Consequence analysis of toxic chemicals release from petrochemical feed and product pipelines network

M Jabbari Gharabagh* H Asilian** S B.Mortasavi*** A Zarringhalam**** E Hajizadeh***** A Khavanin***

* Graduated of PhD, Occupational Health, Faculty of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
** Assistant professor, Occupational Health, Faculty of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
*** Associate professor, Occupational Health, Faculty of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
**** Associate professor, Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
***** Associate professor, Bio-Statistic, Faculty of Medical Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

✸Abstract

Background: Consequence analysis of toxic chemicals releases has important influence on emergency response planning and reduction of fatalities.
Objective: To determine consequences of toxic chemicals releases in petrochemical feed and product pipelines network.
Methods: This was a cross-sectional study performed in Mahshahr Petrochemical Special Economic Zone (Petzone, Iran) during 2006-2007. Initially, a total number of 60 pipelines were evaluated using the chemical exposure index and the most hazardous chemicals selected for further analysis. Later, the lethal concentrations of chemicals were calculated by probit equation and local meteorological data assessed. In the end, the toxic release dispersion modeling was performed using of areal location of hazardous atmospheric program, and the fatal length for emergency response planning offered**.**
Findings: Butadiene pipeline showed the highest chemical exposure index value however, the chlorine pipeline was found to have the most hazard distance based on life-threatening health effects of emergency response planning guideline (ERPG-3). The LC1, LC50 & LC99 in F condition were about 703m, 413m and 248m, respectively.
Conclusion: Determination of hazard distance and emergency response planning for chlorine pipeline based on LC1 and in F condition will supply the lowest level of fatality and highest margin of safety in areas adjacent to petrochemical feed and product pipelines network.

Keywords: Hazardous Material, Petrochemical, Consequence Analysis, Pipeline, Fatal Length

Corresponding Address: Faculty of Medical Science, Occupational and Environment Health Department, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Email: asilianm@yahoo.com
Tel: +98 21-82880
Received: 2007/09/19
Accepted: 2008/04/28

پیامدهای ناشی از رهاسازی مواد شیمیایی سمی شبکه خطوط لوله ارتباطی پتروشیمی

دکتر موسی جباری قره باغ* دکتر حسن اصیلیان** دکتر سید باقر مرتضوی*** دکتر عبدالصمد زرین قلم****
دکتر ابراهیم حاجی زاده***** دکتر علی خوانین***

* دانش آموخته دکترای بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
** استادیار بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
*** دانشیار بهداشت حرفه ای دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس
**** دانشیار مهندسی شیمی دانشکده مهندسی دانشگاه تربیت مدرس
***** دانشیار آمار زیستی دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تربیت مدرس

آدرس مکاتبه: دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم پزشکی، گروه بهداشت حرفه ای، تلفن ۸۲۸۸۰- ۰۲۱ Email: asilianm@ yahoo.com
تاریخ دریافت: ۸۶/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۸۷/۲/۹

چکیده

زمینه: ارزیابی پیامدهای ناشی از رهاسازی مواد شیمیایی، در برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری و کاهش تلفات حاصله نقش مهمی دارد.

هدف: مطالعه به منظور تعیین پیامدهای ناشی از رهاسازی مواد شیمیایی سمی شبکه خطوط لوله ارتباطی پتروشیمی انجام شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه مقطعی در سال ۸۶- ۱۳۸۵ بر روی خطوط لوله ارتباطی منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر انجام شد. به همین منظور، ۶۰ خط لوله ارتباطی موجود در منطقه با استفاده از شاخص مواجهه شیمیایی ارزیابی شدند و خطرناک‌ترین خط لوله انتخاب شد. سپس غلظت‌های کشنده (LC) ماده شیمیایی موجود در خط لوله انتخاب شده با استفاده از معادله واحد قیاس احتمالات آماری محاسبه شد و داده‌های هواشناسی منطقه از سال۱۳۶۶ تا ۱۳۸۴ ارزیابی گردید. در نهایت مدل‌سازی پراکنش گازهای خطرناک با استفاده از برنامه موقعیت فضایی اتمسفر خطرناک انجام و طول کشنده اطراف خطوط لوله جهت برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری پیشنهاد شد.

