

کاربرد تکنیک های آنالیز ایمنی شغلی (JSA) و روش ویلیام فاین در شناسایی و کنترل خطرات در یکی از معادن اورانیوم منطقه مرکزی ایران

مهرزاد ابراهیم زاده^۱، غلامحسین حلوانی^۲، ابراهیم درویشی^{۱*}، فرشاد فروغی نسب^۲

۱. مرکز تحقیقات بهداشت محیط کردستان، دانشگاه علوم پزشکی کردستان، سنندج، ایران

۲. عضو هیئت علمی گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران

* نویسنده مسئول. تلفن: ۰۸۷ ۳۳۸۲۷۴۲۶ فکس: ۰۸۷۳۱۸۲۷۵۰۷ ایمیل: Darvishi.hse@gmail.com

چکیده

زمینه و هدف: کار در معادن، به ویژه معادن زیرزمینی به دلیل اینکه با انواع حوادث و بیماری‌ها همراه است یکی از محیط‌های شغلی خطرناک و از جمله مشاغل سخت و زیان آور محسوب می‌گردد. هدف مطالعه حاضر کاربرد آنالیز شغل و روش ویلیام فاین در شناسایی و کنترل خطرات در یک معدن اورانیوم بود.

روش کار: ارزیابی ریسک به روش آنالیز ایمنی شغل در ۲۲ شغل که میزان تکرار و شدت حوادث در آنها بالا بود، انجام شد. داده‌های مورد نیاز برای آنالیز به روش‌های مشاهده و مصاحبه جمع آوری گردید. در نهایت فراوانی خطرات موجود در مشاغل مشخص گردید. همچنین به منظور ارزیابی دقیق خطرات و اتخاذ تصمیم و اولویت بندی برای اقدامات اصلاحی خطرات، از روش ویلیام فاین استفاده شد.

یافته‌ها: در نتیجه آنالیز مشاغل ۱۸۲ خطر شغلی شناسایی شد. خطر پرتوگیری و خطر ریزش سنگ به ترتیب با فراوانی نسبی ۴۲٪ و ۱۸٪ محتمل‌ترین خطرات ارزیابی شدند. بر طبق نتایج روش ویلیام فاین، کمبود اکسیژن، استنشاق گاز رادون، تماس با پرتوهای یونیزان و فعالیت خدماتی به ترتیب با نمرات خطر ۳۶۰۰، ۳۰۰۰، ۳۰۰۰، ۳۰۰۰ دارای بیشترین سطح خطر و فعالیت‌های نجاری و اپراتور کمپرسور به ترتیب با نمره ۶۰ و ۱۸۰ دارای کمترین سطح خطر ارزیابی شدند.

نتیجه‌گیری: در عملیات معدنی اورانیوم عمده ترین خطر، پرتوگیری است. لذا باید اقدامات کنترلی شامل استفاده از کوهبری تر جهت پیشگیری از انتشار گرد و غبار اکتیو، تهیه مناسب گاز رادون در سینه کارها و تونل‌ها، مانیتورینگ گازها بعد از آتشباری، آموزش پرسنل و ارزیابی ریسک به صورت برنامه معمول کاری در کلیه عملیات معدنی صورت گیرد.

واژه های کلیدی: ارزیابی ریسک، آنالیز ایمنی شغل، ویلیام فاین، معدن اورانیوم

دریافت: ۹۳/۹/۳ پذیرش: ۹۳/۱۱/۲۶

مقدمه

کار در معادن و به ویژه معادن زیرزمینی به دلیل اینکه با انواع خطرات، حوادث و بیماری‌ها همراه است، یکی از محیط‌های شغلی خطرناک و از جمله مشاغل سخت و زیان‌آور محسوب می‌گردد (۲،۱). شرایط کاری خطرناک و پیچیده، پیشرفت فناوری و افزایش کاربرد ماشین‌آلات متنوع و وجود انواع عوامل زیان‌آور بهداشتی روند خطرناکی و احتمال بروز حوادث در این محیط‌ها را افزایش داده است (۳). با

توجه به این خطرات، روزانه در معادن سطح کشور شاهد وقوع حوادث منجر به مرگ و از کار افتادگی فراوان ناشی از آن هستیم. با این حال اگر هدف از بازگشایی معدن استخراج و استحصال عناصری مانند سنگ معدن اورانیوم باشد، قطعاً مقوله ایمنی و تعیین ضوابط و دستورالعمل‌های بهداشتی معدن توجه بیشتری را می‌طلبد. یک معدن زیرزمینی اورانیوم علاوه بر خطرات عمومی از قبیل ریزش، انفجار، آسیب رسانی ماشین‌آلات و... خطرات دیگری هم

