INSO
23273
1st Edition
2023

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iran National Standards Organization

استاندارد ملی ایران
۲۳۲۷۳
چاپ اول
۱۴۰۲

دارای محتوای رنگی

صنعت نفت- مدیریت ریسک در چرخه عمر تأسیسات

Petroleum industry -Installation life cycle risk management

ICS: 03.100.01;75.080

استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۲۳۲۷۳ (چاپ اول): سال ۱۴۰۲

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: http://www. inso.gov.ir

Iran National Standards Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: http://www.inso.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد ، ابلاغ¬شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفهٔ تعیین، تدوین، به¬روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را بر عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

« صنعت نفت- مدیریت ریسک در چرخه عمر تأسیسات»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
احمدی، شهرام (کارشناسی ارشد MBA)	اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست وزارت نفت
دبیر:	
دوازده امامی، سینا (دکتری ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست)	شرکت طراحی و مهندسی صنایع انرژی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
احسنی، مریم (کارشناسی ارشد مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست)	اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست وزارت نفت
احمدی، عمران (دکتری مهندسی بهداشت حرفه‌ای و ایمنی)	دانشگاه تربیت مدرس- عضو هیئت علمی
اصغرپور، محمد (کارشناسی ارشد ایمنی و آتش‌نشانی)	اداره کل بهداشت، ایمنی، محیط زیست وزارت نفت
امرائی، حامد (کارشناسی ارشد ایمنی)	شرکت ملی پخش فراورده‌های نفتی ایران
تکیه، امیرحسین (کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای)	شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران
خرمی مقدم، یحیی (کارشناسی ارشد ایمنی صنعتی)	شرکت نفت مناطق مرکزی ایران
کسائی، احمد (کارشناسی ارشد مدیریت بیمه)	بیمه مرکزی جمهوری اسلامی ایران
کیانی نژاد، علی (کارشناسی ارشد مدیریت ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست)	شرکت گلوبال پتروتک کیش

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
رائی حق، حمیدرضا (دکتری مدیریت محیط‌زیست)	شرکت ملی نفت ایران
عسگریان مقدم، روح الله (کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت حرفه ای)	شرکت نفت و گاز پارس
قدیمی، مریم (کارشناسی ارشد ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست)	شرکت ناموران پژوهش
موسویون، سید علی (کارشناسی ارشد ایمنی)	پتروشیمی بندر امام خمینی
مولایی قرا، فرشته (کارشناسی ارشد شیمی-فیزیک)	توسعه پالایشی پیشگامان سیراف
میراج، فرشته (کارشناسی ارشد مهندسی شیمی- فرایند)	شرکت ملی نفت ایران

ویراستار:

فرجی، رحیم (کارشناسی ارشد شیمی)	پژوهشگاه استاندارد

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
پیش گفتار	ز
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۲
۴ کوته نوشته ها	۱۱
۵ الزامات مدیریت ریسک	۱۲
۵-۱ الزامات عمومی	۱۲
۵-۲ ارزیابی ریسک فن آورانه در مرحله طراحی	۱۷
۵-۳ ارزیابی ریسک در مرحله ساخت و نصب	۸۵
۵-۴ ارزیابی ریسک در مرحله پیش راه‌اندازی	۸۵
۵-۵ ارزیابی ریسک در مرحله راه‌اندازی و بهره‌برداری	۸۵
۵-۶ ارزیابی ریسک در مرحله برچیدن سایت	۸۷
۵-۷ خلاصه‌نگاری روش‌های مورد استفاده شناسایی خطرات و تحلیل ریسک در چرخه عمر تاسیسات	۸۷
پیوست الف (آگاهی دهنده) دامنه کلی کار TRA	۸۸
پیوست ب (آگاهی دهنده) ثبت فرضیات	۹۳
پیوست پ (الزامی) آستانه شدت خطر	۹۶
پیوست ت (آگاهی دهنده) کاربرگ‌ها	۱۰۰
پیوست ث (الزامی) تعاریف شدت (نیروی انسانی، تجهیزات و دارایی‌ها، محیط‌زیست و اعتبار شرکت) در ماتریس ارزیابی ریسک	۱۰۴

پیش‌گفتار

استاندارد « صنعت نفت- مدیریت ریسک در چرخه عمر تأسیسات » که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط تهیه و تدوین شده است، در دویست و نود و نهمین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد سیستم مدیریت مورخ ۱۴۰۱/۰۲/۱۲تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی‌ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون‌های مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

منابع و مآخذی که برای تهیه و تدوین این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

1- TOTAL GS-EP-SAF-041:2015, Technological risk assessment methodology

2- PDO SP-2062:2011, Specification for HSE Cases

صنعت نفت- مدیریت ریسک در چرخه عمر تأسیسات

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین الزامات پایه‌ای مدیریت ریسک در چرخه عمر تأسیسات است. این استاندارد برای مدیریت ریسک در چرخه عمر تاسیسات صنعت نفت کاربرد دارد.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده‌شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده‌شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده‌شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مرجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO GUIDE 73, Risk management — Vocabulary

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۶: سال ۱۳۹۸، مدیریت ریسک- واژه نامه با استفاده از استاندارد ISO GUIDE 73: 1987 ، تدوین‌شده است.

2-2 ISO 16530 series, Petroleum and natural gas industries — Well integrity

2-3 ISO 17776, Petroleum and natural gas industries - Offshore production installations – Major accident hazard management during the design of new installations

2-4 ISO 31000, Risk management

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۳۲۴۵: سال ۱۳۹۸، مدیریت ریسک – رهنمودها با استفاده از استاندارد ISO/IEC 31000 ، تدوین‌شده است.

2-5 ISO 31010, Risk management — Risk assessment techniques

2-6 IEC 60300-3-11, Dependability management-Part 3-11:Application guide-Reliability centred maintenance

یادآوری- استاندارد ملی ایران آی ای سی شماره ۱۱-۳-۶۰۳۰۰ : سال ۱۳۸۸، مدیریت قابلیت اعتماد - قسمت ۳-۱۱: راهنمای کاربرد -نگهداری متمرکز بر قابلیت اطمینان با استفاده از استاندارد IEC 60300-3-11:2009، تدوین‌شده است.

2-7 IEC 61025, Fault tree analysis (FTA)

2-8 IEC 61882, Hazard and operability studies (HAZOP studies) - Application guide

2-9 IEC 62502, Analysis techniques for dependability - Event tree analysis (ETA)

۲-۱۰ HSE-01، صنعت نفت- الزامات مرزبندی ایمن تأسیسات

۲-۱۱ HSE-02، صنعت نفت- الزامات جانمایی و فواصل ایمن تأسیسات و تجهیزات

۲-۱۲ HSE-11، صنعت نفت-الزامات انتخاب سامانه‌های فعال اطفاء حریق

۲-۱۳ HSE-12، صنعت نفت-الزامات حفاظت غیرفعال در برابر حریق

۲-۱۴ HSE-16، صنعت نفت- الزامات حفاظت در برابر حریق تأسیسات فراساحل

۲-۱۵ HSE-18، صنعت نفت- الزامات تخلیه، فرار و نجات در تأسیسات خشکی و فراساحل

2-16 Reducing Risks, Protecting People: Health And Safety Executive (HSE), ISBN: 0717621510

2-17 Farha, R., Sekeris, E., & Hermansson, D. (2017). The hidden cost of reputation risk: An approach to quantifying reputation risk losses. Oliver Wyman.

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه بر اصطلاحات و تعاریف ذکرشده در استاندارد ISO Guide 73 ، اصطلاحات و تعاریف زیر نیز به کار می‌رود:

۳-۱

رخداد تصادفی

accident- event

رویداد یا زنجیره‌ای از رویدادها که ممکن است باعث صدمه به سلامتی و زندگی انسان یا آسیب به محیط یا دارایی‌ها شوند.

۳-۲

کمترین حد قابل اجرا به طور منطقی

ALARP

as low as reasonably practicable

ریسک با اجرای اقدامات کاهنده، به سطح مناسب و منطقی کاهش یابد.

۳-۳

موانع

barriers

تجهیزات، سیستم یا مجموعه‌ای از روش‌های اجرایی (سخت افزاری، نرم افزاری یا سازمانی) که سبب کاهش احتمال وقوع خطر (پیشگیری) یا سطح شدت پیامد (کاهش آسیب‌پذیری) شود.

۴-۳

مدل پاپیونی

bow-tie

مدل پاپیونی نمایانگر کلیه رخدادهای آغازگر و پیامدها یا رویدادهای مختلف خروجی می‌باشد. در مدل پاپیونی، رویداد اصلی مرکزی در مرکز نمودار نشان داده می‌شود و در سمت چپ نمودار، عللی که می‌تواند باعث وقوع رویداد اصلی مرکزی از رویدادهای آغازگر شود (از جمله تهدیدها و موانع پیشگیری کننده) و در سمت راست نمودار پیامدهای بالقوه و موانع کاهش‌دهنده قرار می‌گیرند.

۵-۳

رویداد بحرانی مرکزی

central critical event

رویداد بحرانی مرکزی به مفهوم رویداد عمومی است که به طور مرسوم در چارچوب تجزیه و تحلیل ریسک، به عنوان رویداد مرکزی در دنباله تصادفی تعریف می‌شود. این مفهوم به طور کلی در مورد «رهایش برنامه‌ریزی نشده ماده»[1] می‌باشد. رویدادهای واقع در بالادست، رخدادهای آغازگر نامیده می‌شود که بخشی از درخت خطا را تشکیل می‌دهند و رویدادهای واقع در پایین دست، رویداد بحرانی مرکزی بخشی از درخت رویداد را تشکیل می‌دهند.

۶-۳

تجزیه و تحلیل درخت رویداد

event tree analysis

ساختار گرافیکی درختواره‌ای که توالی منطقی وقایع در یک سیستم یا حالت‌های یک سیستم را در دنباله یک رویداد بحرانی مرکزی، نشان می‌دهد. درخت رویداد به کمی‌سازی فراوانی نتایج مختلف ناشی از خطرات (مانند حرارت، موج فشار ناشی از انفجار، سمیت، پرتاب قطعات، پایداری ساختاری) ناشی از فراوانی رویداد بحرانی مرکزی، کمک می‌کند.

۷-۳

FN (منحنی)

FN (Curve)

1- Loss of containment

به منحنی "تناوب[1] تجمعی در سال برای تلفات بیش از N نفر" اطلاق می شود. مفاهیم مشابه برای منحنی‌های هزینه (F-C)، سرریز (F-S) و خسارت دارایی (F-D) نیز استفاده می‌شود.

۸-۳

فاکتور عدم تناسب ناخالص

GDF

gross disproportion factor

نامتناسب بودن بین هزینه‌های لازم برای اقدامات کاهش ریسک در مقایسه با مزایای منتج از آن اقدام. به عبارتی اگر هزینه‌های لازم برای اجرای کنترل ریسک به شکل چشمگیری نامتناسب با مزایای منتج از اجرای آن اقدام از جنبه کنترل خطرات باشد، GDF وجود دارد و در نتیجه اجرای آن به طور منطقی عملی نباشد. به عنوان مثال صرف یک میلیون پوند برای کاهش ریسک منجر به آسیب به زانوهای چند فرد به شدت نامتناسب است وGDF وجود دارد، در حالی که صرف همین هزینه برای کنترل ریسک یک انفجار بزرگ با پیامد انسانی فاجعه بار، متناسب است.

۹-۳

هزینه ضمنی برای جلوگیری از یک فوت

ICAF

implied cost to avert a fatality

مفهوم هزینه ضمنی برای جلوگیری از یک فوت به معنای هزینه‌هایی است که برای جلوگیری از وقوع یک مورد مرگ و میر، باید انجام شود. این هزینه‌ها شامل هزینه‌های نگهداری و تعمیرات، آموزش کارکنان، خرید تجهیزات اضافی و سایر هزینه‌های مربوط به حفظ ایمنی در محل کار نیز می‌شود.

۱۰-۳

نتیجه خطر

hazard outcome

مشخصه‌های اثرات فیزیکی، شیمیایی و سایر موارد مرتبط با یک خطر را توصیف می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به تشعشعات حرارتی، غلظت سمی، موج فشار ناشی از انفجار، پرتابه، آلودگی، اختلالات ساختاری اشاره کرد.

۱۱-۳

شناسایی خطر

---

1 -Frequency

hazid

مطالعات شناسایی خطرات با به‌کارگیری مجموعه‌ای از روش‌ها برای شناسایی خطرات احتمالی و اقدامات کاهش‌دهنده ریسک در تأسیسات است.

۱۲-۳

خطر آنی برای حیات و سلامت

IDLH

immediately dangerous to life and health

حداکثر غلظت ماده شیمیایی که فرد می‌تواند در مدت زمان حداقل ۳۰min در معرض آن قرار گیرد، بدون آن‌که اثرات بازگشت ناپذیر برای سلامتی وی داشته باشد.

۱۳-۳

ریسک فردی در سال

IRPA

individual risk per annum

به عنوان فرکانسی تعریف می‌شود که می‌توان انتظار داشت یک فرد، سطح کشنده آسیب ناشی از مخاطرات معین (خاص) را متحمل شود. ریسک فردی معمولاً به عنوان ریسک فوت در سال بیان می‌شود.

۱۴-۳

بخش قابل جداسازی (ایزوله شدن) از فرایند

isolatable section

بخشی از تاسیسات فرایندی که می‌تواند توسط سیستم ESD از فرایند، جدا شود. یک سناریو، به یک بخش قابل جداسازی معین با موجودی هیدروکربن معین و یک فرکانس نشت معین متناسب با تعداد و نوع تجهیزات به کارگرفته شده در بخش قابل جداسازی، ارتباط دارد.

۱۵-۳

آتش فورانی

jet fire

سوختن مواد در حال خروج از یک روزنه با تکانه جنبشی قابل توجه است.

۳-۱۶

نشت (رهایش)

leak (release)

خارج شدن تصادفی محتویات مایع و / یا ترکیبات گازی موجود (یا استفاده شده) در فرایند به محیط زیست است.

۳-۱۷

غلظت کشنده

LCx (y)

letal concentration

غلظت محیطی از ماده شیمیایی که باعث از بین رفتن x درصد از جمعیت در معرض بعد از Y دقیقه مواجهه می‌شود. به عنوان مثال LC1%(30) به معنی مرگ و میر ۱٪ جمعیت پس از ۳۰ دقیقه مواجهه است.

۳-۱۸

غلظت کشنده یک درصد

LC1%

آستانه اثر کشنده یک ماده شیمیایی که در مقادیر کمتر از آن مرگ و میر بیش از ٪۱ جمعیت در معرض، مشاهده نمی‌شود.

۳-۱۹

چرخه عمر

life cycle

کلیه مراحل پدیدآوری تاسیسات فرایندی شامل اکتشاف، حفاری، طراحی، ساخت و نصب، بهره‌برداری و از رده خارج کردن (برچیدن) تاسیسات صنعت نفت، چرخه عمر نامیده می‌شود.

۳-۲۰

ریسک عمده

major risk

ریسک مرتبط با سناریوهایی که در بردارنده شدت آسیب بالقوه «فاجعه‌بار» یا بالاتر برای مردم، محیط زیست، دارایی‌ها یا اعتبار شرکت باشند.

۲۱-۳

سناریوهای عمده

major scenarios

سناریوهایی که در بردارنده شدت آسیب بالقوه «فاجعه‌بار» یا بالاتر برای مردم، محیط زیست، دارایی‌ها یا اعتبار شرکت باشند.

۲۲-۳

کاهش

mitigation

به مفهوم کاهش اثرات یک رویداد خطرناک و به‌کارگیری ابزار، وسایل و شیوه‌هایی است که برای به حداقل رساندن پیامدهای ناشی از یک حادثه عمده برای پرسنل و تاسیسات، بعد از وقوع حادثه به‌کار می‌رود.

۲۳-۳

فراساحل

offshore

فاصله بعد از ۲۲ کیلومتر (۱۲ مایل دریایی) از ساحل خشکی، به عنوان فراساحل نامیده می‌شود.

۲۴-۳

قطعه شماری

parts Count

شمارش قطعات یک تجهیز مربوط به یک بخش قابل جداسازی معین. این کار به‌منظور محاسبه میزان تناوب رهایش ناشی از انواع علل معمول (خوردگی، سایش) انجام می‌شود.

۲۵-۳

آتش استخری

pool fire

احتراق مایع قابل اشتعال ریخته و تجمع یافته بر روی سطح است.

۲۶-۳

احتمال از دست دادن حیات

PLL

potential loss of life

به مفهوم تخمین تلفات احتمالی در صورت تحقق خطرات برای یک دوره محدود است. PLL شاخصی است که به عنوان ابزاری نظری برای مقایسه ریسک و فقط با هدف کاهش خطر به سطح ALARP استفاده می‌شود. PLL به خودی خود شاخصی مطلق از میزان ریسک بر مردم نیست. در تجزیه و تحلیل کمی ریسک، PLL تلفات احتمالی متراکم ناشی از همه سناریوها را نشان می‌دهد. PLL نسبی را می‌توان برای یک سناریو معین یا مجموعه ای از سناریوهای متعلق به یک سناریو مبتنی بر تجزیه و تحلیل ریسک محاسبه کرد.

۲۷-۳

پروبیت

probit

تابع پروبیت نام دیگری برای توزیع تجمعی معکوس گاوسی است که در ارزیابی ریسک از آن برای محاسبه احتمال مرگ یک فرد در مواجهه معین استفاده می‌شود.

۲۸-۳

عمومی

public

هر گونه امکان در دسترس عموم، تأسیسات یا سازمان‌هایی که در خارج از محدوده (فنس) تاسیسات قرار دارند و در حیطه ماموریت کاری تاسیسات قرار ندارند.

۲۹-۳

تجزیه و تحلیل کمی ریسک

QRA

quantitative risk analysis

یک روش محاسباتی برای تخمین ریسک عددی ناشی از یک فعالیت خطرناک خاص است. این روش شامل تخمین عددی نتیجه خطر از منظر تناوب (فرکانس) و پیامد و تجمیع آن‌ها برای محاسبه کلی ریسک فردی یا گروهی می‌باشد.

۳۰-۳

ثبت فرضیات

register of assumptions

خروجی‌های الزامی قابل تحویل در هر مطالعه ارزیابی ریسک که قابل ردیابی بوده و کلیه مفروضات به کار رفته در مطالعه، روش مطالعه، داده‌های به کارگرفته شده و اصالت داده‌ها که می‌تواند برنتیجه مطالعه تاثیرگذار باشد، را مستند نماید.

۳-۳۱

قابلیت اطمینان

reliability

احتمال این‌که سیستم / تجهیز هدف بتواند در شرایط تعیین شده برای مدت زمان مشخص یا تقاضای اعلام شده، عملکرد لازم را انجام دهد.

۳-۳۲

اقدام کاهنده ریسک

risk reduction measure

اقدام یا تدابیری که به عنوان مانع جدید در نظر گرفته شود و به واسطه آن مولفه‌های تناوب (احتمال)، پیامد منفی یا هر دو مولفه ریسک را کاهش دهد.

۳-۳۳

اقدامات / تجهیزات حیاتی ایمنی

safety Critical Measure

هر نوع تجهیزات، اقدام یا روشی است که عدم موفقیت عملکرد مطلوب آن بلافاصله منجر به یک رویداد عمده با پیامد فاجعه بار یا بالاتر می‌شود و به تناوب آن، ریسک آسیب جدی، مرگ یا آلودگی غیرقابل قبول محیط یا آسیب به دارایی را در پی دارد.

۳-۳۴

سناریو

scenario

دنباله‌ای از رویدادها که منجر به رخ دادن حادثه می‌شود. یک سناریو بر اساس مجموعه‌ای از داده‌ها و فرضیات مربوط به رویداد آغازگر، رویداد میانی، موانع پیشگیرانه، رویداد بحرانی مرکزی، موانع کاهنده، نتیجه خطر، موانع محافظتی و توالی آسیب‌پذیری تعریف می‌شود.

۳-۳۵

ریسک فن آورانه

technological risk

ریسک‌های مرتبط با فرایند از جمله به‌کارگیری یا فرآورش مواد سمی، قابل اشتعال و / یا مواد قابل انفجار در تاسیسات فرایندی و موارد غیر فرایندی می‌باشد.

۳۶-۳

ریسک قابل تحمل

tolerable risk

ریسکی که بر اساس چارچوب معیارهای پذیرش روش ارزیابی ریسک به کارگرفته شده، مورد قبول است.

۳۷-۳

صحه گذاری

validation

مقایسه نتایج تحلیلی محاسبات با تجربه حاصل از بازبینی نتایج تعداد زیادی از موارد، برای کسب اطمینان از مناسب بودن اصول و فرضیات فیزیکی مدل و به‌دست آوردن نتایج دقیق می‌باشد.

۳۸-۳

کارگاه کاهش ریسک

risk reduction workshop

این کارگاه از تیمی متشکل از متخصصان طراحی، عملیات، تعمیر و نگهداری و ایمنی با تجربه کافی در خصوص شناسایی اقدامات احتمالی کاهش ریسک و فرایند اثبات ALARP است. تیمی که در کارگاه شناسایی مقدماتی خطرات و صحه گذاری PRA شرکت کرده اند نیز می‌توانند در کارگاه‌های کاهش ریسک مشارکت داشته باشند. یک متخصص ارزیابی ریسک با تجربه و با دانش عملیاتی، به عنوان تسهیل کننده کارگاه کاهش ریسک در این کارگروه وجود دارد. از جمله مسئولیت‌های تسهیل کننده عبارت است از:

- ارائه نتایج تجزیه و تحلیل ریسک و برجسته سازی عدم قطعیت در نتایج در موارد حساس، جهت تجزیه و تحلیل های موارد زیر:
  - QRA (در صورت لزوم)
  - تجزیه و تحلیل دقیق ریسک سناریوها
- بازبینی سناریوهای عمده با کمک نمودارهای پاپیونی و برجسته‌سازی موانع موجود در تجزیه و تحلیل ریسک
- بازبینی عوامل اصلی ریسک در سناریوهایی با پیامدهای فاجعه بار[1] یا مصیبت‌بار[2] برای مردم و محیط زیست و تمرکز بر مواردی که کاهش ریسک در آن‌ها موثرتر است.
- بازبینی اقدامات بالقوه کاهش ریسک تا تصمیم گرفته شود که آیا این اقدامات عملی است یا خیر یا آیا تجزیه و تحلیل بیشتر ریسک مورد نیاز است.

1- Catastrophic
2- Disastrous

- تهیه فهرستی از سناریوهای عمده و اقدامات مربوط به کاهش بالقوه ریسک از طریق برگزاری جلسه "طوفان فکری/ذهنی[1]"
- بازبینی عوامل کلیدی نتایج QRA و کمک به شناسایی اقدامات کاهش ریسک در سطوح پایین تر IRPA
- اقدام به برنامه زمان بندی کارگاه و تهیه گزارش RRW .

۴ کوته نوشته ها

کوته نوشت	عنوان فارسی	عنوان انگلیسی
ALARP	کمترین حد قابل اجرا به طور منطقی	As low as reasonably practicable
BLEVE	انفجار بخارات منبسط شده مایعات در حال جوش	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
CFD	دینامیک سیالات محاسباتی	Computational Fluids Dynamics
CHARAD	جمع آوری داده های خطر و قابلیت اطمینان (پایگاه داده داخلی شرکت)	Collection of Hazard and Reliability Data (Company's internal database)
EERA	ارزیابی فرار، تخلیه و نجات	Escape, Evacuation and Rescue Assessment
EFFECTS®	نرم افزار مدل‌سازی اثرات و عواقب انتشار تصادفی مواد خطرناک توسط TNO.	Modeling software for the effects and consequences of accidental release ofhazardous substances developed by TNO.
ESD	توقف اضطراری	Emergency Shut-Down
FERA	تجزیه و تحلیل ریسک حریق و انفجار	Fire and Explosion Risk Analysis
FN (Curve)	منحنی «تناوب تجمعی در سال برای تلفات بیش از N نفر»	Curve of "cumulative Frequency per year to have more than N fatalities"
HAZID	مطالعه شناسایی خطر	Hazard identification Study
HAZOP	بازبینی خطرات و قابلیت عملکرد	Hazards and operability Review
HIPS	سیستم حفاظتی با یکپارچگی بالا	High integrity protection system
HIPPS	سیستم حفاظتی فشار با یکپارچگی بالا	High integrity pressure protection system
ICAF	هزینه ضمنی برای جلوگیری از فوت	Implied Cost to Avert a Fatality
IDLH	سطح خطرناک آنی برای حیات و سلامتی	Immediately Dangerous to Life and Health.
IRPA	ریسک فردی در سال	Individual Risk per Annum.
LSIR	ریسک فردی در موقعیت	Location Specific Individual Risk

1- Brain storming

کوته نوشت	عنوان فارسی	عنوان انگلیسی
OREDA	داده های قابلیت اطمینان فراساحلی	Offshore Reliability Data
P&ID	نمودار خطوط لوله و ابزار دقیق	Piping and instrumentation diagram
PFD (دارای دو مفهوم)	نمودار جریان فرآیند یا احتمال شکست در صورت تقاضا	Process flow diagram or Probability of failure on demand
PHAST®	ابزارهای نرم افزاری تجزیه و تحلیل خطرات فرآینـد متعلق به شرکت DNV	Process Hazards Analysis Software Tools - Det Norske Veritas (DNV).
PHAST Risk	ابزارهای نرم افزاری تجزیه و تحلیل خطرات فرآینـد با یکپارچه سازی ریسک	Process Hazards Analysis Software Tools with risk integration
PLL	از دست دادن بالقوه حیات	Potential Loss of Life
PRA	ارزیابی ریسک اولیه	Preliminary Risk Assessment
QRA	تجزیه و تحلیل کمی ریسک	Quantitative Risk Analysis
RMS	کاربرگ‌های مدیریت ریسک	Risk Management Sheets
RRW	کارگاه کاهش ریسک	Risk Reduction Workshop
SCM	اقدامات/تجهیزات حیاتی ایمنی	Safety Critical Measures
SDV	شیر قطع کننده	Shut Down Valve
SIL	سطح یکپارچگی ایمنی	Safety Integrity Level
SIS	سیستم‌های ایمنی بر پایه ابزار دقیق	Safety Instrumented System
TR	پناهگاه موقت	Temporary refuge
TRA	ارزیابی ریسک فن آورانه	Technological Risk Assessment
UVCE	انفجار ابر بخار در محیط محصور نشده	Unconfined vapor cloud explosion
WOAD	بانک اطلاعات حوادث فراساحلی در سراسر جهان	World-wide Offshore Accident Databank

۵ الزامات مدیریت ریسک

۵-۱ الزامات عمومی

۵-۱-۱ پیاده سازی

مطالعات ریسک باید در قالب کارگاه فنی پیاده سازی و اجرا گردد. روش اجرایی اختصاصی ریسک فن آورانه مشتمل بر موارد زیر باید تهیه و پیاده‌سازی شود

• سلسله مراتب روش اجرایی و شرح مسئولیت کمیته/کارگاه های تخصصی و اعضای آن‌ها؛

• تخصیص اعتبار و منابع لازم برای اجرای مدیریت ریسک (اعم از منابع مالی و تعیین صلاحیت اعضا متناسب با دامنه مطالعه)

• نظارت و پایش دوره‌ای شرکت بر اساس شاخص‌های عملکرد

۵-۱-۲ اسناد مورد نیاز برای مطالعات ارزیابی ریسک

جهت انجام مطالعات ارزیابی ریسک بسته به فاز پروژه و توسعه تاسیسات، مدارک و اسناد تاسیسات به شرح جدول ۱ نیاز است. پس از اتمام مراحل اداری / عملیاتی در هر یک از فازهای چرخه عمر پروژه، آخرین ویرایش اسناد مربوط به مطالعات ریسک باید به فاز بعدی، منتقل شود.

جدول ۱ – مستندات پیشنهادی برای ارزیابی ریسک

ردیف	مستندات	
۱	نمودارهای جریان فرایند و تاسیسات جانبی	Process and Utility Flow Diagrams
۲	نمودار خطوط لوله و ابزار دقیق	Piping and Instrumentation Diagram
۳	نقشه‌های جانمایی	Layout Drawings
۴	نقشه‌های جانمایی کلی و ارتفاعی	Plot plan and elevation drawings
۵	نقشه‌های چیدمان عمومی	General arrange drawings
۶	مبانی طراحی	Design Basis
۷	کاربری و توزیع جمعیت	Manning and population distribution
۸	موازنه مواد + ترکیبات + شرایط عملیاتی	Material balance + compositions + Operating Conditions
۹	سند مفهومی ایمنی	Safety Concept Document
۱۰	فلسفه عملیاتی و تعمیراتی	Operating and Maintenance Philosophy
۱۱	نقشه برق	Electrical single line drawing
۱۲	PFD های ساده شده سیستم ایمنی (از جمله نمودارهای لاجیک ESD)	Simplified Safety System PFDs (including ESD Logic diagrams)
۱۳	نمودارهای علت و معلول	Cause and effect charts
۱۴	برگه‌های اطلاعات فرایند و تجهیزات	Process and Equipment datasheets
۱۵	گزارش های قبلی HAZID، HAZOP، SPOT و سایر روش ها	Previous HAZID, HAZOP, SPOT etc. Reports

ردیف	مستندات	
۱۶	مطالعات ایمنی قبلی شامل: - نقشه‌ها و محاسبات ناحیه حریق، حریم اختصاصی و حریم ایمنی؛ - ارزیابی ریسک فوران؛ - ارزیابی ریسک سقوط اشیا؛ - حریق و ارزیابی ریسک؛ - ارزیابی ریسک جداسازی در زیر دریا؛ - ارزیابی ریسک برخورد؛ - ارزیابی رهایش و انفجار بر مبنای CFD؛ - سوابق HIPS؛ - تشعشع مشعل (فلر)، ارزیابی ریسک خاموش شدن شعله.	Previous Safety studies including: - Fire Zone, Restricted Area, Impacted Area drawings with calculations - Blow out risk assessment - Dropped object risk assessment - Fire and risk assessment - Subsea Isolation risk assessment - Collision risk assessment - CFD Dispersion and Explosion assessment - HIPS Dossier - Flare radiation, flame out risk assessment
۱۷	ارزیابی ریسک فرار و تخلیه	Escape and evacuation risk assessment
۱۸	طرح واکنش اضطراری سایت	Site emergency response plan
۱۹	نقشه‌های شبکه آب آتش نشانی- محاسبات ظرفیت آب آتش نشانی	Fire water network drawings – Fire water capacity calculations
۲۰	نقشه‌های تهویه و فشار	Enclosure – ventilation and pressurization schemes
۲۱	پناهگاه موقت - معیارها	Temporary refuge Impairment – Criteria
۲۲	جزئیات سیستم آتش نشانی فعال و غیر فعال	Active and Passive firefighting system – description
۲۳	تقلیل فشار اضطراری - فلسفه و توضیحات	Emergency depressurization – philosophy and description
۲۴	نقشه‌های چیدمان آشکارساز ایمنی و حریق	Fire and Safety detector layout drawings
۲۵	نقشه‌های طبقه‌بندی نواحی خطر (نقشه، اختلاف ارتفاع)	Hazardous area classification drawings (plan, elevations)
۲۶	مشروح تجهیزات امداد و نجات (قایق نجات، کپسول)	Life-saving equipment description (lifeboat, capsules etc.)
۲۷	SIMOPS / COMOPS (ماتریس عملیات مجاز)	SIMOPS / COMOPS (Matrix of permitted operations)
۲۸	سوابق ثبت حادثه درون سایت (حوادث و شبه حوادث)	Historical site incident records (accidents and near misses)
۲۹	ثبت ارزش دارایی	Asset value register
۳۰	اطلاعات لجستیکی: ترافیک دریایی، مشخصات خودرو، ترافیک هلی کوپتر، برنامه بلند کردن بار، مشخصات جرثقیل.	Logistical information: marine traffic, vehicle profiles, helicopter traffic, lifting manifest, crane characteristics.

۳-۱-۵ بازبینی و به‌روزرسانی

از آنجا که نتایج مطالعات مدیریت ریسک باید به عنوان یکی از اسناد کلیدی در فرآیند مورد استفاده قرار گیرد، ضروری است این مطالعات در فواصل زمانی مشخص در هر مرحله از چرخه عمر پروژه بازبینی و به

روزرسانی گردند. مطالعات ریسک متناسب با دامنه، باید یک دوره زمانی مشخص، حداکثر ۷ سال در تمامی فازهای چرخه عمر پروژه و حداکثر ۵ سال در فاز بهره برداری مورد بازنگری و بازبینی قرارگیرد.

