

بررسی تحلیلی پیامد مخزن آمونیاک مجتمع پتروشیمی کرمانشاه

محمد یوسفی^۱، داود رشتچیان^{۲*}

۱- آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آبادان

۲- تهران، دانشگاه صنعتی شریف، دانشکده مهندسی شیمی و نفت، مرکز طراحی فرایند، ایمنی و کاهش ضایعات

پیام نگار: rashtchian@sharif.edu

چکیده

ایمنی نقش مهمی در تمامی مراحل طراحی فرایندهای شیمیایی ایفا می‌کند. به منظور حصول اطمینان از مسائل مربوط به ایمنی و محیط زیست و همچنین به حداقل رساندن تغییرات آتی در فرایند و تجهیزات به دلیل مشکلات ایمنی، مسأله ایمنی باید در مطالعات اولیه طراحی مورد توجه قرار گیرد.

آمونیاک، گازی بسیار سمی است و در مجاورت با هوا یک ترکیب انفجاری به وجود می‌آورد. از طرفی، وجود شرایط عملیاتی در فشار و دمای بسیار بالا در واحد تولید آمونیاک، پتانسیل ایجاد خطر را افزایش می‌دهد. تمام این عوامل حاکی از با اهمیت بودن مسأله ایمنی و بررسی مخاطرات فرایندی این واحد می‌باشد.

به منظور مدیریت ریسک واحدهای فرایندی ضروری است که به شناسایی و ارزیابی مخاطرات پرداخته شود. سپس احتمال رخداد حوادث نامطلوب و شدت و عواقب این مخاطرات محاسبه شود تا در مرحله ارزیابی ریسک، مورد استفاده قرار گیرد. محاسبه شدت عواقب و پیامدهای حوادث احتمالی تحت عنوان «تحلیل پیامد» شناخته می‌شود. در حقیقت تحلیل پیامد گام سوم از مراحل چهارگانه ارزیابی ریسک می‌باشد.

هدف اصلی این مقاله استفاده از روش‌های نوین تحلیل پیامد جهت تحلیل و شناسایی عواقب ناشی از رهاش، نشر، آتش گرفتن و انفجار در مخزن نگهداری آمونیاک مجتمع آمونیاک و اوره کرمانشاه به کمک نرم افزار ALOHA^۲ می‌باشد. موقعیت نامناسب درب‌های خروجی و اضطراری مجتمع، موقعیت نامناسب محل قرارگیری مخزن آمونیاک، نالیمن بودن اتاق کنترل مرکزی، آزمایشگاه، روستاها و شهرهای اطراف تا شعاع ۱۰ کیلومتری از جمله نتایج این تحلیل می‌باشد.

کلمات کلیدی: ایمنی، مخزن نگهداری آمونیاک، مدیریت ریسک، ارزیابی ریسک، تحلیل پیامد

۱- مقدمه

فرایند است. به بیان دیگر با توجه به محدود بودن بودجه و وجود حوادث محتمل زیاد در یک واحد فرایندی باید توسط مدیریت ریسک و ارزیابی ریسک به اولویت‌بندی آن‌ها پرداخت. توسط ارزیابی ریسک از جمله ماتریس ریسک می‌توان ارزش هر ریسک را که دارای احتمال و شدت خاصی می‌باشد تعیین کرد و هر

یکی از مسائل مهمی که در ایمنی صنایع فرایندی مطرح است، تصمیم‌گیری در مورد اقتصادی بودن سرمایه‌گذاری برای ایمن کردن

1. Consequence Modeling
2. A real Location of Hazardous Atmospheres

خطرناک مختلف از جمله آمونیاک می‌باشد. آمونیاک در زمرة مواد خطرناک می‌باشد. آمونیاک بسیار سمی است و غلظت‌های بالای آن می‌تواند باعث مرگ شود. همچنین آمونیاک قابلیت احتراق و انفجار دارد ولی خطر احتراق آن به مراتب کمتر از خطر سمیت آن می‌باشد. حد مجاز تماس با آن در ۸ ساعت در روز و ۵ روز در هفته (TLV^۲) حدود ۲۵ppm می‌باشد. تماس آمونیاک گازی در غلظت‌های خیلی بالا (بالای ۲۰۰۰ppm) می‌تواند باعث صدمه به پوست و اندام‌ها شود. تماس ۷۲ppm آن با چشم برای بعضی افراد می‌تواند تولید ناراحتی نماید و غلظت ۱۳۴ppm برای همه می‌تواند آزاردهنده باشد. تماس با غلظت ۷۰۰ppm آمونیاک سریعاً و شدیداً باعث ناراحتی و آزار چشم می‌شود.