دارد که از آلودگی ناشی از تشعشع زون‌های اکتیو، گرد و غبار حامل ذرات اکتیو سنگ معدن و تشعشعات حاصله از گازهای اکتیو ایجاد می‌گردد (۴). در معادن اورانیوم به دلیل اینکه حجم عظیمی از مواد با ترکیبات مختلف برداشت می‌گردد، علاوه بر وجود خطرات و حوادث، احتمال وجود آلودگی‌های بهداشتی نیز فراوان است (۵، ۶). لذا در راستای پیشگیری از وقوع حوادث و نیز پیشگیری از بیماری‌ها در معادن، ارزیابی و شناسایی خطرات از اولویت‌های اساسی به شمار می‌رود. ارزیابی ریسک یکی از ارکان اصلی سیستم مدیریت بهداشت و ایمنی می‌باشد که هدف آن شناسایی، ارزیابی و کنترل عوامل مخاطره‌آمیزی است که سلامت و ایمنی کارکنان را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بنابراین نقش ارزیابی ریسک در مدیریت فعالیت‌ها در تعداد زیادی از صنایع به خوبی پذیرفته شده است (۶). ضروری‌ترین بخش از هر برنامه ایمنی و بهداشتی و به عبارت دیگر سیستم ایمنی و بهداشت، شناسایی خطر است. ابتدا باید خطرات را شناسایی نمود تا بتوان بر اساس آن راه مقابله و حذف خطر را پیشنهاد کرد و اهداف و برنامه‌های ایمنی و بهداشتی خود را تنظیم نمود. هرچه شناسایی خطر دقیق‌تر باشد، سیستم عملکرد بهتری را بروز می‌دهد (۷). بعد از شناسایی خطرات باید آنها را ارزیابی کرد، این ارزیابی بدین معنی است که در هر قسمت از یک معدن اورانیوم کدامیک از خطرات عنوان شده احتمال وقوع بیشتری دارد و از نظر اهمیت رسیدگی مهمتر است و بر همین اساس اولویت کنترل آنها چگونه است. آنالیز ایمنی شغلی (JSA)^۱ یکی از روش‌های پیشگیری از حادثه و آنالیز خطر است که سابقه اجرای آن در کشورهای صنعتی به حدود سال‌های قبل از ۱۹۳۰ می‌رسد (۸، ۹). آنالیز ایمنی شغلی مهمترین ابزار مدیریتی است که به حذف خطرات و کاهش جراحات و حوادث محیط کار کمک می‌کند و با شناسایی خطاها در فرایند تولید،

بهره‌وری را افزایش می‌دهد. آنالیز ایمنی شغل یکی از روش‌های مطالعه دقیق و نظام‌مند جهت شناسایی خطرات موجود یا بالقوه در هر شغل محسوب می‌گردد و اجرای آن در فاز عملیات و بهره‌برداری برای شناسایی و تجزیه و تحلیل خطرات توصیه می‌گردد، که با شرایط کاری در این تحقیق هماهنگی دارد (۱۰، ۱۱). نظر به اینکه اجرای این روش با حداقل تجهیزات، منابع مالی و تنها با مطالعه دقیق و بر اساس توانایی تیم ارزیابی کننده و تجربه مصاحبه شونده‌گان (کارگران و اپراتورها) انجام می‌گیرد، کلیه افراد، اعم از مدیران و کارگران به فراخور اطلاعاتشان از نتایج آن بهره‌مند می‌شوند و سبب افزایش درک شاغلین نسبت به سطح ریسک خواهد شد و تأثیر مثبت بر رفتار آنها خواهد گذاشت که در نتیجه مواجهه کارگران با بسیاری از ریسک‌های شغلی را کاهش خواهد داد. سازمان OSHA^۲ توصیه می‌کند که با انجام صحیح آنالیز ایمنی شغلی می‌توان از بسیاری از آسیب‌ها و بیماری‌ها جلوگیری کرد و اقدامات کنترل فنی و مدیریتی، نیازهای آموزشی، وسایل حفاظت فردی مورد نیاز و دستورالعمل‌های اجرایی هر فعالیت را تعیین نمود. یکی از مهمترین دستاوردهای آنالیز ایمنی شغلی تدوین روش‌های کار ایمن برای شاغلین است (۱۱). در صنایع و مشاغل مختلفی از آنالیز ایمنی شغل جهت شناسایی خطرات استفاده شده است (۳، ۱۲). سازمان‌ها معمولاً نیاز به سیستمی دارند که علاوه بر ارزیابی فعالیت‌ها و فرایندها، بتواند در خصوص وضعیت ریسک، تعیین معیارهای ریسک، قابل تحمل و مشخص نمودن دقیق ریسک فرایندها آنان را رهنمون نماید. بسته به پیچیدگی‌های هر صنعت، نوع سیستمی که بتواند آنان را به هدف مذکور برساند متفاوت است. لذا مدیریت ایمنی سازمان باید بتواند روش ارزیابی ریسک متناسب را تعیین نماید. بررسی‌های قبلی نشان داده بود که میزان تکرار و پیامد حوادث در مجتمع

