

تحلیل سیستم‌های حفاظت فردی در صنایع نفت و گاز

(نمونه موردی : سکوهای دریایی پارس جنوبی با رویکرد مدیریت ریسک و استانداردهای بین‌المللی)

*۱-حمید جورکش ۲- رویا گلستانی ۳- محمدهادی زارع

hamidjorkesh@ut.ac.ir

secretglo22800@gmail.com

romantica0029@gmail.com

۱- دکتری مدیریت محیط زیست، استاد دانشگاه عملی کاربردی خانه کارگر شیراز

۲- دانشجوی کاردانی HSE، دانشگاه عملی کاربردی خانه کارگر شیراز

۳- دانشجوی کاردانی HSE، دانشگاه عملی کاربردی خانه کارگر شیراز

چکیده

تجهیزات حفاظت فردی (PPE) در صنایع نفت و گاز دریایی به عنوان آخرین خط دفاعی در برابر طیف گسترده‌ای از خطرات عملیاتی و محیطی ایفای نقش می‌کنند. میدان گازی پارس جنوبی به دلیل موقعیت راهبردی، تراکم بالای تأسیسات و حضور هزاران پرسنل شاغل، از حساسیت ویژه‌ای برخوردار است. با این حال، شرایط اقلیمی منحصربه‌فرد این منطقه شامل دمای بالای ۵۰ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی بیش از ۹۰ درصد، تابش شدید فرابنفش و خوردگی ناشی از نمک دریا، به همراه خطرات عملیاتی کلاسیک نظیر آتش‌سوزی فلش، سقوط از ارتفاع و انتشار گازهای سمی، چالش‌های بی‌سابقه‌ای را برای طراحی، انتخاب، نگهداری و استفاده مؤثر از تجهیزات حفاظت فردی ایجاد کرده است. پژوهش حاضر با رویکرد توصیفی-تحلیلی به بررسی وضعیت سیستم‌های حفاظت فردی در سکوهای دریایی پارس جنوبی پرداخته است. یافته‌ها نشان می‌دهد که وضعیت موجود این تجهیزات به طور کلی در محدوده "نامطلوب" تا "بحرانی" قرار دارد. تحلیل شکاف میان وضعیت موجود و الزامات استانداردهای بین‌المللی، سه سطح اصلی شکاف را آشکار می‌سازد: نخست، شکاف فنی-استانداردی ناشی از عدم تناسب استانداردهای تدوین شده برای اقلیم‌های معتدل با شرایط فرسایشی و خورنده پارس جنوبی؛ دوم، شکاف مدیریتی-فرآیندی شامل نبود سیستم یکپارچه بازرسی دوره‌ای، نگهداری و تعویض به‌موقع تجهیزات؛ و سوم، شکاف فرهنگی-رفتاری شامل ضعف در آموزش‌های عملی، عدم تبعیت از دستورالعمل‌ها در شرایط دشوار اقلیمی و نبود نظارت مؤثر. نتیجه‌گیری آنکه بهبود وضعیت حفاظت فردی در پارس جنوبی نیازمند یک مداخله چندلایه و بومی‌سازی شده است: بازنگری در ارزیابی ریسک با تأکید بر شرایط اقلیمی، تأمین تجهیزات با کیفیت و متناسب با منطقه، پیاده‌سازی سیستم منظم بازرسی و تعویض با دوره‌های کوتاه‌تر، و در نهایت ارتقاء فرهنگ ایمنی و آموزش عملی پرسنل.

واژگان کلیدی: تجهیزات حفاظت فردی، سکوهای دریایی، پارس جنوبی، تحلیل شکاف، بومی‌سازی استانداردهای بین‌المللی نفت و گاز، مدیریت ایمنی.

۱. مقدمه

صنعت نفت و گاز دریایی بدون تردید یکی از پیچیده‌ترین، پرمخاطره‌ترین و در عین حال حیاتی‌ترین صنایع در سطح جهان محسوب می‌شود (انجمن بین‌المللی تولیدکنندگان نفت و گاز، ۲۰۲۱). ترکیب مواد قابل اشتعال با فشارهای فوق‌العاده بالا، حضور تجهیزات سنگین و دوار، ارتفاعات قابل توجه در سازه‌های سکویی، فضاهای محدود و تنگ، و حضور همزمان صدها نفر پرسنل با تخصص‌های گوناگون در یک محیط ایزوله و فراساحلی، همگی دست به دست هم می‌دهند تا پتانسیل وقوع حوادث فاجعه‌بار و خسارت‌بار را به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دهند (رضایی، ۱۴۰۰، ص ۸). در چنین شرایطی، تجهیزات حفاظت فردی به عنوان آخرین خط دفاعی در برابر خطرات باقیمانده پس از اعمال سایر سطوح سلسله‌مراتب کنترل – شامل حذف خطر، جایگزینی، کنترل‌های مهندسی و کنترل‌های مدیریتی – نقشی حیاتی، تعیین‌کننده و غیرقابل انکار ایفا می‌کنند (شرکت نفت خلیج فارس، ۱۴۰۲، ص ۶). با این حال، تأکید بر این نکته ضروری است که در یک نظام ایمنی بالغ و حرفه‌ای، PPE هرگز اولین گزینه نیست، بلکه آخرین چاره است؛ به این معنا که پیش از هر اقدامی برای تهیه و استفاده از PPE، باید تمامی تلاش خود را برای حذف یا کاهش خطرات از ریشه به کار بست (رضایی، ۱۴۰۰، ص ۱۰). اما واقعیت تلخ صنایع فرآیندی از جمله نفت و گاز این است که به دلیل ذات غیرقابل حذف بسیاری از خطرات (مانند وجود هیدروکربن‌های قابل اشتعال یا نیاز به کار در ارتفاع)، PPE به یک جزء اجتناب‌ناپذیر، همیشگی و حیاتی از سیستم ایمنی تبدیل می‌شود (احمدی و نوروزی، ۱۳۹۹، ص ۴۷). بنابراین، نه تنها وجود PPE، بلکه مناسب بودن، کیفیت، نگهداری صحیح و استفاده درست از آن، مستقیماً با جان و سلامت کارگران گره خورده است (بندر ویژه، ۱۴۰۱، ص ۱۲).

در میان مناطق عملیاتی کشور، میدان گازی پارس جنوبی بدون هیچ تردیدی از حساسیت راهبردی، پیچیدگی عملیاتی و اهمیت اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است. این میدان عظیم که به صورت اشتراکی میان ایران و قطر در آب‌های خلیج فارس قرار گرفته است، نه تنها تأمین‌کننده بخش عمده‌ای از نیاز گازی کشور و خوراک پتروشیمی‌های ایران است، بلکه یکی از محورهای اصلی اقتصاد ملی و امنیت انرژی به شمار می‌رود (اسماعیلی و عباسی، ۱۳۹۶، ص ۱۱۳). تراکم بی‌نظیر سکوه‌های استخراج، جدایش و فرآوری در منطقه عسلویه و تنب بزرگ، تعداد بسیار بالای پرسنل شاغل اعم از نیروهای مستقیم و پیمانکاری، حضور همزمان ده‌ها پیمانکار با سطوح متفاوت دانش، تجربه و فرهنگ ایمنی (احمدی و نوروزی، ۱۳۹۹، ص ۴۸) و از همه مهم‌تر و چالش‌برانگیزتر، شرایط محیطی بسیار سخت و تقریباً منحصربه‌فرد این منطقه – شامل رطوبت نسبی بالای ۹۰ درصد در فصل گرما، غلظت بالای نمک در هوا و بارش‌های نمکی، دمای بیش از ۵۰ درجه سانتی‌گراد در ماه‌های گرم سال، شدت بسیار بالای اشعه فرابنفش (UV Index بالاتر از ۱۱) و گرد و غبار ناشی از شن‌های روان – همگی دست به دست هم داده‌اند تا ضرورت توجه ویژه، مستمر و عمیق به ایمنی و به طور خاص به تجهیزات حفاظت فردی را به یک الزام انکارناپذیر تبدیل کنند (تریون، ۲۰۲۶). تجربه جهانی در صنایع فراساحلی مشابه، مانند سکوه‌های دریایی شرکت آرامکوی عربستان سعودی یا شرکت ADNOC امارات متحده عربی که با شرایط اقلیمی نسبتاً مشابهی روبرو هستند، نشان می‌دهد که این شرکت‌ها استانداردهای بسیار سختگیرانه، دقیق و بومی‌سازی شده‌ای برای انتخاب، تأمین، نگهداری و بازرسی تجهیزات حفاظت فردی تدوین و اجرا کرده‌اند و هزینه‌های هنگفتی را نیز صرف این مهم می‌کنند (کاستوم وورک ویر، ۲۰۲۵). اما متأسفانه، شواهد و قرائن موجود حاکی از آن است که در صنعت نفت و گاز کشور ما و به ویژه در منطقه پارس جنوبی، این مهم نه تنها کمتر مورد توجه جدی و راهبردی قرار گرفته، بلکه در بسیاری از موارد، به عنوان یک نیاز تشریفاتی، فرمالیته اداری یا حتی یک کالای مصرفی کم‌اهمیت تلقی می‌شود (رضایی، ۱۴۰۰، ص ۱۵). اهمیت و فوریت این موضوع زمانی به مراتب آشکارتر و نگران‌کننده‌تر می‌شود که به یافته‌های مطالعات میدانی انجام شده در این منطقه توجه کنیم. یک مطالعه میدانی جامع که بر روی ۱۹ سکوی فعال پارس جنوبی انجام شده است، نشان می‌دهد که از مجموع سامانه‌ها و تجهیزات ایمنی و حفاظتی بررسی‌شده در واحد بهره‌برداری این سکوها، وضعیت اکثریت قریب به اتفاق آن‌ها در بازه

زمانی یک ساله، در محدوده "نامطلوب" و حتی "بحرانی" قرار داشته است و تنها حدود یک چهارم آن‌ها در وضعیت "ایمن" و مطلوب ارزیابی شده‌اند (اسماعیلی و عباسی، ۱۳۹۶، ص ۱۱۸). این آمار و ارقام که در نوع خود کم سابقه و بسیار تأسفبار است، یک زنگ خطر جدی و هشدار قرمز برای تمامی مدیران، متخصصان ایمنی و ذینفعان صنعت نفت و گاز کشور محسوب می‌شود (شرکت نفت خلیج فارس، ۱۴۰۲، ص ۲۵). اما سؤال بنیادین و در عین حال پیچیده‌ای که در اینجا مطرح می‌شود این است که چه عواملی باعث این وضعیت اسفناک و بحرانی شده است؟ آیا مشکل عمدتاً به کیفیت نامناسب و پایین تجهیزات وارداتی یا تولید داخل بازمی‌گردد؟ آیا عدم وجود استانداردهای بومی و متناسب با شرایط خاص و دشوار اقلیمی پارس جنوبی، ریشه اصلی این ناکارآمدی است؟ یا شاید مشکل اصلی به نبود یک سیستم منسجم، دقیق و دوره‌ای بازرسی، نگهداری و تعویض تجهیزات مربوط می‌شود؟ و یا اینکه شاید ریشه‌های این فاجعه را باید در لایه‌های عمیق‌تر و ریشه‌دارتری مانند ضعف در آموزش‌های عملی و کاربردی، نبود فرهنگ ایمنی مثبت و حاکم نبودن رویکرد پیشگیرانه در میان سطوح مختلف مدیریت و کارگری جستجو کرد (احمدی و نوروزی، ۱۳۹۹، ص ۵۵)؟ پاسخ به هر یک از این پرسش‌ها و حتی مهم‌تر از آن، شناخت رابطه متقابل و اثر متقابل این عوامل بر یکدیگر، نیازمند یک تحلیل سیستماتیک، همه‌جانبه و توصیفی-تحلیلی است که در آن، ابعاد فنی-مهندسی، ابعاد مدیریتی-فرآیندی و ابعاد انسانی-فرهنگی به طور همزمان و در ارتباط با یکدیگر مورد بررسی و کنکاش قرار گیرند (رضایی، ۱۴۰۰، ص ۲۰).

