۱۳۹۳) و کمترین میزان انتشار برای مخزن شماره ۱۵۳ به میزان ۵/۷۱ تن در ماه ژانویه (بهمن ماه۱۳۹۲) رخ می دهد. همچنین با توجه به این جدول ، برای مخازن با سقف ثابت عمودی بیشترین میزان انتشار۲۳/۷٦تن، در ماه ژوئن (تیر ماه ۱۳۹۳) و از مخزن شماره ۱۰۳می باشد و کمترین مقدار مربوط به مخزن ۱۲٤ به میزان ۰/۰۰۱ تن می باشد.

در این مطالعه تلفات اتصالات به تنهایی بطور متوسط ۹۸/٦درصد از کل تلفات در مخزن را شامل می شوند. این در حالی است که تلفات به جاماندگی بطور متوسط فقط ۰/۰۰۲ درصد را به خود اختصاص داده اند. میزان سالیانه و درصد هر کدام از این تلفات، همچنین میزان کل تلفات در مخازن با سقف شناور خارجی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱: میزان انتشار ترکیبات آلی فرار از مخازن با سقف شناور خارجی و سقف ثابت عمودی (تن در ماه)

نوع مخزن	شناسه مخزن	JAN (بهمن)	FEB (اسفند)	MAR (فروردین)	APR (اردیبهشت)	MAY (خرداد)	JUN (تیر)	JUL (مرداد)	AUG (شهریور)	SEP (مهر)	OCT (آبان)	NOV (آذر)	DEC (دی)
مخازن با سقف شناور خارجی	۱۰۱	۳۰۹۳/۸۲	۳۵۳۱/٤٤	٤۶٤۶/۳۳	۷۷۸۵/۸۳	۸۹۳۷/۰۶	۹۸۰۶/۳۲	۱٤۰۹/۰۸	۹۱۲۵/٤۱	۸۹٤۲/۰٤۶	۷۵٤۵/۲۹	۶۸٤۸/۰۵۱	۵٤۸۹/۱۳
	۱۰۹	۵/۹۷	۶/۸۶	۱۰/۶۲	۱۵/۳۹	۱۷/۳۵	۲۷/۹۸	۱۷/۷٤	۱۹/۲۲	۱۷/۶۷	۱٤/۵۸	۸/۹۷	۱۳/٤۶
	۱۲۹	۱۰۹۶۲/۳۶	۱۰۳۰۶/۱۱	۱۳۶۹٤/۰۲	۱۵٤٤۷/۰۵	۱۹۵۵۲/۶٤	۲۷۰۵۱/۰۵	۲۸٤۶۹/۶۲	۲٤۹۸۵/۳۱	۲۲۲۰۶/۱۱	۱۷۶۵۲/۲۲	۱۶۲۸۶/۸۷	۱۵۱۷۶/۱
	۱۳۱	۱۰۹۶۲/۳۹	۱۰۳۰۶/۱۵	۱۳۶۹٤/۰۶	۱۶۲۸۶/۹۳	۱۹۵۵۲/۶۹	۲۷۰۵۱/۱۳	۲۸٤۶۹/۶۹	۲٤۹۸۵/۳۸	۲۲۲۰۶/۱۷	۱۷۶۵۲/۲۸	۱۵٤٤۷/۱	۱۵۱۷۷/۰۳
	۱۳۸	۱۱۱۸۱/۷۹	۱۰۵۱۲/٤۱	۱۳۹۶۸/۱٤	۱۶۶۱۲/۹	۱۹۹۷۵/۶۱	۲۷۶۳۶/۲۳	۲۹۱۵۷/۵٤	۲۵۵۵۹/۶۵	۲۲۶۸۶/٤۹	۱۸۰۰۵/۵۸	۱۵۷۸۱/۲۲	۱۵٤۸۰/۷۸