یافته‌ها: خط لوله بوتادین بالاترین شاخص مواجهه شیمیایی را در منطقه داشت. ولی از لحاظ فاصله خطر براساس اثرات تهدیدکننده راهنمای برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری (ERPG-3)، خط لوله کلر خطرناک ترین خط لوله در منطقه بود. ارزیابی خط کلر نشان داد که در وضعیت پایداری F که خطرناک ترین وضعیت از لحاظ انتشار مواد سمی است، فاصله خطر LC50, LC1 و LC99 در اطراف خطوط لوله ارتباطی به ترتیب ۷۰۳ ، ۴۱۳ و ۲۴۸ متر بود.

نتیجه‌گیری: تعیین محدوده خطر و برنامه‌ریزی شرایط اضطراری براساس LC1 و در وضعیت پایداری F برای خط لوله کلر، پایین‌ترین سطح تلفات و بالاترین حریم ایمنی را در اطراف شبکه خطوط لوله ارتباطی تأمین خواهد نمود.

کلیدواژه‌ها: مواد خطرناک، پتروشیمی، تجزیه و تحلیل پیامدها، خط لوله، طول کشنده

مقدمه:

منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر با دارا بودن دهها طرح و مجتمع پتروشیمی، به عنوان یکی از قطب‌های اقتصادی کشور محسوب می‌شود. حفظ و صیانت این صنایع و نیروهای توانمند شاغل در آنها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با افزایش حمل و نقل مواد شیمیایی به وسیله خطوط لوله، تعداد حوادث خطوط لوله نیز روز به روز در حال افزایش است، به طوری که براساس داده‌های اداره ایمنی خطوط لوله ایالات متحده (OPS)، میزان این افزایش سالانه حدود ۴ درصد است.[۱]

منطقه ویژه ماهشهر بیش از ۶۰ خط لوله ارتباطی (خوراک- محصول) حاوی مواد شیمیایی از قبیل کلر، آمونیاک، بوتادین، گاز ترش دارد که بر روی تکیه‌گاه‌هایی در سطح زمین گسترده شده‌اند و

در اغلب نقاط تعداد زیادی از آنها در مجاورت همدیگر قرار دارند. این امر گاهی باعث عدم تشخیص صحیح لوله‌های مورد نظر جهت انجام عملیات جوش‌کاری و برش‌کاری می‌شود که به بروز حادثه منجر می‌گردد. خوشبختانه به علت عدم راه‌اندازی بعضی از خطوط لوله مربوط، اغلب حوادث مذکور فاقد خسارت‌های جانی و مالی بوده‌اند. با راه‌اندازی خطوط لوله مذکور، عوامل مختلف تهدید کننده خطوط لوله از قبیل صدمه شخص ثالث، مشکلات ناشی از طراحی ناصحیح، خوردگی و عملکرد ناصحیح می‌توانند باعث بروز حوادث فاجعه‌آور در خطوط لوله ارتباطی شوند.[۲]

بدین منظور بایستی با شناسایی خطرات موجود در واحدهای پتروشیمی و خطوط لوله ارتباطی، راهکارهای لازم به منظور کاهش خطرات موجود تهیه و اجرا شوند تا از بروز حوادث احتمالی مانند تلفات جانی و صدمه‌های اقتصادی جلوگیری به عمل آید و طرح‌های مقابله با شرایط اضطراری تهیه شود. لذا این مطالعه به منظور تعیین پیامدهای ناشی از رهاسازی مواد شیمیایی شبکه خطوط لوله ارتباطی پتروشیمی انجام شد.

*مواد و روش‌ها:

این مطالعه مقطعی در سال ۸۶ – ۱۳۸۵ در منطقه ویژه اقتصادی پتروشیمی ماهشهر انجام شد. تمام خطوط لوله ارتباطی، با استفاده از شاخص مواجهه شیمیایی (CEI) مورد ارزیابی اولیه قرار گرفتند و خط لوله دارای بالاترین فاصله خطر، به عنوان شاخصی برای تعیین خطر خطوط لوله ارتباطی انتخاب شد. ابتدا، به منظور تخمین میزان رهاسازی هوابرد، حالت‌های مختلف رهاسازی مواد شیمیایی به شرح زیر انتخاب شدند:

– برای قطرهای کم‌تر از ۲ اینچ، شکافت کامل خط لوله

– برای قطرهای بین ۲ تا ۴ اینچ، شکافت مساوی با لوله ۲ اینچ

– برای لوله‌های با قطر بیش از ۴ اینچ، شکافت مساوی با ۲۰ درصد سطح مقطع لوله

برای تعیین میزان رهاسازی هوابرد گازها از معادله دبی صوتی گاز استفاده شد. میزان رهاسازی هوابرد مایعات نیز به علت احتمال تشکیل دو فاز، از مجموع میزان هوابرد حاصل از انتشار اولیه و میزان هوابرد تبخیر شده از سطح استخر تشکیل شده در اثر رهاسازی مایعات، تعیین شد.[۳]