به طور کلی آمونیاک خطر آتش و انفجار ندارد زیرا مخلوط آمونیاک و هوا به سختی محترق می‌شود و این در حالی است که غلظت نسبتاً بالایی از آن برای احتراق لازم است. محدوده اشتعال آمونیاک بین $LEL=۱۵/۵$ تا $UEL=۲۸$ درصد در هوا و دمای خوداشتعالی آمونیاک حدود $۸۵۰^{\circ}C$ می‌باشد. آمونیاک در دمای $(۴۵۰-۵۰۰)^{\circ}C$ به نیتروژن و هیدروژن تجزیه می‌گردد. حضور روغن یا مواد قابل اشتعال، خطر آمونیاک را مضاعف می‌کند [۵].

۳- فرایند مخزن نگهداری آمونیاک

مخزن آمونیاک دو جداره و ایمن است و بین دو جداره هوای ابرازدقیق و خشک جریان دارد. به محض نشستی گاز آمونیاک، دتکتور (آشکارساز)، میزان نشستی را احساس و اعلان می‌کند. مخزن نگهداری آمونیاک جهت محافظت مخزن در مقابل بالا رفتن بیش از حد فشار و یا در زمان ایجاد خلأ مجهز به شیرهای اطمینان، دیسک‌های پاره‌شونده و شکننده خلأ می‌باشد. مخزن ذخیره آمونیاک دارای عایق‌بندی مناسب است تا نفوذ گرمای محیط از اتمسفر به مخزن به حداقل برسد و همچنین از میعان رطوبت در هوا بر روی سطح خارجی مخزن جلوگیری کند. میزان انتقال گرما از محیط به مخزن به دمای محیط بستگی دارد. انتقال گرما از محیط به مخزن باعث تبخیر آمونیاک و بالا رفتن فشار مخزن می‌شود. بنابراین جهت کنترل فشار مخزن در محدوده عملیاتی باید بخارات

مخاطره‌ای که ارزش ریسک بالاتری دارد بایستی به آن پرداخته شده و بودجه بیشتری جهت کنترل، تعدیل و کاهش آن اختصاص داده شود و از مخاطراتی که از ارزش بسیار اندکی برخوردارند چشمپوشی کرد. چون ابعاد حادثه با احتمال وقوع آن در اکثر مواقع نسبت عکس دارد، بهترین راه یک‌جا جمع کردن ابعاد حادثه و احتمال وقوع آن است که با مدیریت ریسک می‌توان به آن اهداف دست یافت [۱]. در واقع ریسک به پتانسیل بروز آسیب و جراحت که به واسطه قرارگیری در معرض مخاطره ایجاد می‌گردد اشاره می‌کند [۲].

مراحل ارزیابی ریسک جهت ارزیابی حوادث که به صورت آسیب به سرمایه، تجهیزات، اثر سوء بر سلامت انسان و محیط زیست می‌باشد، طبق یک الگوی استاندارد پیش می‌رود. در ابتدا بایستی با روش‌هایی مثل What-if, Check list و PHA^۱ به شناسایی مخاطرات محتمل پرداخت، سپس به ارزیابی کیفی این مخاطرات با تکنیک‌هایی همانند HAZOP پرداخته شود. در مرحله بعدی با تحلیل احتمالات و تکنیک‌هایی چون FTA به صورت کمی، مخاطرات، ارزیابی می‌شوند و موازی با آن، اثرات و عواقب این حوادث نامطلوب احتمالی با تحلیل پیامد بررسی می‌شود. در نهایت با داشتن شدت و اثرات این حوادث و همچنین احتمال وقوع آن‌ها، ریسک این خطرات ارزیابی و مدیریت گردد [۳ و ۴]. بنابراین مدیریت ریسک یک واحد شیمیایی بدون انجام مرحله تحلیل پیامد امکان‌پذیر نمی‌باشد.