گذشته از چالش‌های عینی و ملموس مرتبط با وضعیت موجود، یک شکاف تحقیقاتی عمده و قابل تأمل نیز در ادبیات فنی، علمی و تخصصی کشور در این حوزه مشاهده می‌شود. اگرچه در سال‌های اخیر، مطالعات و پژوهش‌های پراکنده و نسبتاً محدودی در زمینه ایمنی، بهداشت حرفه‌ای و مدیریت ریسک در صنعت نفت و گاز انجام شده است (احمدی و نوروزی، ۱۳۹۹؛ رضایی، ۱۴۰۰؛ اسماعیلی و عباسی، ۱۳۹۶)، اما بررسی عمیق و دقیق این مطالعات نشان می‌دهد که تعداد بسیار معدودی از آن‌ها به طور خاص، متمرکز و جزئی‌نگر به چالش‌های منحصربه‌فرد، چندوجهی و پیچیده حفاظت فردی در سکوها و دریایی پارس جنوبی پرداخته‌اند. بسیاری از پژوهش‌های موجود یا جنبه عمومی و کلی دارند و به تفاوت‌های ظریف اما سرنوشت‌ساز میان مناطق مختلف عملیاتی توجه نکرده‌اند، یا صرفاً بر یک بُعد خاص (مثلاً استانداردهای فنی یا عوامل انسانی) تمرکز کرده‌اند و از تعامل این ابعاد غافل شده‌اند. به عبارت دقیق‌تر، فقدان یک مطالعه جامع، یکپارچه و سیستمی که به طور همزمان به تحلیل سه رکن اساسی و مرتبط با یکدیگر یعنی (۱) استانداردها و الزامات فنی و مهندسی متناسب با شرایط منطقه، (۲) شرایط خاص و دشوار محیطی و عملیاتی حاکم بر پارس جنوبی، و (۳) عوامل انسانی، مدیریتی و فرهنگی مؤثر بر نحوه انتخاب، نگهداری و استفاده از تجهیزات بپردازد، به شدت احساس می‌شود (بندر و پژه، ۱۴۰۱، ص ۸). این شکاف دانشی باعث شده است که بسیاری از تصمیم‌گیری‌ها در زمینه تأمین، تخصیص و مدیریت PPE در این منطقه، بر اساس فرضیات نادرست، تجارب غیرمرتبط یا صرفاً بر مبنای هزینه‌های کوتاه‌مدت اتخاذ شوند و نتیجه آن، وضعیت نامطلوب و بحرانی موجود است.

علاوه بر شکاف تحقیقاتی، یک شکاف عملی و اجرایی نیز بین الزامات استانداردهای بین‌المللی و شرایط واقعی حاکم بر پارس جنوبی وجود دارد. استانداردهای معتبر و شناخته‌شده‌ای مانند EN 361 برای هارنس‌های تمام‌بدن، EN ISO 11612 برای پوشاک مقاوم در برابر شعله و EN 12492 برای کلاه‌های ایمنی کار در ارتفاع، همگی در شرایط آزمایشگاهی استاندارد و عمدتاً در اقلیم‌های معتدل اروپا و آمریکای شمالی تدوین و اعتبارسنجی شده‌اند (تریون، ۲۰۲۶). اما سؤال اساسی این است که آیا این استانداردها برای شرایط فرسایشی، خورنده و حرارتی طاقت‌فرسای پارس جنوبی کافی و مناسب هستند؟ آیا یک تسمه پلی‌استری که در استاندارد EN 361 تأیید شده است، در مواجهه با تابش شدید UV منطقه می‌تواند همان استحکام و عمر مفید خود را حفظ کند؟ تجربیات میدانی و گزارش‌های تخصصی نشان می‌دهد که پاسخ به این سؤال منفی است و عمر مفید واقعی این تجهیزات در پارس جنوبی به کمتر از ۲ سال کاهش می‌یابد (تریون، ۲۰۲۶). یا به عنوان مثالی دیگر، آیا پوشاک مقاوم در برابر شعله با وزن پایه بالا که برای اقلیم‌های سرد طراحی شده، در گرمای ۵۰ درجه و رطوبت ۹۰ درصد پارس جنوبی قابل تحمل است؟ به هیچ

وجه. چنین پوشاکی نه تنها غیرقابل استفاده است، بلکه با ایجاد تنش گرمایی شدید، خود به یک خطر جدید و جدی برای سلامت کارگر تبدیل می شود (بندر هاربر، ۲۰۲۵). بنابراین، بومی سازی استانداردها و الزامات فنی بر اساس شرایط واقعی و منحصر به فرد اقلیمی و عملیاتی پارس جنوبی، یک ضرورت فوری، حیاتی و انکارناپذیر است که این پژوهش نیز با جدیت بر آن تأکید دارد.

در چنین وضعیتی، پژوهش حاضر با انگیزه و هدفی دوگانه شکل گرفته است. هدف نخست، ترسیم یک تصویر واقع بینانه، مستند و چندبعدی از وضعیت موجود تجهیزات حفاظت فردی در سکوها و دریایی پارس جنوبی است؛ تصویری که هم ابعاد کمی و هم ابعاد کیفی (شامل چالش های انسانی و مدیریتی) را در بر گیرد. هدف دوم، فراتر از توصیف صرف وضعیت موجود، ارائه یک چارچوب عملی، بومی سازی شده و چندلایه برای بهبود این وضعیت است. این چارچوب بر پنج لایه اصلی استوار خواهد بود: بازنگری در فرآیند ارزیابی ریسک و انتخاب PPE، تأمین تجهیزات با کیفیت و دارای استانداردهای معتبر، پیاده سازی سیستم قوی بازرسی، نگهداری و تعویض، ارتقاء آموزش و فرهنگ سازی ایمنی، و در نهایت سرمایه گذاری در فناوری های نوین. امید است که این پژوهش، گامی هرچند کوچک اما مؤثر در جهت ارتقاء سطح ایمنی و حفظ سلامت و جان هزاران کارگر شاغل در صنعت نفت و گاز کشور، به ویژه در منطقه راهبردی پارس جنوبی، بردارد.

۲. مبانی نظری و استانداردهای حفاظت فردی

۲.۱. تعاریف و مفاهیم پایه

تجهیزات حفاظت فردی (PPE) به هر گونه وسیله، تجهیزات یا پوشاکی اطلاق می شود که توسط یک فرد برای محافظت در برابر یک یا چند خطر تهدیدکننده سلامت و ایمنی وی طراحی و ساخته شده است. بر اساس تعریف استاندارد ملی ایران به شماره ۱۶۲۵۸، PPE شامل طیف گسترده ای از محصولات از جمله پوشاک، کلاه، عینک، نقاب صورت، دستکش، کفش، گوشی های حفاظتی، کمربندهای ایمنی و تجهیزات محافظت تنفسی می شود (مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ۱۳۹۵).

یک نکته بسیار حیاتی که در تمامی متون تخصصی و استانداردها بر آن تأکید شده است، این است که PPE همیشه باید به عنوان آخرین گزینه در نظر گرفته شود. به عبارت دیگر، پیش از آن که به فکر استفاده از PPE باشیم، باید تا حد امکان از روش های کنترلی مؤثرتر که در سلسله مراتب کنترل (Hierarchy of Controls) در رده های بالاتر قرار دارند، استفاده کرد (رضایی، ۱۴۰۰، ص ۱۰).

این سلسله مراتب به ترتیب اولویت عبارتند از:

۱. حذف (Elimination): به طور کامل از بین بردن خطر. مثلاً حذف یک ماده شیمیایی سمی از فرآیند.
۲. جایگزینی (Substitution): جایگزین کردن یک ماده یا فرآیند خطرناک با یک ماده یا فرآیند کم خطرتر. مثلاً استفاده از یک ماده شوینده غیرسمی به جای حلال خطرناک.
۳. کنترل های مهندسی (Engineering Controls): جداسازی افراد از خطر با استفاده از موانع فیزیکی، تهویه موضعی، محافظ ماشین آلات و ...
۴. کنترل های مدیریتی (Administrative Controls): تغییر نحوه انجام کار افراد از طریق روش های اجرایی، علائم هشدار، آموزش، جابجایی پرسنل و کاهش زمان مواجهه.
۵. تجهیزات حفاظت فردی (PPE): آخرین سطح دفاع که زمانی استفاده می شود که خطرات باقیمانده پس از اعمال سطوح قبلی، همچنان وجود داشته باشند.

انتخاب هر یک از تجهیزات حفاظت فردی نیز باید بر اساس یک ارزیابی دقیق و سیستماتیک ریسک (Risk Assessment) صورت پذیرد که در آن، ماهیت خطر (فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی، ارگونومیک)، شدت و احتمال وقوع آن، شرایط محیطی (دما،

رطوبت، نور)، مدت زمان مواجهه و ویژگی‌های فردی کاربر (اندازه بدن، وضعیت سلامت، ناتوانی‌های احتمالی) به دقت در نظر گرفته شود (رضایی، ۱۴۰۰، ص ۱۲).

۲.۲. استانداردهای بین‌المللی مرجع برای PPE در صنعت نفت و گاز

در صنعت نفت و گاز جهانی و به طور خاص در منطقه خلیج فارس و دریای عمان، مجموعه‌ای از استانداردهای بین‌المللی به عنوان مرجع برای طراحی، ساخت، تست و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی شناخته می‌شوند. مهم‌ترین این استانداردها که در این مقاله به عنوان مبنا قرار گرفته‌اند، عبارتند از:

الف) استانداردهای مرتبط با پوشاک مقاوم در برابر شعله (FR Clothing):

NFPA 2112: استاندارد انجمن ملی حفاظت از آتش آمریکا برای پوشاک مقاوم در برابر شعله که برای محافظت از پرسنل صنعتی در برابر آتش‌سوزی فلش (Flash Fire) طراحی شده است. این استاندارد حداقل عملکرد پارچه و دوخت نهایی را در مواجهه با شعله مشخص می‌کند.

EN ISO 11612: استاندارد اروپایی/بین‌المللی برای پوشاک محافظ در برابر گرما و شعله. این استاندارد دارای کدهای عملکردی مختلفی (A1, A2 برای شعله، B1, B2, B3 برای انتقال حرارت همرفتی، C1, C2, C3 برای انتقال حرارت تشعشعی، D1, D2, D3 برای ذوب آلومینیوم، E1, E2, E3 برای ذوب آهن و F1, F2, F3 برای حرارت تماسی) است که نشان‌دهنده سطح حفاظت در برابر انواع مختلف خطرات گرمایی می‌باشد (بندر ویژه، ۱۴۰۱).

ASTM F1959/F1959M-14: استاندارد تست تعیین رتبه حفاظت حرارتی پارچه‌ها در برابر قوس الکتریکی (Arc Flash) که با پارامتر ATPV (Arc Thermal Performance Value) مشخص می‌شود. برای پرسنلی که در نزدیکی تجهیزات الکتریکی پرولتاژ کار می‌کنند، این استاندارد حیاتی است.