^۲ Occupational Safety and Health Administration

^۱ Job Safety Analysis

جهت پیشگیری و کاهش حوادث و محدود کردن پیامدهای ناشی از حوادث بود.

روش کار

مطالعه توصیفی- مقطعی حاضر در سال ۱۳۹۱ در یک مجتمع معدنی اورانیوم با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغلی که نوعی روش شناسایی خطرات است، انجام شد. همچنین به منظور ارزیابی دقیق خطرات بهداشتی و اتخاذ تصمیم و اولویت‌بندی برای اقدامات اصلاحی خطرات با توجه به درجه خطرات از روش ویلیام فاین استفاده شد. به منظور اجرای آنالیز ایمنی شغلی در ابتدا تیمی متشکل از کارشناس ایمنی، مجری طرح، سرپرست تولید، و متخصص فنی تشکیل و داده‌های مورد نیاز برای ارزیابی گردآوری شد. انتخاب شغل‌های مورد نظر برای آنالیز، با در نظر گرفتن سابقه بروز حوادث، خطرناک بودن شغل، مشاغل غیرمعمول و... در ۳ سال اخیر بود، پس از بررسی وضعیت ایمنی معدن، از ۳۲ عنوان شغلی موجود، بر اساس مستندات، مشاهدات و بررسی‌های اولیه و چک لیست‌های مربوط به خطرات موجود در معدن، فقط ۲۲ شغل بعنوان شغل مناسب جهت آنالیز ایمنی شغلی در اولویت ارزیابی قرار گرفت، سپس کلیه وظایف شغلی تعیین و در یک فرایند به مجموعه‌ای از زیر وظایف تقسیم شدند، برای جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز برای آنالیز و تکمیل فرم‌های شناسایی و آنالیز خطرات از روش مشاهده یک به یک، مصاحبه با مسئولین، کارگران و متخصصین واحد استفاده شد و در نهایت فراوانی خطرات موجود در مشاغل و راهکارهای مناسب برای خطرات موجود مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و بیشترین خطرات موجود بیان گردید (۱۱).

به دلیل اینکه در معادن اورانیوم علاوه بر خطرات معمول در دیگر معادن، خطرات مربوط به انتشار مواد پرتوزا نیز وجود دارد، علاوه بر آنالیز ایمنی شغل به منظور تکمیل ارزیابی و شناسایی دقیق