در کشور ایران بیشتر به شناسایی و ارزیابی ریسک پرداخته شده است و تحلیل پیامد حوادث واحدهای صنعتی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در مقاله حاضر سعی شده است تحلیل پیامد مخزن آمونیاک مجتمع پتروشیمی کرمانشاه به عنوان یکی از پرمخاطره‌ترین قسمت‌های این مجتمع مورد بررسی قرار داده شود تا شدت مخاطرات محتمل و راهکارهای کاهش و یا رفع این خطرات مورد تحلیل قرار گیرد.

۲- مخاطرات آمونیاک

واحدهای تولید آمونیاک یکی از پرمخاطره‌ترین واحدهای صنعت پتروشیمی می‌باشند. مخاطرات این واحد به دلیل حضور مواد

2. Threshold Limit Value
3. Lower Explosion Limit
4. Upper Explosion Limit

1. Preliminary Hazard Analysis

مورد استفاده قرار می‌گیرد. در مرحله آخر با بررسی موج انفجار، میزان تابش حرارتی و یا پروفایل (نمودار) غلظت ماده سمی نسبت به زمان و فاصله از منبع به ارزیابی خسارات و تحلیل نتایج پرداخته می‌شود [۸]. با استفاده از ارزیابی پیامد و مدل‌سازی سناریوهای احتمالی و تعیین آثار ناشی از حوادث بر روی سایر تجهیزات و مقایسه نتایج با معیارهای موجود (حد آستانه تحمل برای انسان، تجهیزات و ساختمان‌ها) می‌توان به تعیین فواصل ایمن اقدام نمود [۱۰].

۵- تحلیل پیامد مخزن آمونیاک مجتمع پتروشیمی کرمانشاه

مجتمع پتروشیمی کرمانشاه در طول جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۴۷ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی با ارتفاع متوسط از سطح دریا، ۱۳۱۷ متر، واقع شده است. جهت غالب باد در این مجتمع از غرب به شرق بوده، حداکثر دما 44°C و حداقل دما 27°C با رطوبت نسبی ۴۹ درصد می‌باشد. این مخزن به ظرفیت ۱۰۰۰۰ تن، ارتفاع ۱۵/۴۶ متر و قطر ۳۸ متر، فشار عملیاتی ۵۰ mbarg و دمای 35°C و ارتفاع نرمال ۸۰ درصد آمونیاک طراحی شده است [۶].

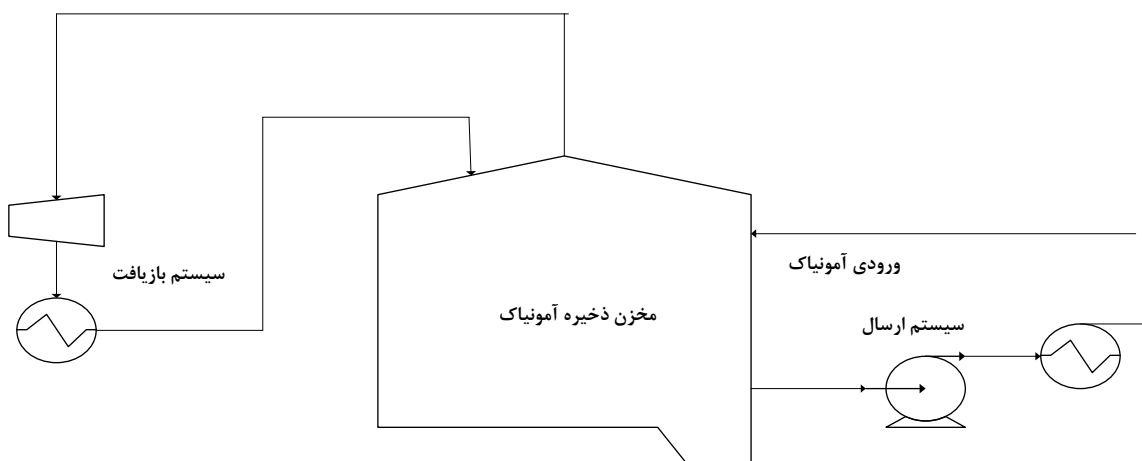
از جمله محتمل‌ترین سناریوهای به دست آمده در مخازن نگهداری آمونیاک توسط روش‌های ارزیابی و شناسایی مخاطرات می‌توان به سه سناریوی زیر اشاره کرد:

آمونیاک از مخزن گرفته شده در کمپرسورها فشرده و سپس مایع شده و به مخزن برگردانده شود. همچنین مخزن جهت ارسال آمونیاک گرم به بارگیری یا واحد اوره به پمپ و سیستم گرمایش آمونیاک مجهز است. شکل (۱) طرح اجمالی فرایند مخزن نگهداری آمونیاک را نشان می‌دهد [۶].

۴- تحلیل پیامد

همان‌طور که قبلاً اشاره شد یکی از مراحل ارزیابی ریسک، تحلیل پیامد است. پیش‌بینی اثرات و عواقب حوادث نامطلوب در یک واحد صنعتی به وسیله مدل‌های ریاضی، تحلیل پیامد نامیده می‌شود که در این مقاله طبق یک الگوی چهار مرحله‌ای انجام گرفته است [۷ و ۸].

در ابتدا بایستی سناریوهای محتمل که شامل حادثه یا ترکیبی از حوادث را که وقوع آن منجر به آتش گرفتن، انفجار و رهائش مواد سمی می‌شود تعیین کرد. این سناریوها باید محتمل بوده (نادر نباشد) و ثانیاً دارای شدت و تأثیر کافی باشند [۹]. در مرحله بعدی بایستی به تحلیل شرایط رهائش که شامل شرایط مخزن و منبع، حجم ماده رهائش یافته و همچنین شرایط جوی حاکم در زمان انتشار مثل سرعت و جهت غالب باد، پایداری جو، دمای هوا و رطوبت می‌باشد، پرداخت. در مرحله سوم به وسیله مدل‌های ریاضی توالی رخداد‌های پس از وقوع یک سناریو، پیش‌بینی و مدل‌سازی می‌گردد که مدل‌های رهائش و نشر مواد سمی، انفجار و اشتعال



شکل ۱- طرح اجمالی فرایند مخزن نگهداری آمونیاک

حالت برای سناریوی دوم و ۴۸ حالت برای سناریوی سوم با استفاده از نرم‌افزار ALOHA (ویرایش ۵,۴,۱ سال ۲۰۰۷ آن که توسط آژانس حفظ محیط‌زیست آمریکا و سازمان ملی اقیانوس و جو طراحی شده است) مدل شده است که فجیع‌ترین و حادثه‌ترین حالت هر سناریو مربوط به ساعت ۱۲ شب، دمای هوای ۳۰ و ۳۰°C در صد ابری، سرعت باد $2 \left(\frac{m}{s} \right)$ ، قطر نشستی ۱۲۵ میلی‌متر (مربوط به سناریوی اول و سوم) و کلاس پایداری F می‌باشد. در هر یک از این سناریوها می‌توان سرعت رهائش را با استفاده از فرمول (۱) جهت مقایسه با ALOHA به دست آورد [۱۵ و ۱۴ و ۱۲]:

$$Q_m = \rho_L \bar{U} A = \rho_L A C_d \sqrt{2 \left[\frac{(P_1 - P_2)}{\rho_L} + g_c h_L \right]} \quad (1)$$

در رابطه فوق Q_m شدت جریان جرمی، A (m²) سطح مقطع سوراخ، $\rho_L \left(\frac{kg}{m^3} \right)$ چگالی مایع، $P_{1,2} \left(\frac{N}{m^2} \right)$ فشار جریان بالادستی و پایین‌دستی، $C_d = 0.61$ ضریب تخلیه مایعات، h_L (m) ارتفاع مایع و $g_c \left(\frac{m}{s^2} \right)$ شتاب ثقل می‌باشد. همچنین با استفاده از معادله گوسی نمودار غلظت آمونیاک بر حسب فاصله را می‌توان به دست آورد و با نتایج ALOHA مقایسه کرد [۱۷ و ۱۶]:

$$C_{xyz} = Q \frac{1}{u} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp \left[-0.5 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \times \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \left[\exp \left[-0.5 \left(\frac{H-Z}{\sigma_z} \right)^2 \right] + \exp \left[-0.5 \left(\frac{H+Z}{\sigma_z} \right)^2 \right] \right] \quad (2)$$