	۱٤۱	۱۱۹۰۶/۱۸	۱۱۱۸۷/۳۷	۱٤۹۱۲/۶۳	۱۷۷۹۰/۱٤	۲۱۲۸۳/۸۷	۲۹۶۲٤/۶٤	۳۰۹۳۳/۵	۲۷۱۷۹/۱۷	۲٤۲۱۹/۳۲	۱۹۳۱۵/۸۱	۱۶۷۷۲/٤۷	۱۶۵۵۵/۳٤
	۱٤۷	۵/۸٤	۶/۷	۱۰/۳۸	۱۵/۰۵	۱۶/۹۱	۲۷/۳۲	۱۷/۳٤	۱۸/۷۷	۱۷/۲٤	۱٤/۲٤	۸/۷۶	۱۳/۱۶
	۱۵۳	۵/۷۱	۶/۵۵	۱۰/۱٤	۱٤/۷۱	۱۶/٤۷	۲۶/۶۷	۱۶/۹۵	۱۸/۳۲	۱۶/۸۱	۱۳/۹	۸/۵۵	۱۲/۸۶
	۱۵۵	۱۱۹۰۵/۸۸	۱۱۱۸۷/۰۸	۱٤۹۱۲/۲۶	۱۶۵۵٤/۹۳	۲۱۲۸۳/٤	۲۹۶۲۳/۹۸	۳۰۹۳۲/۹۱	۲۷۱۷۸/۶۱	۲٤۲۱۸/۷۸	۱۹۳۱۵/۳۲	۱۷۷۸۹/۶۹	۱۶۷۷۲/۰۹
	۱۵۷	۱۱۹۰۵/۷۸	۱۱۱۸۶/۱	۱٤۹۱۲/۱۳	۱۶۵۵٤/۷۹	۲۱۲۸۳/۲٤	۲۹۶۲۳/۷۶	۳۰۹۳۲/۷۲	۲۷۱۷۸/٤۳	۲٤۲۱۸/۶	۱۹۳۱۵/۱۶	۱۷۷۸۹/۵٤	۱۶۷۷۱/۹۷
مخازن با سقف ثابت عمودی	۱۰۳	۵/۲۱	۵/۳۶	۷/۹۶	۹/۲۳	۱۳/٤۶	۲۳/۷۶	۲۰/٤۵	۱۷/۲۵	۱٤/۷۹	۱۰/۷۷	۶/٤۵	۵/۸۶
	۱۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
	۱۰۷	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
	۱۰۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
	۱۱۱	۱/۵۶	۱/۶	۲/٤	۲/۸	٤/۱٤	۷/۵	۶/٤۱	۵/۳۶	٤/۵۶	۳/۲۸	۱/۹٤	۱/۷۶
	۱۱۳	۰/۷۲	۰/۷۵	۱/۱	۱/۲۸	۱/۸۷	۳/۳۲	۲/۸۶	۲/٤	۲/۰۵	۱/٤۹	۰/۸۹	۰/۸
	۱۱۸	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۲۹
	۱۱۹	۱/۸۲	۱/۷۷	۲/۱۸	۲/۳۱	۲/۸۳	۳/۸٤	۳/٤۹	۳/۲۶	۰/۰۳	۲/۵۵	۲/۱	۲/۰۸
	۱۲۰	۱/۸۶	۱/۸	۲/۲۲	۲/۳۶	۲/۸۹	۳/۹٤	۳/۵۸	۳/۳٤	۳/۱	۲/۶۱	۲/۱۵	۲/۱۳
	۱۲٤	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
	۱۲۵	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۵۸	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰۳	۰/۰۳
	۱۲۶	۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۰٤	۰/۰٤	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۶۵	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۰٤	۰/۰۳

جدول ۲: میزان انتشار سالیانه ترکیبات آلی فرار به تفکیک نوع تلفات از مخازن با سقف شناور خارجی