معدنی اورانیوم مورد بررسی در مطالعه حاضر بالا است. با توجه به وقوع حوادث گسترده برای کارگران شاغل در مجتمع معدنی و بروز انواع آسیب‌های مختلف و نیز با توجه به اهمیت ارزیابی ریسک در شناسایی مشاغل با ریسک بالا در واحدهای مختلف کاری و نیز حفظ سلامت و سرمایه در پروژه‌های اجرایی حائز اهمیت، ضرورت مطالعه‌ای در این زمینه بیش از پیش نمایان گردید. بر این اساس ضرورت دیده شد طی مطالعه‌ای ماهیت انواع مختلف از خطرات اضطراری و شایع موجود در انواع شغل‌ها و تاثیر آنها در وقوع حوادث مورد ارزیابی قرار گیرد، همچنین میزان شیوع وقوع حوادث در سنوات گذشته در بین مشاغل مورد قضاوت قرار گیرد تا از نتایج آن جهت آگاهی از وضعیت ایمنی کارگران و برنامه‌ریزی جهت اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه در شرایط کاری آنها استفاده گردد. با توجه به فرایندهای استخراج در مجتمع معدنی اورانیوم مورد مطالعه و با در نظر گرفتن نوع فعالیت‌ها و طیف وسیع خطرات ایمنی و بهداشت موجود و امکان آسیب‌رسانی حاد یا مزمن به کارگران و تجهیزات، ارزیابی ریسک، اولویت‌بندی خطر و تعیین چگونگی راهکارهای کنترلی خطرات امری الزامی بود. لذا در این مطالعه سعی در پیاده‌سازی این مهم با بهره‌گیری از روش ویلیام فاین^۱ که روشی مبتنی بر احتمال وقوع خطر، پیامد ناشی از آن و میزان تماس با خطر است، گردید. امکان اجرای آسان در شناسایی خطرات به صورت کمی، شناسایی حوادث ناشی از کار مرتبط با انسان، تصمیم‌گیری درباره ضرورت و موجه بودن هزینه‌های حذف خطر و همچنین لزوم اجرای هر چه سریعتر برنامه‌های کنترل خطرات با استفاده از این روش از جمله دلایل انتخاب این روش بود. لذا هدف مطالعه حاضر کاربرد آنالیز ایمنی شغلی و روش ویلیام فاین در مجتمع معدنی اورانیوم به منظور شناسایی خطرات و ارائه راهکارهای کنترلی مناسب

^۱ William Fine

می‌گرفت، با استفاده از چک‌لیست‌ها و بازرسی ایمنی تیم از قسمت‌های مختلف مجتمع و بازدید از ایستگاه‌های کاری و مشاغل، شناسایی خطر صورت پذیرفت. نمره خطر (R) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (۷):

$$R = A \times B \times C$$

در این رابطه A امتیاز حاصل از جدول رتبه‌بندی احتمال وقوع خطر، B امتیاز حاصل از جدول رتبه‌بندی شدت پیامد و C امتیاز حاصل از جدول رتبه‌بندی میزان مواجهه یا عوامل بالقوه خطرناک است. همچنین بعد از به‌دست آوردن نحوه خطر فعالیت‌ها، طبق الگوی جدول ۴ رتبه‌بندی سطوح خطرات شناسایی شده انجام گرفت و اقدامات اصلاحی که می‌بایست در مرحله مدیریت و کنترل خطر انجام شود، مشخص شد.

خطرات بهداشتی از روش ویلیام فاین نیز جهت ارزیابی و شناسایی و اولویت‌بندی اقدامات اصلاحی خطرات استفاده شد. در این روش ابتدا رتبه‌بندی شدت اثر/ پیامد (جدول ۱)، رتبه‌بندی احتمال وقوع (جدول ۲) و رتبه‌بندی میزان تماس (جدول ۳) هر یک از فعالیت‌ها مشخص گردید. اجرا و پیاده‌سازی این روش مستلزم همکاری کمیته تخصصی HSE جهت شناسایی خطر و ارزیابی ریسک بود، لذا در این راستا برای شناسایی خطرات موجود در سایت از همکاری یک نفر متخصص بهداشت حرفه‌ای، دو نفر کارشناس بهداشت محیط، دو نفر متخصص ایمنی و یک نفر کارشناس ارشد مهندسی صنایع گرایش بهره‌وری سیستم استفاده گردید. در ابتدای این مطالعه شناسایی تمامی منابع خطر می‌بایست صورت

جدول ۱. شرح پیامد/ شدت خطر

رتبه	طبقه‌بندی
۱۰۰	مرگ و میر بالای ۵ نفر، توقف عمده فرایند تولید، خسارت بالای ۵۰۰ میلیون ریال
۵۰	مرگ و میر ۲ تا ۵ نفر، خسارت بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ میلیون ریال
۲۵	مرگ و میر یک نفر، خسارت بین ۱۰۰ تا ۲۵۰ میلیون ریال
۱۵	صدمات بشدت جدی (قطع عضوی از بدن، ناتوانی دائمی)، خسارت بین ۱۰ تا ۱۰۰ میلیون ریال
۵	آسیب منجر به ناتوانی، خسارت بین ۱ تا ۱۰ میلیون ریال
۱	صدمات، آسیب و خسارات خفیف، خسارات زیر ۱ میلیون ریال