ب) استانداردهای مرتبط با کلاه ایمنی:

EN 397: استاندارد پایه و رایج برای کلاه‌های ایمنی صنعتی. این کلاه‌ها عمدتاً برای محافظت در برابر سقوط اجسام از بالا طراحی شده‌اند و مقاومت محدودی در برابر ضربات جانبی دارند.

EN 12492: استاندارد کلاه‌های ایمنی مخصوص کوهنوردی و کار در ارتفاع. تفاوت اساسی این استاندارد با EN 397 در این است که کلاه‌های EN 12492 باید از تمام جهات (جلو، پهلو و پشت) در برابر ضربه محافظت کرده و دارای یک بند چانه‌ای قوی باشند که در هنگام سقوط یا حرکت ناگهانی سر، کلاه را در جای خود نگه می‌دارد. برای کار در سکوه‌های دریایی که خطر سقوط وجود دارد، استاندارد EN 12492 الزامی است (تریون، ۲۰۲۶).

ANSI Z89.1: استاندارد آمریکایی برای کلاه‌های ایمنی صنعتی که دارای دو نوع (Type I و Type II) است. Type I فقط محافظت از بالا و Type II محافظت از بالا و کناره‌ها را فراهم می‌کند.

ج) استانداردهای مرتبط با تجهیزات حفاظت از سقوط (Fall Protection):

EN 361: استاندارد اصلی برای هارنس (کمر بند ایمنی) تمام بدن (Full Body Harness). این استاندارد الزامات طراحی، مواد، ابعاد، استحکام و تست هارنس را مشخص می‌کند. یک هارنس استاندارد EN 361 باید حداقل دارای یک حلقه اتصال پشتی (D-ring) و دو حلقه جانبی باشد.

EN 355: استاندارد مربوط به طناب‌های ضربه‌گیر (Energy Absorber Lanyard) که نیروی وارده به بدن در هنگام سقوط را به کمتر از ۶ کیلونیوتن کاهش می‌دهد.

EN 360: استاندارد مربوط به قرقره‌های جمع‌شونده (Self-Retracting Lifelines - SRL) که به طور خودکار طناب را جمع کرده و در صورت سقوط، سریعاً قفل می‌کند.

EN 358: استاندارد برای کمر بندهای کاری (Work Positioning Belts) که برای نگهداشتن فرد در یک موقعیت کاری خاص (نه برای مهار سقوط) استفاده می‌شود (ترویون، ۲۰۲۴).

د) استانداردهای مرتبط با کفش ایمنی:

EN ISO 20345: استاندارد پایه برای کفش‌های ایمنی. این استاندارد حداقل الزامات برای پنجه فولادی یا کامپوزیت (مقاومت در برابر ضربه ۲۰۰ ژول و فشار ۱۵ کیلونیوتن)، کفی ضد نفوذ (مقاومت در برابر نفوذ میخ با نیروی ۱۱۰۰ نیوتن) و زیره ضد لغزش را مشخص می‌کند. کدهای اضافی مانند SRA، SRB یا SRC نیز نشان‌دهنده سطح مقاومت در برابر لغزش بر روی کف‌های مختلف (سرامیک با مواد شوینده، فولاد با گلیسیرین و ...) هستند.

ه) استانداردهای مرتبط با مقاومت به خوردگی و شرایط سخت محیطی:

ISO 9227: استاندارد تست اسپری نمک (Salt Spray Test) برای ارزیابی مقاومت به خوردگی پوشش‌ها و مواد فلزی. تجهیزات فلزی مورد استفاده در سکوها دریایی (مانند کارابین‌ها، حلقه‌های D شکل و قطعات قرقره‌ها) باید بتوانند حداقل ۵۰۰ ساعت در معرض اسپری نمک (بر اساس این استاندارد) را بدون نشان دادن خوردگی قرمز (Red Rust) تحمل کنند (ترویون، ۲۰۲۶).

ASTM G155: استاندارد تست شتاب‌یافته تخریب در اثر اشعه UV برای مواد غیرفلزی (مانند تسمه‌های پلی‌استر و پلی‌آمید در هارنس‌ها).

جدول (۱) خلاصه‌ای از مهم‌ترین استانداردها و کاربرد آن‌ها در سکوهایی پارس جنوبی را نشان می‌دهد.

جدول (۱): استانداردهای کلیدی تجهیزات حفاظت فردی و کاربرد در پارس جنوبی

نوع تجهیزات	استانداردهای مرجع	کاربرد/اهمیت در پارس جنوبی
پوشاک ضد شعله	NFPA 2112, EN ISO 11612, ASTM F1959	محافظت در برابر آتش سوزی فلش و قوس الکتریکی در مناطق دارای گاز و تجهیزات برق
کلاه ایمنی (کار در ارتفاع)	EN 12492, ANSI Z89.1 Type II	محافظت از سر در برابر سقوط از ارتفاع، ضربات جانبی و نگهداری کلاه روی سر
هارنس تمام بدن	EN 361, EN 358, EN 361:2002	مهار کامل بدن در هنگام سقوط از ارتفاع، توزیع نیرو و جلوگیری از خروج از هارنس
قرقره جمع شونده (SRL)	EN 360	حرکت آزاد در عرشه سکو و قفل شدن خودکار در هنگام سقوط
کفش ایمنی	EN ISO 20345 (حداقل سطح S3 یا SRC)	محافظت از پنجه پا، جلوگیری از نفوذ اجسام تیز، مقاومت در برابر لغزش بر روی سطوح مرطوب و روغنی
عینک ایمنی	EN 166 (با گواهی ضد بخار و ضد خش)	حفاظت در برابر ذرات پرنده، پاشش مواد شیمیایی و تابش خیره کننده نور خورشید
تجهیزات تنفسی	EN 136 (ماسک های تمام وجه) EN 137 (SCBA)	محافظت در برابر گاز H ₂ S، دود و کمبود اکسیژن در محیط های بسته یا در هنگام بروز حادثه

۳. تحلیل خطرات محیط کار در سکوهای دریایی پارس جنوبی

پرسنل شاغل در سکوهای دریایی پارس جنوبی (اعم از سکوهای سرچاهی، جدایش، تاسیسات جانبی و سکوهای مسکونی) با طیف گسترده و پیچیده ای از خطرات روبرو هستند. درک صحیح و اولویت بندی این خطرات، اولین و مهم ترین گام در انتخاب یک سیستم مؤثر حفاظت فردی است. این خطرات را می توان به دو دسته کلی خطرات محیطی (Environmental Hazards) و خطرات عملیاتی (Operational Hazards) تقسیم بندی کرد.

۳.۱. خطرات محیطی (شرایط اقلیمی و جغرافیایی)

منطقه خلیج فارس، به ویژه نواحی جنوبی ایران مانند عسلویه و جزایر تنب، دارای شرایط اقلیمی بسیار خاص، منحصربه فرد و دشواری است. این شرایط نه تنها برای سلامت و آسایش پرسنل تهدید محسوب می شود، بلکه مستقیماً بر روی انتخاب، عملکرد، دوام و طول عمر مؤثر تجهیزات حفاظت فردی نیز تأثیر می گذارد.

۳.۱.۱. دمای بسیار بالا (Extreme Heat): میانگین دمای هوا در ماه های گرم سال (از اردیبهشت تا مهر) در منطقه عسلویه به طور مداوم بالای ۴۵ درجه سانتی گراد است و حداکثر دمای ثبت شده در برخی روزها به ۵۲ درجه سانتی گراد نیز رسیده است. اما نکته مهم تر و خطرناک تر، دمای سطوح فلزی عرشه سکوها است که در زیر تابش مستقیم آفتاب، به راحتی به بیش از ۶۵-۷۰ درجه سانتی گراد می رسد. این موضوع سه پیامد مهم دارد:

۱. تنش گرمایی در کارگران (Heat Stress): کار فیزیکی در چنین دمایی، همراه با پوشیدن لباس های ضخیم مقاوم در برابر شعله، به سرعت منجر به افزایش دمای مرکزی بدن، تعریق شدید، از دست دادن الکترولیت ها، کاهش تمرکز، خستگی زودرس و در موارد حاد، گرم زدگی (Heat Stroke) و مرگ می شود (کان و همکاران، ۲۰۲۰).

۲. تخریب شتاب یافته مواد پلیمری و الاستومری: گرمای شدید باعث تسریع فرآیند پیری حرارتی (Thermal Aging) در مواد پلیمری مانند پلی استر، نایلون، پلی پروپیلن و لاستیک‌های مصنوعی می‌شود. تسمه‌های هارنس، دستگیره‌های پلاستیکی، پوشش کابل‌ها، واشرها و قطعات لاستیکی در قرقره‌ها، همگی در معرض این تخریب قرار دارند. به عنوان مثال، لاستیک طبیعی (Natural Rubber) در دمای ۶۰ درجه به سرعت اکسید شده و خاصیت ارتجاعی خود را از دست می‌دهد.

۳. سوختگی تماسی (Contact Burn): دست زدن به سطوح فلزی داغ بدون دستکش مناسب یا تماس اتفاقی پوست با عرشه داغ، می‌تواند باعث سوختگی‌های درجه دو و سه شود.

۳.۱.۲. رطوبت نسبی بالا (High Relative Humidity):

میانگین رطوبت نسبی هوا در منطقه عسلویه به خصوص در فصل تابستان بین ۷۵ تا ۹۵ درصد است. رطوبت بالا به همراه دمای شدید، شرایط خفه‌کننده و طاقت‌فرسای ایجاد می‌کند. از منظر PPE، رطوبت بالا مشکلات زیر را ایجاد می‌کند:

۱. مه‌گرفتگی لنز عینک‌های ایمنی و ماسک‌ها: اختلاف دمای داخل و خارج ماسک یا عینک باعث میعان بخار آب شده و لنزها به سرعت مه‌آلود می‌شوند. این امر دید را به شدت مختل کرده و می‌تواند منجر به حوادث ناشی از عدم دید کافی شود.
۲. افزایش احساس گرمای پوشاک: پوشاک مقاوم در برابر شعله در رطوبت بالا، خیس شده و به بدن می‌چسبد. این امر نه تنها ناراحتی شدیدی ایجاد می‌کند، بلکه خاصیت تنفس طبیعی پارچه را نیز مختل ساخته و تبادل حرارتی بین بدن و محیط را با مشکل مواجه می‌کند.

۳. رشد قارچ و باکتری بر روی پوشاک و کفش: رطوبت بالا و تعریق زیاد، محیط مناسبی برای رشد میکروارگانیسم‌ها ایجاد می‌کند. این امر منجر به بوی نامطبوع، تخریب زودهنگام الیاف پوشاک و بروز بیماری‌های پوستی و قارچی در پرسنل می‌گردد.

۳.۱.۳. اشعه فرابنفش شدید (Intense UV Radiation):

شدت تابش اشعه فرابنفش (UV) در منطقه خلیج فارس به دلیل عرض جغرافیایی پایین (حدود ۲۷ درجه شمالی)، آسمان صاف در بیشتر روزهای سال و بازتاب نور از سطح آب، بسیار بالاست. شاخص UV در این منطقه در ساعات میانی روز به بالاتر از ۱۱ می‌رسد که در دسته "بسیار شدید" طبقه‌بندی می‌شود. این تابش شدید UV سه اثر مخرب عمده دارد:

۱. تخریب مواد پلیمری و نساجی (Photo degradation): اشعه UV باعث شکسته شدن زنجیره‌های پلیمری در موادی مانند پلی‌آمید (نایلون)، پلی‌استر و پلی‌اتیلن می‌شود. این فرآیند که به آن "پیری نوری" یا "UV Degradation" می‌گویند، منجر به کاهش استحکام کششی، شکنندگی، تغییر رنگ و در نهایت از کار افتادن کامل تجهیزات می‌گردد. تسمه‌های هارنس و طناب‌های نجات که معمولاً از پلی‌استر ساخته می‌شوند، در معرض UV به مرور زمان استحکام خود را از دست می‌دهند و این موضوع مستقیماً ایمنی کاربر را به خطر می‌اندازد (تریون، ۲۰۲۶).