شناسه	کل تلفات سالیانه	تلفات سیستم درزگیر		تلفات به جا ماندگی		تلفات اتصالات	
مخزن	(تن)	مقدار (تن)	درصد	مقدار (تن)	درصد	مقدار (تن)	درصد
۱۰۱	۸۵٤۲۵/٤۸	۱۳۵۷/۵۵	۱/۵۹	۰/۰۲٤	۲/۸۰E -۰۵	۸٤۰۶۷/۹۰	۹۸/۳
۱۰۹	۱۶٤/۹۳	۲/۶۲	۱/۵۹	۰/۰۲٤	۰/۰۱	۱۶۲/۲۹	۹۸/٤
۱۲۹	۲۱۸۵۰٤/٤۸	۳۳۸۸/۳۷	۱/۵۶	۰/۰۲	۹/۰۱E-۰۶	۲۱۵۱۱۶/۰۹	۹۸/٤
۱۳۱	۲۱۸۵۰۵/۱٤	۳۳۸۹/۰۳	۱/۵۶	۰/۰۲	۹/۰۱E-۰۶	۲۱۵۱۱۶/۰۹	۹۸/٤
۱۳۸	۲۲۳۱٤۹/۳۹	۳۵٤۷/۶۵	۱/۵۹	۰/۰۱۹	۸/۶E-۰۶	۲۱۹۶۰۱/۷۲	۹۸/۷
۱٤۱	۲۳۷۹۰۱/٤۳	۳۱۶۸/۳۱	۱/۳۳	۰/۰۱۲	۵/۲۲E-۰۶	۲۳٤۷۳۳/۱۱	۹۸/۷
۱٤۷	۱۶۱/۱۱	۲/۱٤	۱/۳۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۵۸/۹۷	۹۸/۹
۱۵۳	۱۵۷/۳۱	۱/۶۶	۱/۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱	۱۵۵/۶٤	۹۸/۷
۱۵۵	۲۳۷۸۹۵/۹۶	۳۱۶۲/۸۳	۱/۳۳	۰/۰۱۲	۵/۳E-۰۶	۲۳٤۷۳۳/۱۱	۹۸/۷
۱۵۷	۲۳۷۸۹٤/۱۶	۳۱۶۱/۰۳	۱/۳۳	۰/۰۱۳	۵/۳E-۰۶	۲۳٤۷۳۳/۱۱	۹۸/۷

جدول۳: میزان انتشار سالیانه ترکیبات آلی فرار به تفکیک نوع تلفات از مخازن با سقف ثابت عمودی

شناسه	کل تلفات سالیانه	تلفات ذخیره ای		تلفات بهره برداری	
مخزن	(تن)	مقدار (تن)	درصد	مقدار (تن)	(درصد)
۱۰۳	۱۲۲/۹۳	۵۸/۷۷	٤۷/۸۱	۶٤/۱۶	۵۲/۱۹
۱۰۵	۰/۲۸	۰/۰۹۸	۳۵/٤۷	۰/۱۷	۶٤/۵۳
۱۰۷	۱/۲٤	۰	۰	۱/۲٤	۱۰۰
۱۰۸	۱/۲٤	۰	۰	۱/۲٤	۱۰۰
۱۱۱	۳۷/٤٤	۱۸/۶۵	٤۹/۸۲	۱۸/۷۸	۵۰/۱۸
۱۱۳	۱۶/۹۶	۷/۲۷	٤۲/۸۷	۹/۶۹	۵۷/۱۳
۱۱۸	۳/٤۷	۰	۰	۳/٤۷	۱۰۰
۱۱۹	۳۰/۱۹	۱٤/۷۰	٤۸/۷۰	۱۵/٤۹	۵۱/۳۰
۱۲۰	۳۰/۸۷	۱۵/۵۶	۵۰/٤۱	۱۵/۳۱	٤۹/۵۹
۱۲٤	۰/۰۲	۰/۰۰۶	۳۳/۹۱	۰/۰۱۲	۶۶/۰۹
۱۲۵	۰/٤۹	۰/۱۶	۳۳/۰۱	۰/۳۳	۶۶/۱۰
۱۲۶	۰/۵۵	۰/۱۸	۳۲/۷۹	۰/۳۷	۶۷/۲۱

بر اساس مدل TANKS، بیشترین درصد تلفات ذخیره ای و کمترین درصد تلفات بهره برداری، به ترتیب ۵۰/٤۱ و٤۹/۵۹ درصد برای مخزن شماره۱۲۰ و همچنین کمترین درصد تلفات ذخیره ای (صفر درصد) و بیشترین درصد تلفات بهره برداری (۱۰۰ درصد) در مخازن شماره۱۰۷، ۱۰۸و ۱۱۸ اتفاق افتاده است. میزان سالیانه و درصد هر کدام از این تلفات، همچنین میزان کل تلفات در مخازن با سقف ثابت عمودی، در جدول ۳ ارائه شده است.