جدول ۲. احتمال وقوع

رتبه	طبقه‌بندی
۱۰	اغلب محتمل است/ شانس وقوع بیشتر از ۵۰ درصد است
۶	شانس وقوع ۵۰/ ۵۰ است/ امکان دارد
۳	می تواند تصادفی اتفاق بیافتد/ شانس وقوع کمتر از ۵۰ درصد است
۰/۵	احتمالاً تا چند سال بعد از تماس اتفاق نمی افتد، اما امکان وقوع دارد
۰/۱	عملاً وقوعش غیر ممکن است/ هرگز اتفاق نمی افتد

جدول ۳. میزان مواجهه

رتبه	طبقه‌بندی
۱۰	بطور پیوسته/ تا یکبار در روز/ بیش از ۸ ساعت در روز
۶	غالباً/ تا یکبار در هفته/ ۸-۶ ساعت در روز
۳	گهگاه، بعضی اوقات/ تا یکبار در ماه/ ۶-۴ ساعت در روز
۲	بطور غیر معمول و غیر عادی/ تا یکبار در سال/ ۴-۲ ساعت در روز
۱	بندرت/ به عنوان موردی که امکان تماس داشته باشد می شناسیم/ کمتر از ۲ ساعت در روز
۰/۵	بطور جزئی/ به عنوان موردی که امکان تماس داشته باشد، نمی شناسیم

جدول ۴. سطح بندی ریسک

رتبه	سطح بندی ریسک	عدد ریسک
غیر قابل قبول	اصلاحات فوری نیاز است، فعالیت بایستی متوقف شود تا خطر کاهش یابد	>۲۰۰۰
متوسط	توجهات لازم در اسرع وقت بایستی صورت گیرد (ورودی به فرایند هدف گذاری)	۹۰۰-۱۹۹۰
قابل قبول	خطر تحت نظارت و کنترل باشد	<۸۹۰

یافته‌ها

تعداد زیادی از مشاغل مورد بررسی را دلیلی بر بالابودن فراوانی نسبی خطر آلودگی و پرتوگیری دانست. همچنین با در نظر گرفتن ریزش بودن سنگ سقف برخی از تونل‌های معدن و عملیات معدنی در حال انجام (پیکورزنی، کوهبری، لق‌گیری، خاکبرداری و نصب قاب و عملیات تحکیم، ریزش سنگ در معادن زیرزمینی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد)، که در بالابردن شاخص تکرار حوادث ناشی از ریزش سنگ نقش مهمی را نیز ایفا می‌کرد. تجهیزات متحرک معدنی از قبیل لودر معدنی، دستگاه شاتکریت، لوکوموتیو معدنی، جامبو دریل و واگن‌ها به عنوان پتانسیلی موثر در ایجاد حادثه در حفاریات معدنی محسوب می‌شدند.

در این مطالعه برای ۲۲ شغل، ۲۲ فرم شناسایی خطر و ۲۲ جدول تجزیه و تحلیل شغلی تکمیل گردید (جدول ۵). نتایج خطرات اصلی شناسایی شده در نتیجه آنالیز ایمنی شغلی در جدول ۶ و نتایج خطرات شناسایی شده در فعالیت کوهبری و آتشباری نیز در جداول ۷ و ۸ نمایش داده شده است. تعداد کل خطرات شناسایی شده شامل ۱۸۲ خطر بود. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه خطر آلودگی و پرتوگیری با فراوانی نسبی ۴۲٪ و بعد از آن خطر ریزش سنگ با فراوانی نسبی ۱۸٪ و تصادم با تجهیزات متحرک معدنی با فراوانی نسبی ۱۱٪ به ترتیب محتمل‌ترین خطرات موجود در مجتمع ارزیابی شدند، که می‌توان در معرض قرار داشتن