مراحل فوق برای کلیه خطوط لوله ارتباطی موجود در منطقه انجام و شاخص مواجهه شیمیایی برای کلیه آنها تعیین شد (بر اساس شاخص مواجهه شیمیایی، خطوط لوله حاوی مواد شیمیایی دارای CEI بالاتر از ۲۰۰ به ارزیابی خطر بیش‌تری نیاز دارند). در این تحقیق به منظور اطمینان بیش‌تر، خطوط لوله دارای CEI بیش‌تر از ۱۵۰، به منظور ارزیابی‌های بیش‌تر انتخاب شدند و فاصله خطر آنها با توجه به جدیدترین میزان‌های راهنمای برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری که، توسط انجمن بهداشت صنعتی آمریکا (AIHA) ارایه شده است، تعیین گردید و خط لوله دارای بالاترین فاصله خطر براساس ERPG-3 (حداکثر غلظت هوابرد که در غلظت‌های پایین‌تر از آن، تمام افراد می‌توانند تا یک ساعت بدون داشتن اثرات بهداشتی تهدید کننده زندگی، با آن مواجهه پیدا کنند) برای ارزیابی‌های بیش‌تر انتخاب شد.[۳]

ERPG-1 به صورت حداکثر غلظت هوابرد که در غلظت‌های پایین‌تر از آن، تمام افراد می‌توانند به مدت یک ساعت بدون تجربه اثرات بهداشتی زیان‌آور زودگذر یا دریافت بوی محسوسی، با آن مواجه شوند و ERPG-2 به صورت حداکثر غلظت هوابرد که در غلظت‌های پایین‌تر از آن تمام افراد می‌توانند تا یک ساعت بدون تجربه یا گسترش اثرات بهداشتی برگشت ناپذیر یا سایر اثرات بهداشتی جدی و علایمی که آنها را از انجام اقدام‌های حفاظتی باز دارد، با آن مواجهه پیدا کنند تعریف شده است.

پس از انتخاب خط لوله دارای بالاترین فاصله خطر، شکافت کامل خط لوله جهت ارزیابی خطر انتخاب شد و غلظت‌های کشنده (LC)۱درصد، ۵۰ درصد و ۹۹ درصد با استفاده از معادله واحد قیاس احتمالات آماری برای خط لوله انتخاب شده، محاسبه گردید.[۴]

پس از تعیین غلظت‌های کشنده، به منظور مدل‌سازی پراکنش گاز منتشره، داده‌های هواشناسی منطقه ماهشهر از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۴ مورد مطالعه قرار گرفت و با در نظر گرفتن طبقه‌بندی حالت‌های مختلف پایداری ارایه شده به وسیله ترنر، وضعیت پایداری هوا در طول سال تعیین شد.[۵ و ۶]

سپس با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه (عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۳ متر از سطح دریا)،موارد زیر تعیین شدند: داده‌های اتمسفری (درجه حرارت، رطوبت نسبی، سرعت و جهت باد با توجه به وضعیت پایداری هوا و ناهمواری سطح زمین)، اطلاعات ماده شیمیایی (غلظت کشنده، نقطه جوش و فشار بخار) و مشخصات منبع انتشار از قبیل قطر لوله، زبری سطح لوله، طول، قطر و سطح سوراخ ایجاد شده در لوله، مدل سازی پراکنش گاز خطرناک با استفاده از مدل‌های پراکنش گاز سمی و برنامه موقعیت فضایی اتمسفر خطرناک.[۷و۸] در نهایت، طول کشنده در وضعیت‌های پایداری مختلف تعیین شد و طول کشنده تعیین شده به عنوان حداکثر فاصله خطر کشنده در اطراف خطوط لوله، به منظور تعیین محدوده خطر موجود در اطراف شبکه خطوط لوله ارتباطی پتروشیمی، جهت برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری پیشنهاد شد.