نتایج حاصل از شبیه سازی نحوه پراکنش آلاینده های ترکیبات آلی فرار که با استفاده از مدل پراکنشی AERMOD انجام گرفته در شکل۱ نشان داده شده است.

بحث

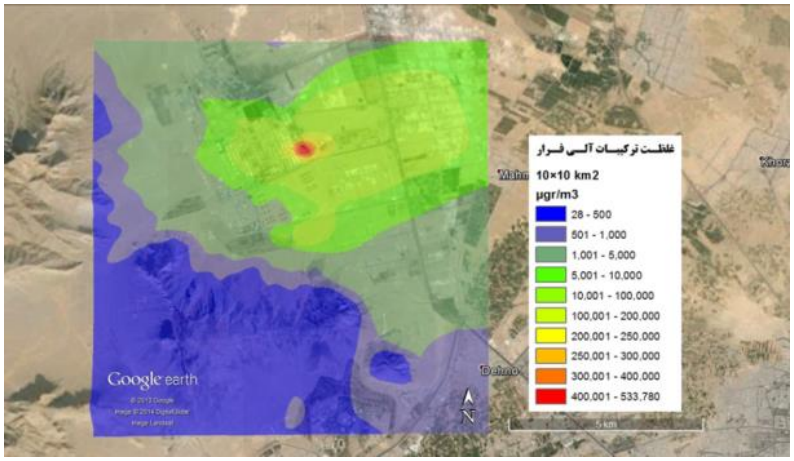
در این مطالعه ۲۲ مخزن حاوی ۹ نوع مایع آلی، واقع در یکی از انبارهای نفت به عنوان منابع آلاینده مورد مطالعه قرار گرفت. در ابتدا میزان انتشار ترکیبات آلی فرار ناشی از تبخیر سطحی از این مخازن با استفاده از نرم افزار TANKs4.0.9d برای هر یک از ۱۲ ماه سال محاسبه گردید. این نرم افزار به اطلاعاتی درباره ابعاد و مشخصات سازه ای مخازن، شرایط عملکردی آنها، داده های هواشناسی منطقه مورد مطالعه و همچنین اطلاعات ترمودینامیکی مایعات ذخیره شده در مخازن نیاز دارد. پس از بکارگیری این نرم افزار مشخص گردید که مخازن ذخیره ای فولادی، سالیانه ۱٤۸۵۸۰۱/۲۶ تن آلاینده

VOCs تولید و به اتمسفر رها می کنند که سهم مخازن با سقف شناور خارجی ۹۹/۹۸ درصد و سهم مخازن با سقف ثابت عمودی ۰/۰۱۷ درصد در سال می باشد. همچنین در مخازن با سقف شناور خارجی تلفات اتصالات به تنهایی بطور متوسط ۹۸/٦ درصد از کل تلفات در مخازن را شامل می شوند در حالی که تلفات به جاماندگی بطور متوسط تنها ۰/۰۰۲ درصد را به خود اختصاص می دهد. در مخازن با سقف ثابت عمودی بیشترین درصد تلفات ذخیره ای و کمترین درصد تلفات بهره برداری به ترتیب ۵۰/٤۱ و ٤۹/۵۹ درصد برای مخزن حاوی JP4 و همچنین کمترین درصد تلفات ذخیره ای و بیشترین درصد تلفات بهره برداری به ترتیب صفر و صددرصد مربوط به مخازن نفت کوره می باشد.