۲. آسیب به پوست و چشم: مواجهه طولانی مدت با UV بدون استفاده از کرم ضد آفتاب و عینک محافظ، خطر سرطان پوست، پیری زودرس پوست، آب مروارید (کاتاراکت) و سایر بیماری‌های چشمی را به شدت افزایش می‌دهد.

۳. کاهش عمر مفید پلاستیک‌ها و پلیمرها: قطعات پلاستیکی کلاه‌های ایمنی (به ویژه بند چانه و پدهای داخلی)، دسته ابزارها، شیلنگ‌ها، و حتی لنزهای عینک‌های ایمنی ارزان‌قیمت، در معرض UV شکننده شده و ترک می‌خورند.

۳.۱.۴. خوردگی نمک و گرد و غبار (Salt Corrosion & Dust):

سکوهای دریایی در تماس مستقیم با آب دریا قرار دارند. پاشش قطرات آب نمک به همراه بادهای شدید، یک لایه نازک و مداوم از نمک را بر روی تمامی سطوح سکو ایجاد می‌کند. غلظت بالای نمک در هوا، همراه با رطوبت بالا (که رطوبت سنجی

(Hygroscopic) نمک، رطوبت را جذب و نگه می‌دارد)، یک محیط بسیار خورنده (Corrosive Environment) ایجاد می‌کند (تریون، ۲۰۲۶). این خوردگی دو عارضه اصلی دارد:

۱. خوردگی فلزات: قطعات فلزی تجهیزات مانند کارابین‌ها (Snap Hooks)، حلقه‌های D شکل (D-rings)، مکانیزم‌های قفل شونده و فنرها در قرقره‌های جمع‌شونده (SRLs) و پیچ و مهره‌ها، اگر از جنس استیل ضد زنگ (Stainless Steel) با گرید مناسب (حداقل ۳۱۶) نباشند، در عرض چند هفته دچار خوردگی شدید شده و کارایی خود را از دست می‌دهند. خوردگی می‌تواند باعث قفل شدن یا چسبندگی مکانیزم‌ها، کاهش استحکام و در نهایت شکست فاجعه‌بار هنگام سقوط شود.
۲. ورود ذرات نمک و گرد و غبار: ذرات ریز نمک و گرد و غبار ماسه‌ای همراه باد، وارد مکانیزم‌های حساس مانند بلبرینگ‌ها، فنرها و قفل‌های قرقره‌ها می‌شوند. این ذرات با ایجاد سایش و اصطکاک اضافی، عملکرد نرم و روان تجهیزات را مختل کرده و می‌توانند از قفل شدن به موقع یا رها شدن صحیح دستگاه جلوگیری کنند.

۳.۲. خطرهای عملیاتی (مرتبط با فرآیند و فعالیت)

علاوه بر خطرات محیطی ذکر شده، ماهیت خود عملیات استخراج، جدایش، اندازه‌گیری، تعمیر و نگهداری و فرآوری گاز طبیعی بر روی سکوها نیز خطرات جدی و بعضاً کشنده‌ای را ایجاد می‌کند.

۳.۲.۱. خطر آتش‌سوزی فلش (Flash Fire) و انفجار:

وجود هیدروکربن‌های قابل اشتعال (متان، اتان، پروپان و غیره) در تمام مراحل تولید، مهم‌ترین، شایع‌ترین و کشنده‌ترین خطر در صنعت نفت و گاز است. یک نشتی کوچک گاز از یک فلنج یا یک اتصال، اگر با یک منبع اشتعال (مانند یک ابزار غیر استاندارد، جرقه ناشی از برخورد فلزات، یا حتی الکتریسیته ساکن لباس کارگر) مواجه شود، می‌تواند یک آتش‌سوزی فلش ایجاد کند. آتش‌سوزی فلش یک انفجار سریع و کوتاه‌مدت از یک ابر گازی قابل اشتعال است که دمایی در حدود ۵۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد (بسته به نوع گاز) ایجاد می‌کند. اگر لباس کارگر از پارچه‌های معمولی (نخ، پلی‌استر معمولی و مخلوط آن‌ها) ساخته شده باشد، در مواجهه با این شعله ناگهانی، پارچه مشتعل شده و به سرعت روی بدن می‌چسبد و باعث سوختگی‌های درجه سه و مرگبار در بیش از ۷۰ درصد سطح بدن می‌شود. پارچه‌های مقاوم در برابر شعله (FR) به گونه‌ای طراحی شده‌اند که یا خود به خود خاموش می‌شوند (Self-extinguishing) یا شعله روی آن‌ها پخش نمی‌شود و زمان محافظت حیاتی را برای فرار کارگر فراهم می‌کنند (بندر ویژه، ۱۴۰۱).

۳.۲.۲. خطر سقوط از ارتفاع (Fall from Height):

سکوه‌های دریایی سازه‌های بلندی با عرشه‌های چندطبقه، نردبان‌های عمودی، پله‌های مارپیچ، جان پناه‌های کم ارتفاع و دهانه‌های باز متعدد هستند. بسیاری از فعالیت‌های تعمیر و نگهداری، بازرسی، جوشکاری، رنگ‌آمیزی و حتی تردد روزمره در ارتفاعات (بالتر از ۲ متر) انجام می‌شود. بر اساس آمارهای جهانی، سقوط از ارتفاع یکی از سه علت اصلی مرگ و میر در صنعت نفت و گاز فراساحلی است. نکته مهم این است که حتی یک سقوط از ارتفاع کم (۳-۴ متر) نیز در صورت برخورد با سر یا ستون فقرات و یا سقوط بر روی سطوح سخت فلزی یا بتنی، می‌تواند کشنده باشد یا منجر به معلولیت دائمی شود.

۳.۲.۳. خطر قوس الکتریکی (Arc Flash):

تأسیسات الکتریکی در سکوها با ولتاژهای بالا (تا ۳۳ کیلوولت و بیشتر) کار می‌کنند. در هنگام تعمیر و نگهداری، خطاهای انسانی، قطع و وصل ناگهانی مدار، یا اتصال کوتاه، ممکن است یک قوس الکتریکی (Arc Flash) ایجاد شود. قوس الکتریکی یک تخلیه

الکتریکی ناگهانی و پرنرژی از طریق هوا است که دمایی فوق العاده بالا (تا ۲۰,۰۰۰ درجه سانتی گراد - چهار برابر دمای سطح خورشید)، نور شدید (کوری موقت)، موج فشار (انفجار) و فلز مذاب پرتاب شده را به همراه دارد (بندر ویژه، ۱۴۰۱). پرسنل برق و تکنسین‌هایی که بر روی تابلوهای برق کار می‌کنند، به پوشاک و تجهیزات محافظتی ویژه‌ای با استاندارد NFPA 70E نیاز دارند که دارای درجه حفاظتی ATPV مشخصی (بر حسب کالری بر سانتی‌متر مربع) است.

۳.۲.۴. مواجهه با مواد شیمیایی و گازهای سمی (H₂S و BTEX):

گاز سولفید هیدروژن (H₂S): گازی بی‌رنگ، بسیار سمی، خورنده و قابل اشتعال است که بوی تخم‌مرغ گندیده می‌دهد. اما نکته خطرناک این است که در غلظت‌های بالا (بیش از ۱۰۰ ppm) به سرعت حس بوپایی را فلج می‌کند و دیگر بو ندارد و به عنوان "قاتل خاموش" شناخته می‌شود. تنفس حتی چند نفس از غلظت ۱۰۰۰ (۰.۱ ppm درصد حجمی) باعث مرگ فوری می‌شود. در برخی مخازن گازی پارس جنوبی، H₂S در جریان گاز خام وجود دارد (اگرچه عمدتاً شیرین است اما احتمال حضور آن وجود دارد) و پرسنل باید به طور مداوم توسط مانیتورهای شخصی (Personal Gas Monitors) برای وجود این گاز پایش شوند.

ترکیبات BTEX (بنزن، تولوئن، اتیل‌بنزن و زایلن): این ترکیبات آروماتیک فرار در جریان گاز و میعانات گازی وجود دارند و بسیاری از آن‌ها (به ویژه بنزن) به عنوان مواد سرطان‌زای قطعی (Group 1 carcinogen by IARC) شناخته می‌شوند. مواجهه مزمن با غلظت‌های پایین بنزن می‌تواند منجر به سرطان خون (لوسمی) شود. استفاده از ماسک‌های دارای فیلتر کربن فعال (مانند ماسک‌های A2, A1 یا A3) برای محافظت در برابر بخارات آلی در مناطق دارای پتانسیل نشتی، الزامی است (شرکت نفت خلیج فارس، ۱۴۰۲).

۳.۲.۵. خطرات ارگونومیکی و فیزیکی:

کار با ابزارهای سنگین، در وضعیت‌های بدنی نامناسب (خمیده، با دست‌های بالا، در فضاها تنگ)، جابجایی بارهای سنگین و راه رفتن بر روی سطوح ناهموار و لغزنده عرشه سکو، می‌تواند منجر به آسیب‌های اسکلتی-عضلانی (MSDs)، خستگی زودرس و در نهایت بروز خطای انسانی شود. همچنین سر و صدای مداوم ناشی از تجهیزات دوار (کمپرسورها، توربین‌ها، پمپ‌ها) و فلرینگ گاز، اگر بالاتر از حد مجاز باشد (معمولاً بالای ۸۵ دسی‌بل در یک شیفت ۸ ساعته)، می‌تواند باعث کاهش شنوایی دائمی شود و استفاده از گوشی‌های حفاظتی (Earplugs یا Earmuffs) را اجباری می‌کند.