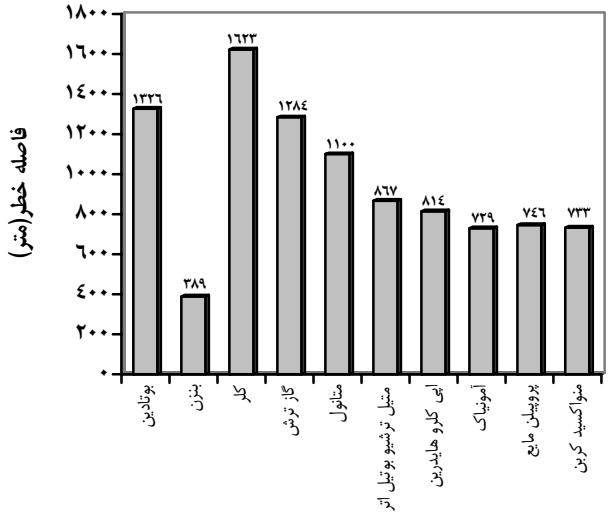
✷یافته ها:

از مجموع ۶۰ خط لوله مورد مطالعه، ۱۰ خط لوله CEI بالای ۱۵۰ داشتند. خط لوله بوتادین بالاترین مقدار CEI را داشت، ولی از آنجا که فقط در مواقع بارگیری حاوی بوتادین بود، لذا دارای خطر پایین‌تری نسبت به سایر خطوط لوله بود. بعد از بوتادین، بنزن و کلر و گاز ترش در رتبه‌های بعدی قرار داشتند.

تعیین فاصله خطر سمیت براساسERPG-3 نشان داد که خط لوله کلر موجود در این منطقه با قطر ۸ اینچ، فشار ۲/۱ بار و طول ۳۴۶۸ متر، بالاترین فاصله خطر سمیت را داشت (نمودار شماره ۱).

فاصله خطر سمیت براساسERPG-2,ERPG-1 با توجه به محاسبه به عمل آمده برای خط کلر به ترتیب ۷۲۶۰ و ۴۱۹۲ متر بود.

نمودار ۱- فاصله خطر سمیت براساسERPG-3 برای ۱۰ خط لوله دارای بالاترین مقادیر CEI



خطوط لوله حاوی مواد شمیایی

پس از انتخاب خط لوله کلر، غلظت‌های کشنده ۱ درصد، ۵۰ درصد و ۹۹ درصد برای گاز کلر به شرح زیر محاسبه شد:

LC99 = ۸۵۹ ppm

LC50 = ۲۴۲ ppm

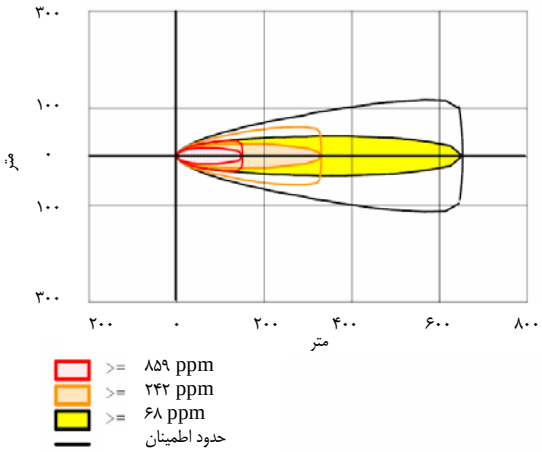
LC1 = ۶۸ ppm

هوای منطقه در طول سال حدود ۳۱/۹ درصد در وضعیت پایداریD، ۴۱/۲ درصد در وضعیت

پایداری E و ۲۶/۹ درصد در وضعیت پایداری F قرار داشت. جهت و سرعت باد غالب نیز در منطقه به ترتیب ۳۱۵ درجه (شمال غربی) و ۶ متر بر ثانیه بود.[۴و۵]

حد کشنده ۹۹ درصد، ۵۰ درصد و ۱ درصد در وضعیت پایداری D ، به ترتیب ۱۵۱متر، ۳۳۱ متر و ۶۵۴ متر بود که کم‌ترین فاصله کشنده نسبت به شرایط دیگر پایداری هواست (نمودار شماره ۲).