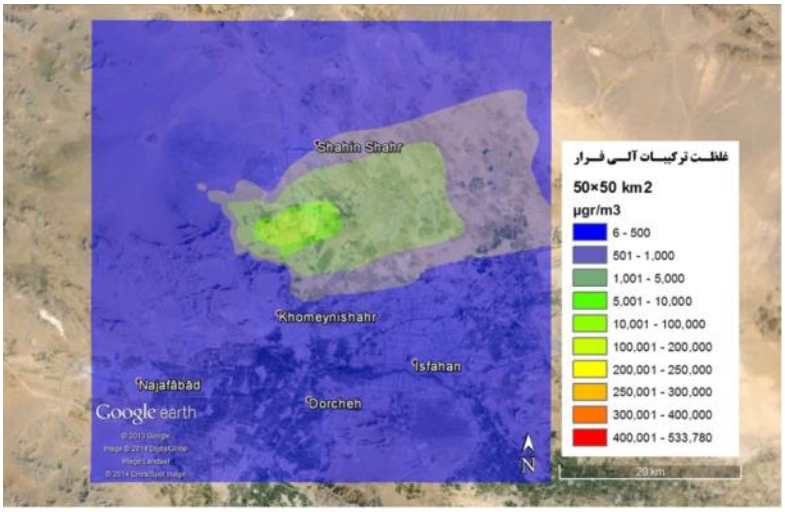
در ادامه با استفاده از مدل پراکنشی AERMOD میزان غلظت بیشینه ترکیبات آلی فرار در منطقه ای با وسعت ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع (مقیاس محلی) و با فاصله شبکه ای ۲۰۰ متر و سپس در دامنه ۵۰×۵۰ کیلومتر مربع (مقیاس منطقه ای) و با فاصله شبکه ای ۱۰۰۰ متر در دوره آماری ۱۲ ماهه (سال۲۰۱٤) برای متوسط زمانی ۱، ۳ ، ۸، ۲٤ ساعته، همچنین دوره آماری یک ماهه و یک ساله در ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین (سطح تنفس) تعیین و نحوه پراکنش آنها در منطقه شبیه سازی شد. نتایج بدست آمده در کل ۲٦۰۱ پذیرنده این مطالعه موردی نشان می دهد که غلظت های بیشینه در محدوده ۱۰×۱۰ کیلومتر مربع و در فاصله نزدیکی از انبار نفت و غالباً در فصول سرد سال رخ می دهد. دلیل احتمالی این پدیده شرایط آرام و پایداری اتمسفر در طی ماه های زمستان در منطقه است که منجر به کاهش عمق اختلاط و در نتیجه تشکیل پدیده وارونگی هوا می شود. وارونگی هوا یا وارونگی گرمایی زمانی رخ می دهد که لایه ای از هوای گرم بالای هوای سرد، مجاورت کره زمین قرار گیرد. در چنین شرایطی پایداری هوا ایجاد می شود. یعنی در اتمسفر با افزایش ارتفاع، افزایش دما داریم. در چنین شرایطی آلودگی ها در زیر سطح وارونگی محبوس می گردد که میزان اکسیژن هوا به علت مصرف تدریجی آن کاهش یافته و غلظت آلاینده ها به علت تولید تدریجی افزایش می یابند. از طرفی در فصول سرد سال ، زاویه تابش خورشید نسبت به زمین بسیار مایل می شود و لذا در چنین مواقعی زمین بیشتر از میزان حرارتی که از سوی خورشید دریافت می کند گرما از دست می دهد ،در نتیجه در دوره های سرد سال پدیده وارونگی هوا شدیدتر و رایج تر است. بطور کلی، گرچه انتظار می رود غلظت VOCs در ماه های تابستان به دلیل تبخیر بیشتر، ازدیاد یابد؛ مانند آنچه که برخی محققین به آن دست یافتند(۱۱)،(۱۲). ولی بر اساس نظر کوتیدیس و دومانوگلو که به نتایج متفاوت و ازدیاد هیدروکربن ها در فصول سرد رسیدند، شرایط اتمسفری تعیین کننده بیشینه انتشار است(۱۳)،(۱٤).

بمنظور کاهش میزان انتشار ترکیبات VOCs از مخازن با سقف شناور خارجی، استفاده از درزگیر ثانویه که در بالای درزگیر اولیه نصب می شود، بسیار موثر می باشد. توضیح آنکه از میان دو نوع درزگیر ثانویه کفشکی و حلقوی، درزگیرهای حلقوی با توجه به قابلیت پوشاندن فضای خالی موثرتر از نوع کفشکی می باشد. مطالعات محققین نشان داد که تغییرات در درزگیر مخازن می تواند میزان انتشار VOCs را به مقدار قابل توجهی کاهش دهد(۱٤).