جدول (۲) خلاصه‌ای از خطرات اصلی و تأثیر آن‌ها بر انتخاب PPE در پارس جنوبی

ردیف	دسته خطر	نوع خطر خاص در پارس جنوبی	تأثیر بر انتخاب و عملکرد PPE
۱	محیطی	گرمای شدید (دمای بالای ۵۰ درجه)	نیاز به پوشاک FR خنک با وزن پایه پایین، طراحی تهویه در کلاه، خطر تنش گرمایی
۲	محیطی	رطوبت بالای ۹۰٪	نیاز به عینک/ماسک ضد بخار، رشد قارک در کفش، ناراحتی شدید از چسبندگی لباس
۳	محیطی	اشعه UV شدید	تخریب سریع تسمه‌های هارنس و طناب‌ها، نیاز به محافظ چشم UV، شکنندگی پلاستیک‌ها
۴	محیطی	خوردگی نمک	نیاز به قطعات استیل ضد زنگ ۳۱۶ در هارنس و SRL، ورود ذرات به مکانیزم قفل‌ها
۵	عملیاتی	آتش‌سوزی فلش (گاز قابل اشتعال)	استفاده اجباری از پوشاک دارای استاندارد NFPA 2112 یا EN ISO 11612
۶	عملیاتی	سقوط از ارتفاع	استفاده اجباری از هارنس EN 361 و سیستم مهار با استاندارد EN 360/355
۷	عملیاتی	قوس الکتریکی (Arc Flash)	استفاده از لباس و نقاب مخصوص با درجه حفاظتی مشخص (کالری/سانتی‌متر مربع)
۸	عملیاتی	گاز H ₂ S (قاتل خاموش)	استفاده از مانیتور شخصی H ₂ S، ماسک تمام‌وجه با فیلتر یا SCBA در مواقع اضطراری
۹	عملیاتی	بخارات سرطان‌زا (BTX)	استفاده از ماسک با فیلتر کربن فعال (کلاس A) در مناطق با پتانسیل نشتی
۱۰	فیزیکی	سر و صدای زیاد (تجهیزات دوار)	استفاده از گوشی حفاظتی Earplug یا Earmuff (با رتبه کاهش صدا مناسب (SNR))

۴. الزامات فنی و چالش‌های عملی تجهیزات حفاظت فردی در پارس جنوبی

با توجه به خطرات شناسایی شده در بخش قبل، یک مجموعه کامل و متناسب از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) برای حفظ ایمنی و سلامت پرسنل شاغل در سکوه‌های پارس جنوبی ضروری است. با این حال، صرف وجود این تجهیزات کافی نیست؛ بلکه انتخاب صحیح آن‌ها بر اساس استانداردهای مناسب و در نظر گرفتن شرایط خاص منطقه، و سپس نگهداری، بازرسی و استفاده صحیح از آن‌ها، کلید موفقیت است. در این بخش، هر یک از اجزای اصلی PPE را به تفصیل بررسی کرده و الزامات فنی و چالش‌های عملی خاص هر یک در پارس جنوبی را تحلیل می‌کنیم.

۴.۱. پوشاک مقاوم در برابر شعله (Flame-Resistant Coverall)

پوشاک مقاوم در برابر شعله (FR Coverall) اصلی‌ترین و حیاتی‌ترین عنصر PPE برای تمامی پرسنلی است که در مناطق عملیاتی، تأسیسات فرآیندی، چاه‌ها، سالن‌های توربین و کمپرسور و سایر مناطقی که پتانسیل وجود گاز قابل اشتعال وجود دارد، تردد یا کار می‌کنند. وظیفه اصلی این پوشاک، محافظت از بدن کاربر در برابر آتش‌سوزی فلش و تأمین زمان حیاتی برای فرار یا خاموش کردن آتش است.

۴.۱.۱. الزامات فنی استاندارد:

استاندارد اصلی باید NFPA 2112 (برای حفاظت در برابر آتش فلش) و یا EN ISO 11612 (کلاس A, B, C حداقل سطح ۲) باشد.

برای پرسنل برق و تکنسین‌هایی که در نزدیکی تجهیزات الکتریکی پرولتاژ کار می‌کنند، الزام به رعایت استاندارد NFPA 70E و داشتن درجه حفاظتی مشخص بر حسب ATPV (حداقل ۸ کالری/سانتی‌متر مربع برای کارهای عمومی و بالاتر بسته به سطح خطر) نیز اضافه می‌شود.

-درزهای لباس (Seams) باید با نخ مقاوم در برابر شعله (NOMEX یا Kevlar) دوخته شده باشند.
-استفاده از نوارهای شبرنگ (Retro-reflective Tape) برای افزایش دید در شب یا محیط‌های کم‌نور (مانند پشت سکوها) بر روی لباس‌ها الزامی است. نوارهای شبرنگ نیز خود باید دارای استاندارد مقاومت در برابر شعله باشند.

۴.۱.۲. چالش‌های خاص منطقه پارس جنوبی:

-تعادل بین حفاظت و خنکی (Thermal Balance): بزرگترین چالش در پارس جنوبی، استفاده از پوشاک FR در گرمای طاقت‌فرسا و رطوبت بالاست. پوشاک FR ضخیم و سنگین (با وزن پایه بالای ۲۸۰ GSM) باعث تعریق شدید، تنش گرمایی، کاهش تمرکز و ناراحتی پرسنل می‌شود و در نتیجه، احتمال عدم استفاده صحیح از آن (مثلاً باز کردن زیپ جلو) افزایش می‌یابد. راهکار: استفاده از پوشاک FR با وزن پایه پایین (Lightweight) بین ۱۸۰ تا ۲۲۰ GSM و با قابلیت تنفس پذیری بالا (High Moisture Vapor Transmission Rate - MVTR). پارچه‌هایی مانند Mod acrylic / Cotton / Nylon (مانند پارکال) یا Pyro Tex گزینه‌های مناسبی هستند. همچنین استفاده از پارچه‌های ذاتاً مقاوم در برابر شعله (Inherent FR) که خواص آن‌ها از بافت الیاف ناشی می‌شود و در اثر شستشو از بین نمی‌رود، به مراتب بهتر از پارچه‌های تیمار شده (Treated FR) است و دوام بیشتری در شرایط سخت منطقه دارد (بندر ویژه، ۱۴۰۱).

-رنگ لباس: رنگ‌های تیره (مشکی، سرمه‌ای) گرما را بیشتر جذب کرده و برای کار در فضای باز در تابستان نامناسبند. رنگ‌های روشن مانند بژ، خاکی یا کرم، گرمای کمتری جذب کرده و همچنین نظافت و آلودگی بر روی آن‌ها بیشتر دیده می‌شود که می‌تواند نشانه‌ای از نیاز به تعویض یا شستشو باشد (کاستوم وورک ویر، ۲۰۲۵).

-شستشو و نگهداری: پوشاک FR باید به طور منظم شسته شوند زیرا تجمع نمک، عرق، گرد و غبار و مواد نفتی روی آن‌ها می‌تواند خاصیت ضد اشتعال را کاهش دهد. اما شستشوی نامناسب (استفاده از سفیدکننده‌ها، نرم‌کننده‌ها، دمای بالای آب) می‌تواند به الیاف آسیب برساند. یک پروتکل دقیق شستشوی صنعتی برای این پوشاک در سکوها یا در خشکی باید تدوین و اجرا شود.

۴.۲. کلاه ایمنی و محافظت از سر

انتخاب کلاه ایمنی مناسب برای سکوهایی پارس جنوبی نیازمند دقت بسیار بالایی است و اشتباه در این انتخاب می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری داشته باشد.

۴.۲.۱. چالش انتخاب بین EN 397 و EN 12492:

• کلاه استاندارد EN 397 (کلاه صنعتی معمولی) تنها برای محافظت در برابر سقوط اجسام از بالا (عمودی) طراحی شده و مقاومت کمی در برابر ضربات جانبی (مثلاً برخورد با لوله یا تیر آهن هنگام خم شدن) دارد. همچنین بند چانه‌ای این کلاه‌ها اغلب ساده و فقط برای نگهداشتن کلاه بر سر در حالت عادی است و در هنگام سقوط یا حرکت ناگهانی، کلاه از سر جدا می‌شود.
• کلاه استاندارد EN 12492 (مخصوص کوهنوردی و کار در ارتفاع) از تمام جهات (جلو، پهلو و پشت سر) در برابر ضربه محافظت کرده و دارای یک بند چانه‌ای چهارنقطه‌ای (Four-point chin strap) است که در هنگام سقوط، با اعمال نیرو، چانه را به سمت پایین کشیده و کلاه را محکم بر روی سر نگه می‌دارد.

نتیجه: با توجه به اینکه در سکوه‌های دریایی، خطر سقوط از ارتفاع و برخورد سر با موانع جانبی (در محیط شلوغ سکو) بسیار زیاد است، استفاده از کلاه ایمنی با استاندارد EN 12492 برای تمامی پرسنل شاغل در سکو (به جز مناطق اداری بدون خطر) الزامی است (ترویون، ۲۰۲۶). متأسفانه بسیاری از پیمانکاران و حتی اپراتورها در ایران هنوز از کلاه‌های EN 397 استفاده می‌کنند که این یک نقص بحرانی محسوب می‌شود.

۴.۲.۲. چالش‌های خاص دیگر:

- تهویه: کلاه‌های ایمنی با طراحی تهویه مناسب (Ventilated Helmets) که دارای سوراخ‌های هوا هستند، می‌توانند تا حدی از تعریق سر و تنش گرمایی در پرسنل بکاهند و رضایت و تبعیت از استفاده از کلاه را افزایش دهند.
- محافظت در برابر خورشید: استفاده از یک گردن بند پارچه‌ای (Neck Shade یا Sun Shield) که به پشت و کناره‌های کلاه متصل می‌شود، می‌تواند از پشت گردن، گوش‌ها و طرفین صورت در برابر آفتاب سوختگی شدید محافظت کند. این گردن بندها معمولاً از پارچه‌های خنک و ضد عرق ساخته می‌شوند.
- قابلیت اتصال لوازم جانبی: کلاه باید دارای اسلات (Slot) استاندارد برای نصب محافظ صورت (Face Shield)، گوشی‌های حفاظتی (Ear Muffs) و چراغ پیشانی (Headlamp) باشد.

۴.۳. تجهیزات حفاظت از سقوط (هارنس، طناب، قرقره)

با توجه به ماهیت کار بر روی سکوه‌های بلند و وجود خطر دائمی سقوط، استفاده از هارنس تمام‌بدن (Full Body Harness) برای تمامی پرسنلی که در معرض خطر سقوط هستند (هر جایی که احتمال سقوط از ارتفاع بیش از ۱.۸ متر وجود دارد) اجباری است (ترویون، ۲۰۲۴).

۴.۳.۱. الزامات فنی هارنس (طبق EN 361):

- دارای یک حلقه اتصال پشتی (Dorsal D-ring) در پشت، بین دو کتف (برای اتصال طناب مهار).
- دارای دو حلقه اتصال جانبی (Side D-rings) در ناحیه کمر (برای کارهای مهار موضعی یا Work Positioning).
- دارای یک حلقه اتصال جلوی سینه (Chest D-ring یا Sternal) (در برخی مدل‌ها برای مهار در فضاهای محدود).
- بندهای پا (Leg Straps) و شانه (Shoulder Straps) قابل تنظیم و دارای پد برای افزایش راحتی.
- تمامی حلقه‌ها و کارابین‌های همراه هارنس باید از جنس فولاد ضد زنگ (Stainless Steel) باشند.

۴.۳.۲. چالش‌های خاص منطقه پارس جنوبی:

- مقاومت در برابر اشعه UV: تسمه‌های هارنس معمولاً از جنس پلی‌استر (Polyester) ساخته می‌شوند که نسبت به نایلون (Nylon) مقاومت بیشتری در برابر UV دارد، اما همچنان تخریب می‌شود. راهکار: بازرسی‌های بصری دقیق و دوره‌های تعویض کوتاه‌تر. به جای تعویض هر ۵ سال یکبار، هارنس‌های مستقر در سکوه‌های پارس جنوبی باید حداکثر هر ۱۸ تا ۲۴ ماه یکبار تعویض شوند، حتی اگر آسیب ظاهری جدی نداشته باشند. استفاده از هارنس‌های با تسمه‌های رنگ روشن (که تخریب UV در آن‌ها زودتر قابل مشاهده است) به جای رنگ مشکی، توصیه می‌شود.

• مقاومت در برابر خوردگی نمک: قطعات فلزی (D-rings, snap hooks, adjusters) باید از جنس استیل ضد زنگ گرید ۳۱۶ (یا بالاتر) باشند و استاندارد ISO 9227 (تست اسپری نمک حداقل ۵۰۰ ساعت) را داشته باشند. در غیر این صورت، در عرض چند هفته دچار خوردگی شدید و از کار افتادگی خواهند شد.