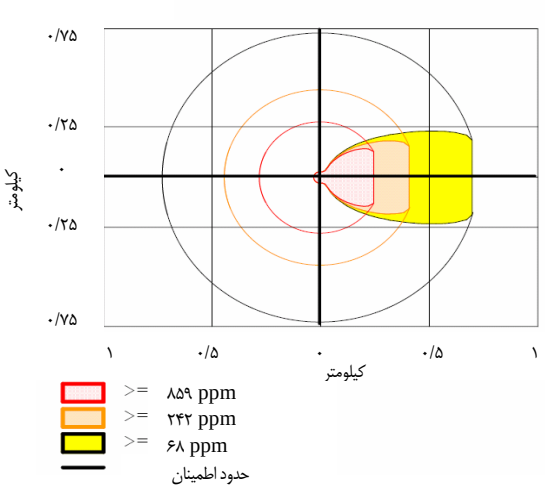
نمودار ۲ – فاصله خطر سمیت کشنده در حالت پایداری D برای خط لوله کلر از جهت شمال غربی



نتایج مدل‌سازی پراکنش گاز سمی در وضعیت پایداری E نشان داد که حد کشنده ۹۹ درصد، ۵۰ درصد و ۱ درصد در این شرایط، به ترتیب ۱۶۶ متر، ۳۵۴ متر و ۷۲۱ متر بود که گستردگی بیش‌تری نسبت به وضعیت D داشت.

در وضعیت پایداری F، حد کشنده ۹۹ درصد، ۵۰ درصد و ۱ درصد، به ترتیب ۲۴۸ متر، ۴۱۳ متر و ۷۰۳ متر بود که در اغلب موارد نسبت به وضعیت پایداری D و E گستردگی بیش‌تری داشت و حدود اطمینان نیز در حالت F، به علت آرام بودن وضعیت هوا، نسبت به حالت‌های دیگر محدوده خطر بیش‌تری داشت (نمودار شماره ۳).

نمودار ۳– فاصله خطر سمیت کشنده در حالت پایداری F برای خط لوله کلر از جهت شمال غربی



✸بحث و نتیجه‌گیری:

این مطالعه نشان داد که در بین حدود ۶۰ خط لوله مورد بررسی، خط لوله کلر نسبت به سایر خطوط سمیت بیش‌تری دارد. نتایج مطالعه هوتون و همکاران بر روی حوادث منجر به رهاسازی کلر در سال‌های ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۰ نیز تأییدی بر این مسأله است. براساس این مطالعه، تعداد حوادث کلر در مدت مطالعه ۸۸۵ مورد بوده است که ۲/۱ درصد کل حوادث موجود درگروه‌بندی مواد خطرناک شامل کلر، آمونیاک، اسیدها، حشره‌کش‌ها و ... را به خود اختصاص می‌داد. از طرف دیگر، میزان حوادث کشنده کلر ۲۷۵ مورد بود که ۸/۷ درصد کل حوادث کشنده را در بر داشت. بنابراین کلر دارای خطر نسبی ۴/۵ بود که بالاترین خطر نسبی را در میان کلیه گروه‌ها به خود اختصاص می‌داد و بعد از آن، آمونیاک با خطر نسبی ۱/۸ در رتبه بعدی قرار داشت.[۹]

برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری براساس مقادیر مواجهه ERPG-1، ERPG-2 و ERPG-3، به علت زیاد بودن فاصله خطر، به خصوص در مناطق صنعتی تقریباً غیرممکن است. از طرف دیگر، میزان خطر قابل قبول با توجه به اکثر معیارهای ارزشیابی خطر برای افراد شاغل

در فعالیت‌های صنعتی، ۱۰ برابر بیش‌تر از سایر افراد جامعه تعیین می‌شود.[۱۰] لذا ارزیابی نهایی خطر به منظور تصمیم‌گیری در این مطالعه، براساس اثرات کشنده انجام شد. بدین‌وسیله امکان برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری در این شرایط بسیار منطقی‌تر و کاربردی‌تر از مواردی است که فقط از فواصل خطر براساس مقادیر مواجهه ERPG یا IDLH (خطر فوری برای زندگی و سلامتی) استفاده می‌شود. بررسی مطالعه‌های انجام شده در این زمینه نیز نشان‌گر این نکته است که محققین مختلف با توجه به شرایط موجود، از یکی از موارد مذکور استفاده نموده‌اند، برای مثال، روی پراسون کی برای ارزیابی کمی خطر رهاسازی تتراکلرید تیتانیوم در واحد تولید اسفنج تیتانیوم از معیار خطر فوری برای زندگی و سلامتی استفاده نمود.[۱۱] برناتیک برای پیشگیری از تلفات در صنایع سنگین و به منظور ارزیابی خطر مخازن نگه‌داری گاز، از LC50 استفاده نمود.[۱۲] اسکینا ان جی نیز از معیار خطر فوری برای زندگی و سلامتی به منظور تجزیه و تحلیل خطر راه در اثر حمل و نقل کلر در شهر روساریو استفاده کرد.[۱۳]

در این تحقیق به علت صنعتی بودن منطقه، از LC1, LC50 و LC99 برای تعیین فاصله خطر استفاده شد تا با توجه به شرایط منطقه، محل استقرار کارکنان، محل احداث واحدهای اداری و فاصله مورد نیاز از محل عبور خطوط لوله برنامه‌ریزی به خوبی انجام شود.