از جمله راهکارهای دیگر کاهش میزان انتشار ناشی از تبخیر سطحی در مخازن با سقف ثابت عمودی نصب یک سقف شناور داخلی و سیستم درزگیر در داخل مخزن است که بسته به نوع سقف و درزگیرهای نصب شده و همچنین مایع داخل مخزن این روش بازدهی بین ۹۹-٦۰ درصد داشته است. همچنان که جوانوویک و همکارانش در مطالعات خود بر روی میزان انتشار هیدروکربنها از مخازن نفت در شهر بلگراد به این نتیجه رسیدند که بازسازی مخازن مورد مطالعه و تبدیل آنها به



الف



ب

شکل ۱: نحوه پراکنش ترکیبات آلی فرار برای متوسط زمانی ۱ ساله (الف) مقیاس محلی (ب) مقیاس منطقه‌ای

مخازن با سقف ثابت عمودی مقدار انتشار VOCs را از ۲۱۶۳۲۸ kg/d به ۵۰۴۲۹ kg/d (حدود ۷۶٪) کاهش داد(۱۵). همچنین استفاده از بیوفیلترها بمنظور تصفیه گازهای خروجی از دریچه تهویه مخازن سقف ثابت عمودی روش مناسبی جهت کاهش خطرات زیست محیطی ناشی از انتشار VOCs به شمار می رود(۱۶).

نتیجه گیری

بطور کلی، این مطالعه نشان داد که بر اساس پیش بینی مدل TANKS سالانه مقادیر فراوانی از ترکیبات نفتی از مخازن مورد مطالعه به اتمسفر رها می شود که می تواند از دیدگاه بهداشتی- زیست محیطی و اقتصادی حائز اهمیت باشد. مدل AERMOD نشان داد که ترکیبات نفتی رها شده در فصل زمستان برای شهرهای اطراف منطقه مورد مطالعه (با توجه به اقلیم و توپوگرافی)، می تواند زمینه ساز تشکیل مه- دود فتوشیمیایی و خطرآفرین گردد. بازطراحی و بازسازی مخازن ذخیره نفت بر اساس تکنولوژی های نوین و بکار گرفتن روشهایی که در آن کمترین انتشار آلودگی صورت گیرد، می تواند ضمن برگشت سرمایه اولیه توسعه پایدار محیط زیست و سلامت را در پی داشته باشد. این مطالعه به مهندسین طراح مخازن ذخیره نفت کمک می نماید تا استراتژی مناسبی برای ذخیره نفت در پیش بگیرند.

References

1. Nevers ND. Air Pollution Control Engineering: Boston: McGraw-Hill; 2000. 500. p.
2. Tancrede M YY, Wilson R. Volatilization of volatile organic compounds from showers: Analytical method

and quantitative assessment. Journal of Atmospheric environment. 1992;26:1103-11.
3. Agency EP. Emission Factor and Inventory Group, Emissions and Monitoring and Analysis Division Office of Air Quality Planning and Standards U.S. 1999:.1-2.
4. Wallace LA. VOCs and the environment and public health exposure. springer science. 1993;5:158-200.
5. Karbasi aaea. The structural role of petroleum storage tanks in prevention of hydro carbonic pollutants emission. Environmental identifying. 2007;35(50):73-82
6. Ashrafi KH SM, SAlimian M and Momeni M. emissions determination and VOCs pollutants transmittal modeling from surface evaporate of storage tanks in Asalouie. Environmental identifying. 2013;38(3):47-60
7. Orloff KG, Kaplan B, Kowalski P. Hydrogen cyanide in ambient air near a gold heap leach field: Measured vs. modeled concentrations. Journal of Atmospheric Environment. 2006;40:3022–9.
8. Jackson MM. Organic Liquid Storage Tanks Volatile Organic Compounds (VOCs) Emissions Dispersion and Risk Assessment in Developing Countries: The case of Dar-Es-Salaam City, Tanzania. Journal of Environmental Monitoring and Assessment. 2006;116:363-82.
9. Matsumoto KI MK, Mizuno R, Igawa M. Volatile organic compounds in ambient aerosols. Journal of Atmospheric Research. 2010;97:124-8.
10. Ashrafi kh SM, Momeni M, Karami sh, Amini A. The modeling of pollutants emission from asphalt factory and rock staver in road making project (a case study of second band in Sarab-Bostan Abad). Transportation engineering. 2013;4(4):313-32
11. Hoque R.R KPS, Agarwal T, Shridhar V., Balachandran, S. Spatial and temporal variation of BTEX in the urban atmosphere of Delhi, India. Science Total Environ. 2008;392:30-40.
12. Batterman S.A PCY, Braun J. Levels and composition of volatile organic compounds on commuting routes in Detroit, Michigan. Atmos Environ. 2002;36:6015-30.
13. Kourtidis KA, Ziomas, I.C., Rappenglueck, B., Proyou, A., Balis, D. Evaporative traffic hydrocarbon emissions, traffic CO and speciated HC traffic emissions from the city of Athens. Atmos Environ. 1999;33:3831-42.
14. Yetkin Dumanoglu MK, Hasan Altiok, Mustafa Odabasi, Tolga Elbir, Abdurrahman Bayram. Spatial and seasonal variation and source apportionment of volatile organic compounds (VOCs) in a heavily industrialized region. Atmospheric Environment. 2014;98:168-78.
15. Jovan Jovanovic MJ, Ana Jovanovic, Vedrana Marinovic. Introduction of cleaner production in the tank farm of the Pancevo Oil Refinery, Serbia. Journal of Cleaner Production. 2010;18:791–8.
16. Mazur Maxwell MR, Lapalme Monique, Wiens Brian. Ambient air total gaseous mercury concentrations in the vicinity of coal fired power plants in Alberta,Canada. Science of The Total Environment. 2009;408:373-81.