• گرما و عملکرد مکانیکی: گرمای شدید می تواند به فنرها، اهرم ها و مکانیزم های داخلی قرقره های جمع شونده (SRLs) آسیب بزند. این تجهیزات هرگز نباید در معرض تابش مستقیم آفتاب بر روی عرشه رها شوند و باید در کیسه ها یا جعبه های محافظ (Storage Bags/Cases) و در محیط خنک و سرپوشیده نگهداری شوند.

۴.۴. کفش ایمنی (Safety Footwear)

کفش ایمنی مناسب باید از پا در برابر خطرات چندگانه محافظت کند: سقوط اجسام سنگین، نفوذ اجسام تیز (میخ، تراشه فلز)، تماس با مواد شیمیایی و برق گرفتگی، سوختگی تماسی با سطوح داغ، و مهم تر از همه، لغزیدن بر روی سطوح مرطوب و روغنی.

۴.۴.۱. الزامات فنی (طبق EN ISO 20345):

• حداقل سطح S3 (دارای پنجه فولادی یا کامپوزیت، کفی ضد نفوذ فلزی یا کامپوزیت، زیره مقاوم به روغن و بنزین، و پاشنه ضربه گیر).

• زیره باید دارای گواهی مقاومت در برابر لغزش با بالاترین سطح SRC (که شامل تست بر روی کاشی سرامیک با مواد شوینده و تست بر روی فولاد با گلیسیرین است) باشد.

• رویه کفش باید از جنس چرم ضخیم یا مواد مصنوعی مقاوم، و ترجیحاً ضد آب و قابل تنفس (مانند غشاء GORE-TEX) باشد.

• برای کار در نزدیکی برق، کفش های عایق برق (Antistatic یا ESD) مورد نیاز است.

۴.۴.۲. چالش های خاص منطقه پارس جنوبی:

• رطوبت و گرما: استفاده از کفش چرمی ضخیم در گرمای ۵۰ درجه و رطوبت بالا، به سرعت باعث تعریق شدید پا، ایجاد بوی نامطبوع، قارچ و تاول می شود. راهکار: استفاده از کفش هایی با رویه پارچه ای و مشبک بادوام (Fabric/Mesh Upper) و دارای پوشش داخلی ضد باکتری. همچنین استفاده از کفی های قابل تعویض و جاذب رطوبت بسیار مفید است.

• خوردگی: کفی ضد نفوذ فلزی (Steel Midsole) ممکن است در محیط نمکی خورده شود. استفاده از کفی ضد نفوذ کامپوزیت (Composite) مانند سرامیک، کولار یا فیبر کربن، که سبک تر بوده و خورده نمی شود، گزینه بسیار بهتری است.

۴.۵. عینک ایمنی و محافظت از چشم و صورت

چشم ها در سکوهای پارس جنوبی در معرض خطرات متعددی هستند: ذرات پرنده ناشی از سنگ زنی و جوشکاری، پاشش مواد شیمیایی، نور شدید جوشکاری، تابش خیره کننده نور خورشید بر روی سطح دریا، گرد و غبار و مه نمک.

۴.۵.۱. الزامات فنی (طبق EN 166):

• عینک باید دارای نشان CE و شماره استاندارد EN 166 باشد.

• کدهای نشان دهنده روی عینک: عدد نشان دهنده مقاومت نوری (۱=بالاترین)، حرف نشان دهنده مقاومت مکانیکی (F=ضربه کم انرژی، B=ضربه متوسط، A=ضربه پر انرژی)، و کدهای اضافی مانند K (مقاومت در برابر خش)، N (مقاومت در برابر بخار/مه گرفتگی) و U (مقاومت در برابر UV).

۴.۵.۲. چالش های خاص منطقه پارس جنوبی:

- مه گرفتگی (Fogging): مشکل شماره یک در منطقه. لنزهای عینک باید دارای پوشش دائمی و مؤثر Anti-fog باشند. همچنین عینک های با طراحی تهویه غیرمستقیم (Indirect Ventilation) گزینه بهتری هستند.
- خش پذیری (Scratch): گرد و غبار نمک و شن، مانند سمباده عمل کرده و به سرعت لنزهای معمولی را خش می اندازند. استفاده از لنز با پوشش Anti-scratch الزامی است.
- تابش خورشید: استفاده از عینک هایی با لنز پلاریزه (Polarized) و تیره (رنگ قهوه ای یا خاکستری) برای کار در فضای باز در روزهای آفتابی بسیار توصیه می شود تا تابش خیره کننده نور خورشید از سطح آب و سطوح فلزی کاهش یابد.

۴.۶. تجهیزات حفاظت تنفسی (Respiratory Protective Equipment - RPE)

انتخاب تجهیزات حفاظت تنفسی باید بر اساس نوع و غلظت آلاینده، و وضعیت اکسیژن محیط باشد. در پارس جنوبی دو سناریو اصلی وجود دارد:

۱. سناریوی عادی (کار روزمره): خطر مواجهه با گرد و غبار، بخارات آلی (BTEX) و گاز H₂S در غلظت های پایین (کمتر از حد مجاز مواجهه شغلی). در این حالت، استفاده از ماسک های نیموجه (Half Mask) با فیلترهای مناسب (کلاس P برای ذرات، کلاس A برای بخارات آلی، کلاس B برای گازهای اسیدی مانند H₂S) کافی است. ماسک باید دارای استاندارد EN 140 باشد.
 ۲. سناریوی اضطراری (نشتی بزرگ، آتش سوزی، یا مواجهه با H₂S با غلظت بالا): در این حالت، هوای محیط دیگر قابل تنفس نیست (کمبود اکسیژن یا غلظت سمی بالا). در این شرایط، باید از دستگاه تنفسی خودکفا (SCBA - Self-Contained Breathing Apparatus) با استاندارد EN 137 استفاده کرد که یک مخزن هوای فشرده (معمولاً ۶ یا ۹ لیتر، ۳۰۰ بار) را پشت سر یا بر روی کمر بند حمل کرده و هوای تمیز را از طریق یک ماسک تماموجه (Full Face Mask) با استاندارد EN 136 در اختیار کاربر قرار می دهد.
- چالش خاص: استفاده از SCBA در گرمای شدید بسیار طاقت فرسا است و زمان تنفس را کاهش می دهد. تیم های واکنش اضطراری باید تمرینات فیزیکی سنگینی را در این شرایط انجام دهند و جایگزین های خنک کننده (مانند وست های خنک کننده) را در نظر بگیرند.

۵. تحلیل وضعیت موجود (مطالعه موردی سکوهای پارس جنوبی)

در این بخش، یافته های حاصل از مطالعات میدانی و مصاحبه با خبرگان را برای ارائه یک تصویر واقع بینانه از وضعیت سیستم های حفاظت فردی در سکوهای پارس جنوبی ارائه می دهیم.

۵.۱. یافته های مطالعه کمی (بر اساس اسماعیلی و عباسی، ۱۳۹۶)

یک مطالعه جامع و کاربردی در سال ۱۳۹۶ (میلادی ۲۰۱۷) با عنوان "Establishing the Barrier Management System for South Pars Offshore Platforms" توسط اسماعیلی و عباسی انجام شد. این مطالعه به بررسی وضعیت "سیستم های حفاظتی" (که شامل موانع مهندسی، مدیریتی و تجهیزات حفاظت فردی می شود) در ۱۹ سکوی فعال پارس جنوبی پرداخت.

روش شناسی مطالعه: محققان یک ماتریس ارزیابی حاوی ۱۶ سیستم و تجهیزات ایمنی در دو گروه اصلی "عملیاتی" و "HSE" طراحی کردند. وضعیت هر مانع (مانع حفاظتی) در سه سطح تعریف شد: بحرانی (Critical): مانع به طور کامل از کار افتاده و نیازمند اقدام فوری و اضطراری.

۲. نامطلوب (Undesirable): نقص‌هایی وجود دارد اما هنوز مانع به طور کامل از کار نیفتاده است. نیازمند اقدام برنامه‌ریزی شده برای اصلاح در کوتاه‌مدت.

۳. ایمن (Safety): وضعیت مطلوب و قابل قبول. مانع به درستی کار می‌کند.

یافته‌های کلیدی (اسماعیلی و عباسی، ۱۳۹۶، ص ۱۱۸):

- در واحد بهره‌برداری (Operational Unit)، در طول یک سال، وضعیت کلی موانع حفاظتی شامل ۱۲ مورد بحرانی، ۱۰۳ مورد نامطلوب و تنها ۴۵ مورد ایمن گزارش شده است. یعنی تنها ۲۸ درصد از موانع در وضعیت ایمن قرار داشتند.
- به عنوان مثال، برای سامانه توقف اضطراری (ESD - Emergency Shutdown) که یک مانع مهندسی کلیدی محسوب می‌شود، در یکی از سکوها مورد بررسی، از مجموع ۲۰ مانع (حسگر، شیر، PLC، و ...) مرتبط با این سامانه، ۱۳ مانع در وضعیت نامطلوب و ۱ مانع در وضعیت بحرانی قرار داشتند.
- متأسفانه این مطالعه داده‌های جداگانه‌ای برای PPE منتشر نکرده است، اما وضعیت اسفناک کلی موانع نشان می‌دهد که به احتمال زیاد وضعیت PPE (که جزئی از موانع HSE است) نیز بهتر از این نبوده و احتمالاً درصد بالایی از PPE‌ها یا منقضی شده، یا آسیب دیده، یا به درستی استفاده نمی‌شده‌اند.
- نتیجه‌گیری اسماعیلی و عباسی (۱۳۹۶، ص ۱۱۹): "تأکید بر شناسایی و ردیابی کاستی‌ها در سیستم‌های حفاظتی، به منظور افزایش قابلیت اطمینان عملکرد، برای بررسی وضعیت سیستم‌های ایمنی و در صورت لزوم، اقدام برای رفع نقایص بحرانی و نامطلوب، اجرا شده است." این جمله نشان می‌دهد که مشکل اساسی، نبود یک سیستم مدیریت موانع منسجم و به‌روز بوده است.

۵.۲. یافته‌های تحلیل کیفی (مصاحبه با خبرگان صنعت)

برای تکمیل یافته‌های کمی و به دست آوردن دیدگاهی عمیق‌تر در مورد چالش‌های روزانه و عوامل انسانی، نگارندگان این مقاله با ۱۵ نفر از مدیران و کارشناسان ارشد HSE که دارای سابقه کاری بیش از ۱۰ سال در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس (عسلویه و سکوها) بودند، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته انجام دادند. مهم‌ترین چالش‌هایی که از این مصاحبه‌ها استخراج شد، به شرح زیر است:

الف) چالش‌های مرتبط با تأمین و انتخاب تجهیزات:

- کیفیت پایین تجهیزات داخلی: اغلب خبرگان تأکید کردند که بسیاری از تجهیزات PPE که توسط شرکت‌های داخلی و با قیمت پایین تأمین می‌شوند، فاقد گواهی‌نامه‌های معتبر بین‌المللی هستند یا گواهی‌نامه‌های جعلی دارند. این تجهیزات در شرایط سخت پارس جنوبی دوام نمی‌آورند.
- عدم تناسب با شرایط اقلیمی: تجهیزاتی که از خارج وارد می‌شوند، اغلب برای شرایط آب و هوایی اروپا یا آمریکا طراحی شده‌اند و برای گرمای شدید و رطوبت خلیج فارس مناسب نیستند. به عنوان مثال، لباس‌های FR با وزن پایه ۳۵۰ GSM که برای زمستان سرد دریای شمال طراحی شده‌اند، در عسلویه غیرقابل استفاده هستند.
- مشکل تنوع ابعادی (Sizing): بسیاری از پرسنل پیمانکار خارجی (مثلاً از بنگلادش یا هند) جثه‌ای ریزنقش دارند و پرسنل ایرانی نیز در ابعاد مختلفی هستند. اما تأمین‌کنندگان اغلب تنها سایزهای متوسط (M و L) را تأمین می‌کنند و سایزهای XS، S، XL و XXL موجود نیست. استفاده از تجهیزات نامتناسب (هارنسی که شل بسته می‌شود یا کفشی که تنگ است) خود یک خطر ایمنی است.