که در این رابطه C_{xyz} غلظت ماده منتشر شده، Q میزان شدت جریان جریان، σ_y و σ_z ضرایب پراکندگی افقی و عمودی پاسکوییل می‌باشند که براساس نمودارهای پاسکوییل مبتنی بر کلاس پایداری و فاصله از منبع به دست می‌آید [۲۰ و ۱۹ و ۱۸]. در این مقاله به علت قرارگیری لوله‌ها در نزدیک زمین می‌توان Y و Z را معادل صفر در نظر گرفت.

با این اوصاف نتایج به دست آمده مدل‌سازی برای حادثه‌ترین حالات این سه سناریو در جدول (۳) و به عنوان نمونه نمودار حاصل از

۱- نشت آمونیاک از خطوط لوله، فلنج‌ها، اتصالات و واشرهای متصل به مخزن که یک رهائش پیوسته می‌باشد. این اتصالات با فشار ۰/۹۳bara و دمای ۳۵°C- در شرایط عملیاتی قرار دارند.

۲- ترکیبگی و گسستگی کامل مخزن که یک رهائش آبی می‌باشد. شرایط عملیاتی این مخزن فشار ۵۰mbarg و دمای ۳۵°C- است.

۳- نشستی پیوسته آمونیاک از خروجی پمپ آمونیاک که به طول ۳۰ متر و قطر ۸ اینچ می‌باشد. فشار و دمای این لوله، به ترتیب، ۲۷/۵bara و ۳۵°C- است.

در تمامی این سناریوها شاخص فصل گرم ۳۰ و ۳۰°C و درصد ابری و شاخص فصل سرد ۵°C- و ۷۰ درصد ابری، شاخص روز ساعت ۱۲ ظهر و شاخص شب ساعت ۲۴، طبق جدول (۱) سرعت‌های باد ۲ و ۴ و ۶ و ۱۰ متر بر ثانیه و بر اساس جدول (۲) قطر سوراخ‌ها به اندازه ۶ و ۳۰ و ۱۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده است.

جدول ۱- کلاس پایداری و سرعت باد [۱۲ و ۱۱]

سرعت باد (m/s)	روز: تابش خورشید			شب: پوشش ابر در آسمان	
	شدید	متوسط	ملاهم	>۵۰%	<۵۰%
<۲	A	A-B	B	E	F
۲-۳	A-B	B	C	E	F
۳-۵	B	B-C	C	D	E
۵-۶	C	C-D	D	D	D
>۶	C	D	D	D	D

جدول ۲- ابعاد متفاوت نشستی برای تعریف

سناریوهای احتمالی [۱۳]

ابعاد کیفی نشستی	کوچک	متوسط	بزرگ	گسستگی کامل
قطر (mm)	۳-۱۰	۵۰-۱۰	۱۵۰-۵۰	-----

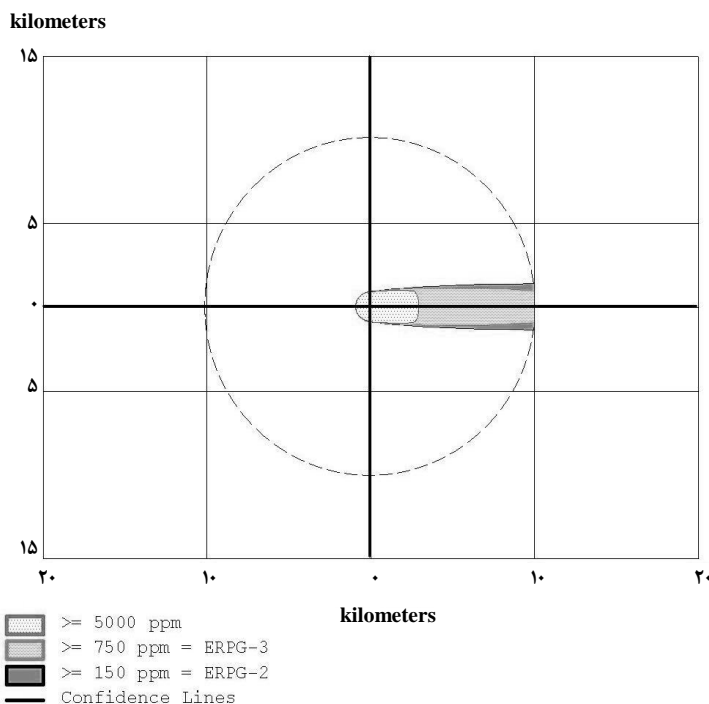
حال با بیان این سناریوها و شرایط حاکم بر آن‌ها به مدل‌سازی و نتیجه‌گیری از آن‌ها پرداخته می‌شود. با توجه به شرایط و حالات بیان شده در قبل در مجموع ۴۸ حالت برای سناریوی اول، ۱۶