Original Article

Estimation of volatile organic compounds emissions from the fuel storage tanks using TANKS model and its distribution modeling by AERMOD model

Bahman Ramavandi
Associate professor, Ph.D., Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Bushehr University of Medical Sciences, Bushehr, Iran.

****Mehdi Ahmadi Moghaddam***
Associate professor, Ph.D., Environmental Health Engineering, Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Narjes Shahheidar
MSC, Environmental Health Engineering, Department of Environmental Health Engineering, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.

Maryam Bighami
MSC, Chemical Engineering, Islamic Azad University of Mahshahr, Mahshahr, Iran.

Received:17/09/2015**, Revised:**04/11/2015**, Accepted:**01/01/2016

Correspondence Author:
Mehdi Ahmadi Moghaddam,
Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
E-mail: Ahmadi241@gmail.com

Abstract

Background & Purpose: Volatile organic compounds (VOCs) significantly affect the chemistry of atmosphere and human health and petroleum storage has been identified as largest emitters of VOCs. With models of air pollution can model the concentration and distribution of VOCs from oil tanks. The aim of this study was to investigate and model of VOCs emissions from an oil tanks field in Iran using the TANKs 4.0.9d software and the distribution of these compounds in the study area using AERMOD model.

Materials & Methods: In this study, the rate and percentage of monthly emissions of VOCs from 22 oil storage tanks in 12 months year 2014(1392-1393) using the TANKS software were determined according to losses and tank type in Esfahan, Iran. Then, by using AERMOD model the maximum concentration of VOCs in the area with the surface of 10 × 10 km^2 and with a network distance of 200m and then in the range of 50 × 50 km^2 and with a network of 1000 m in the statistic period of 12 months and for a average time of 1, 3, 8 and 24 hours, one-month and one -year statistical period at the height of 1.5m of the Earth's surface was determined and the distribution of VOCs in the area was simulated and displayed by GIS software.

Results: The results of TANKS software showed that the studied tanks were annually emitted 1485801.26 tons VOCs in which the tanks with external floating roof 99.98% and with fixed vertical roof 0.017% were contributed. The results of AERMOD software also indicated that maximum concentrations of VOCs occur in the area 10×10 km^2 in cold seasons. This phenomenon is due to reduce of mixing depth and resulting in the formation of the inversion phenomenon.

Conclusions: This work can help plant engineers to decide on an appropriate strategy to control VOCs. Employing the tanks with fixed vertical roof and modification of operational pattern could lead to a reduction of VOCs emissions and eventually affect the economical, ecological and hygienic aspects.

Key words: *Estimation of emissions, Volatile organic compounds, TANKS model, AERMOD model, GIS*