ب) چالش‌های مرتبط با نگهداری، بازرسی و انبارداری:

- عدم وجود بازرسی دوره‌ای منظم: در بسیاری از سکوها، هیچ سیستم ثبت‌شده و منظمی برای بازرسی دوره‌ای هارنس‌ها، قرقره‌ها و طناب‌ها وجود ندارد. یک هارنس ممکن است سال‌ها در انبار روی سکو بماند یا توسط چندین پیمانکار مختلف استفاده شود بدون آن که حتی یک بار بازرسی دقیق توسط یک فرد متخصص (Competent Person) روی آن انجام شود.
- شرایط بد انبارداری: تجهیزات اغلب در انبارهای بدون تهویه، در معرض گرمای شدید و رطوبت یا حتی در گوشه عرشه و زیر نور مستقیم آفتاب نگهداری می‌شوند. هیچ استاندارد برای انبارداری PPE در سکوها (دما، رطوبت، دوری از مواد شیمیایی و UV) رعایت نمی‌شود.

ج) چالش‌های مرتبط با عوامل انسانی و فرهنگ ایمنی:

- عدم تبعیت (Non-Compliance) در هوای گرم: به دلیل گرمای شدید و ناراحتی ناشی از پوشیدن تجهیزات، بسیاری از پرسنل در ساعات میانی روز، کلاه ایمنی خود را برمی‌دارند، زیپ لباس FR را باز می‌کنند، یا عینک خود را روی پیشانی می‌گذارند. این رفتارها خطرات جدی ایجاد می‌کند.
- نبود نظارت کافی: سرپرستان مستقیم و ناظران HSE اغلب به دلیل حجم بالای کار یا نبود آموزش کافی، نظارت مستمر و مؤثری بر نحوه استفاده پرسنل از PPE ندارند. تخلفات به ندرت ثبت یا پیگیری می‌شوند.
- ضعف در آموزش: آموزش‌های PPE اغلب تئوری، کلی و یکنواخت است. به کارگران آموزش داده نمی‌شود که چگونه یک هارنس را به درستی تنظیم کنند، یک قرقره SRL را قبل از استفاده بازرسی بصری کنند، یا ماسک تنفسی خود را Fit Test کنند.

۵.۳. جمع‌بندی تحلیل وضعیت

ترکیب یافته‌های کمی و کیفی تصویر زیر را ترسیم می‌کند:

- وضعیت کلی سیستم حفاظت فردی در سکوهایی پارس جنوبی "نامطلوب" و نزدیک به "بحرانی" است. درصد بالایی از تجهیزات یا منقضی شده‌اند، یا آسیب دیده‌اند، یا به درستی استفاده نمی‌شوند.
- سه حلقه مفقوده اصلی عبارتند از: (۱) انتخاب و تأمین تجهیزات با کیفیت و متناسب با اقلیم، (۲) نگهداری و بازرسی منظم و مستند، و (۳) آموزش، فرهنگ‌سازی و نظارت مؤثر بر استفاده صحیح.
- عدم توجه به این نواقص بحرانی و نامطلوب، می‌تواند عواقب جبران‌ناپذیری از جمله مرگ، معلولیت دائم، خسارات مالی سنگین و توقف تولید را به دنبال داشته باشد.

۶. راهکارهای عملی و چارچوب پیشنهادی

بر اساس تحلیل جامع انجام شده در بخش‌های قبلی، این بخش به ارائه یک چارچوب عملی چندلایه برای بهبود سیستم مدیریت تجهیزات حفاظت فردی در سکوهایی دریایی پارس جنوبی می‌پردازد. این چارچوب شامل پنج لایه اصلی است:

لایه ۱: بازنگری در فرآیند ارزیابی ریسک و انتخاب PPE (مهندسی و تأمین)

- اقدام ۱-۱: انجام یک ارزیابی ریسک جامع و به‌روز برای هر موقعیت شغلی (Job Role) خاص در هر سکو، با مشارکت کارگران، سرپرستان و کارشناسان HSE. در این ارزیابی، کلیه خطرات محیطی و عملیاتی (طبق بخش ۳) باید به طور کمی و کیفی مدل‌سازی شوند.

- اقدام ۱-۲: بر اساس خروجی ارزیابی ریسک، یک جدول الزامات (PPE Matrix) برای هر نقش شغلی تهیه شود. این جدول باید مشخص کند که برای هر کار، چه تجهیزاتی با چه استانداردها و ویژگی‌های خاص (مثلاً "لباس FR با وزن پایه کمتر از ۲۲۰ GSM و استاندارد EN ISO 11612 Class 2" و "هارنس با تسمه پلی‌استر روشن و قطعات استیل ۳۱۶ طبق EN 361") مورد نیاز است.
- اقدام ۱-۳: در فرآیند ارزیابی ریسک، تأثیر شرایط اقلیمی منطقه (گرما، رطوبت، UV، نمک) بر روی عملکرد و عمر تجهیزات به طور جدی مد نظر قرار گیرد. معیارهای خاصی مانند "حداکثر دمای کاری مجاز برای پوشاک" و "حداقل مقاومت در برابر اسپری نمک (ISO 9227) برای قطعات فلزی" به عنوان معیار اجباری انتخاب (Go/No-Go Criteria) درج شود.

لایه ۲: تأمین تجهیزات باکیفیت، دارای استانداردهای معتبر و بومی‌سازی شده (تأمین و زنجیره تأمین)

- اقدام ۱-۲: در فرآیند تأمین و خرید، اولویت با تجهیزاتی باشد که دارای گواهینامه‌های معتبر بین‌المللی (مانند EN, NFPA, ISO) از آزمایشگاه‌های مستقل و مورد تأیید (مانند SGS, TÜV, UL) هستند.
- اقدام ۲-۲: به صرف وجود یک برچسب استاندارد اکتفا نشود. کلیه گزارش‌های تست (Test Reports) و گواهی انطباق (Certificate of Conformity) از تأمین‌کننده درخواست و به دقت بررسی شود. برای تجهیزات حساس مانند هارنس و SRL، درخواست انجام تست‌های اضافی مانند تست UV شتاب‌یافته (ASTM G155) و اسپری نمک (ISO 9227) با شرایط تشدیدشده (متناسب با اقلیم پارس جنوبی) داده شود.
- اقدام ۲-۳: استفاده از تجهیزات بومی‌سازی شده که با همکاری شرکت‌های دانش‌بخش داخلی و با در نظر گرفتن آن‌تروپومتری (ابعاد بدنی) ایرانیان طراحی و ساخته می‌شوند، حمایت شود. برای پوشاک FR، اولویت با پارچه‌های ذاتاً مقاوم و دارای وزن پایه پایین (Lightweight Inherent FR) و برای کفش، اولویت با کفی کامپوزیت و رویه مشبک بادوام باشد.

لایه ۳: پیاده‌سازی یک سیستم قوی بازرسی، نگهداری و تعویض (عملیاتی و نگهداری)

- اقدام ۱-۳: تدوین و اجرای یک برنامه دقیق و دوره‌ای بازرسی برای تمام تجهیزات PPE. این برنامه باید مشخص کند:
- هر تجهیز (کلاه، هارنس، طناب، عینک، کفش) هر چند وقت یکبار باید بازرسی شود (قبل از هر بار استفاده توسط کاربر + بازرسی دقیق ماهانه توسط فرد متخصص).
- روش بازرسی (چک‌لیست استاندارد - مانند "چه چیزی را نگاه کنیم، چه چیزی را احساس کنیم").
- نحوه مستندسازی نتایج بازرسی (فرم‌های بازرسی، برچسب‌های رنگی روی تجهیزات).
- اقدام ۲-۳: تعریف عمر مفید حداکثری (Maximum Service Life) برای PPE در شرایط پارس جنوبی. به عنوان مثال:
- هارنس و طناب‌ها: حداکثر ۲۴ ماه (به جای ۵ سال استاندارد).
- کلاه ایمنی (EN 12492): حداکثر ۳ سال.
- پوشاک FR: بسته به تعداد دفعات شستشو، حداکثر ۲ سال یا ۵۰ بار شستشو.
- قرقره‌های SRL: حداکثر ۱۸ ماه.
- اقدام ۳-۳: تجهیز انبارهای سکوها به کابینت‌ها یا اتاق‌های نگهداری مناسب که دارای تهویه، خنک (دمای کمتر از ۳۰ درجه)، دور از نور مستقیم خورشید، رطوبت کنترل شده و دور از مواد شیمیایی خورنده باشند. تجهیزات باید در این شرایط نگهداری شوند.

لایه ۴: آموزش، فرهنگ سازی و نظارت (انسانی و مدیریتی)

اقدام ۱-۴: طراحی و اجرای یک برنامه آموزشی عملی و مستمر برای تمامی سطوح پرسنل (کارگر، سرپرست، مدیر). محتوای آموزش باید شامل موارد زیر باشد:

قسمت تئوری: شناخت خطرات، اهمیت PPE به عنوان آخرین خط دفاعی.

قسمت عملی: نحوه پوشیدن، تنظیم (Fitting)، بازرسی قبل از استفاده و نگهداری از هر قطعه PPE. به عنوان مثال، هر کارگر باید نحوه تنظیم بندهای پا و شانه هارنس خود را به طور عملی تمرین کند و نحوه انجام یک بازرسی بصری از تسمه ها (به دنبال سایش، پارگی، تغییر رنگ و سفت شدن) را یاد بگیرد.

اقدام ۲-۴: انجام تست تناسب (Fit Test) برای کاربران ماسک های تنفسی تمام وجه و نیم وجه. ماسکی که به درستی روی صورت فرد آب بندی نشود، عملاً بی فایده است.

اقدام ۳-۴: تقویت فرهنگ ایمنی مثبت (Positive Safety Culture) از طریق:

رهبری (Leadership): مدیران ارشد و میانی باید خود همواره از PPE به درستی استفاده کنند. "مدیر عاری از PPE" پذیرفتنی نیست.

پاداش و تنبیه (Reward & Punishment): راه اندازی یک سیستم تشویقی برای تیم ها یا افرادی که بهترین رکورد تبعیت از PPE را دارند. در مقابل، تخلفات عمدی و مکرر نیز باید دارای پیگرد انضباطی باشد.

گزارش دهی بدون تنبیه (Non-punitive Reporting): کارگران باید بتوانند بدون ترس از تنبیه، مشکلات مربوط به PPE (مانند کیفیت پایین، عدم تناسب، یا عدم موجودی) را گزارش دهند.

اقدام ۴-۴: نظارت مستمر و ناگهانی (Random Audits) توسط ناظران HSE و سرپرستان بر نحوه استفاده پرسنل از PPE و ثبت نتایج در یک داشبورد مدیریتی.

لایه ۵: سرمایه گذاری در فناوری های نوین (آینده پژوهی و نوآوری)

اقدام ۱-۵: دنبال کردن و آزمایش راهکارهای PPE هوشمند (Smart PPE) مانند:

کلاه های هوشمند با سنسورهای تشخیص گاز، سنسور دمای بدن، GPS و ارتباط بی سیم.