یادآوری ۱- باید متناسب با دامنه، نوع، گستره، تکنیک‌های مورد استفاده و سایر موارد (اعم از حوادث رخ داده در شرکت‌های مشابه و یا تغییر استانداردهای مرتبط)، بازه زمانی بازنگری بر اساس تجربیات سازمان، سوابق حوادث، بلوغ سازمانی و سایر معیارها، تعیین شود.

یادآوری ۲- نسخه‌های قبلی باید پس از بازبینی یا تغییر به عنوان سوابق کاری برای مدت معینی، بایگانی شوند. بنابراین، آخرین ویرایش مطالعات ریسک ملاک ارزیابی و تصمیم‌گیری خواهند بود.

یادآوری ۳- در دوره تحویل و تحول پروژه از مرحله ساخت و نصب به مرحله بهره‌برداری، مطالعات ریسک باید مورد بازبینی قرار گیرد.

یادآوری ۴- در صورت وقوع حوادث خیلی شدید یا فاجعه‌بار (مهم)، مطالعات ریسک تاسیسات / فرایند مرتبط با وقوع حادثه باید مورد بازبینی قرار گیرد.

۵-۱-۴ تغییرات

در مواردی که، تغییرات جدیدی در حوزه نیروی انسانی، فرایندها، روش‌ها و دستورالعمل‌های اجرایی ایجاد شود، لازم است ریسک این تغییرات کنترل و مدیریت شوند.

علاوه بر این، در صورت ایجاد تغییر، مطالعات ریسک مرتبط با تاسیسات/ فرایندی تغییر یافته باید بازنگری شود.

۵-۱-۵ ارزیابی ریسک چرخه عمر

چرخه توسعه تأسیسات بالادستی شامل مراحل زیر می‌باشد (شکل ۱):

- اکتشاف (جمع آوری داده های لرزه ای ، حفاری اکتشافی)؛
- مطالعات امکان سنجی[۱] و انتخاب مفهوم[۲]؛
- پیش پروژه[۳]؛
- پروژه (مهندسی پایه[۴]، طراحی تفصیلی[۵])؛
- پروژه (ساخت[۶]، نصب[۷]، اتصال سازه ها و تجهیزات[۸] و راه اندازی)؛

1- Feasibility
2- Concept selection
3- Pre-project
4- Basic engineering
5- Detailed design
6- Construction
7- Installation
8- Hook-up

- حفاری توسعه ای؛
- بهره برداری[1] (شامل اصلاحات جزئی)؛
- ارتقاء[2] یا اصلاح[3] (اصلاح اساسی به عنوان پیش پروژه و پروژه تلقی می‌شود)؛
- برچیدن.

شکل ۱ - چرخه عمر تأسیسات نفت و گاز - تأسیسات بالادستی

چرخه توسعه تأسیسات پایین دستی شامل مراحل زیر می‌باشد (شکل ۲):

- مطالعات امکان‌سنجی و انتخاب مفهوم؛
- پیش پروژه؛
- پروژه (مهندسی پایه، طراحی تفصیلی)؛
- پروژه (ساخت، نصب، پیش راه اندازی و راه اندازی)؛
- بهره برداری (شامل اصلاحات جزئی)؛
- ارتقاء یا اصلاح (اصلاح اساسی به عنوان پیش پروژه و پروژه تلقی می شود)؛
- برچیدن.

شکل ۲ - چرخه عمر تأسیسات نفت و گاز - تأسیسات پایین‌دستی

اقدامات شناسایی خطر باید به صورت گسترده در تمامی مراحل توسعه، اعمال شود. ارزیابی ریسک در طول چرخه عمر ممکن است به دلیل سطح دسترسی به جزئیات، که در استاندارد ISO/IEC 31010 ارائه شده است، متفاوت باشد.

1- Operation
2- Revamping
3- Modification

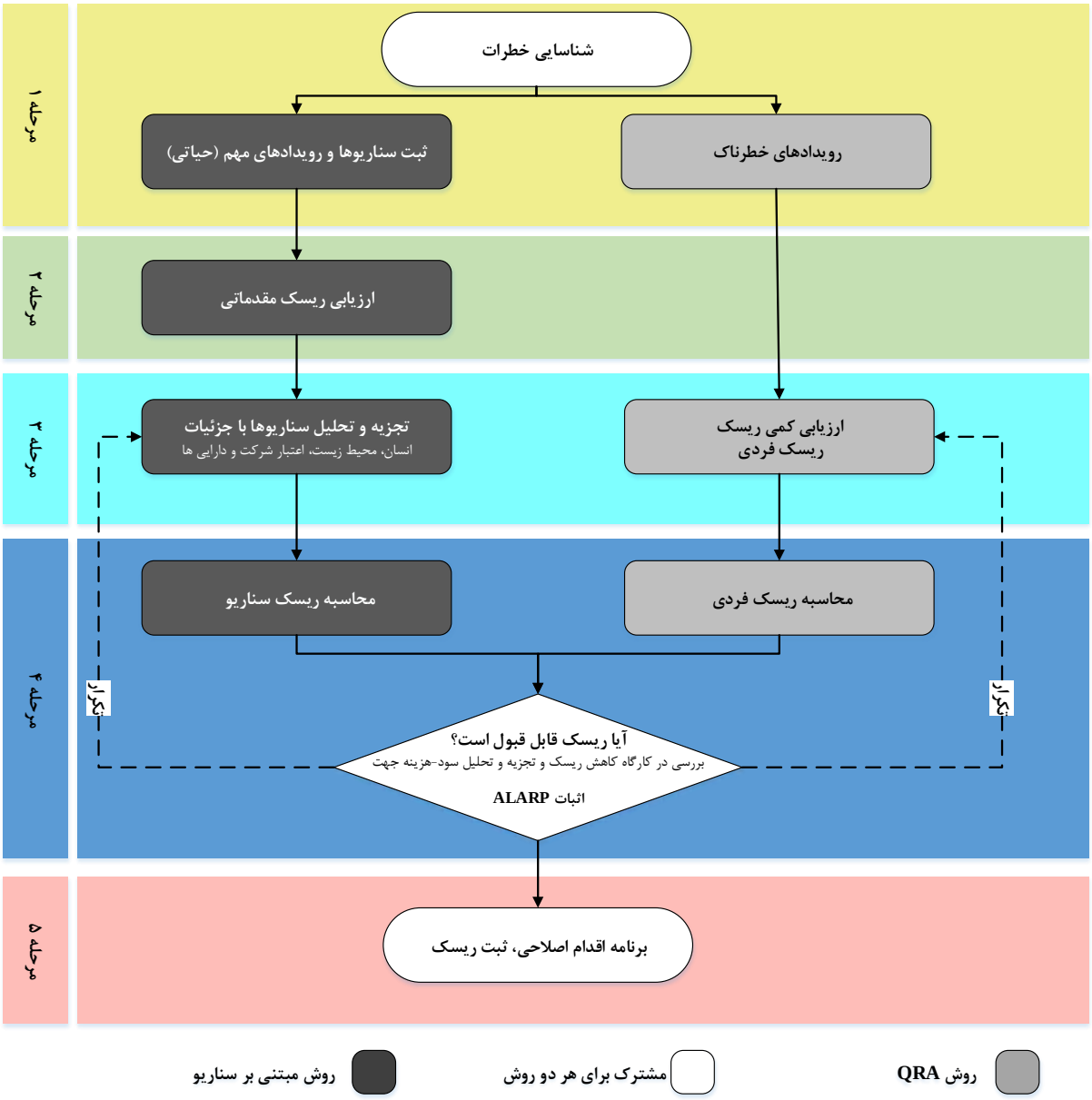
۵-۱-۶ ارزیابی ریسک فعالیت‌های غیرفرایندی

بررسی شرایط محیط کار و شناسایی مخاطرات و عوامل زیان‌آور احتمالی بستگی به مکان و نیازهای سازمان، می‌تواند به روش‌های مختلف انجام شود. صدور مجوز کار برای فعالیت‌های پرخطر، بازرسی‌های معمول ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست و شناسایی اعمال و شرایط ناایمن متداول‌ترین روش‌ها جهت کنترل وضعیت خطرناک است که باید با استفاده از روش‌های نیمه کیفی یا کیفی که در استاندارد ISO/IEC 31010 ارائه شده است، اجرایی گردند.

یادآوری- اگر از روش‌های نیمه کیفی استفاده شود، پذیرش ریسک حاصل از هر نتیجه خطر با توجه به تناوب آسیب و شدت ماتریس ریسک قابل‌پذیرش که در زیربند ۵-۲-۱۳-۲ این استاندارد ارائه شده است، باید ارزیابی شوند.

۵-۲ ارزیابی ریسک فن آورانه در مرحله طراحی

طرح ساده شده فرایند اجرایی مدیریت ریسک فن آورانه در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- پنج مرحله و دو رویکرد تحلیل ریسک به صورت موازی

بنابراین ، پنج مرحله از فرایند مدیریت ریسک فن آورانه به شرح زیر می باشد (شکل ۳):

مرحله ۱	شناسایی خطرات
مرحله ۲	تعیین سناریوها و ارزیابی ریسک اولیه
مرحله ۳	تجزیه و تحلیل دقیق ریسک سناریوهای منتخب و تجزیه و تحلیل کمی ریسک برای شرایط خاص
مرحله ۴	ارزیابی ریسک و اثبات ALARP
مرحله ۵	برنامه اقدام اصلاحی در مورد اجرای اقدامات کاهش ریسک (برخورد با ریسک)

سطح جزئیات مراحل فوق با در نظر گرفتن مراحل چرخه عمر و توسعه، به‌طور قابل توجهی متفاوت است. به عنوان مثال، عمق ارزیابی ریسک در مرحله قبل از پروژه، ممکن است به یک تجزیه و تحلیل نیمه کمی محدود شود تا به‌واسطه آن امکان نمایش سناریوهای عمده برای تعیین کمی ریسک با جزئیات در مراحل بعدی را فراهم نماید.

همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده است، فرایند مدیریت ریسک فن آورانه شامل دو روش موازی زیر است:

جدول ۲ – روش‌های موازی مدیریت ریسک فن آورانه

کاربرد	روش تجزیه و تحلیل ریسک
اجباری	**ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو** این روش شامل شناسایی خطر، ارزیابی ریسک اولیه، تجزیه و تحلیل دقیق " سناریوهای عمده" و ارزیابی میزان پذیرش ریسک در هر سناریو با توجه به تأثیرات انسانی، محیط زیستی، اعتباری و دارایی و نحوه کنترل ریسک مرتبط با سناریوهای عمده جهت تطبیق با معیار پذیرش ریسک سناریو است.
مکمل (در شرایط خاص)	**ارزیابی ریسک مبتنی بر تجزیه و تحلیل کمی (QRA)** این روش شامل ریسک تجمعی برای افراد با در نظر گرفتن همه سناریوها از جمله خطرات شغلی و حمل و نقل جهت تخمین ریسک فردی سالیانه (IRPA) و کنترل ریسک مرتبط با ریسک فردی تجمیع شده اصلی، جهت دستیابی به معیار پذیرش ریسک IRPA مد نظر، می‌باشد. سطح IRPA برای گروه‌های کاری که بیشتر در معرض خطر می‌باشند با توجه به معیار پذیرش ریسک ارزیابی می‌شود.

ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو برای کلیه تاسیسات موجود و طرح‌های توسعه‌ای، اجباری است. هدف روش QRA تعیین ریسک‌های تجمیعی برای انسان، به‌صورت کمی می‌باشد. در چنین حالتی، روش QRA می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین برای ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو، در نظرگرفته شود. در مطالعات باید، تجزیه و تحلیل تاثیر سناریوهای فاجعه بار و اثر آن بر روی محیط زیست، اعتبار و دارایی، مورد ارزیابی قرار گیرد. روش QRA می‌تواند ارزیابی مبتنی بر ریسک سناریو را در موارد زیر تکمیل کند:

- تاسیسات بزرگ فراساحلی با اقامت دائم؛
- تاسیساتی که به طور بالقوه بر ایمنی عمومی تأثیر می‌گذارند؛
- تاسیساتی که تجربه کار با آن وجود نداشته باشند؛

- در تاسیساتی که از تکنولوژی جدید استفاده شده باشد؛
- موارد خاص به درخواست مسئول واحد ارزیابی ریسک فن آورانه.

۵-۲-۱ دامنه کاری ارزیابی ریسک

دامنه کاری ارزیابی ریسک باید قبل از شروع مطالعات، مشخص و آماده شده باشد. در تعریف دامنه، باید مرزهای عملیاتی واحد[1]، فازهای عملیاتی، روش اجرا، معیار پذیرش ریسک، داده های ورودی و ابزارهایی را که برای ارزیابی استفاده می شوند، تشریح گردد. همان گونه که در شکل ۴ نشان داده شده است، دامنه ارزیابی ریسک به سه فاز مشخص به شرح زیر تقسیم می شود:

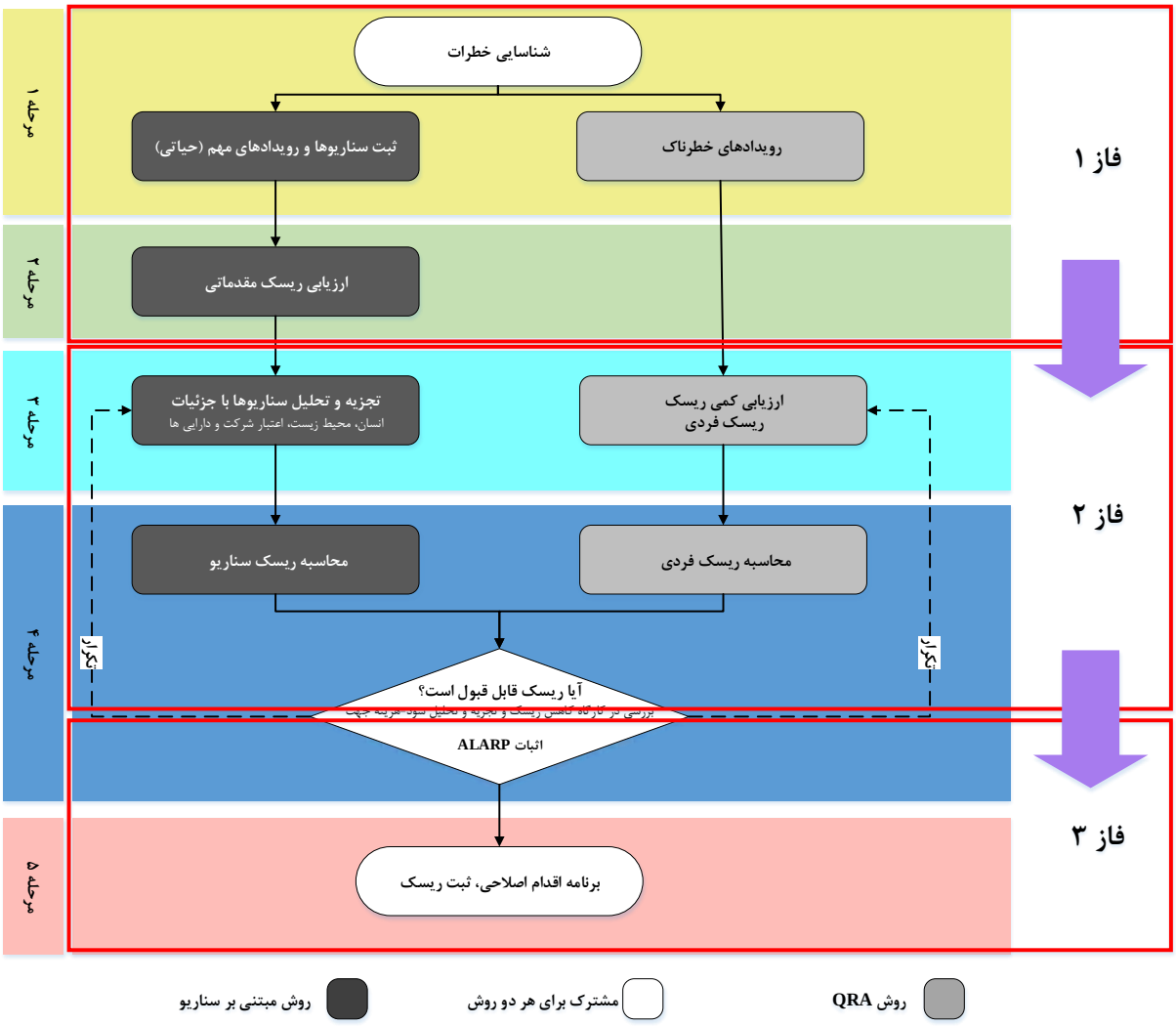
• فاز ۱ (مراحل ۱ و ۲) شامل شناسایی خطر، تدوین سناریوها، ارزیابی ریسک اولیه و کارگاه تأیید ارزیابی ریسک اولیه (PRA).

• فاز ۲ (مراحل ۳ و ۴) شامل تجزیه و تحلیل دقیق سناریوهای منتخب، QRA (در صورت نیاز)، ارزیابی ریسک، کارگاه کاهش ریسک، به روزرسانی تجزیه و تحلیل ریسک و اثبات ALARP.

• فاز ۳ (مرحله ۵) شامل اثبات ALARP، تهیه برنامه اقدام اصلاحی، ثبت ریسک‌های عمده و شناسایی اقدامات حیاتی ایمنی.

برای تأسیسات کوچک مانند چاه‌ها یا تاسیسات دریافت کننده، مرحله ارزیابی ریسک اولیه می‌تواند حذف شده و ارزیابی ریسک سناریو مستقیماً با اجرای فاز دوم (مراحل ۳ و ۴) انجام شود.

1- Battery limits



شکل ۴ – سه فاز مشخص جهت تدوین دامنه کار

برای تاسیسات ساده و مشابه تکراری که معمولا بدون کاربر (مانند سکوی ساده سرچاهی) هستند، ارزیابی ریسک فن آورانه ممکن است بر روی یک مورد به عنوان پایلوت انجام شود. در استدلال فرضیات مطالعه توجیه نمونه مطالعاتی منتخب به صورت کامل باید ثبت شود.

محتوای کلی دامنه کار مرتبط با سه فاز توصیه شده، در پیوست الف ارائه شده است. دامنه کار باید سازگار با چرخه عمر و پیچیدگی آن باشد.

علاوه بر این، برای شناسایی سیستماتیک تمامی خطرات، که به طور مستقیم یا از طریق تشدید حوادث مبتنی بر عملکرد چرخه عمر یک تاسیسات، می تواند منجر به حوادث خیلی شدید یا فاجعه بار (مهم) شود، باید از مطالعات شناسایی خطر (HAZID) وخطر و قابلیت عملیات (HAZOP) استفاده شود. به‌کارگیری روش‌های فوق، اولین مرحله از ارزیابی ریسک فن آورانه می باشد.

۵-۲-۲ مطالعه HAZID

هدف از مطالعه HAZID، شناسایی سیستماتیک تمامی خطراتی است که به طور مستقیم یا از طریق تشدید حوادث مبتنی بر عملکرد چرخه عمر یک تاسیسات، می تواند منجر به حوادث خیلی شدید یا فاجعه بار (مهم) شود. به‌کارگیری این روش، اولین مرحله از ارزیابی ریسک فن آورانه می باشد.

مطالعه HAZID باید بر اساس طوفان ذهنی ساختاریافته با استفاده از چک لیست و کلید واژه هایی که در استاندارد ISO 17776 ارائه شده است، انجام شود. HAZID باید در چرخه کامل عمر یک تأسیسات، در عملیات هم‌زمان مانند حفاری و تولید، مداخله چاه و تولید، ساختمان و نصب و تولید، تعمیرات و تولید و برچیدن برخی از واحدها، مورد استفاده قرار گیرد. HAZID پیش پروژه باید به طور کامل تجدید نظر شود تا الزامات ارزیابی ریسک فن آورانه (TRA) برای توسعه سناریو را در بر داشته باشد. در HAZID باید خطرات غیر فرآیندی و خطرات فرآیندی(خطرات مرتبط با تخلیه برنامه ریزی نشده مواد) و به طور خاص، جنبه‌های زیر، بررسی شود. :

- تأثیر تأسیسات بر محیط پیرامون؛
- تأثیر محیط پیرامون بر تاسیسات؛
- تداخل بین واحدهای اصلی؛
- موقعیت تاسیسات و تجهیزات؛
- رها شدن برنامه ریزی نشده مواد در بخش‌ها یا واحدهای قابل جداسازی؛
- خطرات محیط‌زیستی و خطرات طبیعی.

چک لیست مطالعات HAZID باید دربرگیرنده موارد زیر باشد:

- خطرات بیرونی:
  - خطرات طبیعی و محیطی (اثر محیط بیرونی بر تاسیسات)؛
  - اثرات زیست محیطی (اثرات تاسیسات بر محیط طبیعی)؛
  - اثر خطرات انسان- ساخت بر تاسیسات؛
  - خطرات ناشی از زیرساخت‌های پشتیبان تاسیسات.
- خطرات تاسیسات:
  - خطرات فرایندی (بر اساس بخش های قابل جداسازی)، فرایندهای ویژه نظیر: رهایش گاز، مسدود شدن خروجی، وضعیت‌های محبوس شدن مواد در فرایند، تغییر نرخ عبور جریان از خطوط لوله؛
  - خطرات مرتبط با از دست رفتن سیستم‌های تامین کننده سرویس‌های جانبی؛
  - سایر خطرات مرتبط با داخل تاسیسات(نظیر: حمل مواد، عملیات جرثقیل، الکتریسیته، مواد رادیوکتیو، اجزای تحت تنش).

یادآوری ۱- گزارش HAZID باید شامل کاربرگ‌های HAZID و پیشنهادها مطابق با فرمت ارائه شده در پیوست **ت** باشد.

یادآوری ۲- رویدادهای بحرانی مرکزی شناسایی‌شده در کاربرگ «ثبت رویدادهای بحرانی مرکزی» ارائه شده در پیوست **ت** ثبت و مورد ارزیابی و سنجش قرار گیرند.

۵-۲-۳ مطالعه HAZOP

مطالعه HAZOP فرایند مفصلی است که توسط یک گروه تخصصی برای شناسایی خطرات و مشکلات عملیاتی انجام می‌شود. مطالعات HAZOP با شناسایی انحرافات بالقوه از ماهیت طراحی، بررسی علل احتمالی و ارزیابی پیامدهای آنها سروکار دارد. این مطالعه باید بر اساس الزامات استاندارد IEC 61882 انجام شود.

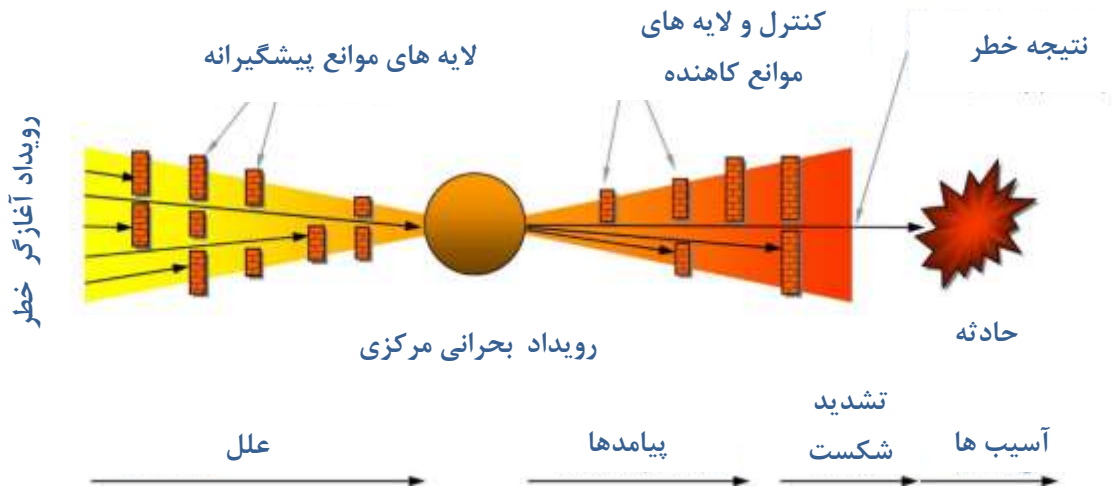
یادآوری ۱- گزارش HAZOP باید شامل کاربرگ های HAZOP و پیشنهادها مطابق با فرمت ارائه در پیوست **ت**.

یادآوری ۲- در صورت بروز هرگونه تغییر در این مرحله، آخرین ویرایش مطالعات و منطبق با اسناد و نقشه‌های فنی به‌روزرسانی شده در دسترس باشند.

یادآوری۳- رویدادهای بحرانی مرکزی شناسایی‌شده باید در کاربرگ « ثبت رویدادهای بحرانی مرکزی» ارائه شده در پیوست **ت** ثبت و مورد ارزیابی قرار گیرند.

۵-۲-۴ تعریف سناریو

اصطلاح «سناریو»، توالی رویدادها می‌باشد که منجر به یک حادثه می شود. یک سناریو، مجموعه ای از داده ها و فرضیات مرتبط با خطر یک رویداد آغازگر[1]، موانع پیشگیرانه[2]، رویداد بحرانی مرکزی، لایه های موانع کاهنده[3]، نتیجه خطر، لایه های موانع حفاظت کننده[4] و توالی است که در زیر نشان داده شده است:



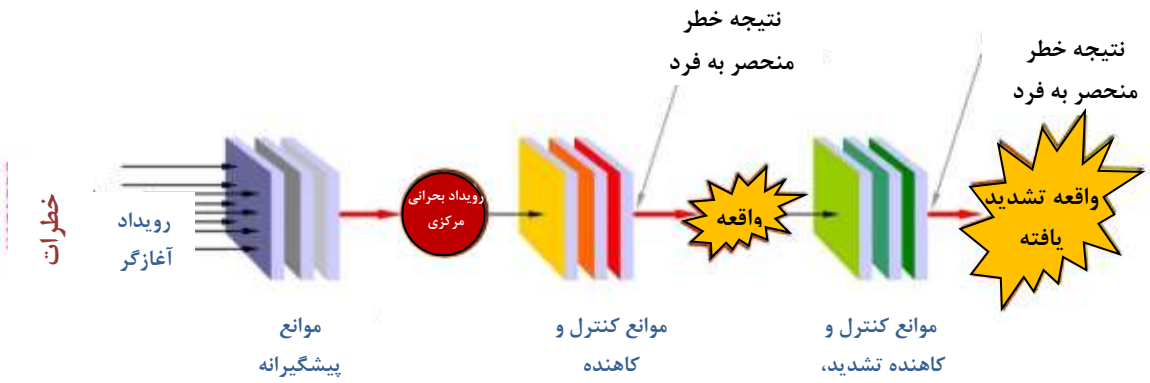
شکل ۵ - سناریو به عنوان دنباله‌ای از رویدادها

1- Initiating event
2- Prevention barriers
3- Mitigation barriers
4- Protection barriers

در ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو، میزان پذیرش ریسک مرتبط با هر نتیجه خطر باید با توجه به فرکانس و شدت آسیب و با بکارگیری ماتریس پذیرش ریسک ارائه شده در زیربندهای ۵-۲-۱۳-۲ و ۵-۲-۱۳-۳ و بر اساس تجزیه و تحلیل پاپیونی، ارزیابی شود (جهت کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد IEC 31010 مراجعه نمایید).

همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است ، یک سناریو باید از عناصر زیر تشکیل شود:

- رویداد یا رویدادهای آغازگر. (توجه داشته باشید اگر سناریوی ی انتشار فرآیندی عمومی مدنظر باشد، کلیه رویدادهای آغازگر این سناریو باید در نظر گرفته شوند)؛
- رویداد بحرانی مرکزی منحصر به فرد. (به عنوان مثال: تخلیه و رهایش ناخواسته مواد به میزان کوچک / متوسط / بزرگ)؛
- نتیجه خطر منحصر به فرد بر اساس نتیجه ناشی از بخش های قابل جداسازی / غیرقابل جداسازی از فرایند. (نتایج خطر عبارتند از تشعشع یا دوز حرارتی، موج فشار ناشی از انفجار، دوز سمی، پرتابه، آلودگی، اختلال در پایداری).



شکل ۶ – تصویر ساده شده یک سناریو

به طور کلی، تناوب رویداد بحرانی مرکزی با استفاده از روش تجزیه و تحلیل درخت خطا محاسبه می‌شود (به استاندارد IEC 61025 مراجعه شود)، مگر اینکه خطر مربوط به انتشار فرآیندی عمومی باشد. برای انتشار فرآیندی عمومی، تناوب رویداد بحرانی مرکزی (تخلیه و رهایش ناخواسته مواد از ظروف و تأسیسات در اندازه های کوچک، متوسط یا بزرگ) باید بر اساس پایگاه داده تائید شده، در مورد رهایش فرآیندی، تعیین شود.

مدل‌سازی نتایج خطر باید با استفاده از تجزیه و تحلیل درخت رویداد (به استاندارد IEC 62502 مراجعه شود) انجام شود که در آن احتمال نتایج مختلف درخت رویداد (به عنوان مثال، حریق فورانی، حریق استخری، حریق آنی، انفجار، رهایش، پایداری، خرابی سازه) باید از تناوب رویداد بحرانی مرکزی با بکارگیری از احتمالات شاخه‌ای، تخمین زده شوند.

خسارات مرتبط با نتیجه درخت رویداد خاص یا نتایج ترکیبی درخت رویداد مربوط به یک نتیجه خطر منحصر به فرد (تابش یا دوز حرارتی، افزایش فشار ناشی از انفجار، دوز سمی، نشت، اختلال ساختاری) باید با استفاده از محاسبات مبتنی بر مدل های پیامد و آسیب پذیری، محاسبه شود و نتایج بدست آمده به صورت شدت و تناوب خسارت و منطبق با معیارهای ارائه شده در استاندارد HSE-01 و زیربند ۵-۲-۱۳-۲ و ۵-۲-۱۳-۳ ارائه شود.

۵-۲-۵ سناریوهای متداول

برای تعیین سناریوهای ارزیابی ریسک تاسیسات نفت و گاز، دسته‌های زیر باید بررسی شوند:

۵-۲-۵-۱ فوران

فوران مربوط به سیستم‌های مرتبط با چاه است و باید با توجه به فاز عملیاتی (نظیر حفاری، مداخله چاه، تولید) بررسی شود.

- رویدادهای آغازگر
  - علل فوران چاه متفاوت است که می‌تواند شامل از بین رفتن تجهیزات کنترل چاه، نقص در تجهیزات کنترل چاه، نقص در روش‌های اجرایی کنترل چاه، نقص در موانع ایمنی کنترل چاه، نقص مکانیکی باشد. در یک فاز عملیاتی باید تمامی علل فوران چاه برای تعریف سناریوی مربوط به آن ترکیب شوند.
- رویدادهای بحرانی مرکزی
  - رویداد بحرانی مرکزی مربوط با فوران چاه، باید رهایش سیال به اتمسفر در نظر گرفته شود. تناوب رویداد بحرانی مرکزی باید بر اساس داده‌های گذشته و تجزیه و تحلیل درخت خطا تعیین شود.
- نتیجه خطر
  - نتیجه خطر مرتبط با سناریوی فوران چاه باید بر اساس یکی از نتایج زیر حاصل از درخت رویداد به عنوان یک اثر فیزیکی در نظر گرفته شود:
    - آتش فورانی / استخری (تابش حرارتی، دود - سمیت)؛
    - آتش آنی (دوز حرارتی)؛
    - انفجار (فشار ناشی از موج انفجار)؛
    - نشت (آلودگی)؛
    - پخش مواد سمی (دوز سمی).

به عنوان مثال:

- آتش فورانی ناشی از نشت در حین عملیات حفاری به دلیل نقص در سامانه های کنترل چاه؛
- ریزش نفت ناشی از نشت در حین عملیات حفاری به دلیل نقص در سامانه های کنترل چاه.

۵-۲-۵-۲ رهایش متداول (مواد) از تاسیسات فرایندی

رهایش فرایندی مرتبط با بخش قابل جداسازی (از فرایند) یا زیربخش‌های آن در تاسیسات است. تناوب رهایش باید بر اساس سوابق داده های نشت از تجهیزات برآورد شود که شامل تمام علل عمومی منجر به رهایش برنامه ریزی نشده ماده می شود. برای هر بخش، باید دو یا سه اندازه رهایش (کوچک، متوسط و بزرگ) مطابق شرح زیر، مورد بازبینی قرار گیرند:

- رویدادهای آغازگر
  - علل عمومی عبارتند از خوردگی ، فرسایش، ارتعاش، فرسایش، نواقص ساخت، خرابی مکانیکی، خطای انسانی و موارد ناشی از حوادث طبیعی و تاثیر وقایع بر روی هر یک از تجهیزات یا بخش‌های آن.
- رویدادهای بحرانی مرکزی
  - رویدادهای بحرانی مرکزی باید بر اساس سه اندازه مختلف رهایش مطابق جدول ۳ در نظر گرفته شوند.