سناریوها مدت زمان انتشار در یک ساعت ارزیابی شده است به همین دلیل از ERPG-3 یعنی غلظت آمونیاک که مشکل حادی ایجاد نمی‌کند و ERPG-2 یعنی غلظتی از آمونیاک که آسیب جدی و غیرقابل جبران نمی‌زند که همگی در یک ساعت انتشار می‌باشند، استفاده شده است [۲۱].

نرم‌افزار ALOHA را در شکل (۲) می‌توان مشاهده کرد. نکته‌ای که باید در مورد سناریوی سوم متذکر شد این است که برطبق استانداردهای موجود، اپراتور باید ظرف ۱۰ دقیقه متوجه نشستی شده و با اطلاع دادن به اتاق کنترل مرکزی XV ورودی پمپ آمونیاک را قطع کند [۹]. به همین دلیل کلیه مدل‌سازی‌های رهائش این سناریو در زمان ۱۰ دقیقه انجام شده است. در کلیه

جدول ۳- نتایج حادثه‌ترین حالت حاصل از مدل‌سازی هر سناریو

منطقه اشتعال‌پذیری توده ابر		منطقه خطر نشر مواد سمی			داده‌های رهائش			سناریو
۱۰%/LEL	۶۰%/LEL	ERPG-2 (۱۵۰ppm)	ERPG-3 (۷۵۰ppm)	آناً کشنده (۵۰۰۰ppm)	قطر حوضچه	سرعت رهائش (kg/min)	قطر سوراخ	
۲۷۶m	۱۴۴m	۵/۸Km	۱/۶Km	۳۶۰m	۳۰۲m	۹۶۹	۱۲۵mm	۱
۲/۱Km	۸۹۲m	>۱۰ Km	<۱۰ Km	۲/۹Km	۱/۸Km	۳۱۲۰۰	---	۲
۳/۴Km	۱/۵Km	>۱۰ Km	۹/۶Km	۴/۲Km	---	۲۷۲۰۰	۱۲۵mm	۳



شکل ۲- نمودار نشر آمونیاک در حادثه‌ترین حالت سناریوی دوم (به دست آمده از ALOHA)

۶- بحث و نتیجه گیری

در همه این سناریوها سرعت‌های باد ۲ و ۴ و ۶ و ۱۰ متر بر ثانیه، شب و روز بودن، فصل گرم و سرد، قطر نشستی ۶ و ۳۰ و ۱۲۵ میلی‌متر در نظر گرفته شده و بر این اساس مدل‌سازی‌هایی برای حالت‌های مختلف هر سناریو انجام داده شده است. در سوراخ‌های نشستی مشابه، هر چه کلاس جو پایدارتر و تابش رسیده از خورشید بیشتر باشد میزان نشر آمونیاک بیشتر و شرایط، حادثه و آسیب‌رسان‌تر می‌گردد. همان‌طور که مطالعه کردید ساعت ۱۲ شب فصل گرم با سرعت باد ۲ متر بر ثانیه پایدارترین کلاس جو برای همه حالات سناریوها داده است. در کلیه شرایط مشابه، هر چه قطر نشستی بزرگ‌تر باشد نتایج آسیب‌رسان‌تری به دست می‌آید. محدوده مرگ‌آور سناریوی اول ۱۰ تا ۳۶۰ متر، سناریوی دوم ۸۳۵ متر تا ۲/۹ کیلومتر و در سناریوی سوم از ۳۶ متر تا ۴/۲ کیلومتر برآورد شده است که هر چه قطر نشستی بزرگ‌تر و سرعت باد کمتر باشد کلاس جو پایدارتر و شرایط حادثه می‌گردد. سناریوی سوم به خاطر فشار زیاد یک رهایش پیوسته خطرناک، سناریوی دوم به علت حجم بالای آمونیاک یک رهایش آبی پرخطر می‌باشد اما سناریوی اول به علت حجم و فشار کم یک انتشار پیوسته با خطر کمتر و احتمال رخداد بیشتر می‌باشد.