در این تحقیق فواصل خطر براساس شرایط پایداری هوا در وضعیت‌های مختلف D, E و F تعیین شد که در برنامه‌ریزی مقابله با شرایط اضطراری در فصول مختلف سال و ساعت‌های مختلف روز نقش مهمی دارد. براساس این ارزیابی‌ها، وضعیت پایداری منطقه در گسترش مواد سمی به خصوص در غلظت‌های بالا (LC99= ۸۵۹m) نقش مهمی داشت. بنابراین در صورتی که هوا آرام و در وضعیت پایداری F باشد، به هوشیاری بیش‌تری نیاز است و فاصله خطر بیش‌تری را در بر می‌گیرد، همچنین علاوه بر جهت انتشار مواد سمی (شمال غربی)، در بقیه نقاط اطراف محل شکافت نیز احتمال کشندگی وجود دارد. لذا رعایت حریم اطمینانی برابر با طول کشنده در کلیه نقاط اطراف محل شکافت خط لوله الزامی است. با توجه به این که تعیین فاصله خطر و حریم ایمنی در این ارزیابی برای خطرناک ترین خط لوله موجود در شبکه خطوط لوله ارتباطی ماهشهر انجام شد، لذا با تعیین بیش‌ترین طول کشنده برای خط لوله مذکور، نتایج حاصله را می‌توان به سایر خطوط نیز تعمیم داد به طوری که خطر کشنده در صورت شکافت هر یک از خطوط لوله، به حد کشنده خطرناک‌ترین خط لوله نخواهد رسید. لذا به راحتی می‌توان از آن برای طرح ریزی مقابله با شرایط اضطراری در اطراف شبکه خطوط لوله ارتباطی استفاده نمود.

*سپاس‌گزاری:

بدین وسیله از همکاری کارکنان محترم شرکت ملی صنایع پتروشیمی تقدیر و تشکر می‌شود.

*مراجع:

1. United States General Accounting Office. Report to the Ranking Minority Member. New York, the Office of Pipeline Safety, GAO/RCED-00-128, May 2000, 9-10, Available at: http://www.gav.gov/archive/2000/rc00128.PDF, Access in February 2009

2. Muhlbauer W K. Pipeline risk management manual, ideas, techniques, and resources. 3rd ed. New York: Elsevier; 2004. 39-40

3. The dow chemical company. Dow's chemical exposure index guide. 1st ed. New York: The American Institute of Chemical Engineers; 1994. 1-17

4. Lees F P. Loss prevention in the process industries, hazard identification, assessment

and control. 2nd ed. London: Butterworth; 1996. 18: 59-60 [Vol 2]

5. IRIMO. Climatologically normal for the period 1987-2005, Mahshahr. Tehran, I.R of Iran meteorological organization, data processing center, 2006

6. Hyatt N. Guidelines for process hazards analysis, hazards identification & risk analysis. 1st ed. Ontario: CRC Press; 2004. 22: 72-7

7. National Oceanic and Atmospheric Administration. ALOHA user's manual. Washington, U.S. Environmental Protection Agency, 2004. 1- 185

8. National Oceanic and Atmospheric Administration. Areal location of hazardous atmosphere program. Washington, U.S. Environmental Protection Agency, 2004. revision 5.4.1

9. Horton D K, Berkowitz Z, Kaye W E. Surveillance of hazardous materials events in 17 states, 1993–2000. J Occup Environ Med 2002; 44: 906–13

10. Suokas J, Rouhiainen V. Quality management of safety and risk analysis. 1st ed. London: Elsevier; 1993. 248-59

11. Roy PK, Bhatt A, Rajagopal C. Quantitative risk assessment for accidental release of titanium tetrachloride in a titanium sponge production plant. J Hazard Mater 2003 Aug 29; 102 (2-3): 167-86

12. Bernatik A, Libisova M. Loss prevention in heavy industry: risk assessment of large gasholders. J Loss Prevent Proc 2004; 17: 271-8

13. Scenna N J, Santa Cruz A S M. Road risk analysis due to the transportation of chlorine in Rosario city. Reliab Eng Syst Safe 2005; 90: 83-90