جدول ۳ – اندازه های رهایش برای تجزیه و تحلیل ریسک بر اساس سناریو

قطر منتخب (mm) برای محاسبات پیامد	محدوده قطر (mm) برای برآورد تناوب	میزان رهایش
۵	۱-۵	کوچک
۶۵	۵-۶۵	متوسط
قطر لوله یا بزرگترین اتصال فلنج	۶۵ – پارگی کامل	بزرگ

- اندازه رهایش کوچک فقط باید در بخش‌هایی از فرایند که حاوی سطح بالایی از گاز سولفید هیدروژن (H_2S) یا سیالات سمی (با غلظت ۰٫۲٪ مولی یا بیشتر) یا عملیات با فشار بالای ۱۰۰ barg یا برای تاسیسات بدون کاربر حاوی نفت یا میعانات با توجه به خطرات محیطی استفاده شود. برای سایر موارد، باید اندازه رهایش متوسط و بزرگ برای تجزیه و تحلیل ریسک، سناریو مورد ارزیابی قرار گیرد.
- تناوب رویدادهای بحرانی مرکزی باید بر اساس سوابق پایگاه داده‌های ثبت خرابی شرکت یا با استفاده از پایگاه داده های نرخ شکست و CHARAD تعیین شوند. برای تأسیسات موجود، فراوانی نشت استخراج شده از پایگاه داده باید و با سوابق ثبت شده رهایش واقعی در یک دوره مناسب (حداقل۵ سال)، تطبیق داده شود. مقدار تطبیقی باید در ثبت فرضیات مستند گردند.
- از روش تجزیه و تحلیل درخت خطا برای تعیین تناوب رهایش فرایندی نباید استفاده شود. با این حال، توصیه می‌شود تجزیه و تحلیل درخت خطا برای بررسی تناوب رهایش‌های یک طرح/ عملیات خاص که به هیچ وجه در شرایط عادی بهره برداری رخ نمی‌دهد، صورت پذیرد.

- نتیجه خطر

- سناریو باید بر اساس نتیجه خطر خاص بر اساس پیامدهای منتج از بخش های قابل جداسازی یا غیرقابل جداسازی (از فرایند)، تعریف شوند. باید بر اساس یکی از نتایج زیر حاصل از درخت رویداد (قابل جداسازی یا غیرقابل جداسازی (از فرایند)) تعریف شود:
  - آتش فورانی/ استخری (تابش حرارتی ، دود - سمیت)؛
  - آتش آنی (دوز حرارتی)؛
  - انفجار (موج فشار ناشی از انفجار)؛
  - ریزش (آلودگی)؛
  - انتشار مواد سمی (دوز سمی).

نمونه‌هایی از سناریوهای مربوط به رهایش فرآیندی عبارتند از:

- حریق فورانی در بخش قابل جداسازی (از فرایند) ناشی از آتش گرفتن فوری مواد در رهایش با اندازه متوسط از بخش بخار تفکیک‌گر، در شرایط عملیات عادی؛
- انفجار در بخش قابل غیر جداسازی (از فرایند) ناشی از آتش گرفتن تاخیری ابر بخار حاصل از رهایش با اندازه از بخش مایع برج اتان زدا[1] در شرایط عملیات عادی؛
- انتشار مواد سمی در بخش قابل جداسازی (از فرایند) ناشی از رهایش با اندازه کوچک از پمپ میعانات.

۵-۲-۵-۲-۱ قواعد تعیین بخش‌های قابل جداسازی (از فرایند)

بخش‌های قابل جداسازی باید براساس نقشه‌های خطوط لوله و ابزاردقیق و نمودار جریان فرایند (PFD / P&ID) و اصول زیر تعیین و علامت‌گذاری شوند:

- مرزهای جداسازی باید به‌وسیله شیرهای قطع اضطراری ESD ، شیرهای بلودان، شیرهای کنترل محدود کننده جریان گازهای خطرناک به سمت مشعل[2] و شیرهای کنترلی با مکانیزم عموما از نوع بسته به محض شکست[3] و دریافت فرمان بسته شدن از سیستم قطع اضطراری، تعیین شود.
- در برخی موارد، زمانی که در تاسیسات(نظیر تاسیسات قدیمی)، شیرهای قطع اضطراری (ESDV یا SDV) موجود نباشد، می‌توان بخش «شبه قابل جداسازی[4] » تعریف نمود. شیرهای دستی و شیرهای کنترل از راه دور می تواند به عنوان مرزهای جدا سازی (از فرایند) در نظر

1- Deethaniser column
2- Flare
3- Failure to close
4- Pseudo isolatable section

گرفته شوند. در این صورت احتمال نقص در جداسازی نیز باید مورد ارزیابی قرار گیرد. برای محاسبه رهایش مواد، زمان انجام جداسازی (از فرایند) نیز باید در نظر گرفته شود.

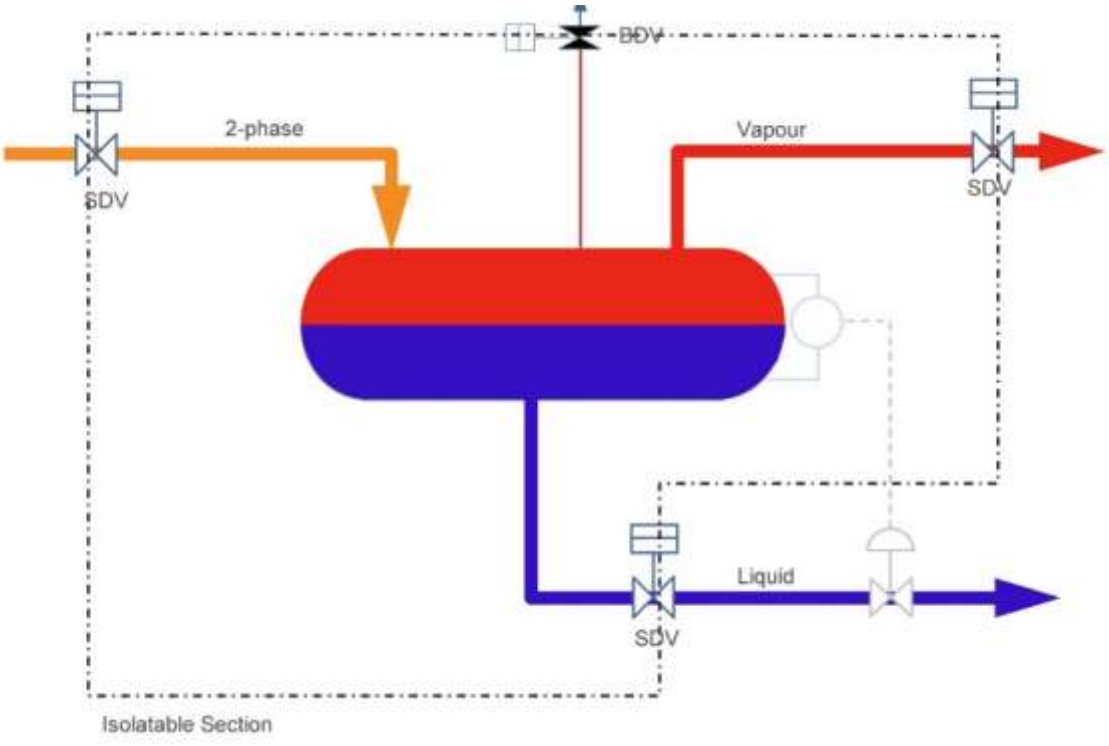
۵-۲-۵-۲ قواعد تعیین زیر بخش در یک بخش قابل جداسازی(از فرایند)

زیربخش‌های یک بخش قابل جداسازی (از فرایند) باید بر اساس اصول سلسله مراتبی زیر تعیین شوند:

- فاز سیال (۲-فازی، بخار، مایع)؛
- اختلاف فشارهای عملیاتی در یک بخش قابل جداسازی.

به عنوان نمونه در شکل ۷ یک بخش قابل جداسازی نشان داده شده است. در این مثال، زیربخش‌های آن به منظور ارزیابی ریسک بر مبنای سناریو به شرح زیر است:

- بخش ورودی سیال ۲- فاز (لوله ورودی ما بین شیر جدا کننده ورودی و نازل ورودی ظرف)؛
- بخش خروجی مایع (نیمی از ظرف و لوله مابین نازل خروجی مایع و شیر جدا کننده خروجی مایع)؛
- بخش خروجی بخار (نیمی از ظرف و لوله مابین بین نازل خروجی بخار و شیر جدا کننده خروجی بخار).



شکل ۷- یک مثال برای یک بخش قابل جداسازی و زیر بخش‌های آن

۵-۲-۵-۳ خطرات عمده تاسیسات فرایندی

خطرات عمده تاسیسات فرایندی وضعیت‌های خاصی است که باید در مطالعات HAZID یا تحلیل ایمنی فرایند شناسایی شوند. رویدادهای آغازگر، رویدادهای بحرانی مرکزی و پیامدهای خطر باید به صورت مورد به مورد جهت تعریف سناریوهای مرتبط با خطرات عمده فرایندی تعریف شوند. نمونه‌های متداول سناریوهای مرتبط با خطرات عمده فرایندی در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴ – نمونه‌هایی از سناریوهای مرتبط با مخاطرات عمده فرایند خاص

رویدادهای آغازگر	رویدادهای بحرانی مرکزی	پیامدهای خطر
خرابی سیستم حفاظت فشار در زمان نیاز به کارکرد آن	آسیب مکانیکی یا از دست دادن مواد موجود در فرایند	تابش حرارتی سمیت، نشت انفجار/ BLEVE، پرتابه
خرابی سیستم حفاظتی کاهش فشار در زمان نیاز به کارکرد آن	آسیب مکانیکی یا از دست دادن مواد موجود در فرایند	تابش حرارتی سمیت، نشت انفجار، پرتابه
سر ریز مخازن ذخیره و خرابی سیستم‌های ایمنی کنترل سطح مایع در زمان نیاز به کارکرد آن خطای انسانی	از دست دادن مواد موجود در مخزن ذخیره سازی	تابش حرارتی نشتی انفجار
نقص سیستم کنترل فرایند که منجر به ورود هوا به داخل فرایند و تشکیل مخلوط قابل اشتعال می‌شود. خطای انسانی	احتراق داخلی	انفجار داخلی، پرتابه
تجمع گرد و غبار در سیلوها یا مخازن ذخیره سازی	احتراق ذرات ریز گرد و غبار	انفجار، پرتابه
رهایش تصادفی از ونت	احتراق مواد رهایش شده	تابش حرارتی یا دوز
خاموش شدن شعله فلر به دلیل نقص در سیستم جرقه زن مجدد فلر	خاموش شدن شعله	سمیت دوز حرارتی

۵-۲-۵-۴ خطرات عمده برخورد مکانیکی

خطرات عمده برخورد مکانیکی عبارتند از سقوط یا نوسان اجسام، برخورد با شناور، برخورد با هواپیما، پرتابه و برخورد وسیله نقلیه. سناریوهای مربوط به خطرات عمده نقص مکانیکی باید بر اساس جانمایی تاسیسات و ویژگی‌های عملیات بررسی شوند. رویدادهای بحرانی مرکزی می‌توانند آسیب سازه‌ای یا از دست دادن مواد موجود باشند و باید هر یک از آن‌ها با استفاده از مطالعات ایمنی اختصاصی ارزیابی شوند (به عنوان مثال تجزیه و تحلیل خطر سقوط اشیا، تجزیه و تحلیل خطر برخورد).

تناوب رویدادهای بحرانی مرکزی باید با استفاده از داده‌های گذشته همراه با تجزیه و تحلیل درخت خطا و با توجه به شرایط عملیاتی تاسیسات تخمین زده شود. نمونه‌هایی از سناریوهای مربوط به خطرات عمده نقص مکانیکی در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵ - نمونه هایی از سناریوهای مرتبط با مخاطرات عمده فرایندی

رویدادهای آغازگر	رویدادهای بحرانی مرکزی	پیامدهای خطر
شکست تجهیزات یا تاثیرات خارجی یا محیطی یا خطای انسانی	سقوط یا جابجایی اشیا	نقص سازه ای تابش حرارتی انفجار نشت، سمیت
برخورد هواپیما	آسیب مکانیکی / از دست دادن مواد موجود یا آسیب سازه ای	اختلال ساختاری تابش حرارتی انفجار نشت، سمیت
برخورد کشتی (در دریا)	آسیب مکانیکی / از دست دادن مواد موجود اختلال در پایداری	تابش حرارتی انفجار نشت، سمیت
برخورد وسیله نقلیه (در خشکی)	از دست دادن مواد موجود	اختلال حرارتی نشت، سمیت انفجار
لنگر کشی، تورکشی[1] بستر (در محل های خطوط لوله یا زیرساخت‌های موجود در بستر دریا)	آسیب مکانیکی / از دست دادن مواد موجود اختلال در پایداری	تابش حرارتی نشت
شکست یا خستگی مکانیکی (خطوط پهلوگیری، تنش یا کرنش پایه های نگهدارنده سازه، فونداسیون، خستگی اعضای بحرانی)	آسیب مکانیکی	اختلال در پایداری سازه

۵-۲-۵-۵ خطرات محیطی

خطرات محیطی مرتبط با حوادث ناشی از باد، جریان آبی، موج، جابجایی یخ، زلزله، جابجایی خاک، فرونشست زمین، سیل، طوفان یا تند باد، گردباد، سونامی، فوران آتشفشانی است.

به طور معمول، تاسیسات در مقابل سطح معینی از رخدادهای طبیعی طراحی می‌شوند. بنابراین، سناریوهای ناشی از خطرات باقیمانده فراتر از سطوح ایمنی طراحی، بررسی شوند.

1- Trawling

مخاطرات طبیعی باید به طور سیستماتیک بازنگری شوند یا سناریوهای مرتبط در نظر گرفته شوند. رویدادهای بحرانی مرکزی می‌تواند آسیب به سازه، اختلال در پایداری یا از دست دادن مواد موجود باشد و باید مورد به مورد با در نظر گرفتن مشخصه‌های تاسیسات و طراحی با استفاده از مطالعات ایمنی اختصاصی (به عنوان مثال ارزیابی ریسک سازه) ارزیابی شود.

تناوب رویدادهای بحرانی مرکزی باید با استفاده از داده‌های گذشته همراه با تجزیه و تحلیل درخت خطا برای گنجاندن ویژگی‌های خاص تاسیسات و طراحی تخمین زده شود. نمونه‌هایی از سناریوهای مربوط به خطرات محیطی در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶ – نمونه‌هایی از سناریوهای مرتبط با خطرات محیطی

رویدادهای آغازگر	رویدادهای اصلی مرکزی	پیامدهای خطر
ناپایداری جوی (باد، موج، جریان آب)	از دست دادن مواد موجود / آسیب به سازه	اختلال در پایداری نشت مواد، نشت مواد سمی تابش حرارتی انفجار
رویدادهای لرزه ای شدید	از دست دادن مواد موجود / آسیب به سازه	اختلال در پایداری نشت مواد، نشت مواد سمی تابش حرارتی انفجار
کوه‌های یخ	از دست دادن مواد موجود / آسیب به سازه	اختلال در پایداری نشت مواد، نشت مواد سمی تابش حرارتی انفجار
فرونشست زمین	از دست دادن مواد موجود / آسیب به سازه	اختلال در پایداری نشت مواد، نشت مواد سمی تابش حرارتی انفجار
فرسایش (خاک)	از دست دادن مواد موجود / آسیب به سازه	اختلال در پایداری نشت مواد، نشت مواد سمی تابش حرارتی انفجار
سیل	آسیب به سازه	اختلال در پایداری
سونامی	آسیب به سازه موجود در ساحل	اختلال در پایداری

۵-۲-۶ ارزیابی ریسک مقدماتی PRA

هدف از ارزیابی ریسک مقدماتی، تعیین سناریوهایی است که در تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک مورد مطالعه قرار می گیرد. ریسک حاصل از نتایج خطرات هر سناریو برای انسان، محیط زیست، اعتبار و دارایی ها با توجه به فراوانی و شدت آسیب با استفاده از ماتریس غربالگری ریسک ارائه شده در زیر بند ۵-۱-۱۳ جهت تهیه لیست سناریوها و مطالعه تفصیلی، بررسی می شود. ارزیابی ریسک مقدماتی شامل برآورد نیمه کمی ریسک سناریو برای انسان، محیط زیست، اعتبار و دارایی است.

ارزیابی ریسک مقدماتی فقط برای تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو کاربرد دارد. نقش PRA در فرایند کلی مدیریت ریسک فناورانه در شکل ۴ نشان داده شده است. برای تاسیسات کوچک مانند سکوی سرچاهی، تاسیسات جمع آوری کوچک، چاه ها ، چندراهه[1]، ارزیابی ریسک مقدماتی را می‌توان به طور کلی حذف کرد و تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک را مستقیماً انجام داد.

برای ارزیابی ریسک مقدماتی از دو روش استفاده می شود:

- روش ساده شده؛
- روش دقیق.

که روش دقیق، ارجحیت دارد.

روش ساده شده **PRA** در مورد تاسیسات زیر می‌تواند به کار گرفته شود:

- تاسیسات در مرحله پیش- پروژه؛
- تاسیسات در فازهای پروژه و بهره‌برداری که فقط شامل سیالات غیر سمی و فشار پایین تر از ۱۰۰ barg باشد؛
- تاسیسات در فازهای پروژه و بهره برداری و فقط شامل تجهیزات ساده استاندارد مانند تفکیک گرهای استاندارد، لوله کشی. (شامل تکنولوژی جدید نمی‌شود).

روش ساده شده PRA بسیار شبیه به رتبه بندی خطرات پس از مطالعه شناسایی خطرات توسط تیمی از متخصصان با تجربه است. با این حال، روش ساده شده PRA یک رویکرد کاملاً کیفی نیست که بر اساس برداشت مفهومی از ریسک، جهت دهی شده باشد. در این روش باید ارزیابی ساده شده اما محافظه کارانه پیامدها و تناوب، با استفاده از ابزارهای ساده شده مدل‌سازی پیامد و ابزارهای عمومی قطعه شماری بر اساس پایگاه داده های تاریخی شناخته شده، انجام شود.

در روش PRA ساده شده، مطالعه HAZID بلافاصله با رتبه‌بندی خطرات بر اساس برآورد ساده و محافظه کارانه شدت و فراوانی، دنبال می‌شود. با توجه به فراوانی و شدت خسارت، میزان پذیرش ریسک مربوط به هر پیامد خطر مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

1- Manifold

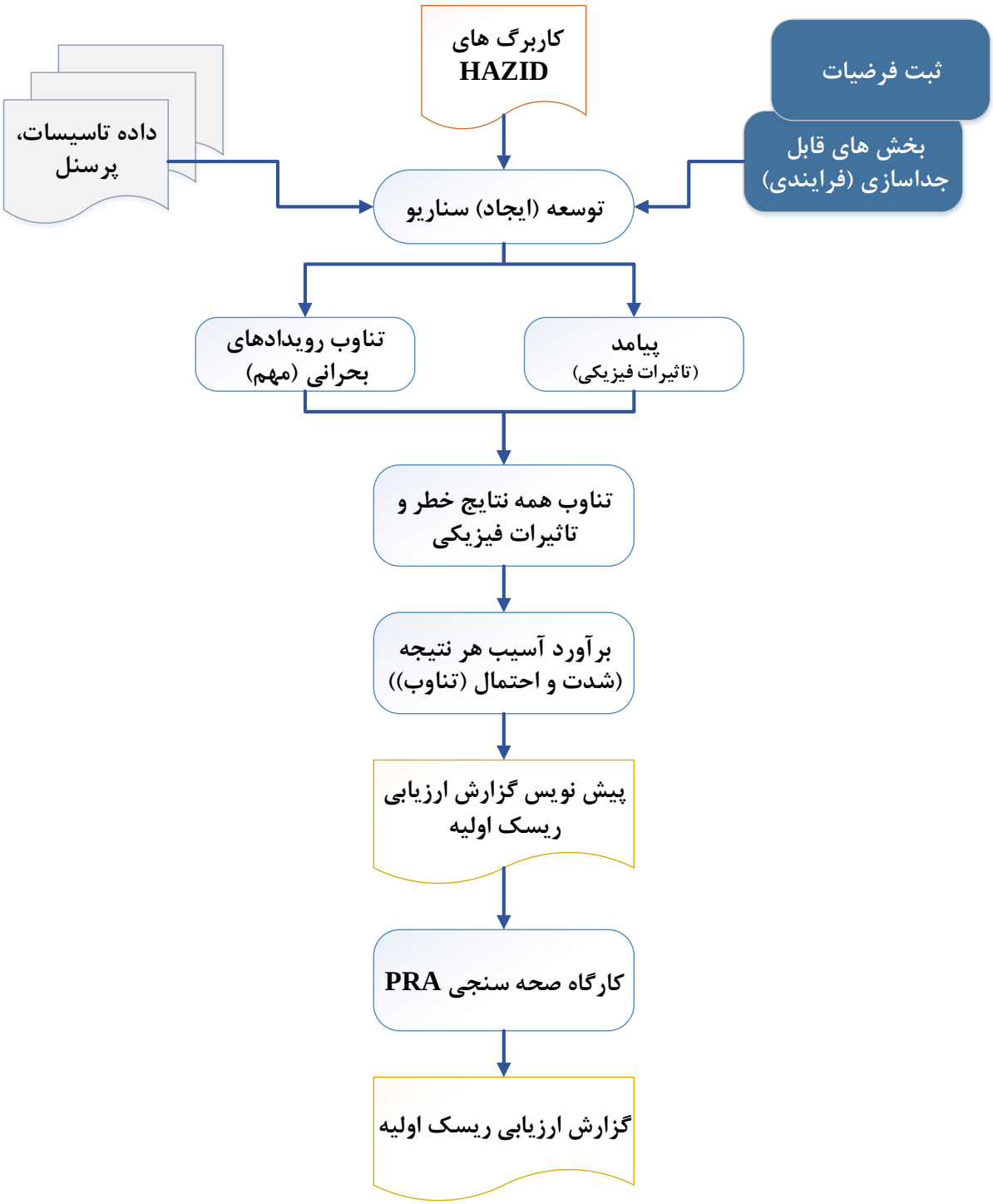
یادآوری- همه فرضیات محاسباتی انجام شده باید در سند «ثبت فرضیات» ثبت شوند.

روش دقیق PRA، شامل شناسایی نظام مند سناریوها، تعیین پیامد و تناوب (بر اساس روش‌های دقیق قطعه شماری و درخت واقعه) به منظور تخمین دقیق میزان خسارت و شدت پیامد برای هر سناریو است. در خصوص موارد زیر، روش دقیق PRA به کار گرفته شود:

- تاسیسات با پتانسیل اثر بر ایمنی عمومی؛
- تاسیسات بزرگ؛
- فناوری‌ها و عملیات جدید که دربرگیرنده مخاطرات بارز به انسان بوده و در حیطه عملیات موجود تاسیسات، مورد ارزیابی قرار نگرفته است.

ارزیابی ریسک مقدماتی شامل مراحل زیر است که در شکل ۸ نشان داده شده است:

- توسعه سناریو؛
- تناوب رویداد بحرانی مرکزی؛
- پیامد ناشی از نتیجه خطر سناریو؛
- تناوب نتیجه خطر؛
- سطح شدت آسیب (انسان، محیط زیست، اعتبار و دارایی)؛
- گزارش دهی؛
- کارگاه اعتبارسنجی PRA.



شکل ۸ - مراحل مربوط به ارزیابی ریسک مقدماتی با روش «دقیق»

۷-۲-۵ توسعه سناریو

الف- آماده سازی

آماده سازی برای توسعه سناریو باید شامل فعالیت‌های زیر باشد:

- تهیه لیست اسناد همراه با شماره سند ، عنوان ، شماره بازبینی؛
- تهیه لیستی از بخش‌های قابل جداسازی(از فرایند) شامل شماره های مسیرجریان، فشار، دما، تجهیزات جداسازی (بالادست و پایین دست)، لیست تجهیزات، برآورد حجم بخار و حجم مایع در بخش قابل جدا سازی (از فرایند)؛
- تهیه پوشه‌ای از نقشه‌های PFD و P&ID که بخش‌های قابل جداسازی(از فرایند) در آن‌ها علامت‌گذاری شده باشند؛
- تهیه نقشه های علامت‌گذاری شده مربوط به طرح جانمایی[1]؛
- جمع آوری داده‌های محیطی (باد ، موج ، جریان در صورت وجود)، از جمله داده‌های جهت باد (نمودار گل باد[2]).

به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به:

- ویژگی‌های محصول و درصد ترکیب جریان‌های فرایند؛
- سطوح سازمانی و توزیع نیروی انسانی در هر ناحیه؛
- اطلاعات تراکم جمعیتی اطراف تاسیسات؛
- برآورد ارزش تقریبی تجهیزات؛
- فلسفه عملیاتی و تعمیر و نگهداری؛
- داده های مربوط به بالابرها (تعداد بالابرها/ سال، وزن/ بالابر)؛
- اطلاعات ترافیکی کشتی در اطراف تاسیسات (برای تاسیسات ساحلی و فراساحلی)؛
- بازبینی کاربرگ ها و گزارش‌های HAZID؛
- تهیه مجموعه فرضیات قابل ثبت در سند «ثبت فرضیات»؛
- سطح جزئیات موارد فوق بسته به فاز توسعه پروژه، متفاوت است.

ب- ثبت رویدادهای بحرانی از کاربرگ HAZID

هدف این کار توسعه سناریوهای مشخص از کاربرگ‌های شناسایی خطر است. برای تعیین سناریوها، باید کاربرگ HAZID بازبینی شود.

خروجی مورد انتظار این کار، تهیه فهرستی همه جانبه از سناریوها (ثبت رویدادهای بحرانی) است که باید شامل شرح سیستم یا بخش، رویدادهای آغازگر، لایه‌های موانع پیشگیرانه، رویداد بحرانی مرکزی، لایه‌های موانع کاهنده، پیامدها (پیامدهای خطر)، تدابیر حفاظتی و مدت زمان نتیجه خطر باشد.

1-Layout drawings
2-Wind rose diagram

در زمان بازبینی، سناریوهای رهایش مواد فرایندی باید به گونهای طبقه بندی شوند که فقط سناریوهای معرف، برای ارزیابی لیست شوند.

ترتیب اطلاعات در کاربرگ باید بر اساس ویژگی‌های مشابه از تناوب رویداد بحرانی مرکزی، پیامد نتایج خطر و آسیب احتمالی به انسان، محیط زیست، اعتبار شرکت یا دارایی باشد.

قضاوت متخصصان همیشه در این کار دخیل است، بنابراین تمام فرضیات تعیین شده توسط گروه متخصص باید در سند «ثبت فرضیات» مستند شود و در طول فرایند ارزیابی ریسک به‌روز شده و نگهداری شود. فرمت ثبت فرضیات در پیوست **ب** ارائه شده است.

یک فهرست کامل از رویدادهای بحرانی مرکزی « منحصربه‌فرد» (غیرمشابه با یکدیگر) می‌تواند به سرعت، تعداد زیادی سناریو ایجاد کند که باید مورد توجه قرار گیرد. بنابراین پیشنهاد می‌شود رویدادهای مشابه با هم بر اساس معیارهای زیر گروه بندی شده و یک رویداد بحرانی مرکزی به عنوان نماینده معرف برای این گروه انتخاب تا مجموعه نمونه کوچکتری از رویدادهای بحرانی مرکزی ایجاد شود:

- تجهیزات با طراحی مشابه، از جمله سیستم‌های ایمنی مرتبط، که در یک منطقه یکسان در تاسیسات واقع شده‌اند؛
- شرایط عملیاتی و ویژگی‌های محصول مشابه هم؛
- نوع نشت یا پارگی مشابه و سطح تناوب یکسان؛
- پیامدهای مشابه.

می توان با ترکیب شدیدترین تناوب و پیامد، رویداد بحرانی مرکزی منتخب را تعیین نمود. فهرست تاسیسات و رویدادهای گروه بندی شده باید به طور مناسب در سند «ثبت فرضیات» ثبت شود.

۵-۲-۷-۱ تناوب رویداد بحرانی مرکزی

اقدام بعدی در ارزیابی ریسک مقدماتی، برآورد محافظه کارانه تناوب رویداد بحرانی مرکزی در همه سناریوهای منتخب ثبت شده است. برآورد تناوب نرخ شکست باید بر اساس اطلاعات پایگاه‌های داده‌های تاریخی تجهیزات باشد. منابع اصلی استخراج داده های تاریخی تجهیزات عبارتند از:

- WOAD (بانک اطلاعات جهانی حوادث فراساحل)[1]؛
- OREDA (داده‌های قابلیت اطمینان فراساحل)[2]؛
- پایگاه داده CHARAD (پایگاه داده داخلی شرکت)[3].

1- Worldwide Offshore Accident Databank
2- Offshore Reliability Data
3- Company internal database

در صورت عدم وجود داده های تاریخی مربوطه جهت تخمین تناوب، تجزیه و تحلیل درخت خطا را می‌توان از منابع اشاره شده در بالا یا سایر منابع مشابه به عنوان یک گزینه در نظر گرفت (جهت کسب اطلاعات بیشتر به استاندارد IEC 61025 مراجعه کنید).

در روش دقیق PRA باید از روش قطعه‌شماری جهت تعیین تناوب رویداد بحرانی مرکزی مرتبط با رهایش (مواد) فرایندی (در اندازه کوچک، متوسط و بزرگ) استفاده شود.

۵-۲-۷-۲ تخمین پیامد

در ارزیابی ریسک مقدماتی، تجزیه و تحلیل پیامدها باید برای برآورد اثرات فیزیکی مرتبط با هر نتیجه خطر انجام شود. اثرات فیزیکی مرتبط با پیامدهای خطر باید با استفاده از ابزارها یا نرم‌افزارهای رایانه‌ای یا جداول ساده شده تجزیه و تحلیل پیامد، برآورد شود.

پارامترهای زیر برای برآورد شدت آسیب مورد ارزیابی قرار می‌گیرد:

- مدت زمان انتشار (با / بدون قابلیت جداسازی (از فرایند))؛
- فاصله تا سطوح شدت خطر- (IDLH، LC1٪ ، مرگ)؛
- پتانسیل گسترش و تشدید.

برای سناریوهای مرتبط با رویدادهای غیرفرایندی، پیامدها باید بر اساس برآورد مهندسی با استفاده از تخصص سازه ای و هیدرودینامیکی باشد. آستانه شدت خطر جهت تعریف IDLH ، LC1% و مرگ و میر، باید مطابق با پیوست پ تعیین شود.

۵-۲-۷-۳ تناوب نتیجه خطر

برای تعیین تناوب نتیجه خطر در ارزیابی ریسک مقدماتی، یک تجزیه و تحلیل ساده درخت رویداد (به استاندارد IEC 61025 مراجعه شود) باید در نظر گرفته شود. نتیجه‌های خطر زیر برای برآورد تناوب‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد:

- تابش حرارتی (برای رویدادهای حریق فورانی / استخری)؛
- دوز حرارتی (برای حریق آنی)؛
- موج فشار ناشی از انفجار (برای رویدادهای UVCE، BLEVE)؛
- ریزش (برای رویداد انتشار مایع بدون احتراق)؛
- انتشار مواد سمی (برای رویداد انتشار بدون احتراق)؛
- اختلال/ ثبات سازه ای.

با توجه به اینکه برآورد تناوب نتیجه های خطر بر اساس قضاوت فنی افراد متخصص انجام می شود، بنابراین باید تمام فرضیات انجام شده توسط کارشناسان باید به طور منسجم در سند ثبت فرضیات، مستند شوند.

۵-۲-۷-۴ شدت و تناوب آسیب

هدف از این اقدام در ارزیابی ریسک مقدماتی، این است که بر اساس تعریف دسته بندی های ارائه شده در زیربندهای ۵-۲-۱۳-۲ و ۵-۲-۱۳-۳، بدترین حالت شدت و رده تناوب آسیب مربوط به هر یک از نتیجه-های خطر، تعیین شود. سطوح آسیب به انسان، محیط زیست، اعتبار شرکت و دارایی باید ارزیابی شود.

تناوب دسته آسیب‌های انسانی باید با در نظر گرفتن احتمال حضور افراد، تعیین شود. برای انجام این کار، سطوح سازمانی و توزیع نیروی انسانی در محل و خارج از تاسیسات مورد بررسی قرار می‌گیرد. پیشنهاد می‌شود به دلیل ضریب رهایش و توزیع متغیر نیروی انسانی، می‌توان بین شرایط عادی عملیات و موارد هم‌زمانی فعالیت‌ها[1]، تمایز در نظر گرفته شود.