جدول ۵. فعالیت‌ها و مشاغل مورد بررسی به روش آنالیز ایمنی شغل در این مطالعه

ردیف	شماره JSA	عنوان فعالیت	ردیف	شماره JSA	عنوان فعالیت
۱	RK ₁	آتشباری	۱۲	RK ₁₂	اپراتور تراز ۷/۲۰
۲	RK ₂	پیکورکاری	۱۳	RK ₁₃	اپراتور وینچ
۳	RK ₃	کوهبری	۱۴	RK ₁₄	اپراتور بچینگ
۴	RK ₄	خاک کشی	۱۵	RK ₁₅	برشکاری
۵	RK ₅	قاب گذاری و تحکیم	۱۶	RK ₁₆	جوشکاری
۶	RK ₆	ریل گذاری	۱۷	RK ₁₇	تراشکاری
۷	RK ₇	شاتکریت	۱۸	RK ₁₈	سوراخکاری
۸	RK ₈	رانندگی لوکوموتیو	۱۹	RK ₁₉	خم کاری
۹	RK ₉	سیگنالیست	۲۰	RK ₂₀	برقکاری
۱۰	RK ₁₀	اپراتور کمپرسورخانه	۲۱	RK ₂₁	مکانیکی
۱۱	RK ₁₁	اپراتور ژنراتورخانه	۲۲	RK ₂₂	نجاری

حفاظت فردی مناسب، سرویس و نگهداری به موقع تجهیزات، رعایت دستورالعمل‌های ترابری تجهیزات متحرک معدنی و آموزش مسائل ایمنی و فیزیک بهداشت برای پرسنل در نظر گرفته شد.

لذا بر طبق ارزیابی‌ها، کاربردی‌ترین کنترل‌های پیشنهادی برای خطرات شناسایی شده جلوگیری از ورود افراد به چاه قبل از تهویه کامل، اندازه‌گیری میزان گازها بعد از آتشباری، نظارت سرپرستان عملیات معدنی شیفت هنگام کار، استفاده از وسایل

جدول ۶. خطرات اصلی شناسایی شده در مشاغل مورد بررسی

ردیف	وضعیت خطرناک	ردیف	وضعیت خطرناک
۱	پرتوهای یونیزان (آلفا، بتا، گاما، نوترون)	۱۶	برخورد لوکوموتیو با تاسیسات داخل تونل و کارگران
۲	گردوغبار و گاز رادون	۱۷	گردوغبار سیمان و تماس پوستی حین شاتزنی
۳	کمبود اکسیژن، کاهش فشار هوا	۱۸	کار استاتیک
۴	عمل نکردن چاشنی مواد منفجره	۱۹	عدم کنترل وینچ ها در اثر خرابی دوربین پذیرگاهها
۵	پرتوهای مادون قرمز و ماوراء بنفش جوشکاری	۲۰	ترکیدن مخزن هوای فشرده کمپرسورخانه
۶	فیوم های برشکاری	۲۱	برق گرفتگی در اثر زخمی بودن انبر جوشکاری
۷	ریزش سنگ	۲۲	گیرایش در حین تراشکاری
۸	سقوط کیچ در اثر پاره شدن سیم بکسل ها	۲۳	برخورد بیل لودر معدنی با اپراتور حین خاک کشی
۹	ارتعاش دستگاهها (لودرمعدنی، پیکور و...)	۲۴	بالا نگه داشتن دست به مدت طولانی هنگام تحکیم
۱۰	پرتاب خرده سنگ به چشم درحین کوهبری	۲۵	پرتاب گدازه به صورت و بدن در حین جوشکاری
۱۱	شکستن مته در اثر فشارحین کوهبری	۲۶	در رفتن تیغه اره فلکه و شکستن آنها
۱۲	لیز خوردن حین هموار نمودن کف سینه کارها	۲۷	تماس با گازوئیل حین تمیز کاری محل ساخت لارده
۱۳	صدای دستگاهها (لودر معدنی، چکش کوهبری و...)	۲۸	گیر کردن دست کارگران بین ریل ها حین نصب ریل
۱۴	شکستن لوله باد و هوای فشرده	۲۹	سطوح برنده قطعات تراشکاری
۱۵	سقوط از ارتفاع هنگام سرویس و نگهداری تجهیزات	۳۰	حریق ناشی از خوردگی شلنگ هیدرولیک کمپرسور