حوضچه مایع آمونیاک تشکیل شده در اثر رهایش آمونیاک در سناریوی اول ۱۳ تا ۳۰۲ متر و در سناریوی دوم ۱/۸ کیلومتر تعیین شده است. شهر بیستون در ۶ کیلومتری، هرسین در ۱۰ کیلومتری مجتمع و روستاهای نزدیک به آن از مناطق خطر می‌باشند و احتمال مرگ و میر و آسیب رسیدن به آن‌ها توسط انتشار آمونیاک وجود دارد. اتاق کنترل مرکزی، آزمایشگاه و ساختمان مهندسی مجتمع در ۲۰۰ متری مخزن واقع شده‌اند که دقیقاً در بطن حادثه بوده و آسیب و مرگ و میر افراد حاضر در آن در اکثر مواقع بسیار محتمل می‌باشد. درب خروجی مجتمع دقیقاً در مسیر مخزن واقع شده و همچنین درب اضطراری در جهت غالب باد می‌باشد که فرار را در زمان بروز حادثه برای پرسنل بهره‌برداری و فنی مهندسی دچار مشکل می‌نماید.

در اصل پیشنهادات و ارزیابی ریسک باید در ابتدای طراحی لحاظ گردد چون تغییر محل و احداث ساختمان یا نصب مخزن، تغییر اندازه و ابعاد مخزن، تعیین قطر لوله و دیگر تغییرات امکان‌پذیر

است اما در حال حاضر دامنه پیشنهادات کم می‌باشد. از جمله پیشنهادات قابل ارائه به شرح ذیل می‌باشد:

پرسنل باید کاملاً مجهز به وسایل حفاظت فردی، ماسک آمونیاک جهت فرار از محل یا در صورت امکان، وسایل قطع و ایزوله نمودن منبع باشند. به علت این که ابتدا شهرها و روستاهای اطراف بنا شده و سپس مجتمع تأسیس گردیده است باید وسایط نقلیه کافی و مناسب جهت انتقال افراد و ساکنین به محل امن در زمان بروز حادثه فراهم باشد. بایستی تمهیداتی جهت ایمن‌تر نمودن مخزن، پرسنل و افراد و ساختمان‌ها در نظر گرفته شود مانند نصب دتکتورها، اعلان خطرهایی جهت هشدار نشر آمونیاک و عمل نمودن ESD^۱ها جهت بستن XV ورودی پمپ یا فعال نمودن دوش‌های آب جهت تقلیل انتشار آمونیاک. پرسنل بازرسی فنی، تعمیرنگهداری، بهره‌برداری و ابزار دقیق بایستی بازدیدهای دوره‌ای را جهت آزمون ضخامت‌سنجی خوردگی بدنه مخزن، درست عمل کردن شیرهای کنترل، شیرهای اطمینان فشار مثبت و منفی و دیگر قسمت‌های متصل به مخزن انجام داده و گزارش نقص و خرابی آن‌ها و برطرف نمودن سریع آن‌ها را به انجام برسانند. به علت نزدیکی مجتمع به مرز غربی کشور ایران (مثل عراق) و احتمال پرتاب موشک یا هر پرتابه خطرناکی بایستی مخزن مجهز به یک دیواره بتنی ضد انفجار گردد. طبق نتایج حاصله حداقل تا شعاع بین ۵ تا ۱۰ کیلومتری ساخت و ساز و زندگی در نزدیک مجتمع بسیار خطرناک است که در صورت امکان باید فضای مناسبی جهت انتقال روستاهای نزدیک فراهم گردد.