به منظور امکان انتخاب تعداد محدودی از سناریوهای عمده برای تجزیه و تحلیل دقیق ریسک، دسته بندی شدت آسیب و تناوب برای همه سناریوها و به صورت جداگانه برای انسان، محیط زیست، اعتبار شرکت و دارایی، در ماتریس غربالگری ریسک ارائه شده در این سند ارائه شده است.

۵-۲-۷-۵ گزارش دهی

گزارش ارزیابی ریسک مقدماتی، باید دربرگیرنده عناوین زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- دامنه و محدوده عملیاتی؛
- داده های مطالعه؛
- روش ارزیابی؛
- نتایج.
  - لیست سناریوهای عمده مورد مطالعه به تفصیل؛
  - لیست سایر سناریوهایی که باید با بکارگیری کاربرگ‌های مدیریت ریسک (RMS [2]) به طور مفصل مورد مطالعه قرار گیرد (به زیر بند ۵-۲-۹ مراجعه شود)؛
- پیوست‌ها؛

1- SIMOPS
2- Risk Management Sheets

- ثبت رویدادهای حیاتی؛
- ارائه سناریوهای منتخب در ماتریس غربالگری (ایمنی، محیط زیست، اعتبار شرکت و دارایی)؛
- ثبت فرضیات؛
- برآورد تناوب (رویداهای حیاتی مرکزی و نتیجه های خطر)؛
- برآورد پیامد؛
- برآورد شدت و فراوانی آسیب.

۸-۲-۵ کارگاه صحه گذاری ارزیابی ریسک مقدماتی

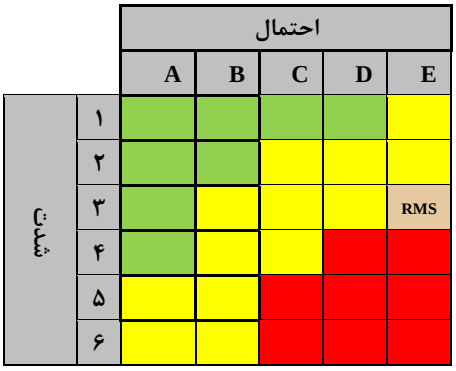
هدف این بخش در ارزیابی ریسک مقدماتی، بررسی و اعتبارسنجی همه سناریوهای عمده در قالب کار تیمی است. شرکت کنندگان در کارگاه اعتبارسنجی باید تا آنجا که ممکن است با افرادی که در جلسات شناسایی خطر شرکت کرده اند، یکسان باشند.

هرگونه اقدامات و فرصتهای فوری کاهش ریسک که در طول کارگاه شناسایی می شود، باید ثبت شده و در گزارش نهایی گنجانده شود.

رهبر تیم HAZID باید به عنوان تسهیل‌گر در کارگاه اعتبارسنجی ایفای نقش نموده عمل کند و مسئول تهیه صورتجلسات کارگاه اعتبارسنجی است.

۹-۲-۵ کاربرگ‌های مدیریت ریسک (RMS)

هدف از روش کاربرگ مدیریت ریسک، ارزیابی نیمه کمی، ریسک‌های سناریوهای با فرکانس بالا اما با شدت کم و همچنین اثبات «ALARP» است. ناحیه کاربردی روش کاربرگ مدیریت ریسک در ماتریس غربالگری در شکل ۹ نشان داده شده است: این رویکرد فقط برای سناریوهای واقع در ناحیه با شدت عمده (۳) و احتمال وقوع محتمل (E) اعمال می‌شود.



شکل ۹- ناحیه کاربرد رویکرد کاربرگ‌های مدیریت ریسک در ماتریس غربال گری

۵-۲-۹-۱ آماده‌سازی برای انجام روش RMS

آماده سازی برای اجرای RMS باید دربردارنده مراحل زیر باشد:

۱- برای هر رویداد بحرانی مرکزی، مدل ساده شده «پاپیون» را رسم کنید و همه موانع موجود و همه نتایج ممکن را شناسایی کنید. مدل پاپیون نمایشی از تمام رویدادهای آغازگر و پیامدهای مرتبط با یک رویداد بحرانی، همراه با موانع ایمنی است که برای پیشگیری، کنترل یا کاهش پیامدهای خطر وجود دارد؛

۲- فراوانی رویداد بحرانی مرکزی را بازبینی کنید یا تخمین بزنید؛

۳- درخت رویداد را برای برآورد فراوانی همه نتایج خطر، با در نظر گرفتن تأثیر موانع ایمنی موجود رسم کنید؛

۴- سطوح شدت خطر مرتبط با نتایج خطر را بازبینی کنید یا تخمین بزنید (SEI، LC1٪ و مرگ و میر و بررسی احتمال در معرض قرار گرفتن پرسنل)؛

۵- طبقه بندی شدت آسیب (ایمنی، محیط زیست و دارایی) بر اساس سطوح شدت خطر را بازبینی کنید یا تخمین بزنید؛

۶- فراوانی پیامد خطر و احتمال مواجهه را با هم تلفیق کنید؛

۷- شدت آسیب و تناوب آسیب مرتبط با یک پیامد خطر در ماتریس غربال‌گری ریسک را طبقه بندی کنید (شکل ۱۴)؛

۸- سناریوها را در نواحی سطح ۱ و سطح ۲ ماتریس ریسک شناسایی کنید و یافته‌ها را گزارش دهید؛

۹- اقدامات بالقوه کاهش ریسک برای سناریوهای سطح ۱ و سطح ۲ در کارگاه کاهش ریسک بازبینی کنید؛

۱۰- سناریوهای مرتبط با اقدامات کاهش خطر شناسایی شده برای کمک به اثبات ALARP را دوباره ارزیابی کنید و یافته‌ها را مستند کنید.

۵-۲-۹-۲ بازبینی تناوب‌ها و پیامدها

تیم RMS باید هر نمودار پاپیون را بررسی کند تا اطمینان حاصل شود که تمام حفاظت‌های موجود نشان داده شده است. فراوانی رویدادهای بحرانی و نتایج خطر باید به همراه سطوح شدت خطر هر پیامد خطر به دقت بازبینی شوند.

۵-۲-۹-۳ ساختار کاربرگ‌های مدیریت ریسک

الگوی ساختاری کار برگ‌های مدیریت ریسک باید شامل بخش های زیر باشد:

۱- مرجع سناریو که در بردارنده مدل پاپیون باشد؛

۲- فراوانی رویداد بحرانی مرکزی؛

۳- طبقه بندی عواقب و شدت آسیب؛

۴- تخمین طبقه‌بندی فرکانس آسیب.

موارد فوق باید پس از کارگاه کاهش ریسک به‌روزرسانی شوند تا تأثیر اقدامات بالقوه کاهش خطر را در بر گیرند. جزئیات بیشتر در مورد کارگاه کاهش ریسک و اثبات ALARP در زیر بند ۵-۲-۱۴ ارائه شده است.

۵-۲-۹-۴ گزارش RMS

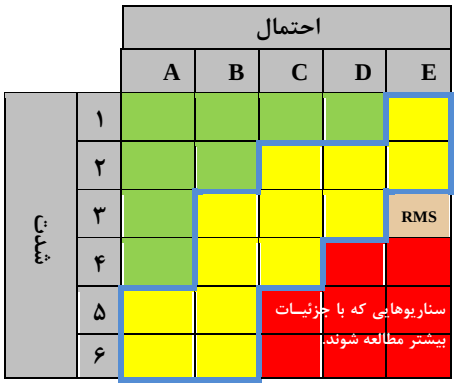
قبل از کارگاه کاهش ریسک، گزارش RMS باید برای بازبینی و صحه‌گذاری به کارفرما ارائه شود .پس دریافت نکته نظرات کارفرما، کارگاه کاهش ریسک برای بازبینی سناریوهای سطح ۱ و سطح ۲ ماتریس ریسک و شناسایی اقدامات بالقوه کاهش ریسک، به منظور برنامه‌ریزی ارزیابی‌های آتی، انجام شود. همچنین، اثر اقدامات کاهش خطر بالقوه باید ارزیابی شود و گزارش مربوط به RMS به روز شود.

گزارش اصلاح شده RMS باید برای اعتبارسنجی و تایید مجدد به کارفرما ارائه شود. گزارش نهایی که در بردارنده نکته نظرات کارفرما است، باید شامل موارد زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- دامنه و محدودیت‌ها؛
- کارگاه کاهش ریسک؛
  - فهرست اقدامات بالقوه کاهش خطر؛
- نتایج و تحلیل؛
  - جدول سناریوها با رتبه بندی (شدت و فراوانی) با /بدون اقدامات کاهش ریسک؛
- پیوست ها؛
  - صورتجلسه کارگاه کاهش ریسک؛
  - اسناد RMS تکمیل شده؛
  - ثبت فرضیات.

۵-۲-۹-۵ گزارش و کاهش پیامد سایر سناریوها

برای سناریوهایی که در ماتریس غربال گری شکل ۱۰ با ناحیه محصور به خط آبی مشخص شده اند، گزارش و کاهش پیامد را می توان صرفاً با استفاده از ماتریس ریسک انجام داد و با خلاصه نگاری رویدادهای اصلی، ردیابی شوند. این سناریوها بیشتر مربوط به ریسک شغلی است.



شکل ۱۰- نواحی با سناریوی با شدت متوسط و فرکانس بالا یا متوسط

۵-۲-۹-۶ تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک سناریوها

تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک به منظور کمی‌سازی ریسک‌های سناریوهای عمده و تأیید مجدد ریسک مربوط به سناریوهای عمده تعیین شده در ارزیابی ریسک مقدماتی با در نظر گرفتن موارد زیر می باشد. فلوچارت کلی تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک در شکل ۱۱ ارائه شده است.

- کمی سازی تناوب رویداد بحرانی مرکزی و کلیه نتایج خطر با مدل‌سازی لایه‌های موانع ایمنی موجود؛
- تخمین آسیب احتمالی با درنظر گرفتن سطح شدت و تناوب آسیب مرتبط با نتیجه خطر؛
- ارائه نتایج ریسک سناریو بر اساس ماتریس ریسک با در نظر گرفتن مقیاس شدت با تناوب آسیب مرتبط با نتیجه خطرات، به صورت جداگانه برای گروه های انسانی، محیط زیستی، اعتبار شرکت و دارایی؛
- شناسایی سناریوها در مناطق سطح ۱ و سطح ۲ ماتریس ریسک و گزارش یافته ها؛
- بازبینی سناریوهای سطح ۱ و سطح ۲ در کارگاه "کاهش ریسک" (به زیر بند ۵-۲-۱۰-۶ مراجعه شود) جهت شناسایی اقدامات و ابزارهای احتمالی کاهش ریسک؛
- ارزیابی مجدد سناریوهای مرتبط با لحاظ کردن اقدامات کاهش ریسک شناسایی شده جهت کمک به اثباتALARP و گزارش یافته ها؛
- با کمک ارائه مدل پاپیونی[1] نشان داده شده برای هر سناریوی اصلی ریسک مدیریت شده است تا اطمینان حاصل شود که حداقل یک لایه مانع ایمنی در هر شاخه از پاپیون، در زمینه پیشگیری و کنترل و کاهش وجود دارد (به استاندارد IEC31010 مراجعه نمایید).

1- Bow-tie

رویکرد تحلیل تفصیلی ریسک سناریو نیازمند مدل‌سازی گسترده پیامدها و تحلیل آماری جهت تعیین سطوح شدت آسیب و تناوب ها برای هر سناریوی عمده می‌باشد. اقدام های اصلی زیر باید به عنوان بخشی از تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک سناریوهای عمده انجام شوند:

۱. بازبینی سناریوها؛

۲. انجام تجزیه و تحلیل تناوب؛

۳. انجام تجزیه و تحلیل پیامدها؛

۴. بازبینی پتانسیل تشدید[1]؛

۵. انجام تجزیه و تحلیل اثرات (آسیب پذیری انسان ، محیط، اعتبار و دارایی)؛

۶. انجام مطالعات میزان حساسیت[2]؛

۷. ارائه نتایج و مستند سازی محاسبات و فرضیات؛

۸. صدور مستندات اولیه جهت اظهارنظر؛

۹. درج نظرات و انتشار مجدد آن برای کارگاه کاهش ریسک؛

۱۰. شناسایی اقدامات کاهش احتمالی سناریوهای سطح ۱ و سطح ۲ در برگزاری کارگاه کاهش ریسک (زیر بند۵-۲-۱۰-۶) ؛

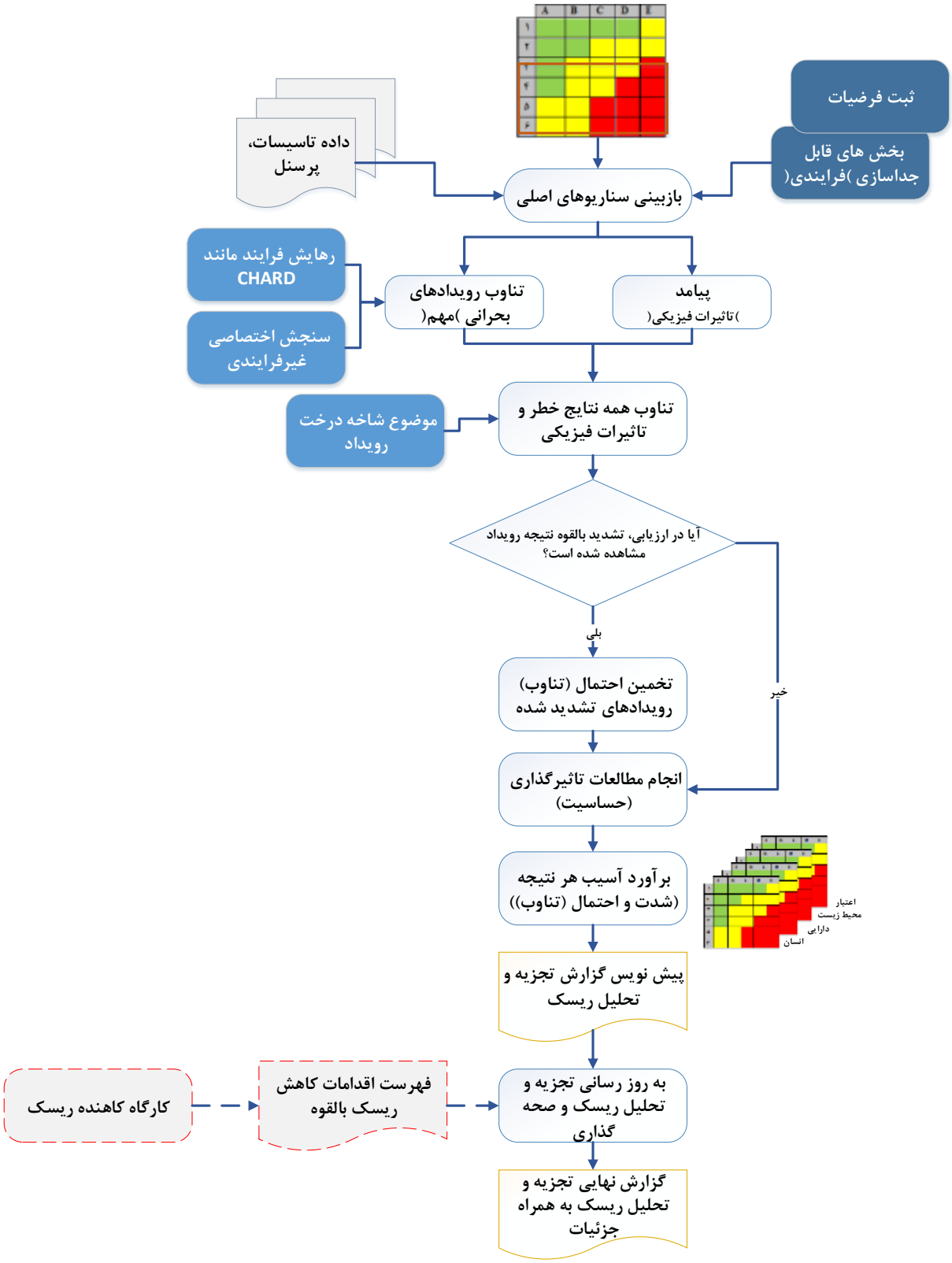
۱۱. به روز رسانی تجزیه و تحلیل ریسک جهت برآورد هزینه – فایده ریسک مرتبط با اقدامات بالقوه کاهش ریسک؛

۱۲. ارسال داخلی گزارش به روز آوری شده جهت بررسی و تأیید؛

۱۳. اعمال نظرات و انتشار گزارش نهایی.

این مراحل در ادامه تشریح شده است.

1-Review of escalation potential
2- Sensitivity



شکل ۱۱ – فلوچارت تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک سناریوهای عمده

۵-۲-۱۰ بازبینی سناریو

بازبینی سناریوهای منتج از مطالعات ارزیابی ریسک مقدماتی از رویداد آغازگر (همه رویدادهای آغازگر رهایش مواد فرآیندی باید در نظر گرفته شوند) تا نتیجه نهایی خطر با هدف شناسایی ابزارهای کنترل ریسک (پیشگیری، کنترل و کاهش)، انجام شود. بازبینی سناریو باید با استفاده از نمایش درخت رویداد و درخت خطا انجام شود تا اطمینان حاصل شود که همه لایه های حفاظتی ایمنی موجود، در تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک سناریوهای عمده لحاظ شده است.

این بازبینی، ممکن است منجر به اصلاح در مدل‌ها برای تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک شود. اصلاح مرتبط باید برای یکی یا چند مورد از عناصر زیر باشد:

- می توان از روش تجزیه و تحلیل درخت خطا برای سناریوهای رهایش «فرایندهای خاص» و «خطای انسانی»، قطعه شماری دقیق و استفاده از پایگاه داده معتبر برای تعیین تناوب رهایش برای سناریوهای رهایش فرایندی معمولی استفاده نمود. توجه شود که روش تجزیه و تحلیل درخت خطا برای تعیین فرکانس رهایش برای سناریوهای عمومی مرتبط با رهایش فرایندی توصیه نمی‌شود؛
- محاسبات پیامد تکمیلی؛
- توسعه درخت رویداد تفصیلی و تجزیه و تحلیل اثرات.

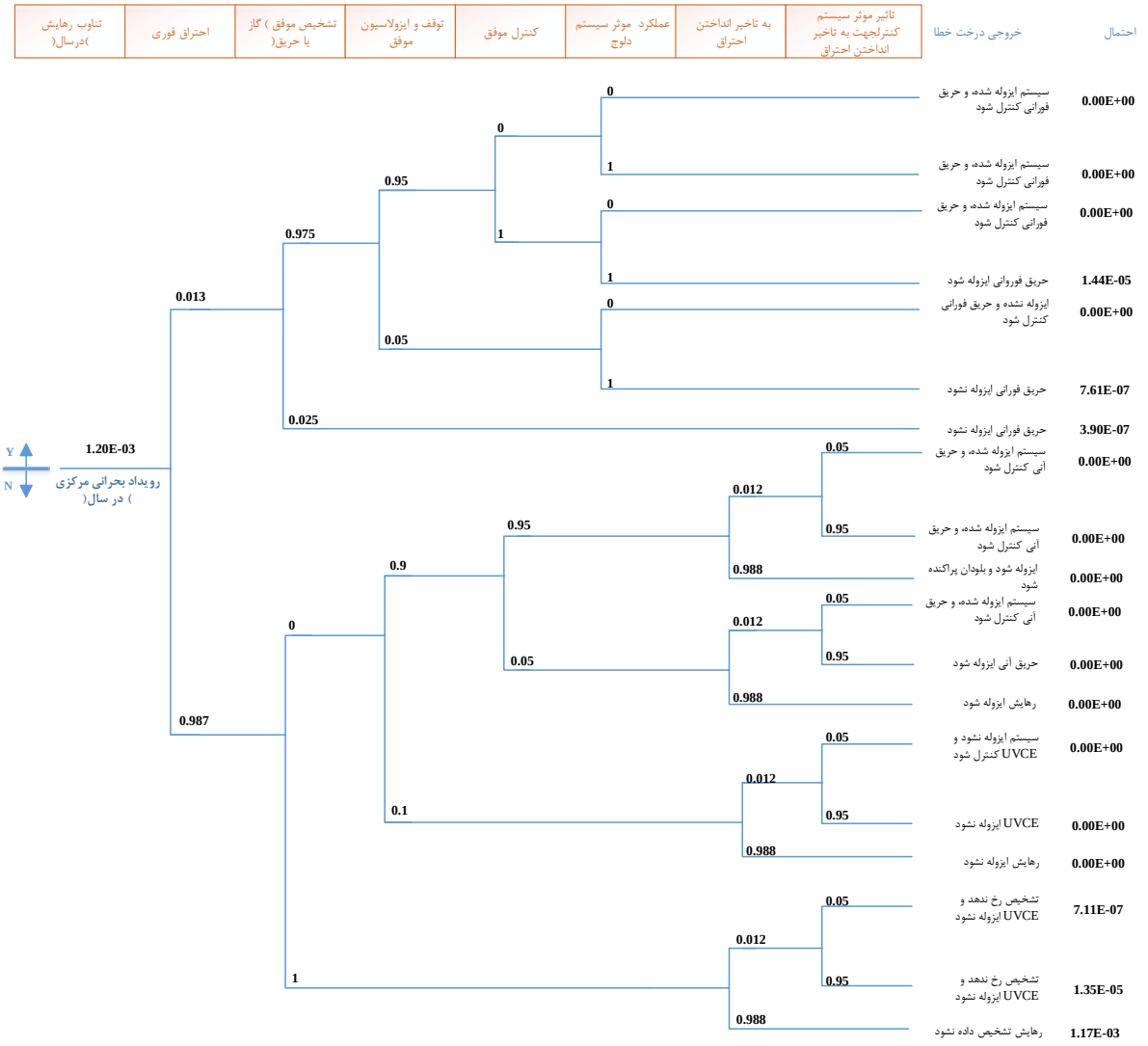
۵-۲-۱۰-۱ تجزیه و تحلیل تناوب

بازبینی سناریوها، دامنه بازنگری مورد نیاز در تجزیه و تحلیل تناوب را پایه گذاری می‌کند. تجزیه و تحلیل درخت رویداد بر اساس IEC 62502 باید به منظور مدل‌سازی توالی توسعه رویدادها از رویداد بحرانی مرکزی تا نتایج مختلف درخت رویداد بر اساس لایه‌های حفاظتی ایمنی موجود و احتمال اشتعال فوری یا با تاخیر انجام شود. لایه‌های حفاظتی زیر برای توسعه درخت رویداد باید بازبینی شوند:

- قابلیت جداسازی خودکار در سیر فرایند یا تشخیص گاز یا حریق در یک منطقه؛
- کاهش اضطراری فشار (فعال سازی دستی یا خودکار در زمان فعال شدن آشکارساز گاز و حریق)؛
- سامانه های اطفا حریق سیلابه ای (فعال شدن دستی یا خودکار در زمان اعلام هشدار آشکارساز حریق در یک منطقه)؛
- سامانه‌های حفاظت غیرفعال در برابر حریق (دیوارهای مقاوم در برابر حریق و موج انفجار، پوشش حفاظتی غیرفعال حریق روی سازه ها، پوشش مخازن).

بر خلاف درخت رویداد ساده شده که در ارزیابی ریسک مقدماتی در نظر گرفته شده‌اند، تمامی لایه های ایمنی باید در تجزیه و تحلیل تفصیلی در نظر گرفته شوند. احتمال‌های شاخه درخت رویداد باید با استفاده از قضاوت مهندسی، داده‌های نرخ خرابی، تجزیه و تحلیل درخت خطا یا ترکیبی از آنها تخمین

زده شود. همه فرضیات باید توجیه شده و در سند ثبت فرضیات، مستند شوند (به پیوست ب مراجعه شود).



شکل ۱۲ – نمونه درخت رویداد برای سناریوی رهایش در تاسیسات فرایندی

۵-۲-۱۰-۲ تجزیه و تحلیل تفصیلی پیامد

به منظور تجزیه و تحلیل تفصیلی نتایج انتشار هیدروکربن ، چندین کد پیشرفته[1] و نرم افزار تجاری در دسترس می باشد(به عنوان نمونه EFFECTS، PHAST، دینامیک سیالات محاسباتی پیچیده که بر اساس کدها پایه گذاری شده‌اند، مانند FLACS ، KFX، FDS، CFX، FLUENT). خروجی گرافیکی محاسبات اثرات فیزیکی مرتبط با رویدادهای انتشار فرآیندی، جهت تسهیل در اطلاع رسانی سطوح شدت خطر، باید ارائه شود.

1- Advanced codes

برای سناریوهای غیر هیدروکربنی، مدل‌سازی نتایج مانند خرابی سازه ، از دست دادن پایداری، آسیب ناشی از سقوط اجسام نیاز به متخصصان و ابزارهای تخصصی بر اساس تجزیه و تحلیل اجزای محدود غیر خطی[1] و یا تجزیه و تحلیل هیدرو دینامیکی[2] یا حتی مدل‌های پدیدارشناسی[3] مبتنی بر تجربه دارد. چنین روش‌هایی می‌تواند بسیار وقت گیر باشد و نیاز به مهارت در تجزیه و تحلیل خرابی سازه، طراحی سازه و دینامیک سیالات دارد. بنابراین انتخاب روش تجزیه و تحلیل بستگی به اهمیت نسبی رویداد با توجه به سطح ریسک کلی تاسیسات و تجهیزات در حال توسعه دارد.

۵-۲-۱۰-۳ پتانسیل تشدید

تشدید به مفهوم افزایش شدت نتیجه خطر ناشی از توسعه خطر (به دلیل شکست کنترل‌گرهای تشدید و لایه‌های حفاظتی کاهنده) است. برای تأسیسات فراساحل به دلیل هندسه متراکم تاسیسات، تشدید رویدادها باید به طور جدی مورد بررسی قرار گیرد تا پتانسیل تشدید بالقوه مرتبط با نتایج خطر مشخص شود. مدل‌سازی پتانسیل تشدید باید بر ویژگی‌های حریق و رویدادهای انفجار در سازه ها یا تجهیزات آسیب‌پذیر متمرکز شود.

به عنوان مثال، نتایج تشدید می تواند منجر به انتشار ثانویه مواد فرایندی (مانند BLEVE)، پرتابه[4]، واژگونی، خرابی فاجعه بار سازه ای و اختلال در فرار و تخلیه شود.

۵-۲-۱۰-۴ مطالعات حساسیت[5]

تجزیه و تحلیل حساسیت، نقش مهمی در تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک ایفا و به درک عدم قطعیت های مربوط به برآورد ریسک کمک می کند. تجزیه و تحلیل حساسیت باید بر اساس روش های مورد تأیید شرکت در خصوص موارد حساسیت، صورت پذیرد (به زیر بند ۵-۲-۱۲مراجعه کنید).

۵-۲-۱۰-۵ برآورد احتمالی طبقه بندی آسیب و تناوب

هدف از این مرحله، تعیین بدترین وضعیت آسیب (جزئی، خیلی شدید، فاجعه بار یا مهم) و تناوب مربوط به هر «خروجی خطر»[6] است. برای سناریوهای رهایش هیدروکربن، ارزیابی می‌تواند با توجه به تنوع در جهت انتشار، تجمع کارکنان، احتمال مواجهه با کارکنان، جهت باد و غیره، پیچیده باشد.

در تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک، یک تصویر احتمالی از آسیب مرتبط با همه «نتایج درخت رویداد» بر اساس سطوح شدت خطر، تجمع پرسنل، پارامترهای مواجهه و محیطی، باید ارزیابی شود.

1- Non-linear finite element analysis
2- Hydro-dynamic analyses
3- Phenomenological models
4- Missiles
5- Sensitivity studies
6- Hazard outcome

برای هر «نتیجه خطر» (به عنوان مثال حریق تجهیز جداسازی شده (از فرایند) که منجر به تابش حرارتی شود) می‌توان چندین «نتیجه درخت رویداد» را در تجزیه و تحلیل دقیق درخت رویداد در نظر گرفت. در این مثال، حریق تجهیز جداسازی شده (از فرایند) می‌تواند از انواع زیر در یک درخت رویداد، دنبال گردد:

- حریق تجهیز جداسازی شده (از فرایند)، مجهز به سیستم بلودان[1] و سیلابه ای[2]؛
- حریق تجهیز جداسازی شده (از فرایند) و مجهز به سیستم سیلابه ای؛
- حریق تجهیز جداسازی شده (از فرایند) ، بدون سیستم سیلابه ای و بلودان.

اثرات فیزیکی مرتبط با نتایج سه رویداد فوق، می تواند بر اساس ویژگی های سیال و باقیمانده مواد در بخش قابل جداسازی (از فرایند) و فشار، متفاوت باشد. بنابراین هر خروجی درخت رویداد، به طور بالقوه دسته بندی آسیب و تناوب متمایز را ارائه می دهد.

در تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک، توصیه می شود «نتایج درخت رویداد» با یک «نتیجه خطر» منحصر به فرد ترکیب شود.

این رویکرد با ارائه یک مثال از نتایج تجزیه و تحلیل درخت رویداد مرتبط با یک رویداد بحرانی مرکزی در جدول ۷، توضیح داده شده است. «نتیجه خطر» مربوط به رویداد بحرانی مرکزی (مثلاً انتشار با اندازه رهایش متوسط از بخشی از تأسیسات که حاوی سیال سمی باشد) عبارتند از:

مرجع سناریو	نتیجه خطر
۱. Expl-U	انفجار تجهیز/بخش جداسازی نشده از فرایند (موج فشار ناشی از انفجار)
۲. Flash-I	حریق آنی تجهیز/بخش جداسازی شده از فرایند (دوز حرارتی)
۳. Fire-I	حریق تجهیز/بخش جداسازی شده از فرایند (تابش حرارتی)
۴. Fire-U	حریق تجهیز/بخش جداسازی نشده از فرایند (تابش حرارتی)
۵. Toxic-I	رهایش مواد سمی از تجهیز/بخش جداسازی شده از فرایند (دوز سمیت)
۶. Toxic-U	رهایش مواد سمی از تجهیز/بخش جداسازی نشده از فرایند (دوز سمیت)

نتایج تجزیه و تحلیل دقیق ریسک مربوط به این شش سناریو، در جدول ۷ ارائه شده است.

1- Blown down
2- Deluged

جدول ۷ – یک مثال از نتایج رویداد همراه با خسارت‌ها از یک «رویداد اصلی مرکزی»

پیامد	نتیجه درخت رویداد	تناوب آسیب به انسان در سال				
		متوسط	شدید	بسیار شدید	مصیبت بار	فاجعه بار
انفجار	UVEC تجهیز/بخش جداسازی نشده و دارای سیستم سیلابه‌ای					5.14E-07
انفجار	UVEC تجهیز/بخش جداسازی نشده					1.14E-06
انفجار	UVEC تجهیز/بخش جداسازی نشده و فاقد سیستم آشکارساز					2.17E-05
حریق	حریق تجهیز/بخش جداسازی شده، دارای سیستم بلودان و سیلابه‌ای			9.96E-06		
حریق	حریق تجهیز/بخش جداسازی شده و دارای سیستم بلودان			1.89E-04		
حریق	حریق تجهیز/بخش جداسازی شده و دارای سیستم سیلابه‌ای				5.24E-07	
حریق	حریق تجهیز/بخش جداسازی شده				9.96E-06	
حریق	حریق تجهیز/بخش جداسازی نشده و دارای سیستم سیلابه‌ای				5.52E-07	
حریق	حریق تجهیز/بخش جداسازی نشده (بدون اثر سیستم سیلابه ای)				1.05E-05	
حریق	حریق تجهیز/بخش‌جداسازی نشده				2.45E-05	
حریق آنی	حریق آنی تجهیز/بخش جداسازی شده، دارای سیستم بلودان و سیلابه‌ای			9.27E-06		
حریق آنی	حریق آنی تجهیز/بخش جداسازی شده و دارای سیستم بلودان			4.88E-06		
حریق آنی	حریق آنی تجهیز/بخش جداسازی شده و دارای سیستم سیلابه‌ای			9.27E-05		
حریق آنی	حریق آنی تجهیز/بخش جداسازی شده			4.88E-06		
سمیت	رهایش مواد سمی تجهیز/بخش جداسازی شده و دارای سیستم بلودان				4.7E-03	
سمیت	رهایش مواد سمی تجهیز/بخش جداسازی شده					5.04E-04
سمیت	رهایش مواد سمی تجهیز/بخش جداسازی نشده – هنگام روز					1.18E-04
سمیت	رهایش مواد سمی تجهیز/بخش جداسازی نشده – هنگام شب				1.18E-04	
سمیت	رهایش مواد سمی دارای سیستم آشکارساز – هنگام روز					1.01E-04
سمیت	رهایش مواد سمی فاقد سیستم آشکارساز – هنگام شب				1.01E-04	

سناریو	نتیجه درخت رویداد	تناوب خسارت به انسان در سال				
		متوسط	شدید	بسیار شدید	مصیبت بار	فاجعه بار
۱- Expl-U	انفجار تجهیز/بخش جداسازی نشده و فاقد سیستم آشکارساز (افزایش فشار بیش از حد)					2.34E-05
۲- Flash-I	حریق آنی تجهیز/بخش جداسازی شده (دوز حرارتی)			1.12E-04		
۳- Fire-I	حریق تجهیز/بخش جداسازی شده (تابش حرارتی)			1.99E-04	1.05E-05	
۴- Fire-U	حریق تجهیز/بخش جداسازی نشده (تابش حرارتی)				3.56E-05	
۵- Toxic-I	رهایش مواد سمی تجهیز/بخش جداسازی شده (دوز سمیت)				4,74E-03	5.04E-04
۶- Toxic-U	رهایش مواد سمی تجهیز/بخش جداسازی نشده (دوز سمیت)				2.29E-04	2.29E-04

۵-۲-۱۰-۶ کارگاه کاهش ریسک

پس از انتشار و تایید پیش نویس گزارش، گام بعدی، شناسایی اقدامات کاهش سناریوهای با ریسک سطح ۱ و سطح ۲ ، در کارگاه کاهش خطر است.