جدول ۷. نتایج آنالیز ایمنی شغل آتشباری

ردیف	مراحل تشکیل دهنده کار	نوع خطر	پیامد خطر	راهکار کنترلی / پیشنهادی
۱	تهیه الکو انفجار و تعیین مقدار مواد منفجره مورد نیاز	مقدار بیش از حد ماده منفجره	ایجاد ریزش در تونل	رعایت دستورالعمل های آتشباری
۲	حمل مواد ناریه با دو ماشین (یک ماشین چاشنی و ماشین دیگر سایر مواد)	تصادف و چپ شدن ماشین	انفجار و مرگ نفرات	رعایت دستورالعمل های ایمنی رانندگی در معدن
۳	هماهنگی با سیگنالیست و تخلیه نمودن پذیرگاهی که باید آتش شود از کارگران	تکان خوردن شدید چاشنی	انفجار و مرگ نفرات	تثبیت نمودن چاشنی ها و حمل آنها در جعبه مخصوص چوبی
۴	انتقال مواد به سینه کار	افتادن مواد و ضربه شدید به آنها	انفجار و مرگ نفرات	بازدید پرسنل ایمنی از سینه کارها و اطمینان از تخلیه نفرات
۵	ساخت پرایمر و خرج گذاری، بستن مواد و زدن انفجار	عدم رعایت فاصله ایمن از سینه کار	آسیب جسمی	قرار گیری در جان پناه و حفظ فاصله ایمن از سینه کار
۶	بازدید از محل انفجار بعد از تهویه یک ساعت بعد از انفجار	صدای انفجار	کاهش شنوایی	استفاده از وسایل حفاظت فردی
		نزدن آژیر قبل از انفجار	جاماندن بقیه افراد در سینه کار و آسیب	رعایت توالی ایمن کار
		ریزش تونل به دلیل مقدار بیش از حد ماده منفجره	آسیب و جراحت	رعایت دستورالعمل های آتشباری و توجه به آموزش های ایمنی
		کامل تهویه نشدن محل و خطر گاز حاصل از انفجار	سردرد و مسمومیت	گاز سنجی قبل از شروع به کار و اطمینان از تهویه کامل تونل ها
		عمل نکردن چاشنی	انفجار حین بازرسی	رعایت دستورالعمل های ایمنی خرج گذاری

جدول ۸. نتایج آنالیز ایمنی کوهبری با چکش سه پایه

ردیف	مراحل تشکیل دهنده کار	نوع خطر	پیامد خطر	راهکار کنترلی / پیشنهادی
۱	حمل چکش به سینه کار جهت چال زدن	جابجایی ناصحیح چکش	ناراحتی های اسکلتی-عضلانی	رعایت اصول ایمنی حمل بار
		برخورد چکش با تأسیسات و کارگران	آسیب جسمی و خسارت مالی	نظم و انضباط محیط کاری و دقت در حمل
		افتادن روی دست و پای افراد	کوبیدگی یا شکستگی	احتیاط در انجام کار
۲	بستن شلنگ باد و شلنگ آب به چکش	شل بستن شلنگ هوای فشرده یا آب	آسیب جسمی به افراد	استفاده از بست ها و کولپنگ های مناسب
۳	ثابت نمودن پایه چکش روی زمین	افتادن چکش	شکستن مته چکش و آسیب به فرد	اطمینان از تثبیت چکش و جایگذاری مناسب چکش
۴	پرتاب خرده سنگ به صورت و چشم سرو صدا و ارتعاش دستگاه	کاهش شنوایی و آسیب جسمی	آسیب و جراحت چشم	استفاده از شیلدهای حفاظتی استفاده از وسایل حفاظت فردی و عایق نمودن دسته چکش
	عملیات کوهبری	استفاده از چفیه	گیر کردن به مته و ایجاد آسیب جسمی	استفاده از لباس مناسب کار
		کوهبری خشک	مشکلات تنفسی در اثر گردوغبار	استفاده از آب هنگام حفاری
		سوار شدن روی چکش	آسیب جانی و خسارت مالی	رعایت پوسچرهای ایمن کاری
		گیر کردن پای افراد به شلنگ‌ها	ایجاد آسیب و جراحت	رعایت نظم و انضباط ایستگاه کار
۵	پایان عملیات کوهبری و بستن شیر هوا و آب، باز نمودن شلنگ هوا و آب	قطع نکردن جریان آب و هوای فشرده	در رفتن شلنگ و آسیب جسمی	رعایت توالی ایمنی کار

همچنین بر مبنای نتایج حاصل از روش ویلیام فاین، خطرات شناسایی شده ناشی از فعالیت‌های مورد بررسی در مجتمع به تفکیک نمره خطر در سطوح بالا، متوسط و کم و سطح درجه خطر برای اتخاذ تصمیم لازم در اولویت بندی اقدامات اصلاحی در جداول ۹، ۱۰ و ۱۱ ارائه شده‌اند.