از جمله کارهایی که می‌توان در ادامه این پروژه پیشنهاد کرد شامل بررسی وقوع سناریوها به طور همزمان، تأثیر حوادث مخزن آمونیاک بر وقوع حوادث دیگر در این مجتمع یا مجتمع‌های اطراف، بررسی محتمل‌ترین حوادث در مقایسه با حادثه‌ترین سناریوها و سناریوهایی مشابه این موارد می‌باشد.

1. Emergency Shut Down

- [۱] رشتچیان، داود و لک، احمد؛ «تحلیل ریسک‌پذیری مخازن آمونیاک»؛ نشریه شیمی و مهندسی شیمی ایران؛ دوره ۲۶؛ شماره ۴؛ صفحات ۱۹ الی ۲۸؛ (۱۳۸۶).
- [2] Mingguang, Z., Juncheng, J.; "An improved probit method for assessment of domino effect to chemical process equipment caused by overpressure"; Journal of hazardous materials; pp.280-286; (2008).
- [3] Lees, F.P.; "Loss prevention in the process industries"; Butterworth-heinemann Wobourn; Vol.2; 3rd edition; (2005).
- [4] Det Norske Vritas Inc.; "frequency analysis of accidental oil release from FPSO operations in the gulf of mexico"; jan, (2001).
- [5] Canadian Center for Occupational Health and Safety; (1999).
- [6] Kellogg; "detailed process description of Ammonia plant"; Kermanshah petrochemical complex document department; (2004).
- [7] Casal, Jaaquim; "Evaluation of the effects and consequences of major accident in industrial plants"; Journal of Loss Prevention in the Process Industries; Volume 21; Issue 4; pp. 490-491; (2008).
- [8] Arunraj, N.S., Maiti, J.; "A methodology for overall consequence modeling in chemical industry"; Journal of hazardous materials; vol.169; Issues 1-3; pp.556-574; 30 sep (2009).
- [9] Khan, F.I. & Abbasi, S.A.; "A criterion for developing credible accident scenarios for risk assessment"; Loss prevention in process Industries journal; 15, pp.467-475; (2002).
- [10] Margon, A., Carcassi, M., Engebo, A., Nilsen, S.; "Safety distances: Definition and values"; International Journal of Hydrogen Energy; vol.32,pp.2192-2197; (2007).
- [11] Turner, D. Bruce; "Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling"; 2nd edition; Boca Raton, Florida; Lewis publisher; (1994).
- [12] Det Norske Veritas; "QRA training course, module 10: consequences modeling"; (2004).
- [13] Det Norske Veritas; "CO₂ sequestration risk assessment"; April, (2003).
- [14] Streeter, L. and Wylie, E. Benjamin; "Fluid mechanics victor"; 5th edition; (1997).
- [15] Hort, M.C., Robbins, A.G.; "The dispersion of fugitive emissions from storage tank"; Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 90, Issue 11, pp. 1321-1348; (2002).
- [16] Nole De Nevers; "Air pollution control engineering"; Mc graw Hill; (2000).
- [17] Steven, R., Britter Hanna, Rex E.; "Wind flow and vapor cloud dispersion at industrial and urbun sites"; (2002).
- [18] Pasquill, F.; "The estimation of the dispersion of windborne material"; Meteorol. Mag.; p.90; (1961).
- [۱۹] امینی، علی‌رضا؛ «آنالیز ریسک‌پذیری مخازن نگهداری آمونیاک و محاسبه ریسک مناطق مسکونی»؛ اولین کنفرانس پتروشیمی ایران؛ (۱۳۸۷).
- [20] Mazzoldi, Albero, Hill, Tim, Colls, Jeremi J.; "CFD and Gussian atmospheric dispersion models: A comparision for leak from CO₂ transportation and storage facilities"; Atmospheric Environment, vol.42, Issue 34; (2008).
- [21] Grossel, Stanley S.; "guidelines for chemical process quantitative risk analysis"; 2nd edition; NewYork; center of chemical process safety; Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 14, Issue 5, pp. 438-439; (2001).