۵-۲-۱۰-۷ به روز رسانی تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک

تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک باید برای ارزیابی هزینه- فایده ریسک حاصل از اقدامات کاهش ریسک مرتبط، به روز رسانی شود. این شامل به روز رسانی تعدادی از سناریوهایی است که به طور بالقوه تحت تأثیر اقدامات کاهش خطر، قرار می‌گیرند. پس از تأیید گزارش تجزیه و تحلیل ریسک به روز رسانی شده، باید اطلاعات ورودی لازم جهت کمک به اثبات ALARP ایجاد شود (به زیربند ۵-۲-۱۴مراجعه کنید).

۵-۲-۱۰-۸ گزارش دهی

باید اطمینان حاصل شود که تمام نظرات پیشنهادی قبل از ارائه گزارش نهایی، اعمال شده باشد.گزارش نهایی باید شامل بخش‌های زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- دامنه و محدودیت های مطالعاتی؛

- لیست سناریوهای عمده با طبقه بندی ریسک؛

- روش شناسی؛
- کارگاه کاهش ریسک و اقدامات احتمالی کاهش ریسک؛
- نتایج و بحث ها؛

- جداول خلاصه با رتبه بندی (شدت و تناوب) با و بدون اقدامات احتمالی کاهش ریسک؛
- ترسیم نتایج ریسک سناریو بر اساس ماتریس ریسک (ایمنی، محیط زیست، اعتبار و دارایی) - با و بدون اقدامات احتمالی کاهش ریسک؛
- خروجی گرافیکی IDLH، ۱٪ LC ، سطوح آسیب کشنده مربوط به سناریوهای نمونه ؛
- ارائه مدل پاپیونی تمام سناریوهای عمده؛

- موارد الحاقی؛

- ثبت فرضیات؛
- داده های تناوب خرابی و تعداد قطعات؛
- نتایج تجزیه و تحلیل تناوب شامل درخت رویداد؛
- نتایج تجزیه و تحلیل پیامدها؛
- نتایج تجزیه و تحلیل اثرات[1]؛
- صورتجلسه کارگاه کاهش ریسک.

۵-۲-۱۱ تجزیه و تحلیل کمی ریسک (QRA)[2]

QRA به عنوان یک روش تکمیلی برای برآورد مجموع ریسک برای افراد و گروه‌ها (چه در محیط تاسیسات و چه در خارج محیط تاسیسات) استفاده می‌شود. مراحل انجام QRA به طور خلاصه در این بخش شرح داده شده است.

برای تأسیسات فراساحل، مجموعه‌ای از مطالعات تجزیه و تحلیل ریسک مستقل به عنوان بخشی از QRA انجام می‌شود. این مطالعات شامل موارد زیر است اما محدود به آن‌ها نمی‌شود:

- تجزیه و تحلیل خطر آتش سوزی و انفجار(FERA) (منطبق با HSE-16)؛
- تجزیه و تحلیل ریسک سقوط اجسام؛

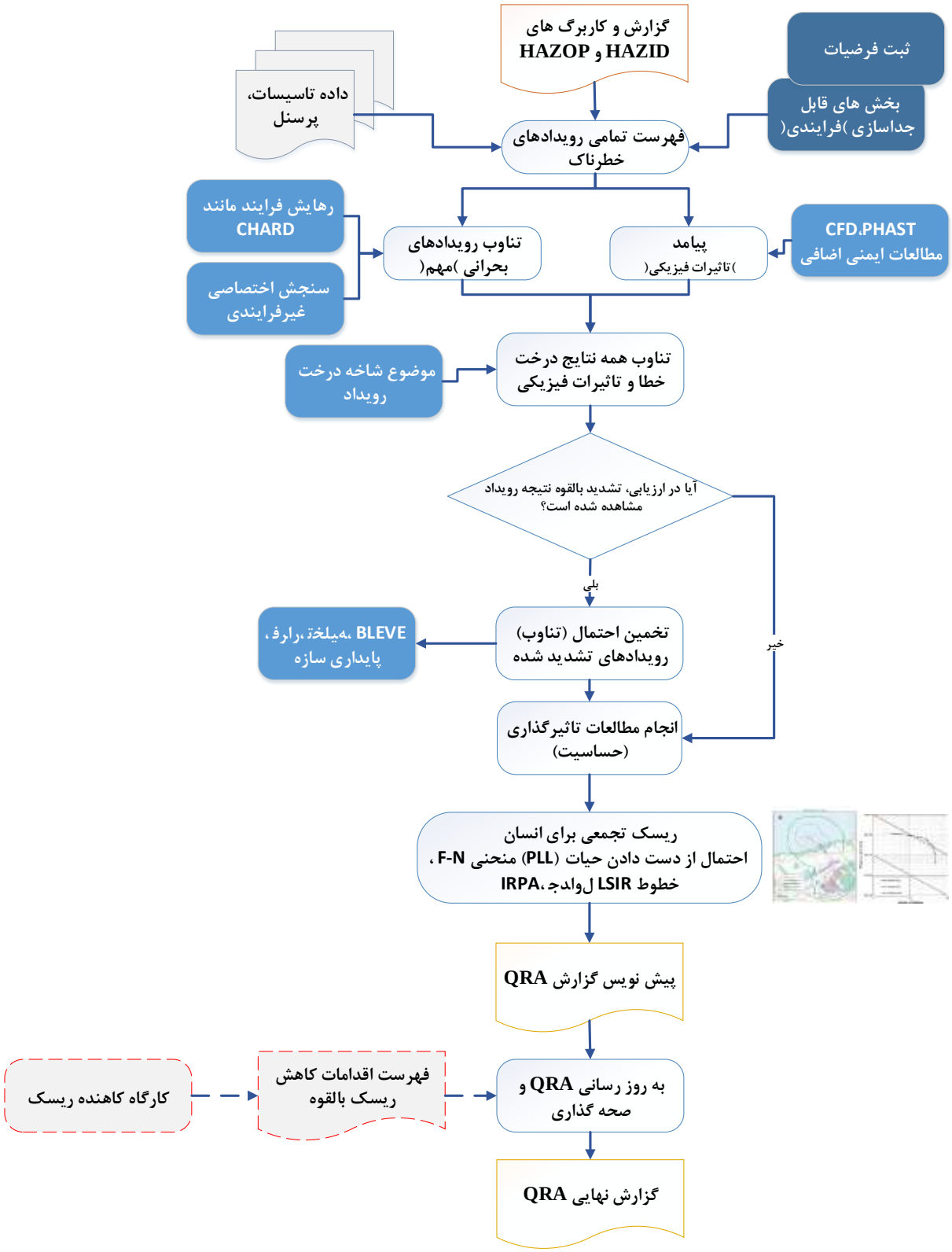
1- Impact analysis
2- Quantitative Risk Analysis (QRA)

- تجزیه و تحلیل ریسک رهایش مواد زیر دریا؛
- تجزیه و تحلیل ریسک حفاظت در برابر موج فشار ناشی از انفجار؛
- تجزیه و تحلیل ریسک عملیات مجاور[1]؛
- تجزیه و تحلیل ریسک برخورد کشتی؛
- تجزیه و تحلیل اختلال عملکرد ایمنی پناهگاه موقت؛
- تجزیه و تحلیل ریسک فرار و تخلیه اضطراری(EERA) (منطبق با HSE-18)؛
- تجزیه و تحلیل قابلیت بقاء/پایداری سیستم اضطراری؛
- تجزیه و تحلیل واکنش در ریزش نفت؛
- تجزیه و تحلیل یکپارچگی سازه ای[2].

در مرحله پروژه، بسیاری از تجزیه و تحلیل های فوق، ورودی مستقیم به مرحله توسعه طراحی مهندسی[3] (به عنوان مثال در طراحی محاسبات بار تصادفی) می‌باشد.

شمای کلی فلوچارت اجرایی تجزیه و تحلیل کمی ریسک در شکل ۱۳ ارائه شده است.

1- Close proximity operation
2- Structural integrity
3- Engineering design



شکل ۱۳ – فلوچارت اجرایی QRA

۵-۲-۱۱-۱ آماده سازی

تجزیه و تحلیل کمی ریسک، مستلزم مدل‌سازی تمام سناریوها جهت برآورد ریسک تجمعی است. بنابراین نیاز به مدل‌سازی گسترده جهت تعیین احتمال از دست دادن حیات (برای افراد) در هر یک از رویدادهای خطرناک، می باشد.

اقدام‌های اصلی زیر باید به عنوان بخشی از QRA در یک تاسیسات، انجام شود:

۱- بازبینی رویدادهای خطرناک برگرفته از کاربرگ‌های HAZID وHAZOP؛

۲- تجزیه و تحلیل تناوب؛

۳- تجزیه و تحلیل پیامدها؛

۴- بازبینی پتانسیل تشدید؛

۵- تجزیه و تحلیل اثرات؛

۶- مطالعات حساسیت؛

۷- ارائه نتایج حاصل از نتایج ریسک تجمعی (نمودارLSIR ، منحنی PLL ، IRPA، FN). برآورد ریسک فردی مرتبط با ریسک شغلی؛

۸- گزارش نتایج تجزیه و تحلیل شامل محاسبات و فرضیات؛

۹- ارائه تاییدیه جهت دریافت نظرات پیشنهادی؛

۱۰- اعمال نظرات پیشنهادی و ارائه مجدد در کارگاه کاهش ریسک؛

۱۱- شناسایی اقدامات کاهش احتمالی جهت آدرس دهی به سطوح IRPA در نواحی سطح ۱ و سطح ۲ در زمان برگزاری کارگاه کاهش ریسک (زیر بند ۵-۲-۱۰-۶)؛

۱۲- به روزرسانی QRA جهت برآورد مزایای ریسک مرتبط با اقدامات احتمالی کاهش ریسک؛

۱۳- ارائه گزارشات تاییدیه جهت دریافت نظرات پیشنهادی؛

۱۴- اعمال نظرات پیشنهادی و ارائه گزارش نهایی.

مراحل بالا در شکل ۱۳ نشان داده شده است و عناصر اصلی آن به طور خلاصه در بخش‌های بعدی مورد بحث قرار گرفته اند.

۵-۲-۱۱-۲ فهرست رویدادهای خطرناک

بازبینی گزارش های شناسایی خطر بر اساس داده های تاسیسات (نقشه جانمایی[1]، P&ID، PFD، نقشه های طرح و غیره)، داده های جمعیتی، توزیع نیروی انسانی و شرایط محیطی برای ایجاد فهرستی از رویدادهای خطرناک به منظور ثبت رویدادهای مهم (مشابه ثبت رویدادهای بحرانی در تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو)، باید صورت پذیرد.

فهرست رویدادهای خطرناک براساس رویدادهای فرایندی و غیر فرایندی بر اساس بخشهای قابل جداسازی تاسیسات، تقسیم بندی می شوند. در سناریوهای رهایش عمومی (مواد از فرایند)، تناوب رهایش باید بر اساس داده های تاریخی گذشته (CHARAD) باشد. باید حداقل چهار سناریوی رهایش برای محاسبات QRA مطابق با جدول ۸ در نظر گرفته شود.

جدول ۸- اندازه حفره در سناریوهای رهایش عمومی مواد از فرایند جهت انجام مطالعات QRA

قطر سطح مقطع معادل جهت تجزیه و تحلیل پیامد (mm)	محدوده قطر جهت تخمین تناوب (mm)
۵	۵-۱
۲۰	۲۰-۵
۶۵	۶۵-۲۰
قطرخط لوله یا بزرگترین اتصال فلنج	۶۵- پارگی کامل[2]

مشابه تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو، کلیه فرضیات، باید به طور نظام‌مند و با ارائه توجیهات و دلیل در سند «ثبت فرضیات» مستندسازی شوند (به پیوست ب مراجعه کنید). قبل از صدور پیش نویس گزارش QRA، تأییدیه برای کلیه فرضیات باید اخذ گردد.

به منظور برآورد میزان مواجهه افراد در معرض سطح شدت خطر، ارائه فلسفه عملیات، تعداد نیروی انسانی و توزیع نیروی انسانی درون و اطراف تاسیسات، الزامی است.

۵-۲-۱۱-۳ تجزیه و تحلیل تناوب

این مرحله مشابه اقداماتی است که در ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو انجام می شود (به زیر بند ۵-۲ مراجعه کنید) با این تفاوت که همه سناریوها باید جهت تعیین سطح ریسک تجمعی، مورد بررسی قرار گیرند.

1- Plot Plan
2- Full bore

۵-۲-۱۱-۴ تجزیه و تحلیل پیامد

این مرحله مشابه اقدامات انجام شده در ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو می باشد (به بخش ۵-۲-۴مراجعه کنید) با این تفاوت که همه سناریوها باید جهت تعیین سطح ریسک تجمعی، مورد بررسی قرار گیرند.

۵-۲-۱۱-۵ تجزیه و تحلیل اثرات

بر خلاف تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو، سطح خطر IDLH (به پیوست پ مراجعه کنید)، برای محاسبات QRA استفاده نمی‌شود. جهت تعیین پتانسیل بالقوه مرگ برای افرادی که در معرض سطوح مختلف شدت خطر قرار دارند، باید از معادلات پروبیت[1] (واحد قیاس آماری براساس حداقل انحراف از میزان متوسط) استفاده شود. معادلات پروبیت پیشنهادی در پیوست ۳ ارائه شده است.

در تجزیه و تحلیل اثرات، احتمال از دست دادن حیات (PLL) مرتبط با هر نتیجه درخت رویداد و سپس تجمیع آن برای همه نتایج درخت‌های رویداد مرتبط با همه سناریوها، تعیین می شود.

ترکیب نتایج درخت رویداد با یک نتیجه خطر خاص(آن گونه که در بند ۵-۲-۴ توضیح داده شده است)، در تجزیه و تحلیل QRA مورد نیاز نیست.

فاکتورهای موثر در احتمال، مانند موقعیت و جهت رهایش، سرعت و جهت باد، پرسنل و توزیع نیروی انسانی جهت تخمین تناوب مرگ در یک نقطه معین، باید در نظر گرفته شوند. این داده ها جهت رسم نمودار ریسک فردی خاص (LSIR)[2]و منحنی های F-N در هر محل، مورد نیاز است.

۵-۲-۱۱-۶ پتانسیل تشدید

مشابه تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو، تشدید بر افزایش شدت نتیجه خطر ناشی از گسترش آن (به دلیل نقص/ شکست لایه‌های کنترل تشدید و موانع کاهنده)، دلالت دارد. برای تأسیسات فراساحل به دلیل هندسه نصب متراکم تاسیسات، تشدید رویدادها باید به طور جدی مورد بررسی قرار گیرند تا پیامدهای بالقوه ناشی از تشدید مرتبط با هر نتیجه درخت رویداد، مشخص شود. مدل‌سازی پتانسیل تشدید باید بر ویژگی‌های حریق و وقوع انفجار در سازه‌ها یا تجهیزات آسیب‌پذیر متمرکز شوند.

به عنوان مثال، نتایج تشدید می‌تواند رویدادهای ثانویه مانند BLEVE، پرتابه، واژگونی، تخریب فاجعه بار سازه و اختلال در فرار و تخلیه، باشد.

احتمال از دست دادن حیات ناشی از وقایع تشدید شده، باید در محاسبات تجمعی ریسک لحاظ شود. سهم ریسک تجمعی از نظر تشدید ریسک باید جهت بازبینی موانع حفاظتی در برابر رویدادهای تشدید شده، در زمان برگزاری کارگاه کاهش ریسک، ارائه شود.

1- Probit
2- Location Specific Individual Risk

۵-۲-۱۱-۷ مطالعات حساسیت

تجزیه و تحلیل حساسیت نقش مهمی در QRA ایفا می‌کند تا به درک عدم قطعیت‌های مرتبط با برآورد تجمعی ریسک کمک کند. (به زیر بند ۵-۲-۱۳-۲ مراجعه شود).

۵-۲-۱۱-۸ بیان (میزان) ریسک

در QRA، ریسک‌های تجمعی متاثر بر انسان، با تجمیع (یکپارچگی) همه رویدادهای خطرناک ارزیابی می‌شود. ابزارها و نرم افزارهای تجاری برای انجام فعالیت یکپارچه سازی ریسک در بخش خشکی یا برخی از تاسیسات فراساحلی در دسترس می‌باشد. نتایج زیر باید برای تأسیسات فراساحل و بخش خشکی ارائه شود:

- نمودار LSIR در نقشه های جانمایی (اندازه A3 یا بالاتر با خطوط در فاصله منظم از 1E-01تا 1E-08در سال). LSIR در یک موقعیت خاص، بیان‌گر ریسک برای فردی است که ۲۴ ساعت در روز و ۳۶۵ روز در سال در آن موقعیت مستقر هستند، می‌باشد. خطوط LSIR باید با فواصل منظم از محدوده 1E-01 تا 1E-08 و برای همه تاسیسات و مراکز فرایندی خشکی و فراساحلی ایجاد شود. خطوط LSIR روی نقشه جانمایی، یک ورودی موثر جهت تجسم و بازبینی حدود بالای ریسک فردی در یک موقعیت، برای کارگاه کاهش ریسک می‌باشد. علاوه بر این، خطوط LSIRباید در نقشه جانمایی به ازاء هر گروه خطر و برای خطرات حریق، سمیت و انفجار ایجاد شود؛
- جمع بندی نتایج برای شاخص احتمال دست دادن حیات در اثر حوادث خطرناک (حریق فرایندی، انفجار فریندی، سمیت فرایندی، حوادث فزاینده ، حوادث خط لوله، سقوط اجسام ، هلیکوپتری، رهایش مواد در زیر دریا، خرابی سازه، خرابی پهلوگیری/لنگرگاه، حمل و نقل)؛
- جداول IRPA و PLL برای گروه‌های کاری پرسنل با شکست به گروه‌های مختلف کاری. ریسک شغلی باید به طور جداگانه برای تعیین بیشترین سطوح IRPA گروه شغلی، برآورد شود؛
- منحنی های F-N جداگانه برای حریق، انفجار، سمیت و خطرات ترکیبی ارائه شود. هیچ معیار قابل قبولی برای ارزیابی سطوح ریسک ارائه شده در قالب منحنی F-N وجود ندارد. با این حال، منحنی F-N می تواند برای ارزیابی ریسک عمومی برای جامعه و همچنین برای مقایسه ریسک، مورد استفاده قرار گیرد.

بسته به دامنه QRA، ارائه ریسک تجمعی تکمیلی، برای موارد زیر باید انجام شود:

- تناوب اختلال در عملکرد ایمنی (پناهگاه موقت (TR) یا نقاط تجمع) ؛
- منحنی نشان‌دهنده تناوب تجمعی حوادث (F) دربرگیرنده هزینه معین خسارت به دارایی (C) یا بیشتر؛

- منحنی نشان دهنده تناوب تجمعی حوادث (F) دربرگیرنده اندازه نشت معین (S) یا بیشتر؛
- نرخ سالانه ریزش نفت که تناوب تجمعی نرخ‌های مختلف نشت را نشان می دهد؛
- منحنی‌های برش عرضی ریسک[1] برای QRA خط لوله.

۵-۲-۱۱-۹ کارگاه کاهش ریسک

گام بعدی پس از تأیید پیش نویس گزارش QRA ، شناسایی اقدامات احتمالی برای کاهش IRPA مرتبط با سطح ۱ و سطح ۲ با استفاده از کارگاه کاهش ریسک می باشد.

رویدادهای خطرناک و تاثیر آنها در منحنی PLL ، LSIR و F-N به طور نظام‌مند در کارگاه ریسک برای پشتیبانی از ارائهALARP ، بازبینی می‌گردد.

۵-۲-۱۱-۱۰ به‌روز رسانی QRA

QRA باید برای ارزیابی مزیت حاصله از اقدامات احتمالی کاهش ریسک، به روز رسانی شود. این موضوع شامل به روز رسانی تعدادی از رویدادهای خطرناک است که به طور بالقوه تحت تأثیر اقدامات کاهش ریسک، قرار می گیرند. گزارش QRA به روز رسانی شده، باید به عنوان یک ورودی در مرحله اثبات ALARP، استفاده شود.

۵-۲-۱۱-۱۱ گزارش دهی

گزارش نهایی QRA باید شامل بخش‌های زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- دامنه و محدودیت‌ها؛
- روش‌شناسی؛
- کارگاه کاهش ریسک و اقدامات احتمالی کاهش ریسک؛
- نتایج و بحث‌ها؛
  - نمودار LSIR در نقشه‌های جانمایی (نقشه‌های اندازه A3 به طور جداگانه برای حریق، انفجار، سمیت و ترکیبی از مواد فوق)؛
  - جداول PLL با رویدادهای مختلف از جمله ریسک‌های شغلی و حمل و نقل؛
  - جداول IRPA با رویدادهای مختلف مانند بالا؛
  - منحنی F-N (حریق، انفجار، سمیت و ترکیبی از مواد فوق)؛

1- Risk transect curves

- نتایج ریسک کلی اضافی بر اساس دامنه کار؛

• پیوست‌ها؛

- ثبت فرضیات؛
- داده‌های تناوب و برگه‌های قطعه شماری؛
- نتایج تجزیه و تحلیل تناوب شامل درخت‌های رویداد؛
- نتایج تجزیه و تحلیل پیامدها؛
- تجزیه و تحلیل تشدید؛
- تجزیه و تحلیل حساسیت؛
- نتایج تجزیه و تحلیل اثرات؛
- مستندات کارگاه کاهش ریسک.

۵-۲-۱۲ تجزیه و تحلیل حساسیت

هدف از تجزیه و تحلیل حساسیت نشان دادن تناسب و استحکام فرضیات در نظر گرفته شده برای ارزیابی تجزیه وتحلیل ریسک، است. تجزیه و تحلیل حساسیت باید به عنوان یک بخش در گزارش‌های تجزیه و تحلیل تفصیلی ریسک سناریوها و گزارش‌های QRA، لحاظ شود.

تجزیه و تحلیل حساسیت باید شامل تغییر یک یا چند پارامتر و فرضیات تجزیه و تحلیل ریسک به منظور بررسی تاثیر این تغییرات بر نتایج کلی، است. بدین منظور، موارد تاثیر گذار(حساس) باید در مراحل اولیه تجزیه و تحلیل ریسک تعریف شود.

۵-۲-۱۲-۱ تعریف موارد تاثیرگذار (حساس)

تجزیه و تحلیل ریسک شامل عناصر متفاوتی از عدم قطعیت به دلیل داده‌های ورودی، فرضیات، برآورد تناوب، تجزیه و تحلیل پیامدها و مدل‌سازی آسیب‌پذیری، می‌باشد. بنابراین، درک این عدم قطعیت‌ها باید در تحلیل ریسک و تفسیر نتایج گنجانده شود.

پارامترهایی که باید جهت تعیین موارد حساس در زمان انجام مطالعات ارزیابی ریسک عمده در نظر گرفته شوند، عبارتند از:

- استفاده از نرخ خرابی عمومی برای اجزایی که خارج از محدوده داده های عمومی قرار دارند؛
- پتانسیل افزایش یا ارتقای تجهیزات یا قطعات در فرایند توسعه در طراحی؛
- داده‌های تناوب اشتعال؛
- بازنمایش شرایط منبع (میزان جریان اولیه نسبت به متوسط جریان اولیه ۲۰ s یا ۹۰ s)؛

- معادله پروبیت برای سمیت؛
- تراکم و توزیع جمعیت؛
- برآورد تناوب رویدادهای غیر فرایندی.

۵-۲-۱۲-۲ ارائه تجزیه و تحلیل حساسیت

نتایج و تفسیر موارد تاثیر گذار(حساس) باید به عنوان یک بخش مجزا و با جزئیات در گزارش‌های تجزیه و تحلیل ریسک سناریو یا QRA، گنجانده شود. به منظور خلاصه‌سازی تأثیر عدم قطعیت‌ها در نتایج کلی ریسک، بحث و تفسیر مربوطه باید با جزئیات ارائه شود.

۵-۲-۱۳ ارزیابی ریسک[1]

هدف از ارزیابی ریسک، کمک به فرایند تصمیم‌گیری به‌وسیله یک برنامه عملی با درج اولویت‌ها، بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل ریسک و اصلALARP است.

۵-۲-۱۳-۱ اصول ارزیابی

ارزیابی ریسک شامل مقایسه سطح ریسک (سناریو یا مجموع) با معیارهای پذیرش ریسک است. تصمیمات مدیریتی (به منظور کنترل ریسک) باید سطوح وسیع تر ریسک را در نظر گرفته و ملاحظات مربوط به محدوده ریسک ناشی از قوانین و الزامات نظارتی را شامل شود.

معیارهای پذیرش ریسک فناورانه بر اساس اصول زیر می باشد:

جدول ۹- معیارهای پذیرش ریسک فناوری

سطح ریسک	کنترل یا حذف ریسک
سطح ۱	سطح ریسک باید با اجرای اقدامات کاهش ریسک، به صورت اجباری به سطح ۲ یا سطح ۳ کاهش یابد.
سطح ۲	سطح ریسک باقیمانده بر اساس منطق ALARP ، قابل تحمل تلقی می‌شود، اگر به واسطه مستندسازی نشان داده شود که هرگونه کاهش بیشتر ریسک دربرگیرنده انجام اقدامات نامناسب و نامتعارف است.
سطح ۳	سطح ریسک قابل قبول است. کاهش بیشتر ریسک با بهبود مستمر سیستم مدیریت HSE حاصل می‌شود و نیازی به اقدام خاصی نیست.

اگر سطح ریسک در منطقه سطح ۲ قرار گیرد، اثباتALARP باید جهت مستند سازی قابل تحمل بودن ریسک، انجام شود. در برخی موارد، این موضوع ممکن است منجر به تصمیم‌گیری برای انجام تجزیه و

1- Risk evaluation

تحلیل بیشتر ریسک یا به روز رسانی تجزیه و تحلیل ریسک شود. مورد فوق در زیربند ۵-۲-۱۴توضیح داده شده است.

۵-۲-۱۳-۲ ارزیابی ریسک سناریو

سه سطح ریسک برای ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو با بکارگیری از ماتریس ریسک در شکل ۱۴ نشان داده شده است.

سطح ۱	سطح غیر قابل قبول.
سطح ۲	سطح قابل تحمل. تنها در صورتی که مطابق اصل ALARP ، کاهش بیشتر ریسک از نظر منطقی، عملی نباشد.
سطح ۳	سطح قابل قبول. باید سعی شود که با بهبود مستمر، ریسک در این ناحیه نگاه داشته شود.

احتمال						شدت*					
کمتر از ۱ سال	۱-۳ سال	۳-۵ سال	۵-۱۰ سال	۱۰-۳۰ سال	مرحله چرخه عمر: بهره برداری						
کمتر از ۱ سال	۱-۲ سال	۲-۳ سال	۳-۵ سال	۵-۷ سال	مرحله چرخه عمر: نصب و ساخت						
پیشرفت پروژه تا ۱۵٪	پیشرفت پروژه ۱۵٪ تا ۳۰٪	پیشرفت پروژه ۳۰٪ تا ۴۰٪	پیشرفت پروژه ۴۰٪ تا ۷۰٪	پیشرفت پروژه ۷۰٪ تا ۱۰۰٪	مرحله چرخه عمر: پروژه‌های کوتاه مدت (در زمان ساخت)						
در واحد عملیاتی چندین بار اتفاق افتاده	در یک شرکت یک بار اتفاق افتاده	در شرکت های زیرمجموعه اتفاق افتاده	در صنعت نفت یا در پروژه سابقه داشته	در صنعت نفت یا عمر پروژه به ندرت دیده شده است	تاریخچه						
E	D	C	B	A	دسته	اعتبار شرکت	محیط زیست	سرمایه (تجهیزات/دارایی)	نیروی انسانی	عواقب	دسته بندی حوادث
۱E	۱D	۱C	۱B	۱A	۱	اثر ندارد	اثر ندارد	بدون خسارت	بدون صدمه	عواقب	شبه حوادث
۲E	۲D	۲C	۲B	۲A	۲	اثر منفی ناچیز	اثر منفی ناچیز	خسارت ناچیز	صدمه ناچیز		جزئی
۳E	۳D	۳C	۳B	۳A	۳	اثر منفی محدود شده	اثر منفی کم	خسارت کم	صدمه/ بیماری کم		
۴E	۴D	۴C	۴B	۴A	۴	اثر منفی قابل توجه	اثر منفی در سطوح داخلی شرکت	خسارت در سطح شرکت	صدمه/بیماری شدید		خیلی شدید
۵E	۵D	۵C	۵B	۵A	۵	اثر منفی در داخل کشور	اثر منفی شدید	خسارت شدید	مرگ و میر (۱ نفر)/ از کارافتادگی دائم		فاجعه بار / مهم
۶E	۶D	۶C	۶B	۶A	۶	اثر منفی در سطح بین المللی	اثر منفی قابل گسترش	خسارت وسیع	مرگ و میر بیش از ۱ نفر		

*جهت تعاریف شدت به پیوست ث مراجعه نمایید

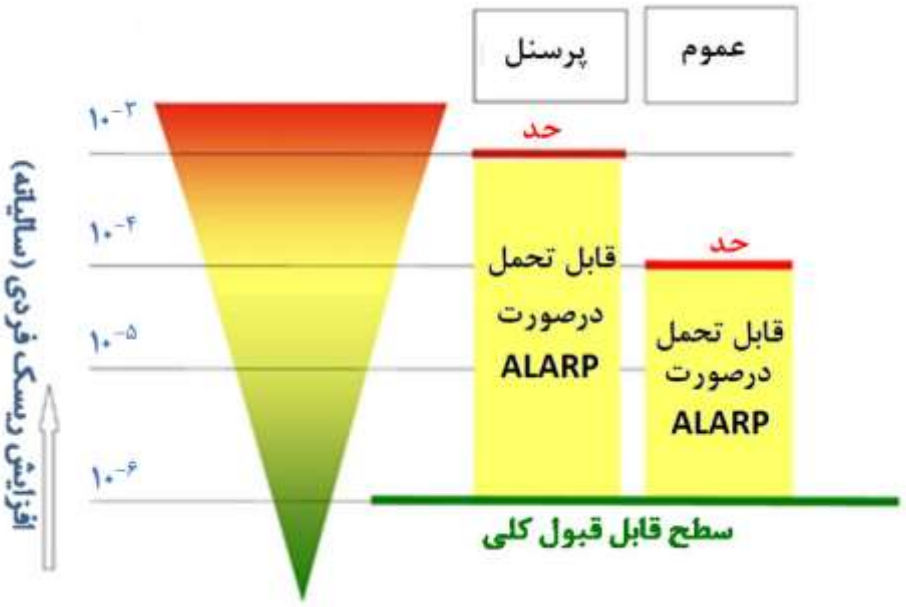
شکل ۱۴ - معیارهای پذیرش ریسک سناریو و طبقه بندی حوادث

مزیت اصلی ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو این است که هر سناریو با توجه به معیارهای پذیرش ریسک در مورد خسارات وارده به انسان، محیط زیست، اعتبار و دارایی، مورد بررسی قرار می‌گیرد.

یادآوری- تمام محدودیت‌های مربوط به تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو باید در اثبات ALARP و انجام اقدامات به دقت مورد توجه قرار گیرد.