جلیقه های خنک کننده (Cooling Vests) با سیستم پمپاژ مایع خنک یا مواد تغییر فاز دهنده (PCM) برای کاهش تنش گرمایی.

دستبندهای پایش علائم حیاتی که بتوانند علائم خستگی، گرمزدگی یا تنش را شناسایی کرده و به اپراتور مرکزی هشدار دهند.

اقدام ۲-۵: استفاده از واقعیت مجازی (VR) و واقعیت افزوده (AR) برای شبیه سازی شرایط خطرناک و آموزش عملی و بدون ریسک در مورد نحوه استفاده صحیح از PPE در سناریوهای مختلف (مانند آتش سوزی یا سقوط).

۷. نتیجه گیری و پیشنهادات

۷.۱. خلاصه یافته ها

این مقاله به طور جامع به بررسی سیستم های حفاظت فردی در سکوهای دریایی پارس جنوبی پرداخت. مهم ترین یافته ها به شرح زیر است:

۱. خطرات پارس جنوبی منحصربه‌فرد و ترکیبی است: ترکیب همزمان خطرات عملیاتی کلاسیک صنعت نفت و گاز (آتش، انفجار، گاز سمی، سقوط) با خطرات محیطی شدید (گرما $+50^{\circ}\text{C}$ درجه، رطوبت $+90\%$ ، UV شدید، خوردگی نمک) یک ابرخطر (Hyper-risk) ایجاد کرده است که صنایع مشابه در شمال دریای شمال یا خلیج مکزیک با آن مواجه نیستند.
۲. وضعیت موجود بحرانی است: بر اساس مطالعه میدانی اسماعیلی و عباسی (۱۳۹۶) بر روی ۱۹ سکو، تنها ۲۸ درصد از کل موانع حفاظتی در وضعیت ایمن قرار داشتند و مابقی (۷۲ درصد) در وضعیت نامطلوب یا بحرانی بودند. مصاحبه با خبرگان نیز نشان داد که مشکلات عمده در سه حوزه "انتخاب/تأمین نامناسب"، "نگهداری/بازرسی ضعیف" و "عوامل انسانی/مدیریتی" ریشه دارد.
۳. شکاف استانداردها و عمل: بین استانداردهای بین‌المللی موجود و آنچه در عمل در سکوها رخ می‌دهد، شکاف عمیقی وجود دارد. به عنوان مثال، در حالی که استاندارد EN 12492 برای کلاه ایمنی در کار در ارتفاع الزامی است، بسیاری از سکوها هنوز از کلاه EN 397 استفاده می‌کنند.
۴. راهکارهای عملی و چندلایه ضروری است: هیچ راهکار تک‌بعدی (مثلاً فقط خرید تجهیزات بهتر) مشکل را حل نمی‌کند. یک راهکار موفق نیازمند یک چارچوب پنج لایه شامل (۱) ارزیابی ریسک و انتخاب، (۲) تأمین باکیفیت، (۳) نگهداری و بازرسی، (۴) آموزش و فرهنگ‌سازی، و (۵) نوآوری فناورانه است.

۷.۲. پیشنهادات به ذینفعان

- بر اساس یافته‌های این مقاله، پیشنهادات مشخصی به ذینفعان اصلی ارائه می‌شود:
- به شرکت‌های بهره‌بردار (مانند شرکت نفت و گاز پارس و پتروپارس):
- بازنگری فوری در مشخصات فنی خرید (PPE Technical Bid Specifications) و اجباری کردن رعایت استانداردهای EN 12492 برای کلاه و EN 361 با قطعات استیل ضد زنگ برای هارنس.
 - راه‌اندازی یک سیستم مدیریت یکپارچه (مبتنی بر نرم‌افزار) برای ردیابی، بازرسی و تعویض خودکار PPE.
 - سرمایه‌گذاری در آموزش‌های عملی و شبیه‌سازی شده برای پرسنل خود و پیمانکاران.
- به پیمانکاران اصلی و فرعی:
- خودداری از خرید PPE ارزان و بی‌کیفیت به بهانه کاهش هزینه‌ها. هزینه‌های ناشی از حادثه، هزاران برابر هزینه خرید PPE مناسب است.
 - استقرار یک سیستم بازرسی و نگهداری قوی در پروژه‌های خود و آموزش "افراد متخصص" داخلی برای انجام بازرسی‌های دوره‌ای.
 - ایجاد یک فرهنگ ایمنی مثبت با تشویق گزارش‌دهی مشکلات PPE و برخورد قاطع با تخلفات عمدی.
- به تأمین‌کنندگان و تولیدکنندگان داخلی PPE:
- حرکت به سمت تولید محصولات با کیفیت و دارای گواهی‌نامه‌های معتبر بین‌المللی. دروازه‌های ورود به صنعت نفت و گاز بدون این گواهی‌نامه‌ها بسته خواهد شد.
 - تمرکز بر تحقیق و توسعه (R&D) برای تولید محصولات بومی‌سازی شده برای شرایط اقلیمی ایران، مانند پوشاک FR خنک با وزن پایه پایین و کفش‌های تنفس‌پذیر با رویه مشبک.
 - ارائه خدمات پس از فروش شامل آموزش و بازرسی دوره‌ای به مشتریان.
- به متولیان امر آموزش و پژوهش (وزارت نفت، دانشگاه صنعت نفت، پژوهشگاه صنعت نفت):
- طراحی و برگزاری دوره‌های تخصصی "بازرسی تجهیزات حفاظت فردی در صنایع دریایی" برای تولید نیروی متخصص داخلی.

- حمایت از پروژه‌های تحقیقاتی کاربردی در زمینه PPE هوشمند، مواد خنک‌کننده و روش‌های نوین بازرسی غیرمخرب (NDT) برای تجهیزات پلیمری.
- به‌روزرسانی استانداردهای ملی (ملی ایران) بر اساس آخرین یافته‌های علمی و تطبیق آن با شرایط خاص مناطق عملیاتی کشور.

۷.۳. محدودیت‌ها و پیشنهادات برای تحقیقات آتی

محدودیت‌های این مطالعه:

- مهم‌ترین محدودیت، عدم دسترسی به داده‌های کمی به‌روز و تفکیک شده در مورد وضعیت PPE در سکوی پارس جنوبی پس از سال ۱۳۹۶ است. داده‌های اسماعیلی و عباسی (۱۳۹۶) قدیمی است و وضعیت فعلی ممکن است متفاوت باشد (چه بهتر و چه بدتر). عدم شفافیت اطلاعاتی در این صنعت یک چالش بزرگ پژوهشی است.
 - این مطالعه عمدتاً بر روی جنبه‌های فنی و مدیریتی متمرکز بود و تحلیل عمیق اقتصادی (Cost-Benefit Analysis) سرمایه‌گذاری در PPE با کیفیت در مقابل هزینه‌های ناشی از حوادث) را پوشش نداد.
- پیشنهادهای برای تحقیقات آتی:**

۱. انجام یک مطالعه میدانی گسترده و به‌روز (۱۴۰۴-۱۴۰۵) بر روی حداقل ۵۰ سکوی پارس جنوبی برای تعیین وضعیت فعلی PPE با استفاده از روش‌های آماری پیشرفته.
 ۲. تحلیل اقتصادی (Cost-Benefit) سرمایه‌گذاری در PPE هوشمند و با کیفیت بالا برای صنعت نفت و گاز ایران.
 ۳. تحقیق در مورد مواد نوین (مانند پارچه‌های تغییر فاز دهنده (PCM)، الیاف نانو، و پوشش‌های خودترمیم‌شونده) برای ساخت PPE که در عین محافظت، خنک‌تر، سبک‌تر و مقاوم‌تر در برابر UV و خوردگی باشد.
 ۴. مطالعه عوامل روانشناسی و جامعه‌شناختی مؤثر بر "فرهنگ ایمنی و تبعیت از PPE" در میان گروه‌های مختلف پرسنل (مستقیم در مقابل پیمانکار، ایرانی در مقابل خارجی) در پارس جنوبی.
- قدردانی
- نگارندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از تمامی مدیران و کارشناسان HSE منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس و شرکت‌های پیمانکاری که در مصاحبه‌ها شرکت کرده و تجربیات ارزشمند خود را به اشتراک گذاشتند، ابراز می‌دارند. همچنین از دانشگاه برای حمایت از این پروژه تحقیقاتی سپاسگزاریم.

منابع

۱. احمدی، ر. و نوروزی، م. (۱۳۹۹). بررسی عوامل مؤثر بر رفتار ایمنی کارگران پیمانکار در صنعت پتروشیمی (مطالعه موردی: منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس). فصلنامه بهداشت و ایمنی کار، ۱۰(۲)، ۴۵-۶۱.
۲. اسماعیلی، پ. و عباسی، م. (۱۳۹۶). استقرار سیستم مدیریت موانع برای سکوی دریایی پارس جنوبی. مجله علمی بهداشت حرفه‌ای و ارتقای سلامت، ۲(۲)، ۱۱۲-۱۲۱.
۳. بندر ویژه (اداره HSE منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس). (۱۴۰۱). دستورالعمل انتخاب و استفاده از تجهیزات حفاظت فردی در تأسیسات منطقه پارس جنوبی. عسلویه: انتشارات منطقه ویژه پارس.
۴. رضایی، ع. (۱۴۰۰). اصول و کاربرد تجهیزات حفاظت فردی در صنایع نفت و گاز. تهران: انتشارات ایماد.
۵. شرکت نفت خلیج فارس. (۱۴۰۲). استانداردهای ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE) برای پیمانکاران. بوشهر: واحد HSE شرکت نفت خلیج فارس.

۶. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. (۱۳۹۵). استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۲۵۸: تجهیزات حفاظت فردی - تعاریف و طبقه‌بندی. تهران: مؤسسه استاندارد.
۷. کان، ک.، لی، اچ. و پارک، ج. (۲۰۲۰). اثرات تنش گرمایی بر عملکرد شناختی و فیزیولوژیک کارگران صنایع فراساحلی: یک مطالعه میدانی. مجله بین‌المللی تحقیقات محیطی و سلامت عمومی، ۱۷(۸)، ۲۷۴۵-۲۷۶۲.
۸. تریون. (۲۰۲۶). راهنمای انتخاب تجهیزات حفاظت فردی برای کارگران صنایع نفت و گاز در محیط‌های سخت خاورمیانه و شمال آفریقا. برگرفته از وبسایت www.triuneme.com.
۹. کاستوم وورک ویپر. (۲۰۲۵). فرصت‌های بازار تجهیزات حفاظت فردی صنعت نفت و گاز خاورمیانه در سال ۲۰۲۵: راهنمای خریدار. برگرفته از وبسایت www.workwearsolutions.net.
۱۰. بندر هاربر. (۲۰۲۵). پوشاک کار مقاوم در برابر شعله در شورای همکاری خلیج فارس: استانداردها، الزامات صنعتی و خرید هوشمند. برگرفته از وبسایت www.harbor365.com.
۱۱. ترویون. (۲۰۲۴). استانداردهای اروپایی (EN) برای حفاظت از سقوط و کار در ارتفاع. برگرفته از وبسایت www.troion.com.
۱۲. انجمن بین‌المللی تولیدکنندگان نفت و گاز (IOGP). (۲۰۲۱). گزارش آمار ایمنی ۲۰۲۰ (گزارش شماره ۲۰۲۱-۵۰). لندن: IOGP Publications.