۵-۲-۱۳-۳ ارزیابی کمی ریسک

سطوح تجمعی ریسک براساس معیارهای پذیرش ریسک فردی، باید مطابق شکل ۱۵ ارزیابی گردد.



شکل ۱۵ - معیارهای پذیرش ریسکIRPA

سنجش ریسک کلی باید براساس ریسک فردی در سال باشد. سه سطح ریسک طبق معیارهای پذیرش ریسک در جدول ۱۰ خلاصه شده است:

جدول ۱۰ - معیارهای پذیرش ریسک

سطح ریسک	کنترل یا حذف ریسک	
	محیط بیرونی محدوده عملیاتی	افراد در محدوده عملیاتی
سطح ۱	ریسک فردی در سال برای افراد خارج از محدوده محصور[1] بالاتر از 1E-04 در سال. کاهش اجباری ریسک	ریسک فردی در سال (IRPA) برای بیشترین گروه پرسنلی در معرض بالای 1E-03 در سال. کاهش اجباری ریسک
سطح ۲	IRPA برای جمعیت بیرونی (خارج از محدوده اختصاصی) بین 1E-04 و 1E-06 در سال. در صورت ALARP سطح ریسک باقی مانده قابل تحمل تلقی می‌شود.	ریسک فردی در سال (IRPA) برای بیشترین گروه پرسنلی در معرض بین 1E-03و 1E-06 در سال. در صورت ALARP سطح ریسک باقی مانده قابل تحمل تلقی می‌شود.
سطح ۳	ریسک فردی در سال برای افراد خارج از محدوده محصور زیر1E-06 در سال. ریسک به طور کلی قابل قبول است.	ریسک فردی در سال (IRPA) برای بیشترین گروه پرسنلی در معرض زیر 1E-06 در سال. ریسک به طور کلی قابل قبول است.

اگر در خارج از محدوده (فنس) تأسیسات، افراد بطور دائم حضور داشته باشند، حد فاصل LSIR معادل 1E-06 در سال، باید به عنوان هدف تعیین محیط پیرامون تاسیسات، سنجیده شود.

۱۴-۲-۵ اثبات ALARP

اصطلاح ALARP («کمترین حد منطقی قابل انجام[2]») مستلزم آن است که « تا آنجا که به طور منطقی امکان‌پذیر است، از سلامت، ایمنی و رفاه همه کارکنان اطمینان حاصل شود». به عبارت دیگر، کارفرمایان ملزم به اتخاذ تدابیر ایمنی می‌باشند، مگر اینکه هزینه آن در مقایسه با کاهش ریسک، به شدت نامتناسب باشد.

« ALARP شامل وزن دهی به ریسک در برابر دشواری اقدام‌ها، زمان و هزینه لازم برای کنترل آن(ریسک) است.»

یک اشتباه رایج، استفاده از تجزیه و تحلیل ریسک، برای اثبات «قابل قبول یا ایمن» بودن انحرافات از مشخصات یا رویه های عمل در طراحی است. در برخی موارد، تجزیه و تحلیل ریسک به منظور اثبات تناسب یک تصمیم از پیش تعیین شده -که به دلیل پیچیدگی محاسبات به طور مناسب ارزیابی نشده است- مورد بهره برداری قرار می گیرد.

1- Restricted Area
2- As Low As Reasonably Practicable

بنابراین، تحت هیچ شرایطی ارزیابی ریسک نباید به منظور حمایت از استدلال های «معکوسALARP» و توجیه حذف بهترین رویه های عمل صنعت(در کنترل ریسک)، در مرحله طراحی و بهره برداری استفاده کرد.

هدف اثبات ALARP ، مدیریت ریسک‌ها برای سطح ۱ (بالا) و سطح ۳ نیست. بلکه، هرچه سطح ریسک در محدوده سطح ۲ بیشتر باشد، انتظار می‌رود تلاش بیشتری جهت کاهش آن در اثبات ALARP انجام شود.

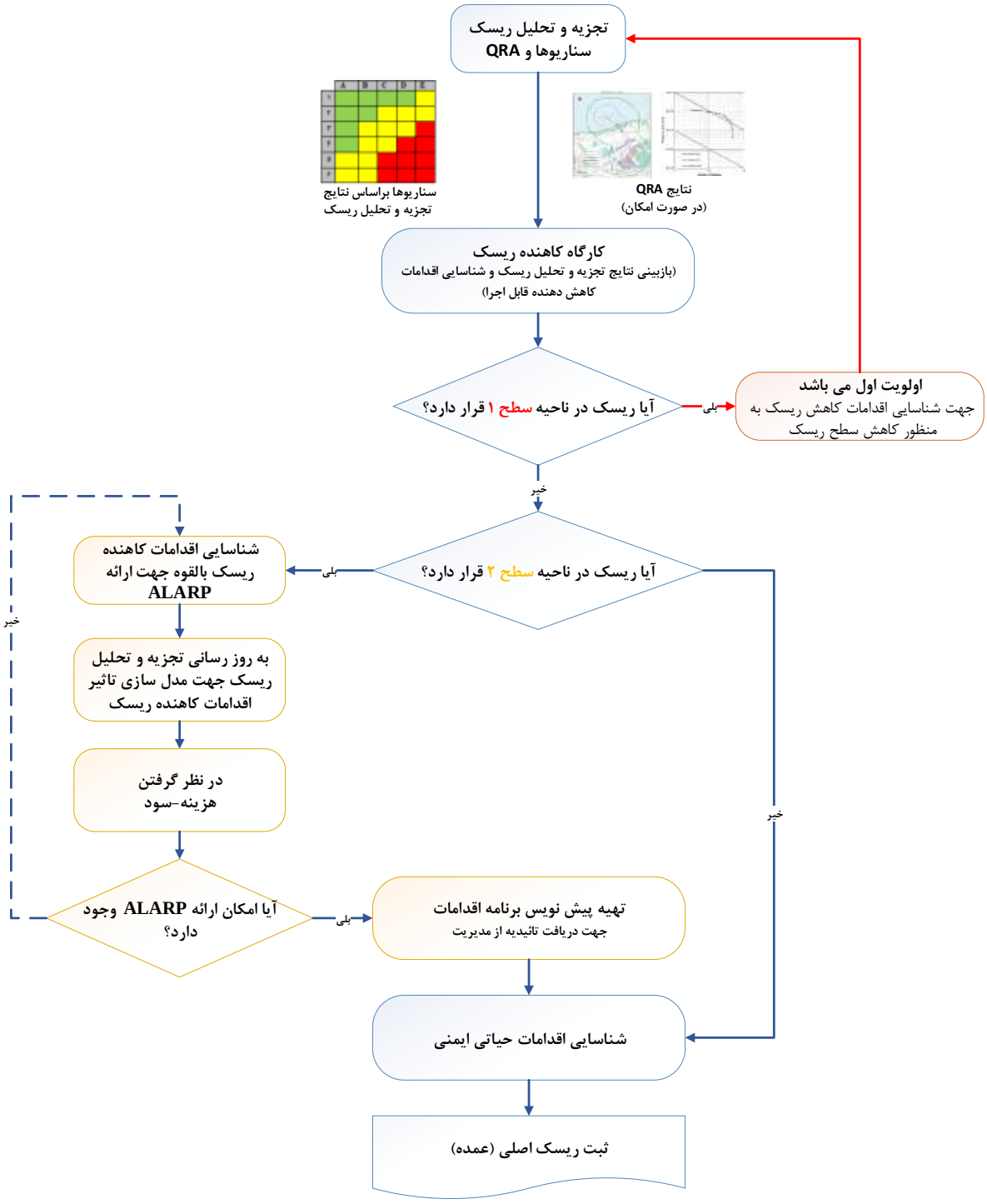
رویکردهای مختلفی برای نشان دادن عدم تناسب در اثبات ALARP به کار گرفته می‌شود . دو رویکرد متداول به شرح زیر است:

- استفاده از تجزیه و تحلیل هزینه-فایده[1](CBA) ؛
- استفاده از فاکتورهای گریز از ریسک‌های منجر به مرگ و میر متعدد.

در این بخش، راهنماهایی جهت اجرای اثبات ALARP، ارائه شده است. در اثبات ALARP ریسک‌های مرتبط با اثرات انسانی و محیط‌زیستی در مقایسه با دارایی و اعتبار، با سخت‌گیری بیشتری مورد بررسی قرار می‌گیرند.

فلوچارت کلی فرایند اثبات ALARP در شکل ۱۶ نشان داده شده است.

1- Cost Benefit Analysis



شکل ۱۶ - فلوچارت فرایند اثبات ALARP

۵-۲-۱۴-۱ معیارهای اثبات ALARP

الف- رویکرد تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو

معیارهای هدف برای اثبات ALARP با استفاده از رویکرد تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو باید مطابق جدول ۱۱ باشد.

جدول ۱۱ - تناوب های آسیب هدف در برخورد با ریسک سناریو

تناوب آسیب هدف (در سال)	تناوب آسیب (در سال) ناحیه ALARP		حد بالای تناوب آسیب (در سال)	نرخ شدت	طبقه بندی شدت آسیب
	بالا	پایین			
1E-02	-	1E-02	-	۲	جزئی
1E-03	1E-01	1E-03	-	۳	خیلی شدید
1E-04	1E-02	1E-04	> 1E-02	۴	
1E-05	1E-03	1E-05	> 1E-03	۵	فاجعه بار (مهم)
1E-06	1E-04	< 1E-05	> 1E-04	۶	
اگر تناوب زیر هدف باشد، نیازی به انجام اقدامات بیشتر نیست.	تدابیر لازم جهت اقدامات بالقوه کاهش و اثبات ALARP		اولویت اول. کاهش ریسک از سطح ۱ به ۲ یا ۳ اجباری است.	برخورد با ریسک	

ب- رویکرد مبتنی برQRA

معیارهای هدف برای اثبات ALARP با استفاده از روش QRA باید مطابق جدول ۱۲ باشد.

جدول ۱۲ - سطوح هدف IRPA برای برخورد با ریسک

IRPAهدف در سال	IRPA (در سال) ناحیه ALARP		IRPA درسال	فردی یا عمومی
	پایین	بالا		
1E-04	1E-06	1E-03	> 1E-03	پرسنل
1E-06	1E-06	1E-04	> 1E-04	عمومی
اگر تناوب، زیر باشد، نیازی به انجام اقدامات بیشتر نیست.	تدابیر لازم جهت اقدامات بالقوه کاهش و اثبات ALARP		اولویت اول. کاهش ریسک از سطح ۱ به ۲ یا ۳ اجباری است.	برخورد با ریسک

۱۵-۲-۵ کارگاه کاهش ریسک (RRW)[1]

کارگاه کاهش ریسک مرحله مهمی از ارزیابی ریسک است و پس از تأیید نتایج تجزیه و تحلیل ریسک، برنامه ریزی می‌شود.

الف- آماده سازی برای کارگاه کاهش ریسک

کارگاه کاهش ریسک، باید جنبه های زیر را بازبینی نماید:

- بازبینی نتایج تجزیه و تحلیل ریسک و عدم قطعیت‌های مربوطه؛
- بازبینی اقدامات پیشگیری و کاهش مربوط به سناریوهای عمده (سناریوهای سطح ۱ یا سطح ۲ ماتریس ریسک) ؛
- بازبینی نتایج QRA و عدم قطعیت‌های مربوطه؛
- شناسایی اقدامات بالقوه کاهش ریسک جهت رسیدگی؛
- شناسایی اقدامات / ابزارهای حیاتی ایمنی مرتبط با سناریوهای عمده بر اساس تأثیر آن‌ها در مدیریت ریسک سناریوهای عمده.

ب- شناسایی اقدامات کاهش ریسک

عنصر اصلی در اثبات ALARP، باید شناسایی تمامی اقدامات بالقوه کاهش ریسک باشد که ممکن است بر اساس رویکرد تیمی مناسب، تلقی گردند. هنگام در نظر گرفتن اقدامات کاهش ریسک، توصیه می شود مجموعه‌ای از اهداف ایمنی برای هر سناریوی اصلی بر اساس باز نمایش نمودار پاپیونی در نظر گرفته شود. اقدامات کاهش ریسک که باید بر اساس اهداف ایمنی در نظر گرفته شوند عبارتند از:

- اقدامات جهت حذف خطرات؛
- اقدامات جهت جلوگیری از تحقق خطرات؛
- اقدامات جهت جلوگیری از تشدید سناریو؛
- اقدامات برای به حداقل رساندن؛
  - مواجهه کارکنان با خطرات؛
  - تأثیر منفی بر محیط‌زیست؛
  - تأثیر منفی بر دارایی؛

1- Risk Reduction Workshop

- تأثیر منفی بر اعتبار؛

• اقدامات لازم جهت ارتقاء فعالیتهای مرتبط با تجمع و تخلیه افراد در یک رویداد.

قالب توصیه شده برای ارائه گزارش صورتجلسات کارگاه کاهش ریسک و پیگیری اقدامات اصلاحی در جداول ۱۳ الی ۱۵ ارائه شده است.

جدول ۱۳ – کاربرگ های توصیه شده برای ارائه گزارش اقدامات کاهش بالقوه ریسک شناسایی شده

سناریوهای اصلی یا کنترل/حذف	هدف ایمنی	حفاظ های ایمنی موجود	عدم قطعیت در نتایج ریسک	پیشنهاد کاهش ریسک	قابلیت اجرا شدن	نظرات کارگاه فنی	پیشنهادات
	حذف[1]						
	پیشگیری[2]						
	تشدید						
	به حداقل رساندن[3]						
	تخلیه[4]						

1- Eliminate
2- Prevent
3- Minimise
4- Evacuation

جدول ۱۴- کاربرگ توصیه شده برای پیگیری اقدامات اصلاحی

نام شرکت:									
محل/واحد مورد بررسی:			**تاریخ تنظیم اولین سند:**						
فعالیت:			شماره بازنگری:		تاریخ بازنگری:				
پیامد حادثه:			عنوان حادثه:						
ردیف	**اقدام اصلاحی بر روی ریسک به شماره**	**اقدامات اصلاحی**	**مدت زمان اقدام**		**مسئول اقدام کننده**	**ناظر**	**منابع مورد نیاز (مالی، انسانی و تجهیزات)**	**وضعیت**	**توضیحات**
			شروع	**پایان**					
تهیه کننده:					**تایید کننده:**			**تصویب کننده:**	

- **وضعیت:** به منزله مراحل اجرایی در نظر گرفته شده برای اقدامات اصلاحی پیشنهاد شده است و باید متشکل از موارد ذیل باشد:
  - **پیشنهاد شده**: پیشنهاد کنترلی برای اولین بار داده شده است.
  - **در دست اقدام**: پیشنهاد کنترلی در حال طی مراحل اداری و یا عملیاتی جهت اجرا می‌باشد.

- **اقدامی نشده:** پیشنهاد کنترلی داده شده است ولی اقدام عملی جهت اجرایی نمودن در نظر گرفته نشده است.
- **رد شده:** پیشنهاد کنترلی، مورد تایید واحدهای اجرایی و یا عملیاتی مربوطه نبوده و به‌طور کلی مورد تایید قرار گرفته نشده است و نیاز به بازبینی مجدد دارد.
- **اصلاح شده:** پیشنهاد کنترلی توسط واحدهای اجرایی و یا عملیاتی مربوطه، به‌طور کلی رد شده و یا نیاز به بازبینی مجدد داشته است، مورد بررسی مجدد قرار گرفته شده است.
- **انجام شده:** پیشنهاد کنترلی، اجرایی شده است.

یادآوری- چنانچه برای کاهش ریسک‌های شناسایی‌شده، بیش از یک اقدام اصلاحی توسط گروه‌های مجری مختلف موردنیاز باشد، کاربرگ ارائه شده در جدول ۱۲، بهتر است به صورت مجزا تکمیل و در اختیار واحدهای مجری قرار گیرد.

جدول ۱۵-کاربرگ توصیه شده برای اجرای اقدامات اصلاحی

<table>
<tr><td colspan="3">کاربرگ اجرای اقدامات اصلاحی</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td>عنوان ریسک:</td><td>شماره ریسک:</td></tr>
<tr><td>اقدامات اصلاحی:</td><td>مسئول رسیدگی:</td></tr>
<tr><td>شماره اقدام اصلاحی:</td><td>تاریخ جلسه:</td></tr>
<tr><td colspan="3">شماره مرجع: شماره بازنگری:
عنوان:</td></tr>
<tr><td colspan="3">دلایل:
۱.
۲.</td></tr>
<tr><td colspan="3">پیامد:
۱.
۲.</td></tr>
<tr><td colspan="3">کنترل های موجود:
۱,
۲.</td></tr>
<tr><td colspan="3">اقدامات:
۱.
۲.</td></tr>
<tr><td colspan="2">مسئول رسیدگی:</td><td rowspan="2">امضاء:</td></tr>
<tr><td colspan="2">تاریخ:</td></tr>
<tr><td colspan="3">اقدامات خود را در کادر بالا بررسی نمایید و امضاء نموده و سپس این فرم را به ..... بازگردانید:</td></tr>
<tr><td colspan="3">یادآوری- این فرم فقط توسط دبیر جلسات مطالعات ریسک تکمیل گردد.</td></tr>
</table>

پ- گزارش کارگاه کاهش ریسک

تسهیل‌کننده RRW باید ظرف مدت تعیین شده (ترجیحا یک هفته) پیش‌نویس گزارش را در اختیار اعضای گروه قرار دهد و نظرات آن‌ها را دریافت نماید. محتویات پیش‌نویس گزارش باید شامل بخش‌های زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- فهرست حضور اعضای گروه ؛
- فهرست اسناد مرجع بازبینی‌شده؛
- نظرات گروه در مورد تجزیه و تحلیل دقیق ریسک و گزارشQRA ؛
- فهرست سناریوهای عمده و اقدامات بالقوه کاهش ریسک؛
- فهرست اقدامات بالقوه کاهش ریسک شناسایی‌شده بر اساس نتایج QRA ؛
- کاربرگ‌های کارگاه کاهش ریسک.

۵-۲-۱۵-۱ ارزیابی کیفی اقدامات کاهش ریسک

اولین گام پس از ارائه گزارش کارگاه کاهش ریسک، ارزیابی کیفی تاثیر هر یک از اقدامات بالقوه کاهش ریسک بر ایمنی کارکنان، محیط، اعتبار و دارایی می‌باشد. این ارزیابی باید بر اساس ملاحظات زیر انجام شود:

۱. اجرای اقدام به منظور رعایت الزامات قانونی یا نظارتی. اقدامات ذیل این بند، باید بدون تحلیل و اثبات ALARP در برنامه اقدام گنجانده شود.
۲. اجرای اقدام برای رعایت انطباق با کدها، استانداردها، الزامات یا رویه های عمل پذیرفته شده شرکت. پیشنهاد می‌شود اقدامات ریسک مربوط به تاسیسات جدید که ذیل این بند قرار می گیرند، بدون انجام تحلیل دقیق و اثبات ALARP، اجرایی گردند، اگر سطح ریسک در ناحیه فوقانی سطح ۲ قرار داشته باشد.
۳. کاهش کیفی بالقوه ریسک در ارتباط با یک اقدام (بالا ، متوسط یا پایین).

۵-۲-۱۵-۲ ارزیابی کمی اقدامات کاهش ریسک

اقدامات بالقوه کاهش ریسک می‌تواند منجر به بهبود طراحی یا عملکردی تاسیسات و افزایش ایمنی آن شود. بنابراین تجزیه و تحلیل ریسک، ابزاری برای کمک به شناسایی چنین اقداماتی و ارزیابی مزایای آن-ها با توجه به هرگونه کاهش بالقوه ریسک است. به منظور ارزیابی کمی اقدامات کاهش ریسک، دو روش به طور معمول مورد استفاده قرار می گیرد: استفاده از تحلیل کمی ریسک و استفاده از تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو.

الف- استفاده از تحلیل کمی ریسک (QRA) برای مدل‌سازی اقدامات کاهش ریسک

در این روش، مزایای منتج از اقدامات کاهش ریسک باید مشابه موارد حساسیت ارزیابی شود کاهش موثر ریسک بر انسان، تخمین زده شود. اثرات کاهش ریسک باید به‌وسیله کاهش در مولفه های PLL، LSIR، منحنی F-N نشان داده شود. در برخی موارد خاص، این رویکرد می‌تواند برای برآورد کاهش ریسک مرتبط با محیط‌زیست، اعتبار و دارایی، نیز مورد استفاده قرار گیرد.

زمانی که اثرات اقدامات کاهش ریسک، به صورت کمی ارزیابی می‌شود، باید دو رویکرد زیر برای اثبات ALARP در نظر گرفته شود:

۱. برای اقدامات ساده، درصد کاهش ریسک (به عنوان مثال کاهش PLL) با توجه به ریسک کلی، برآورد می شود. کاهش ریسک باید براساس قضاوت فنی متخصصان، به صورت متناسب یا نامتناسب، ارزیابی شود؛

۲. برای اقدامات پیچیده، تحلیل دقیق تر ریسک همراه با تجزیه و تحلیل هزینه- فایده جهت اثبات ALARP انجام می شود. تجزیه و تحلیل هزینه-فایده به صورت خلاصه در زیر بند ۵-۲-۱۵-۲-۱ توضیح داده شده است.

ب- استفاده از تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو جهت مدل سازی اقدامات کاهش ریسک

در این روش، اثرات کاهش ریسک مرتبط با اقدامات کاهش ریسک پیشنهادی، باید با به روز رسانی ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو، سنجش شود.

برای انجام تجزیه و تحلیل هزینه-فایده مرتبط با یک اقدام پیشنهادی کاهش ریسک، همه سناریوهایی که آن اقدام (کاهش ریسک) در کاهش ریسک آنها نقش کلیدی دارد، باید شناسایی شوند.

گام بعدی، کمی سازی مجموع همه PLL های هر سناریو مربوط به اقدام پیشنهادی کاهش ریسک است. هنگامی که مجموع PLL ها برآورد می‌شود، روش اثبات ALARP باید با رویکرد QRA منطبق باشد (به زیربند ۵-۲-۱۰-۶ ، قسمت الف مراجعه کنید).

۵-۲-۱۵-۲-۱ تحلیل هزینه-فایده

استفاده از تحلیل هزینه-فایده در اثبات ALARP،زمانی توصیه شود که ریسک تجمعی در ناحیه فوقانی سطح ۲ قرار می گیرد. در این ناحیه، هزینه اجرای هر یک از اقدامات کاهش ریسک باید ارزیابی شود تا نشان داده شود همه اقدامات متناسب برای کاهش ریسک در نظر گرفته شده است. این موضوع شامل ارزش گذاری کاهش ریسک در مقایسه با هزینه اجرای آن، می‌باشد.

تجزیه و تحلیل هزینه-فایده به منظور ارائه چارچوبی برای اثبات ALARP مرتبط با اقدامات پیچیده کاهش ریسک است. تجزیه و تحلیل هزینه-فایده یک روش عددی است که برای مقایسه مزایای مورد انتظار ناشی از یک اقدام خاص با هزینه های آن، استفاده می‌شود.

الف- هزینه اقدامات کاهش ریسک

کل هزینه سالانه اقدامات کاهش ریسک باید شامل موارد زیر باشد:

- هزینه های سرمایه گذاری (مانند طراحی، تهیه و نصب سخت افزار یا نرم افـزار جدیـد) در طـول دوره کاری انجام اقدام مفروض .
- هزینه های عملیاتی (تعمیر و نگهداری، بازرسی، آموزش، پرسنل اضافی)
- کاهش سود (قبل از مالیات) در صورتی که اجرای یک اقدام کاهش ریسک، منجر بـه اخـتلال در فعالیت تولید شود.

ب- ریسک تجمعی برای انسان

مراحل زیر باید در تجزیه و تحلیل هزینه-فایده با اسـتفاده از رویکـرد ریسـک تجمعـی (IRPA) در نظـر گرفته شود:

۱. برای هر اقدام کاهنده ریسک، هزینه مربوط به اجرای آن برآورد گـردد (بـه زیـر بنـد ۵-۲-۱۰-۶، قسمت الف مراجعه کنید) ؛

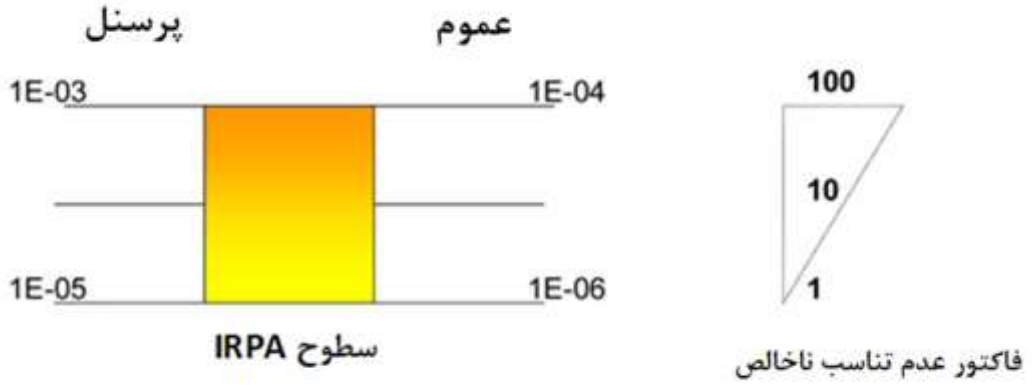
۲. برای هر اقدام کاهنده ریسک، اختلاف ریسک کلی بر حسب کاهش PLL محاسبه گردد؛

۳. برای هر اقدام کاهنده ریسک، اثرات فایده آن در طول عمر تاسیسات برآورد گردد؛

۴. ارزش هزینه ضمنی برای جلوگیری از مرگ و میر آماری (ICAF) تعیین شود. این رقم نباید کمتر از میزان ارائه شده در مراجع الزامی زیر باشد:

Reducing Risks, Protecting People:Health And Safety Executive (HSE), ISBN: 0717621510

۵. فاکتور GDF بر اساس سطح مبنای ریسک فـردی در سـال (IRPA)، اعمـال گـردد. فاکتورهـای توصیه شده بین ۱ تا ۱۰۰ هستند. این موضوع همانطور که در شکل ۱۷ نشان داده شده است، بـر اساس میزان IRPA مبنا است.



شکل ۱۷ – تشریح عامل عدم تناسب با سطوح IRPA

۶. هزینه و فایده جهت اثبات ALARP با استفاده از رابطه زیر مقایسه گردد:

- ICAF = هزینه خالص (ارزش حال) اقدام کنترل ریسک / کاهش در موارد مرگ و میر در طول دوره عمر[1] اقدام کنترلی

ICAF بر حسب دلار به ازای هر مرگ و میر با در نظر گرفتن عوامل ناخالص عدم تناسب، ارائه شود. میزان ICAF با در نظر گرفتن ناخالص عوامل عدم تناسب مقایسه شوند. هرچه ICAF پایین‌تر باشد، اقدام پیشنهادی به طور منطقی عملی‌تر است.

پ- ریسک سناریو برای انسان

استفاده از تجزیه و تحلیل هزینه- فایده در اثبات ALARP هنگامی که ریسک سناریو در ناحیه فوقانی سطح ۲ قرار می گیرد، استفاده شود و باید شامل ارزیابی هر سناریو با توجه به ماتریس پذیرش ریسک باشد.

اولین گام، سنجش اثرات کاهش، در یک سناریو یا گروهی از سناریوها است. با توجه به تعریف کلی از طبقه‌بندی شدت و تناوب، اغلب سطح تجدید نظر شده ریسک با اقدام کاهنده آن، ممکن است کاهش قابل ملاحظه‌ای در سطح ریسک در ماتریس پذیرش ریسک نشان ندهد (به شکل ۱۸ مراجعه شود). بنابراین، در برخی موارد باید از روش‌های دقیق‌تری برای تعیین سهم کاهش PLL در اقدامات کاهش ریسک استفاده شود.

1- Lifetime

جهت تحلیل هزینه-فایده با استفاده از تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو، مراحل زیر باید در نظر گرفته شوند:

۱. برای هر اقدام کاهنده ریسک، هزینه مربوط به اجرای آن، برآورد گردد (به زیربند ۵-۲-۱۰-۶، قسمت الف مراجعه شود) ؛

۲. برای هر اقدام کاهنده ریسک، مجموع کاهش PLL مربوط به همه سناریوهای درگیر (ریسک)، محاسبه شود. این موضوع شامل به روز رسانی تحلیل دقیق همه سناریوهایی است که اقدام کاهنده ریسک مدنظر در آنها، نقش دارد؛

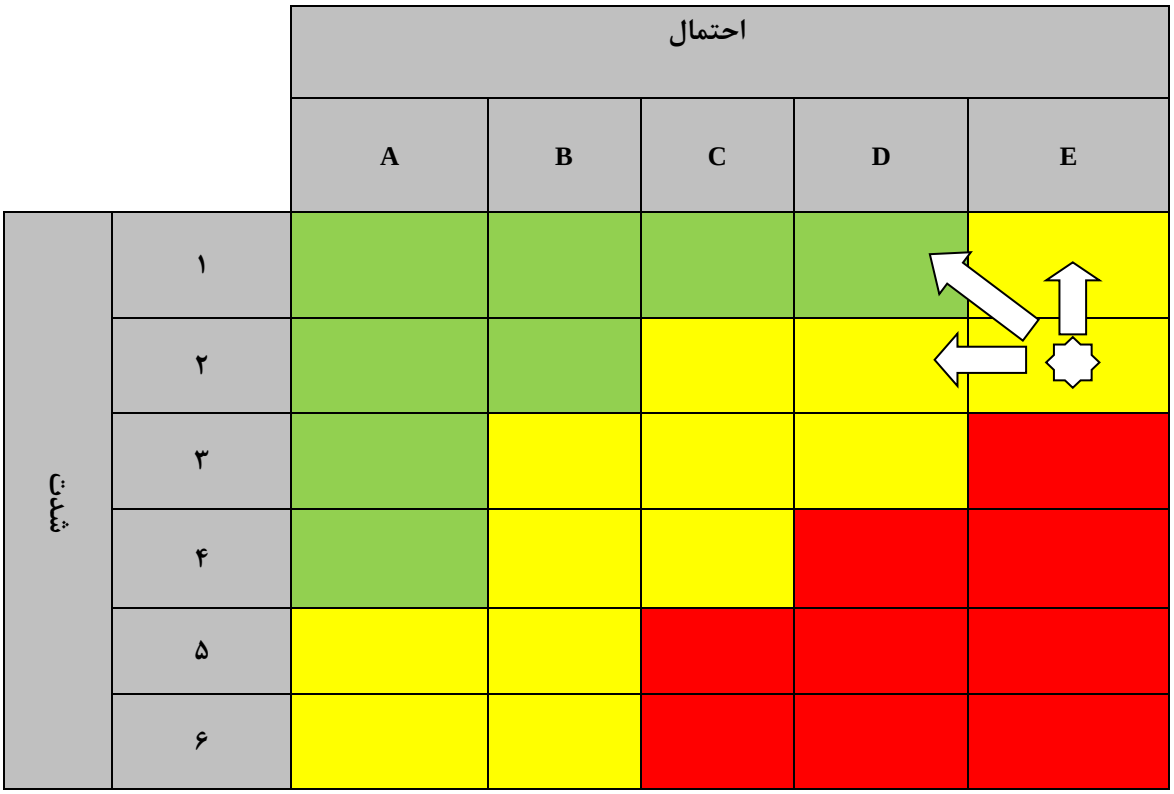
۳. برای هر اقدام، اثرات فایده آن، در طول عمر تاسیسات برآورد گردد؛

۴. عوامل ناخالص عدم تناسب بر اساس سطح مبنای ریسک فردی در سال (IRPA)، اعمال گردد. فاکتورهای توصیه شده، مشابه ریسک تجمعی، بین ۱ تا ۱۰۰ هستند. (به شکل ۱۳ مراجعه کنید) ؛

۵. هزینه و فایده جهت اثبات ALARP را با استفاده از رابطه زیر مقایسه گردد:

- ICAF = خالص هزینه (ارزش حال) اقدام / کاهش مرگ و میر در طول دوره زمانی اجرای اقدام

ICAF بر حسب دلار به ازای هر مرگ و میر با در نظر گرفتن ناخالص عوامل عدم تناسب، ارائه شود. میزان ICAF با در نظر گرفتن ناخالص عوامل عدم تناسب، مقایسه شوند. هرچه ICAF پایین تر باشد، اقدام پیشنهادی به طور منطقی عملی تر است.



شکل ۱۸ - تأثیر اقدامات کاهش ریسک بر ریسک سناریو

پ- ریسک سناریو برای محیط زیست

کاهش ریسک مرتبط با اقدام کاهنده ریسک برای محیط زیست باید شامل برآورد تفاوت تأثیر نامطلوب بر موارد زیر باشد:

- اندازه ریزش در هر سناریو؛
- تناوب ریزش.

برآورد هزینه جهت واکنش به ریزش مواد در مناطق مختلف جغرافیایی بر اساس اندازه ریزش، موقعیت و حساسیت زیست محیطی در دسترس است. برآورد هزینه باید برای جنبه های زیر لحاظ شود:

- هزینه های واکنش به ریزش و پاکسازی؛
- هزینه فراورده از دست رفته (در اثر ریزش) ؛
- جبران خسارت به جامعه و صنایع محلی به دلیل از دست دادن درآمد ناشی از اثرات زیست-محیطی؛
- جریمه و مجازات احتمالی.

اثبات ALARP باید بر اساس هزینه مرتبط با اقدام کاهنده ریسک در مقابل هزینه بازسازی مرتبط با اثـرات بالقوه نامطلوب محیط‌زیستی باشد.

ت- ریسک سناریو برای دارایی

مشابه خطرات زیست‌محیطی، اثبات ALARP باید برای ریسک سناریوهای مربوط به دارایـی، انجـام شـود. موارد زیر برای اثبات ALARP باید در نظر گرفته شود:

- شدت خسارت دارایی در هر سناریو؛
- تناوب خسارت دارایی؛
- پتانسیل تشدید در هر سناریو؛
- شدت آسیب های ناشی از تشدید در هر سناریو.

کمی‌سازی تفاوت ریسک دارایی‌های هر سناریو برای هر اقدام کاهنده ریسک، باید مطابق با جنبه‌های زیر باشد:

- هزینه های مربوط به آسیب به تجهیزات و سازه‌ها؛
- هزینه اضافی تعویض تجهیزات و سازه‌ها.

اثبات ALARP باید بر اساس هزینه مرتبط با اقدام کاهنده ریسک در برابر هزینه بازسازی مرتبط با خسارت احتمالی دارایی، باشد (Farha و همکاران، ۲۰۱۷).

۵-۲-۱۵-۲-۲ گزارش دهی و جداول تصمیم گیری ALARP

گزارش اثبات ALARP باید شامل موارد زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- گزارش کارگاه کاهش ریسک شامل لیست اقدامات کاهش بالقوه ریسک؛
- میزان کاهش ریسک مرتبط با اقدامات کاهش ریسک پیشنهادی؛
- جداول تصمیم گیری ALARP. این جداول خلاصه‌ای از هـر اقـدام کاهنـده ریسـک و هزینـه و فایده مرتبط با هر کدام، در قالب صفحه گسترده می‌باشد؛
- فهرست اقدامات کاهش ریسک پیشنهادی؛
- فرضیات و محاسبات.

جداول تصمیم گیری ALARP شامل ثبت کلیه اقدامات کاهش بالقوه ریسک با ستون‌های زیر است:

۱. عملی بودن اجرا؛

۲. تطبیق اقدامات کاهش ریسک مورد نیاز با الزامات قانونی یا نظارتی؛

۳. تطبیق اقدامات کاهش ریسک مورد نیاز با الزامات کدها و استانداردهای مرتبط بر طبق مشخصات فنی شرکت/کارفرما؛

۴. هزینه مربوط به اقدامات کاهش ریسک؛

۵. نوع ریسک (ریسک تجمعی برای انسان یا سناریوهای مرتبط برای انسان، محیط زیست، دارایی)

۶. ریسک مرتبط با فایده مورد انتظار(کاهشPLL ، ریسک محیط زیست، اعتبار یا دارایی)؛

۷. برآورد ICAF ، برای ریسک‌های مبتنی بر QRA و سناریو برای افراد؛

۸. برای سناریو، برآورد ICAF و مزایای مورد انتظار برای اثرات زیست‌محیطی و ریسک دارایی؛

۹. پیشنهادات برای اجرای یک اقدام.

۵-۲-۱۵-۳ ثبت ریسک عمده

ثبت ریسک عمده یک تاسیسات، چکیده ای از نتایج تجزیه و تحلیل ریسک همراه با برنامه کنترل یا حذف آن است. این چکیده، به اطلاع رسانی موثر ریسکهای عمده تاسیسات به مدیریت و پرسنل عملیاتی نیز کمک می کند. بنابراین سند باید تا حد امکان به صورت چکیده و در قالب یک اطلاع رسانی موثر بوده و شامل عناصر زیر باشد:

- خلاصه نتایج تجزیه و تحلیل ریسک؛
- وضعیت اجرای اقدامات پیشنهادی برای کاهش ریسک؛
- فهرست اقدامات / تجهیزات حیاتی ایمنی و واحدهای مسئول برای مدیریت الزامات عملکرد خود؛
- برنامه بازنگری تجزیه و تحلیل ریسک.

کلیه پرسنل سطوح سرپرستی و مدیران تاسیسات، باید با ماهیت سند ثبت ریسک عمده آشنایی کامل داشته باشند. آشنایی با سند ثبت ریسک عمده باید جزو برنامه اساسی آموزشی توجیهی HSE کلیه پرسنل سرپرستی و مدیران تاسیسات باشد.

۵-۲-۱۵-۳-۱ اقدامات / تجهیزات حیاتی ایمنی[1]

موانع یا حفاظ‌هایی که در طراحی اجرا می‌شوند و در چرخه عمر تأسیسات برای جلوگیری از حوادث خیلی شدید یا فاجعه بار (مهم)، حفظ می‌شوند، در این الزامات به عنوان اقدامات / تجهیزات حیاتی ایمنی در نظر گرفته می‌شوند که در ادامه با عبارت SCM عنوان می‌شود.

1- Safety critical measures

SCMها می تواند مکانیکی، ابزار دقیقی یا دستورالعملی باشد. همچنین، SCM ها می‌توانند از نوع سامانه های فعال یا غیرفعال باشند که به شرح زیر تعریف شده است:

- در سامانه های فعال، در منابع انرژی خارجی یا داخلی به SCM نیاز است تا وظیفه خود را انجام دهد. بدون این منابع انرژی، سیستم فعال عمل نخواهد کرد. نمونه‌هایی از منابع انرژی خارجی عبارتند از: نیروی برق، نیروی نیوماتیک، نیروی هیدرولیک، انرژی انسانی، فشار سیستم؛
- سامانه‌های غیرفعال برای انجام وظیفه خود به منابع انرژی خارجی یا داخلی متکی نیستند و عموماً از سیستم‌های فعال قابل اطمینان‌تر هستند (به عنوان مثال فاصله جانمایی تجهیزات برای حمایت از اصول ایمنی ذاتی، دیواره ضد حرارت[1]).

SCM باید کمک کند ریسک یک سناریوی عمده از سطح ۱ به سطح ۲ یا سطح ۳ کاهش یابد.

الف- شناسایی SCM

نتایج معتبر تحلیل ریسک باید درک مستقیم از سناریوهای با پیامدهای احتمالی فاجعه بار یا مصیبت بار را ارائه دهد. باز نمایش نمودار پاپیونی باید برای مطالعه نقش موانع حفاظتی اجرا شده در طراحی و بهره-برداری برای مدیریت ریسک سناریوهای عمده مورد استفاده قرار گیرد. این موانع حفاظتی باید با استفاده از تیم فنی و تخصصی برای ایجاد « الزامات عملکردی» آن‌ها برای طراحی و بهره برداری شناسایی شوند.

اصول کلی انتخاب SCM ها باید به شرح زیر باشد:

- SCM ها، سامانه ها یا روش های اجرایی هستند که کاملاً مستقل از سیستم های کنترل فرایند یا روشهای اجرایی عادی بهره برداری، می باشند؛
- SCM ها می توانند موانع حفاظتی پیشگیرانه، کاهش دهنده یا محافظتی با احتمال شکست در تقاضا (PFD) کمتر یا مساوی ۰,۱ (SIL سطح یک یا بالاتر) باشد. آنها می‌توانند بخشی از «لایه‌های حفاظتی» زیر باشند:
  - هشدارها یا وظایف یا روش‌های اجرایی حیاتی با سرپرستی اپراتور و مداخله دستی؛
  - عملکرد خودکار سیستم‌های ایمنی ابزار دقیقی (SIS)[2] ؛
  - سیستم‌های حفاظتی فیزیکی (تخلیه به مشعل[3]، سیستم‌های بلودان) ؛
  - اقدامات کاهش اثر پیامد (پرده آب[4]، حفاظت غیرفعال حریق، جانمایی تجهیزات در سایت، سیستم‌های مهار، مدیریت منبع جرقه).

ب- الزامات عملکردی

1- Firewalls
2- Safety instrumented systems
3- Flare
4- Water curtain

جنبه‌های زیر جهت تعریف الزامات عملکردی SCM ها در فاز طراحی باید در نظر گرفته شود:

- انتخاب‌پذیری (هشدارها یا وظایف یا دستورالعمل‌های حیاتی با سرپرستی اپراتور و مداخله دستی، SIS، سیستم‌های حفاظت فیزیکی، اقدامات کاهش اثرات پیامد)
- استقلال[1]؛
- قابلیت اطمینان[2]؛
- ارتباط[3]؛
- کارایی[4]؛
- زمان پاسخ[5]؛
- قابلیت آزمون[6]؛
- قابلیت تعمیر و نگهداری[7]؛
- دسترسی[8]؛
- بازه خطا[9]؛
- قابلیت بقا[10].

پ- مدیریت چرخه عمر

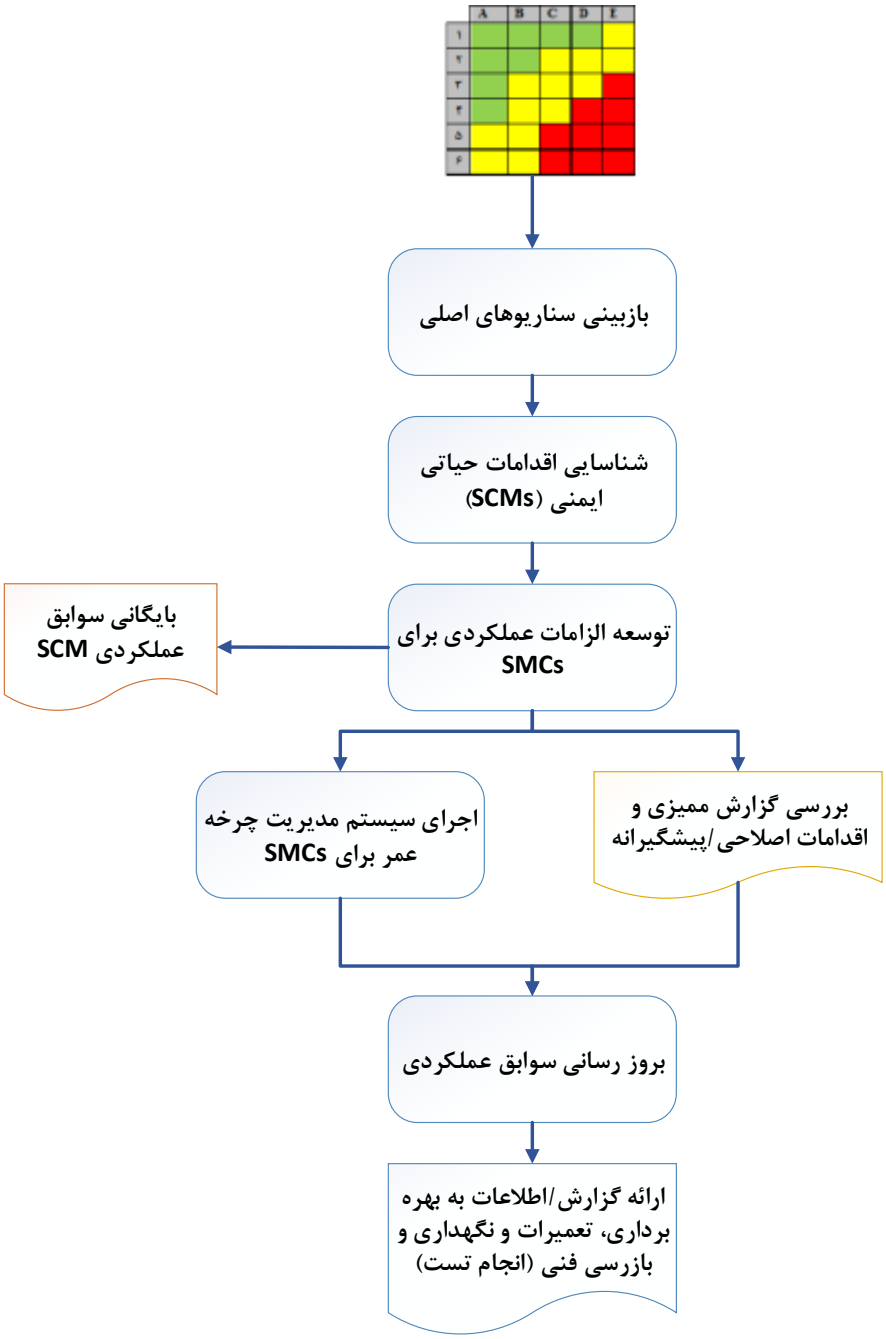
چرخه عمر زیر باید برای مدیریت SCM ها در نظر گرفته شوند:

- فاز طراحی (مهندسی پایه و تفصیلی) ؛
- ساخت و راه‌اندازی؛
- حفاری و تکمیل چاه؛
- فاز بهره‌برداری شامل مرحله تعمیر و نگهداری، بازرسی و آزمون؛
- فاز تغییرات عمده.

الزامات عملکردی باید به هر یک از این مراحل بپردازد و مسئولیت نگهداری SCM ها در هر فاز از چرخه عمر باید به وضوح مشخص گردد.

روش اجرایی کلی برای شناسایی و مدیریت اقدام حیاتی ایمنی در شکل ۱۹ نشان داده شده است.

1- Independency
2- Reliability
3- Relevancy
4- Efficiency
5- Response time
6- Testability
7- Maintainability
8- Availability
9- Fault tolerance
10- Survivability



شکل ۱۹ - دیاگرام کلی شناسایی SCM

۵-۲-۱۵-۳-۲گزارش دهی

ثبت ریسک عمده باید شامل موارد زیر باشد:

- خلاصه مدیریتی؛
- خلاصه تجزیه و تحلیل ریسک مبتنی بر سناریو؛

- لیست سناریوهای عمده با شدت و تناوب آسیب احتمالی (فهرست جداگانه برای اثرات انسانی، محیط‌زیست، اعتبار و دارایی). جدول شامل رویداد بحرانی مرکزی، علل، پیامدهای بالقوه ، کنترل‌های موجود (پیشگیری، کاهش و موانع حفاظتی)؛
- لیست سناریوهایی که در آنها کنترل‌های اضافی برای کاهش سطوح ریسک به سطحALARP موردنیاز می‌باشد، به همراه وضعیت اجرای کنترل‌های اضافی ؛
- استفاده از بازنمایش سناریوها با استفاده از مدل پاپیونی برای نشان دادن مدیریت ریسک و ارتباط سناریوهای عمده و موانع حفاظتی مرتبط، توصیه می‌شود.

• خلاصه QRA (در صورت وجود) ؛

- نمودار LSIR روی نقشه جانمایی؛
- جداول IRPA مربوط به بیشترین گروه کارکنان در معرض؛
- جداول PLL شامل منحنی‌هایF-N ؛
- جدول نشان‌دهنده توزیع PLL با توجه به رویدادهای شدید ؛
- لیست کنترل‌های اضافی موردنیاز برای کاهش سطح IRPA به سطح ALARP به همراه وضعیت اجرای کنترل‌های اضافی؛

• خلاصه مدیریت اقدامات / تجهیزات حیاتی ایمنی (SCM)؛

- فهرست اقدامات / تجهیزات حیاتی ایمنی و واحدهای مسئول برای مدیریت الزامات عملکردی SCMدر طول چرخه عمر؛

• برنامه بازنگری تجزیه و تحلیل ریسک (بازنگری هر ۵ سال یک‌بار یا بواسطه تغییرات در بهره‌برداری یا شرایط طراحی نیاز به بازنگری باشد).

۵-۲-۱۶ جانمایی و فواصل تجهیزات

برای اطمینان از عملکرد صحیح (نظارت و تعمیر و نگهداری)، تردد وسایل نقلیه و پرسنل، امنیت، شرایط کاری ایمن، دسترسی جهت انجام عملیات بهره برداری و تعمیر نگهداری و اثرات کم به دیگران (صدا، سمیت، آلودگی، ریسک) و نیز تدارکات مربوط به برنامه های توسعه‌ای آینده، الزامات جانمایی و فواصل ایمن تاسیسات و تجهیزات باید مطابق با استاندارد HSE-02 اجرایی گردد.

۵-۲-۱۷ مرزبندی ایمن

برای تعریف الزامات ایمنی به منظور تقسیم یک تأسیسات تولید نفت و گاز و منطقه اطراف آن به نواحی اختصاصی، حریم تحت تاثیر (ایمنی) و حریق، الزامات مرز بندی ایمن در تاسیسات باید مطابق با استاندارد HSE-01 اجرایی گردد.

۵-۲-۱۸ ایمنی در برابر حریق

علاوه بر الزامات ذکر شده برای شناسایی و ارزیابی ریسک حریق، باید تجزیه و تحلیل اختصاصی برای کاهش و جلوگیری از گسترش حریق از جنبه‌های مختلف (از جمله توان لجستیک ایستگاه‌های آتش‌نشانی (مطابق با استاندارد HSE-14)، اثرات همپوشانی تأسیسات عملیاتی با سامانه‌های اعلان و اطفاء حریق و توانایی سامانه‌های فعال و غیرفعال حفاظتی حریق (مطابق با استانداردهای HSE-02، HSE-11 و HSE-12) صورت پذیرد.

۵-۳ ارزیابی ریسک در مرحله ساخت و نصب

۵-۳-۱ فعالیت‌های غیر فرایندی

الزامات ارائه شده بند ۵-۱-۶ باید رعایت شود.

۵-۳-۲ تاسیسات فرایندی

اگر در این مرحله، تغییراتی در طراحی تاسیسات رخ دهد، مطالعات انجام شده و ارزیابی ریسک در مرحله طراحی (زیر بند ۵-۲) باید بازبینی شده و آخرین بازنگری مطالعات باید مورد توجه قرار گیرد.

یادآوری- اگر تغییرات بر طرح‌ها و جانمایی تجهیزات در جنبه‌های مختلف تأثیر بگذارد، اسناد ذکر شده در زیربند ۵-۱-۲ باید مورد بازبینی قرار می‌گیرد و اسناد مطابق با آنچه ساخته شده است[1] بهتر است ارائه شود.

۵-۴ ارزیابی ریسک در مرحله پیش راه اندازی

باید مطابق با الزامات یا راهنماهای ارائه شده در مورد بازبینی ایمنی قبل از راه اندازی، نسبت به بازبینی مطالعات ریسک انجام شده اقدام شود.

۵-۵ ارزیابی ریسک در مرحله راه اندازی و بهره برداری

۵-۵-۱ فعالیت‌های غیر فرایندی

الزامات ارائه شده زیر بند ۵-۱-۶ باید رعایت شود.

یادآوری ۱- بر اساس برنامه زمان بندی ارائه شده توسط شرکت، روش‌های به‌کار گرفته شده باید مورد بازبینی قرار گیرد.

یادآوری ۲- اگر در زمان بهره برداری و تعمیرات حادثه‌ای رخ دهد، مطالعات ریسک انجام شده باید بازبینی شوند.

1- As-built documents

۵-۵-۲ فرایند

۵-۵-۲-۱ تاسیسات

بر اساس برنامه زمان بندی، روش‌های به‌کار گرفته شده باید مورد بازبینی قرار گیرند.

اگر در این مرحله تغییراتی در طراحی تاسیسات رخ دهد، مطالعات و ارزیابی ریسک انجام شده در مرحله طراحی (زیربند ۵-۲) بررسی شده و آخرین بازنگری مطالعات باید مورد توجه قرار گیرد.

یادآوری ۱- اگر تغییرات بر طرح‌ها و جانمایی تجهیزات در جنبه‌های مختلف تأثیر بگذارد، اسناد ذکر شده در بخش ۵-۱-۴ باید مورد بازبینی قرار گیرد و اسناد مطابق با آنچه ساخته شده است باید ارائه شود.

یادآوری ۲- این الزامات باید برای تاسیسات موجود که مطابق با الزامات زیر بند ۵-۲ مورد مطالعه و ارزیابی قرار نگرفته اند، در نظر گرفته شود.

یادآوری ۳- برای شناسایی سیاست‌ها و وظایف تعمیر و نگهداری مناسب برای یک سیستم و اجزای آن به منظور دستیابی موثر به ایمنی، در دسترس بودن و صرفه اقتصادی مورد نیاز برای انواع تجهیزات، که بر اساس IEC60300-3-11 تعمیر و نگهداری با محوریت قابلیت اطمینان (RCM)[1] به عنوان روش ارزیابی ریسک اجرا می‌شود. علاوه بر این، مطالعات ریسک انجام شده باید مطابق با انجام این مطالعات، بازبینی گردند.

یادآوری ۴- اگر در زمان بهره برداری و تعمیرات حادثه‌ای رخ دهد، مطالعات ریسک انجام شده باید بازبینی شوند.

۵-۵-۲-۲ خطوط لوله

یک برنامه جامع و یکپارچه، ابزارهایی را برای بهبود ایمنی سامانه‌های خط لوله فراهم می‌کند. چنین برنامه ای، مجموعه یکپارچه از اطلاعات را در اختیار اپراتور قرار می‌دهد تا منابع به منظور پیشگیری، تشخیص و کاهش فعالیت ها به طور موثر در اختیار قرار گیرند که این امر، منجر به بهبود ایمنی و کاهش تعداد حوادث می شود. به منظور پیش‌برد این اهداف، باید الزامات استانداردهای ارائه شده در جدول ۱۶ در نظر گرفته شود.

جدول ۱۶ - سیستم مدیریت یکپارچگی خطوط لوله

دامنه کاربرد	عنوان	شماره استاندارد
بخش خشکی– خطوط لوله گاز	مدیریت یکپارچگی سیستم خطوط لوله گاز	**ASME 31.8S**
خطوط لوله حاوی مایع	مدیریت یکپارچگی سیستم برای خطوط لوله حاوی مایع خطرناک	**API RP 1160**
فراساحل	صنعت نفت و گاز طبیعی-سیستم های خط لوله انتقال -مشخصات مدیریت یکپارچگی خط لوله- قسمت ۲: مدیریت یکپارچگی چرخه کامل عمر برای خط لوله فراساحل	**ISO 19345-2**

1- Reliability Centred Maintenance

۵-۵-۲-۳ یکپارچگی چاه‌ها

مراحل چرخه عمر چاه دارای الزامات جداگانه و متمایزی به منظور دستیابی به اهداف مدیریت یکپارچگی چاه می باشد، اما همه مراحل دارای المان ها و روش‌های مشترک هستند. برای پیشبرد این هدف، استاندارد ISO16530 باید برای هر چاه یا گروهی از چاه ها، صرف نظر از سن، مکان (از جمله چاه های خشکی، زیر بستر دریا و فراساحلی) یا نوع آنها (به عنوان مثال جریان طبیعی، بالابر مصنوعی، چاه های تزریقی) اجرا شوند.

۵-۶ ارزیابی ریسک در مرحله برچیدن سایت

مجموعه ریسک مرتبط با این مرحله از چرخه عمر پروژه باید مطابق با الزامات مندرج در زیربند ۵-۱-۶ و ۵-۲-۳ شناسایی و ارزیابی گردند.

۵-۷ خلاصه نگاری روش های مورد استفاده شناسایی خطرات و تحلیل ریسک در چرخه عمر تاسیسات

روش‌ها و سایر الزامات مرتبط با مدیریت ریسک در چرخه عمر در جدول ۱۷ ارائه شده است.

جدول ۱۷- خلاصه نگاری روش‌های مورد استفاده در چرخه عمر

		اکتشاف و حفاری	طراحی	ساخت و نصب	بهره برداری[۲]	تعمیرات	برچیدن	تغییرات جزئی[۴]	تغییرات عمده[۵]
روش های مورد استفاده	HAZID	√	√	√	√	√	√	√	√
	HAZOP	[۱]√	√		√			[۱]√	√
	BOWTIE		[۳]√		[۳]√				[۳]√
	QRA		[۳]√						[۳]√
	RCM				√	√			
	Cost and benefits		√			√			√
سایر الزامات بر اساس استانداردهای	SIL STUDY		√						√
	LAYOUT AND SPACING		√						√
	BOUNDARY		√						√

۱- بر حسب مورد

۲- در صورتی که برای تأسیسات موجود مطالعات ریسک مربوطه در زمان طراحی انجام نشده است و یا اطلاعاتی در دسترس نباشد، باید نسبت به انجام مطالعات مندرج در بخش طراحی برای تأسیسات مربوطه اقدام شود و در صورت انجام شدن مطالعات، باید نسبت به بازبینی مطالعات انجام‌شده اقدام گردد.

۳- برای سناریوهای عمده شناسایی‌شده

۴- تغییرات عمده: مجموعه تغییرات یا اصلاحات گسترده در لایه‌های گوناگون (بازرسی فنی-تعمیرات، عملیات، طراحی مهندسی و مدیریت اجرایی) می‌باشد (به عنوان مثال پروژه‌های افزایش ظرفیت، تغییر فرایند تولید یا ذخیره‌سازی، تغییر سامانه‌های کنترلی و ...)

۵- تغییرات جزئی: مجموعه تغییراتی که در دامنه شمول تغییرات عمده نمی‌باشند و به روشی متناسب با تغییر و بر اساس بررسی‌هایی که در چرخه مدیریت تغییر شناسایی و ارزیابی می‌شوند.

پیوست الف

(آگاهی دهنده)

دامنه کلی کار TRA

فاز ۱-PRA – دامنه

محتوای دامنه کار فاز ۱ باید شامل موارد زیر باشد:

۱- اهداف

الف- شرح دلایل انجام ارزیابی ریسک مرحله ۱.

ب- مشخص کردن مرحله چرخه توسعه (پیش پروژه، مهندسی پایه، طراحی دقیق، بهره‌برداری یا برچیدن)

پ- تعیین الزامات ممیزی و بازبینی مستقل.

ت- تعیین الزامات برنامه زمان‌بندی (شروع ، پایان و مراحل مهم).

۲- شرح تأسیسات

الف- شامل شرح مختصری از تأسیسات (موقعیت ویژگی‌های بهره‌برداری و برآورد محافظه‌کارانه توزیع کارکنان در اطراف تأسیسات).

۳- دامنه و محدودیت‌ها

الف- تعریف دامنه (مرحله ۱ شامل شناسایی خطر و ارزیابی اولیه ریسک، شامل کارگاه صحه‌گذاری)

ب- تعریف سامانه (مواد خطرناک بکار گرفته‌شده یا فرآوری شده، نحوه بهره‌برداری، فلسفه کلی بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری)

پ- تعیین محدودیت‌ها- شامل مرزبندی‌های فیزیکی، محیط اطراف و شرایط محیطی.

ت- فهرست تمام اسناد مطالعه موجود.

۴- روش‌شناسی

الف- روش اختصاصی HAZID و HAZOP الزامات اختصاصی جهت شکستن تأسیسات به بخش‌های قابل جداسازی و محاسبه مایع و گاز هیدروکربنی و سمی موجود در هر بخش قابل ایزوله شدن را مشخص کنید.

ب- روش PRA و پایگاه داده شکست (به عنوان مثال: CHARAD) را مشخص کنید.

پ- انحراف از این مشخصات به منظور تطبیق با الزامات مرتبط قابل‌اجرا مشخص کنید.

۵- ثبت فرضیات

الف- الزامات مربوط به نگهداری ثبت کلیه فرضیات و اسناد فرضیات در فرمت تعیین شده را مشخص کنید. یکی از مهم‌ترین فرضیات الگوی نیروی انسانی و توزیع جمعیت است.

ب- الزامات لازم جهت کسب تأییدیه شرکت برای کلیه فرضیات قبل از انجام هرگونه محاسبات کمی را مشخص کنید.

۶- کارگاه صحه گذاری ارزیابی ریسک اولیه

الف- الزامات لازم برای ارائه کلیه فرضیات، روش‌ها و نتایج در کارگاه اعتبارسنجی PRA را مشخص کنید.

۷- گزارش دهی

الف- الزامات مربوط به گزارش دهی شامل تعداد بازنگری.

ب- الزامات مربوط به ارائه کلیه فایل‌های ورودی، محاسبات متوسط ، نتایج ، گزارش‌ها در قالب فایل بومی.

فاز ۲: DRA – دامنه

محتوای دامنه کار فاز ۲ باید شامل موارد زیر باشد:

۱- اهداف

الف- شرح هدف از ارزیابی فاز ۲ ریسک.

ب- مشخص کردن مرحله توسعه (پیش پروژه، مهندسی پایه، طراحی دقیق، بهره‌برداری یا برچیدن)

پ- تعیین الزامات ممیزی و بازبینی مستقل.

ت- تعیین کردن الزامات برنامه زمان‌بندی (شروع ، پایان و مراحل مهم).

۲- شرح تأسیسات

الف- شامل شرح مختصری از تأسیسات (موقعیت ویژگی‌های بهره‌برداری و برآورد محافظه‌کارانه توزیع جمعیت کارکنان در اطراف تأسیسات).

۳- دامنه و محدودیت‌ها

الف- تعریف دامنه (فاز ۲ ممکن است شامل برنامه مدیریت ریسک، تجزیه و تحلیل دقیق ریسک سناریوهای منتخب و QRA باشد)؛

ب- تعریف سامانه (مواد خطرناک بکار گرفته‌شده یا فرآوری شده، نحوه بهره‌برداری، فلسفه کلی بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری)؛

پ- تعیین محدودیت‌ها- شامل مرزبندی‌های فیزیکی، محیط اطراف و شرایط محیطی.

ت- فهرست تمام اسناد مطالعه موجود.

۴- روش‌شناسی

الف- حذف بخش‌هایی از این مشخصات در صورت نیاز. پایگاه داده شکست و معین (به عنوان مثال: CHARAD)؛

ب- انحراف از این مشخصات به منظور تطبیق با الزامات مقررات محلی قابل‌اجرا مشخص کنید.

۵- ثبت فرضیات

الف- الزامات مربوط به نگهداری ثبت کلیه فرضیات و اسناد فرضیات در فرمت تعیین شده را مشخص کنید. یکی از مهم‌ترین فرضیات الگوی نیروی انسانی و توزیع جمعیت است.

ب- الزامات لازم جهت کسب تأییدیه شرکت برای کلیه فرضیات قبل از انجام هرگونه محاسبات کمی را مشخص کنید.

۶- مطالعات حساسیت

الف- الزامات مربوط به موارد حساسیت را برای QRA یا ارزیابی ریسک مبتنی بر سناریو به منظور بازبینی عدم قطعیت‌های مربوط به نتایج تجزیه و تحلیل ریسک، موردسنجش قرار گیرد.

ب- الزامات مربوط به تائید قبلی شرکت در مورد موارد حساس را مشخص کنید. موارد حساس ممکن است پس از ارائه اولین نتایج تجزیه و تحلیل ریسک تعریف شود. شرکت باید برای انتخاب موارد حساس تأییدیه لازم را صادر نماید.

۷- کارگاه کاهش ریسک

الف- الزامات مربوط به تائید گزارش‌های تجزیه و تحلیل ریسک یک مورد اصلی، توسط شرکت؛

ب- الزامات مربوط به ارائه روش تجزیه و تحلیل ریسک و نتایج در RRW.

پ- الزامات مربوط به ارائه تسهیل‌کننده RRW با تجربه صنعتی به منظور هدایت گروه، جمع‌آوری اطلاعات ورودی موردنیاز گروه در مورد اقدامات احتمالی کاهش ریسک و تهیه گزارش RRW.

۸- به‌روزرسانی تجزیه و تحلیل ریسک

الف- الزامات مربوط به سنجش اثرات اقدامات احتمالی کاهش ریسک شناسایی‌شده در کارگاه کاهش ریسک بر روی سطح ریسک؛

ب- الزامات مربوط به صدور بازنگری موقت گزارش‌های تجزیه و تحلیل ریسک از جمله اثرات اقدامات احتمالی کاهش ریسک.

پ- ارائه نتایج تجزیه و تحلیل ریسک سناریوهای عمده: به عنوان مثال میزان پیامدهای IDLH، LC1%، LC50% و LC95% بر روی نقشه‌های جانمایی.

ت- ارائه نتایج QRA: به عنوان مثال نمودار LSIR در نقشه‌های جانمایی، سطوح IRPA، PLL، منحنی F-N (جهت اطلاع) ،

۹- گزارش دهی نهایی

الف- الزامات مربوط به گزارش دهی شامل تعداد بازنگری؛

ب- الزامات مربوط به کلیه فایل‌های ورودی، محاسبات متوسط، نتایج ، گزارش‌ها در قالب فایل بومی

۱۰- سازمان پروژه

الف- تعیین سازمان پیگیری پروژه شرکت؛

ب- الزامات مربوط به سازمان پروژه پیمانکار.

۱۱- نقش‌ها و مسئولیت‌های پیمانکار

الف- نقش‌ها و مسئولیت‌های پیمانکار در رابطه با جمع‌آوری داده‌ها، کیفیت انتقال، تحقق بودجه و زمان انتقال

فاز ۳ - اثبات ALARP با استفاده از تجزیه و تحلیل هزینه-فایده و ثبت ریسک اصلی جهت تنظیم دامنه کلی کار

این مرحله با استفاده از منابع داخلی با دریافت اطلاعات از نتایج فاز ۲ تجزیه و تحلیل ریسک مربوط به تأثیر اقدامات احتمالی کاهش ریسک انجام می‌شود. استفاده از منابع خارجی پیمانکاران که توسط شرکت، از پیش تائید صلاحیت شده‌اند نیز برای انجام محاسبات تجزیه و تحلیل هزینه- سود و کمک به تهیه ثبت ریسک عمده امکان‌پذیر می‌باشد. محتوای دامنه کار در فاز ۳ باید شامل موارد زیر باشد:

۱- اهداف

الف- هدف از ارزیابی فاز ۲ ریسک را شرح دهید؛

ب- تعیین الزامات برنامه زمان‌بندی (شروع ، پایان و مراحل مهم).

۲- خلاصه اقدامات احتمالی کاهش ریسک

الف- شامل شرح مختصری از اقدامات احتمالی کاهش ریسک و اثرات مربوطه بر سطح ریسک (سناریو QRA)

۳- تجزیه و تحلیل هزینه-فایده

الف- تعریف هزینه و اثرات برنامه زمان‌بندی اجرای اقدامات احتمالی کاهش؛

ب- تعریف عدم تناسب برای ارائه ALARP ؛

پ- تهیه جداول مقایسه‌ای جهت نشان دادن کاهش ریسک در برابر هزینه-سود؛

ت- انتخاب اقدامات کاهنده ریسک معنی‌دار بر اساس اصول ALARP.

۴- ثبت ریسک عمده

الف- تهیه یک خلاصه گزارش که در دارنده ثبت ریسک عمده باشد؛

ب- شناسایی اقدامات حیاتی ایمنی بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل ریسک.

۵- برنامه اقدام

الف- تهیه پیش‌نویس برنامه اقدام شامل اقدامات کاهش پیشنهاد شده با برنامه زمان‌بندی برای اجرا؛

ب- دریافت تأییدیه مدیریت در مورد پیش‌نویس برنامه اقدام

۶- اجرای برنامه اقدام

الف- تعیین الزامات پایش بر اجرای اقدامات تائید شده؛

ب- تعیین شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI)[1] مربوط به اجرای برنامه اقدام؛

پ- انجام ممیزی داخلی یا خارجی و انتشار وضعیت دوره‌ای اجرا با توجه به KPI تعریف‌شده.

1- Key Performance Indicators

پیوست ب

(آگاهی دهنده)

ثبت فرضیات

ارزیابی ریسک شامل تعدادی از فرضیات در هر مرحله از فرایند، از مرحله تعریف دامنه ارزیابی ریسک تا مرحله اثبات ALARP می‌باشد. کلیه فرضیات تأثیرگذار بر ارزیابی ریسک باید به طور سیستماتیک مستند شده و برای هر یک توجیه کافی ارائه شود.

تأییدیه شرکت (مالک تاسیسات) باید قبل از اعمال فرضیات در یک مطالعه ارزیابی ریسک دریافت شود. فرضیات می‌توانند به حوزه‌های زیر مربوط شوند:

- دامنه ارزیابی ریسک؛
- شناسایی خطرات؛
- تعریف سناریوها و نتیجه‌های خطر؛
- برآورد پیامدها، از جمله انتخاب مدل‌ها ، پارامترهای ورودی؛
- برآورد تناوب‌ها از جمله انتخاب داده‌ها؛
- برآورد آسیب‌پذیری مرتبط با نتیجه خطر؛
- سنجش ریسک؛
- اثبات ALARP.

بنابراین کلیه فرضیات باید در قالب پیوست در این بخش مستند شده و در پیوست گزارش ارزیابی ریسک ارائه شوند.

فرم توصیه شده برای ثبت فرضیات

شماره برگه فرضیه	شماره ریسک مربوطه	توضیح مختصر	پیشنهاد شده توسط	تائید شده توسط
۱				
۲				
۳				
۴				
۵				
۶				
۷				
۸				
۹				
۱۰				
۱۱				
۱۲				
۱۳				
۱۴				
۱۵				
۱۶				
۱۷				
۱۸				
۱۹				
۲۰				
۲۱				

برگه توصیه شده برای ثبت فرضیات در ارزیابی ریسک فن آورانه [نام تأسیسات]		
تاریخ:	تاریخ اولین صدور:	تاریخ بازنگری:
شماره ریسک مربوطه:	تعداد فرضیات:	شماره بازنگری:
عنوان: ناحیه کلی مؤثر بر فرضیات را مشخص کنید		
هدف: به طور واضح هدف فرض را مشخص کنید.		
توضیحات فرض را با پیش‌زمینه بیان کنید. در صورت لزوم استفاده از آن در ارزیابی ریسک را همراه با تصاویر توجیه کنید. (در صورت نیاز از صفحات اضافی استفاده کنید) مراجع مورد استفاده: ۱. نام مراجع مناسب مورد استفاده را ذکر کنید		
تأثیر منفی فرضیه: تأثیر منفی بالقوه این فرض را به صورت واضح مشخص کنید.		
تهیه‌شده توسط:	نام /سمت سازمانی	تاریخ:
تائید شده توسط:	نام /سمت سازمانی در شرکت	تاریخ:
مدیر پروژه:	نام /سمت سازمانی در شرکت	تاریخ:

پیوست پ

(الزامی)

آستانه شدت خطر

آستانه‌های شدت خطر برای ارزیابی آسیب به کارکنان باید بر اساس بخش‌های زیر باشد. اطلاعات بیشتر باید بر اساس استاندارد HSE-01 دنبال گردد.

پ-۱ آستانه آسیب

پ-۱-۱ حریق

از جدول پ-۱ باید به عنوان مبنایی برای تعیین آسیب‌پذیری انسان در برابر شدت‌های خطر مرتبط با حریق استفاده شود.

جدول پ-۱ – آستانه‌های شدت حریق

آستانه	مدت زمان حریق	پارامتر
$۳\ kW/m^2$	بیش از ۲ دقیقه	IDLH
$(۶۰۰\ kW/m^2)^{۴/۳}.s$	کمتر از ۲ دقیقه	
$۵\ kW/m^2$	بیش از ۲ دقیقه	LC۱%
$(۱۰۰۰\ kW/m^2)^{۴/۳}.s$	کمتر از ۲ دقیقه	
استفاده از معادلات پروبیت		مرگ و میر

پ-۲ انفجار

از جدول پ-۲ باید به عنوان مبنایی برای تعیین آسیب‌پذیری انسان در برابر شدت‌های خطر مرتبط با فشار افزایی انفجار استفاده می‌شود.

جدول پ-۲- آستانه‌های موج فشار ناشی از انفجار

آستانه	پارامتر
۵ kPa	IDLH
۱۴ kPa	LC۱%
استفاده از معادلات پروبیت	مرگ و میر

پ-۳ مسمومیت

ارزیابی آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات ناشی از قرار گرفتن در معرض مواد سمی باید برای موارد زیر در نظر گرفته شود:

مدت زمان واکنش کارکنان ؛

اقدامات حفاظتی؛

سطوح آسیب به عنوان تابعی از زمان (دوز)؛

کل مدت زمان در معرض قرار گرفتن (دوز انباشته)

پ-۳-۱ سولفید هیدروژن (H2S)

از جدول پ-۳ باید به عنوان مبنایی برای تعیین آسیب‌پذیری انسان در برابر شدت خطرات سمیت مرتبط با سولفید هیدروژن استفاده شود.

جدول پ-۳ – آستانه‌های H_2S

پارامتر /زمان	۱ دقیقه	۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه
IDLH (ppm)	۳۲۰	۱۵۰	۱۱۵	۱۰۰	۸۰
LC۱% (ppm)	۱۵۲۱	۶۸۸	۵۴۲	۴۷۲	۳۷۲
مرگ و میر	استفاده از معادلات پروبیت				

پ-۳-۲ دی‌اکسید گوگرد (SO۲)

از جدول پ-۴ باید به عنوان مبنایی برای تعیین آسیب‌پذیری انسان در برابر شدت خطرات سمیت مرتبط با دی‌اکسید گوگرد استفاده شود.

جدول پ-۴- آستانه‌های SO_2

پارامتر/زمان	۱ دقیقه	۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه
IDLH (ppm)	۲۳۰	۱۲۸	۱۰۸	۹۶	۸۱
LC1% (ppm)	۲۰۷۱	۱۱۴۸	۹۶۱	۸۶۶	۷۲۵
مرگ و میر	استفاده از معادلات پروبیت				

پ-۳-۳ مونوکسید کربن (CO)

از جدول پ-۵ باید به عنوان مبنایی برای تعیین آسیب‌پذیری انسان در برابر شدت خطرات سمیت مرتبط با مونوکسید کربن استفاده شود.

جدول پ-۵- آستانه‌های مونوکسید کربن

پارامتر/زمان	۵دقیقه	۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه
IDLH (ppm)				۱۲۰۰	
LC۱% (ppm)					
مرگ و میر	استفاده از معادلات پروبیت				

پ-۳-۴ دی‌اکسید کربن (CO_2)

از جدول پ-۶ باید به عنوان مبنایی برای تعیین آسیب‌پذیری انسان در برابر شدت خطرات سمیت مرتبط با دی‌اکسید کربن استفاده شود.

جدول پ-۶ - آستانه‌های دی‌اکسید کربن

پارامتر/زمان	۵دقیقه	۱۰ دقیقه	۲۰ دقیقه	۳۰ دقیقه	۶۰ دقیقه
IDLH (ppm)				۴۰۰۰۰	
LC۱% (ppm)					
مرگ و میر	به طور محافظه‌کارانه غلظت ppm ۷۰،۰۰۰ در هوا برآورد شده است.				

پ-۳-۵ دود

تأثیر خطر دود بر انسان باید با رویکرد مورد به مورد ارزیابی شود. برای مدل‌سازی آستانه‌های شدت خطر مرتبط با خطر دود، باید تأییدیه شرکت دریافت شود.

پ-۳-۶ افزایش درجه حرارت

اثرات خطرات ناشی از افزایش درجه حرارت برای انسان باید با رویکرد مورد به مورد ارزیابی شود.

پ-۴ پرتابه

شدت خطر برخورد پرتابه باید به صورت موردی، مورد مطالعه قرار گیرد.

پ-۵ ثبات (پایداری) سازه‌ای

ارزیابی آستانه "IDLH" و "LC1%"سناریوها به همراه نتیجه درخت رویداد که بر ثبات (پایداری) سازه‌ای اثر می‌گذارد، دشوار می‌باشد. تجزیه و تحلیل ایمنی خاص مانند تجزیه و تحلیل ریسک سقوط اجسام، تجزیه و تحلیل ریسک سازه‌ای، تجزیه و تحلیل ریسک برخورد کشتی، تجزیه و تحلیل ریسک خستگی باید بر اساس رویکرد مورد به مورد انجام شود. این مطالعات ایمنی باید به مکانیسم‌های حالت خرابی و اثرات بالقوه آنها بر اختلال سازه بپردازد. این مطالعات خاص باید به عنوان ورودی برای برآورد ریسک به کارکنان و خسارت دارایی‌های مرتبط با رویدادهای غیر فرایندی در نظر گرفته شود.

شدت خطرات خسارت سازه‌ای باید به‌صورت موردی مورد مطالعه قرار گیرد و باید از شرکت برای تعیین آستانه‌های شدت خطر تأییدیه دریافت شود.

۲- آستانه شدت خطر برای خسارت دارایی

ارزیابی آسیب‌پذیری نسبت به یکپارچگی دارایی‌ها در اثر حریق، انفجار، تشدید، خطرات آسیب سازه‌ای باید بر اساس موارد زیر سنجش شوند:

سطوح شدت خطر ؛

مدت زمان سطح خطر ؛

تشدید بالقوه.

پیوست ت

(آگاهی دهنده)

کاربرگ‌ها

الف) کاربرگ HAZID

نام شرکت/مدیریت/منطقه:			
محل/واحد مورد بررسی:	نام و نام تنظیم‌کننده:	تاریخ تنظیم اولین سند:	
فعالیت:	نام و نام تائید کننده:	تاریخ بازنگری:	شماره بازنگری:

سیستم:	زیرسامانه :
نوع خطر:	

ردیف	خطرات	منبع خطر	ایمنی	بهداشت	محیط‌زیست	دلایل	توصیف ریسک: عواقب: انسان	دارایی	اعتبار شرکت	محیط‌زیست	حذف ریسک	انتقال ریسک	کنترل‌های موجود: کاهش ریسک: جایگزینی	کنترل مهندسی / موانع فیزیکی	کنترل اداری / مدیریتی	استفاده از وسایل حفاظت فردی	کاهنده نتیجه خطر	ریسک موجود: انسان	دارایی	اعتبار شرکت	محیط‌زیست	اقدامات اصلاحی پیشنهادی: حذف ریسک	انتقال ریسک	کنترل موردنیاز: کاهش ریسک: جایگزینی	کنترل مهندسی / موانع فیزیکی	کنترل اداری / مدیریتی	استفاده از وسایل حفاظت فردی	کاهنده نتیجه خطر	وضعیت	ریسک بعد از اقدامات اصلاحی انجام‌شده: مسئول رسیدگی	مدت زمان رسیدگی	انسان	دارایی	اعتبار شرکت	محیط‌زیست	وضعیت ریسک	الزامات مربوطه	پیشنهادات
۱																																						
۲																																						

یادآوری ۱- "دلایل" مجموعه‌ای از عوامل و تهدیدهایی می‌باشند که در بروز خطرات نقش دارند.

یادآوری ۲- طبقه‌بندی خطرات باید مطابق با الزامات مندرج در استاندارد ISO17776 باشد.

یادآوری ۳- منظور از "کاهنده نتیجه خطر" در کنترل‌های موجود و موردنیاز، مجموعه اقدامات و ابزارهای مورد استفاده به منظور کاهش نتیجه خطر ناشی از یک رویداد می‌باشد. به عنوان مثال بکار گیری از تجهیزات اعلان و اطفاء حریق ابزاری برای مهار توسعه حریق می‌باشد که باید در این قسمت نگارش شوند.

جهت کسب اطلاعات بیشتر به منظور نحوه تکمیل کاربرگ به استاندارد ISO17776 مراجعه نمایید.

ب- کاربرگ HAZOP

نام شرکت/مدیریت/منطقه:	**تاریخ جلسه:**	
محل/واحد مورد بررسی:	**تاریخ تنظیم اولین سند:**	
شماره صفحه ..... از	**تاریخ بازنگری:**	**شماره بازنگری:**
نام و نام تنظیم‌کننده:		
نام و نام خانوادگی تائید کننده:		

عنوان مطالعه:	
قسمت مورد بررسی:	
مشخصات طراحی:	**ماده:**
	منبع:

شماره	کلمه راهنما	مشخصه[1]	انحراف معیار	دلایل احتمالی	عواقب	کنترل موجود	پیشنهادها	اقدامات موردنیاز	مسئول اقدامات اصلاحی
۱									
۲									
۳									

جهت کسب اطلاعات بیشتر به منظور نحوه تکمیل کاربرگ به استاندارد IEC61882 مراجعه شود.

1-Property

پ- مقاطع قابل جداسازی و موجودی هیدروکربن خطرناک

جداول قسمت‌های قابل جداسازی و موجودی هیدروکربن خطرناک باید به عنوان بخشی از آماده‌سازی HAZID و HAZOP تهیه شوند. فرمت زیر باید برای گزارش بخش های قابل جداسازی و موجودی مواد خطرناک مرتبط آنها، استفاده شود. جداول باید بخشی از ارزیابی اولیه ریسک و گزارش‌های QRA را تشکیل دهند.

ردیف	گره[1] (بخش قابل جداسازی)	مواد فرآیند	خطرات بالقوه (اشتعال‌پذیری، واکنش‌پذیری، سمیت، مراقبت ویژه)	حداکثر فشار عملیاتی (Barg)	دمای عملیاتی (°C)	حجم ظروف و خطوط لوله (m^3)	موجودی (تن)		جداسازی با (u/s و d/s)	زمان جداسازی گاز مایع (دقیقه)
							مایع	گاز		
۱										
۲										
۳										

1-Node

ت-کاربرگ ثبت رویدادهای بحرانی مرکزی

شرکت:	تاریخ ثبت:
منطقه عملیاتی:	شماره ویرایش:
شماره سند مطالعه ریسک:	

ردیف	واحد عملیاتی	سیستم	زیرسامانه	سیستم جداکننده/ قطع کننده	رویداد بحرانی مرکزی	تجهیزات حیاتی مرتبط	وضعیت عملیاتی تجهیزات حیاتی (در سرویس/ خارج از سرویس)	سامانه‌های کنترلی موجود	اقدامات اصلاحی	توضیحات
۱										
۲										
۳										
۴										
۵										
۶										
۷										
۸										
۹										
۱۰										
تهیه‌کننده:					تصویب‌کننده:					

پیوست ث

(الزامی)

تعاریف شدت (نیروی انسانی، تجهیزات و دارایی‌ها، محیط‌زیست و اعتبار شرکت) در ماتریس ارزیابی ریسک

شدت	نیروی انسانی				تجهیزات و دارایی‌ها*		اعتبار شرکت	
	صدمات جسمانی		اثر بر سلامت					
	تأثیر بالقوه	تعریف	تأثیر بالقوه	تعریف	تأثیر بالقوه	تعریف	تأثیر بالقوه	تعریف
۱	بدون صدمه	صدمه‌ای به سلامت انسان وارد نمی‌شود	بدون صدمه	صدمه‌ای به سلامت انسان وارد نمی‌شود	بدون خسارت	صدمه به تجهیزات و دارایی‌ها وارد نمی‌شود	اثر ندارد	بدون آگاهی عمومی
۲	صدمه ناچیز	به توانایی کار فردی یا انجام کار فعلی آسیب نرساند	صدمه ناچیز	به توانایی کار فردی یا انجام کار فعلی آسیب نرساند. - عامل‌هایی که برای سلامت انسان خطرناک نمی‌باشند	خسارت ناچیز	اختلالی در فرآیند کاری ایجاد نمی‌شود، حداقل هزینه جهت تعمیر تجهیزات و دارایی‌ها (هزینه کمتر از ۱۵،۰۰۰ دلار)	اثرمنفی ناچیز	آگاهی عمومی در مورد واقعه* ممکن است وجود داشته باشد اما هیچ نگرانی عمومی وجود ندارد
۳	صدمه کم	اثرگذار بر روی فعالیت‌های در حال اجرا می‌باشند. مانند کاهش فعالیت یا مرخصی نفر جهت بهبودی کامل (حداکثر به مدت یک هفته).	صدمه/ بیماری کم	اثرگذار بر روی فعالیت‌های در حال اجرا می‌باشند. مانند کاهش فعالیت یا مرخصی نفر جهت بهبودی کامل (حداکثر به مدت یک هفته). عواملی که اثرات بهداشتی محدود شده‌ای دارند و برگشت‌پذیر می‌باشند، به عنوان مثال تحریک‌کننده‌ها و بسیاری از باکتری‌های مسمومیت غذایی	خسارت کم	ممکن است اختلال جزئی در فرآیند کاری ایجاد شود؛ نیاز به ایزولاسیون تجهیزات جهت تعمیر تجهیزات و دارایی‌ها نیاز باشد (هزینه به‌صورت تخمینی بیشتر از ۱۵،۰۰۰ دلار و کمتر از ۱۵۰،۰۰۰ دلار)	اثرمنفی محدود شده	نگرانی‌های عمومی محلی؛ توأم با شکایات دریافت شده از رسانه‌های محلی کوچک و / یا توجه سیاسی محلی با جنبه‌های بالقوه منفی برای عملیات شرکت تابعه به همراه داشته باشد
۴	صدمه شدید	منجر به معلولیت جزئی ولی دائمی و یا منجر به عدم تناسب شغلی از لحاظ بدنی جهت انجام کار برای مدت زمان طولانی می‌شود. مانند غیبت طولانی‌مدت	صدمه/ بیماری شدید	منجر به ناتوانی دائمی جزئی و یا تأثیرگذاری بر عملکرد کاری فرد در بلندمدت داشته باشد، مانند غیبت طولانی‌مدت از کار - عامل‌هایی که قادر به آسیب برگشت‌ناپذیر بدون معلولیت جدی هستند، برای مثال سر و صدا، ابزارهای مورد استفاده جهت کارهای دستی که به خوبی طراحی نشده‌اند	خسارت در سطح شرکت	قسمتی از تأسیسات فرآیند عملیاتی از فعالیت خارج شوند؛ فرآیند (ممکن است) بعد از توقف، قابلیت راه‌اندازی مجدد داشته باشد (هزینه به‌صورت تخمینی بیشتر از ۱۵۰،۰۰۰ دلار و کمتر از ۱،۵۰۰،۰۰۰ دلار)	اثرمنفی قابل‌توجه	نگرانی عمومی منطقه‌ای؛ شکایات متعدد؛ توجه منفی گسترده در رسانه‌های محلی؛ رسانه ملی و / یا توجه سیاسی / محلی / منطقه‌ای با موقعیت منفی ممکن از دولت محلی و / یا گروه‌های ذینفع به همراه داشته باشد
۵	مرگ و میر (۱ نفر)/ از کار افتادگی	متناوبا شخص با معلولیت دائمی و یا به عدم تناسب شغلی از لحاظ بدنی مواجه و قربانی می‌شود. همچنین شامل امکان مرگ و میر یک نفره به دلیل دنبال کردن شرح وظایف مرتبط با واقعه‌ها مانند انفجار می‌شود	مرگ و میر (۱ نفر)/ از کارافتادگی	عواملی که قادر به ایجاد آسیب برگشت‌ناپذیر با ناتوانی جدی و یا مرگ باشند، به عنوان مثال، مواد خورنده، مواد سرطان‌زا شناخته‌شده انسان	خسارت شدید	قسمتی از تأسیسات فرآیند عملیاتی از بین برود؛ تاسیات فرآیند حداکثر به مدت ۲ هفته خاموش بمانند (هزینه به‌صورت تخمینی بیشتر از ۱،۵۰۰،۰۰۰ و کمتر از ۱۵،۰۰۰،۰۰۰ دلار)	اثرمنفی‌در داخل کشور	نگرانی عمومی ملی؛ شکایت مداوم ؛ توجه گسترده منفی در رسانه‌های ملی و / یا سیاست‌های منطقه‌ای / ملی با اقدامات احتمالی محدود و / یا تأثیر در صدور لایسنس شرکت؛ بسیج گروه‌های ذینفع به همراه داشته باشد
۶	مرگ و میر بیش از ۱ نفر	شامل مرگ و میر چند نفره (۲ نفر یا بیشتر) به دلیل دنبال کردن شرح وظایف مرتبط با واقعه‌ها در هر نقطه عملیاتی و یا مرتبط با فعالیت‌های شغلی می‌باشد	مرگ و میر بیش از ۱ نفر	عواملی که دارای پتانسیل مرگ و میر چندگانه هستند، برای مثال مواد شیمیایی با اثرات سمی حاد (مانند سولفید هیدروژن، مونوکسید کربن)، مواد سرطان‌زای شناخته‌شده برای انسان	خسارت وسیع	تأسیسات فرآیند عملیاتی به کلی از بین برود که توأم با خسارت وسیع باشد (هزینه به‌صورت تخمینی بیش از ۱۵،۰۰۰،۰۰۰ دلار)	اثرمنفی‌در سطح بین‌المللی	توجه عمومی بین‌المللی؛ توجه منفی گسترده در رسانه‌های بین‌المللی و سیاست ملی / بین‌المللی؛ پتانسیل آسیب‌رساندن به مناطق جدید، لغو لایسنس ها و / یا تأثیر بر قوانین مالیاتی؛ فشارهای هماهنگ گروه‌های ذینفع ؛ عوارض جانبی برای شرکت تابعه در کشورهای دیگر به همراه داشته باشد

*دارایی‌ها عبارتند از: مخازن نفت و گاز، تأسیسات تولید، خطوط لوله، پول، سرمایه، و دیگر اموال شرکت تابعه و شخص ثالث

شدت	تأثیر بالقوه	تعریف	آلودگی نفت در هر واقعه (لیتر) (هر بشکه معادل ۱۶۰ لیتر نفت خام در نظر گرفته شود)		تخلیه پساب (مترمکعب در روز)		آب همراه نفت (نحوه مدیریت)		پسماند (برمبنای امتیاز ریسک) **	انتشار آلاینده‌های هوا از منبع انتشار
			مناطق حساس در خشکی	فراساحل	مناطق حساس در خشکی	فراساحل	مناطق حساس در خشکی	فراساحل		
محیط زیست*										
۱	اثر ندارد	ریسکی برای محیط‌زیست ندارد، عواقب مالی ندارد	۰	۰	COD< ۱۰۰mg/l	COD< ۱۰۰mg/l	استفاده از تجهیزات جداساز آب درون‌چاهی	استفاده از تجهیزات جداساز آب درون‌چاهی	کمتر یا مساوی ۲۵	۱- انجام آزمایش‌های خود اظهاری در پایش برای منابع انتشار و هوای محیطی ۲- مطابقت با استانداردهای محیط‌زیست
۲	اثر منفی ناچیز	عواقب مالی قابل‌چشم‌پوشی می‌باشد، ریسک محیط‌زیستی به‌صورت محلی می‌باشد (در محدوده فنسی و تأسیسات فرآیندی	<۱۰	۱۰۰-۰	≤۵ m^3 و ۱۰۱<COD<۳۰۰	0-50 m^3 و ۱۰۱<COD< ۳۰۰	تزریق به چاه	تزریق به چاه	بین ۲۶ تا ۵۰	۱- انجام آزمایش‌های خود اظهاری در پایش برای منابع انتشار و هوای محیطی ۲- انحراف از مقادیر استاندارد تا ۱۰٪ موارد ۳- انجام پایش و کنترل منابع آلاینده توسط شرکت
۳	اثر منفی کم	آلودگی، آسیب به اندازه کافی بزرگ می‌باشد که بر محیط‌زیست اثر بگذارد، بیش از حد از شاخص‌های تعیین شده در قانونی یا معیارهای تعیین شده، شکایت یک نفره، بدون اثر دائمی بر روی محیط‌زیست	<۱۰۰	۱۰۰۰-۱۰۱	۶-۱۰ m^3 و ۱۰۱<COD<۳۰۰	۵۱ – ۱۰۰ m^3 و ۱۰۱<COD<۳۰۰	عدم تزریق به چاه و انتقال به سامانه تصفیه	عدم تزریق به چاه و انتقال به سامانه تصفیه مستقر در سکو	بین ۵۱ تا ۷۵	۱- انجام آزمایش‌های خود اظهاری در پایش برای منابع انتشار و هوای محیطی ۲- انحراف از مقادیر استاندارد تا ۲۰٪ موارد ۳- انجام پایش و کنترل منابع آلاینده توسط شرکت
۴	اثر منفی در سطوح داخلی شرکت	نشر مواد سمی شناخته‌شده به‌صورت محدود، بیش از حد از شاخص‌های تعیین شده در قانونی یا معیارهای تعیین شده به‌صورت مکرر و فراتر از فنس تأسیسات/ محله	۱۰۰۰-۱۰۱	۱۰۰۰۰-۱۰۰۱	۱۱ -۲۵ m^3 یا ۳۰۱<COD<۵۰۰	۱۰۱-۲۰۰ m^3 یا ۳۰۱<COD<۵۰۰	عدم تزریق به چاه و انتقال به حوضچه تبخیر ایزوله	عدم تزریق به چاه و انتقال به حوضچه تبخیر ایزوله در خشکی	بین ۷۶ تا ۱۰۰	۱- انجام آزمایش‌های خود اظهاری در پایش برای منابع انتشار و هوای محیطی ۲- انحراف از مقادیر استاندارد تا ۳۰٪ موارد ۳- انجام پایش و کنترل منابع آلاینده توسط شرکت
۵	اثر منفی شدید	آسیب شدید به محیط‌زیست، شرکت لازم است اقدامات گسترده‌ای را برای بازگرداندن محیط آلوده به حالت اولیه خود انجام دهد. تجاوز بیش از حد از شاخص‌های تعیین شده در قانون یا معیارهای تعیین شده	۱۰۰۰۰-۱۰۰۱	۱۰۰۰۰۰-۱۰۰۰۱	۲۶-۵۰ m^3 یا COD>۵۰۱	۲۰۰-۵۰۰ m^3 یا COD>۵۰۱	عدم تزریق به چاه و انتقال به حوضچه تبخیر غیر ایزوله	عدم تزریق به چاه و انتقال به حوضچه تبخیر غیر ایزوله در خشکی	بین ۱۰۱ تا ۱۵۰	۱- انجام آزمایش‌های خود اظهاری در پایش برای منابع انتشار و هوای محیطی ۲- انحراف از مقادیر استاندارد تا ۵۰٪ موارد ۳- عدم انجام پایش و کنترل منابع آلاینده توسط شرکت
۶	اثر منفی قابل‌گسترش	آسیب شدید محیط‌زیست به‌صورت مداوم و یا گسترش مزاحمت شدید در یک منطقه بزرگ، از لحاظ استفاده تجاری یا تفریحی یا حفاظت از طبیعت، یک ضرر عمده اقتصادی برای شرکت در برداشته باشد، تجاوز بیش از حد از شاخص‌های تعیین شده در قوانین، استاندارد یا معیارهای تعیین شده در الزامات	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰۰	>۵۰ m^3 یا COD>۵۰۱	>۵۰۰ m^3 یا COD>۵۰۱	عدم تزریق به چاه و رهاسازی در محیط خشکی	عدم تزریق به چاه و رهاسازی دریا	بین ۱۵۱ تا ۲۰۰	۱- انجام آزمایش‌های خود اظهاری در پایش برای منابع انتشار و هوای محیطی ۲- انحراف از مقادیر استاندارد بیش از ۵۰٪ موارد ۳- عدم انجام پایش و کنترل منابع آلاینده توسط شرکت

* برای سایر مواد شیمیایی، کارشناسان محیط‌زیست باید اعمال‌نظر نمایند.

وقایع مربوط به هوا، سر و صدا، ارتعاشات کوچک، نور و خاک باید بر اساس قضاوت کارشناسان مورد توجه قرار گیرد و در صورت عدم اطمینان، آزمایش‌های محلی باید انجام شود.

* وقایعی که در سطح شدت ۲ مورد استفاده قرار می‌گیرند باید به عنوان منبع نگرانی برای تمام سطوح شدت دیده شوند. این واژه در واژه نامه تعریف‌شده است اما تشخیص آن شامل یک مسئله زیست‌محیطی، یک رویداد یا زنجیره‌ای از حوادثی است که باعث ایجاد یا نادیده گرفتن نشت، رهایش، شکایت، نگرانی عمومی، بحث‌های موضوعی، عدم پیروی از تعهدات و غیره شده است. لذا، نظر "عموم جامعه" باید در نظر گرفته شود که طیف گسترده‌ای از جمله "متفکران" را شامل می‌شود، برای مثال دانشمندان زیست‌محیطی؛ گروه‌ها؛ سیاستمداران؛ مقامات (از انواع مختلف)؛ رسانه (علمی عمومی).

** امتیاز ریسک پسماندها متناسب با پارامترهای مندرج در جدول زیر باید محاسبه گردند:

امتیاز ریسک = تناوب تولید× درجه خطر× کمیت پسماند

پارامتر	محدوده	امتیاز
کمیت پسماند	بیش از ۵۰٪ کل پسماندها	۵
	۳۰ تا ۵۰٪ کل پسماندها	۴
	۱۰ تا ۳۰٪ کل پسماندها	۳
	۵ تا ٪ ۱۰ کل پسماندها	۲
	کمتر از ۵٪ کل پسماندها	۱
درجه خطر	H	۸
	۱	۴
	۲	۲
	۳	۱
تناوب تولید	روزانه	۵
	هفتگی	۴
	ماهانه	۳
	سالانه	۲
	بیش از یک سال	۱