جدول ۹. رتبه بندی خطرات با درجه خطر بالا (>۲۰۰۰)

ردیف	فعالیت تحت بررسی	شرح خطر	احتمال وقوع	شدت پیامد	میزان مواجهه	نمره خطر	درجه خطر
۱	عملیات معدنی	کمبود اکسیژن و کاهش فشار هوا	۶	۱۰۰	۶	۳۶۰۰	اضطراری
۲	عملیات معدنی	استنشاق گردوغبار اکتیو و گاز رادون	۶	۵۰	۱۰	۳۰۰۰	اضطراری
۳	عملیات معدنی	تماس با پرتوهای یونیزان (آلفا، بتا، گاما)	۶	۵۰	۱۰	۳۰۰۰	اضطراری
۴	عملیات معدنی	انتقال بیماری واگیردار	۱۰	۵۰	۶	۳۰۰۰	اضطراری

جدول ۱۰. رتبه بندی خطرات با درجه خطر متوسط (۱۹۹۰-۹۰۰)

ردیف	فعالیت تحت بررسی	شرح خطر	احتمال وقوع	شدت پیامد	میزان مواجهه	نمره خطر	درجه خطر
۱	آتشباری	گاز گرفتگی و بیهوشی	۶	۲۵	۱۰	۱۵۰۰	غیر طبیعی
۲	عملیات معدنی	کمبود روشنایی در تونل	۶	۲۵	۱۰	۱۵۰۰	غیر طبیعی
۳	کوهبری	سر و صدا و ارتعاش چکش کوهبری	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵۰۰	غیر طبیعی
۴	عملیات معدنی (تحکیم)	شرایط غیر ارگونومیک، پوسچرهای نادرست	۱۰	۱۵	۱۰	۱۵۰۰	غیر طبیعی
۵	اپراتور ژنراتور خانه	استنشاق گاز شیمیایی و ذرات دوده	۶	۲۵	۱۰	۱۵۰۰	غیر طبیعی
۶	جوشکاری	فیوم فلزی	۱۰	۱۵	۶	۹۰۰	غیر طبیعی

جدول ۱۱. رتبه بندی خطرات با درجه خطر کم (<۸۹۰)

ردیف	فعالیت تحت بررسی	شرح خطر	احتمال وقوع	شدت پیامد	میزان مواجهه	نمره خطر	درجه خطر
۱	خاک کشی	هل دادن نادرست واگن	۱۰	۲۵	۳	۷۵۰	طبیعی
۲	برشکاری	اشعه IR, UV	۶	۱۵	۶	۵۴۰	طبیعی
۳	برق کاری	CTD	۱۰	۲۵	۲	۴۵۰	طبیعی
۴	اپراتور کمپرسورخانه	تنش حرارتی	۶	۵	۶	۱۸۰	طبیعی
۵	نجاری	ارتعاش اره فلکه	۶	۵	۲	۶۰	طبیعی

سینه کارها جهت پیشگیری از وقوع سرطان ریه در کارگران بود.

بحث

استقرار یک نظام هماهنگ و نظام مند ایمنی در معدن اورانیوم از اهمیت بالایی برخوردار است، چرا که حساسیت ایمنی معدن کاری اورانیوم به گونه‌ای است که دقت، سرعت و آگاهی مناسبی را می‌طلبد؛ به نحوی که کلیه عملیات معدن کاری و پرسنل مربوطه را تحت پوشش قرار داده و بر اساس برنامه‌های مدون و نظامی هماهنگ بر کلیه امور نظارت کامل داشته باشد. نتایج آنالیز ایمنی شغلی صورت گرفته نشان داد که در مجتمع معدنی اورانیوم، خطر آلودگی و پرتوگیری و بعد از آن خطر ریزش سنگ و تصادم با تجهیزات متحرک معدنی، به ترتیب محتمل‌ترین خطرات موجود در مجتمع بود و بنابراین بایستی تدابیر ایمنی مناسب در این خصوص اتخاذ گردد. در مطالعه‌ای که حلوانی و همکاران به بررسی حوادث شغلی رخ داده در یکی از معادن اورانیوم در منطقه مرکزی کشور طی سال‌های ۱۳۸۵ تا ۱۳۸۹ پرداختند، به این نتیجه رسیدند که بیشترین حوادث مربوط به سقوط اشیا و برخورد با جسم متحرک بود (۱۳). همچنین در مطالعه جعفری و همکاران با استفاده از روش آنالیز ایمنی شغل، مشاغل جوشکاری در پالایشگاه تهران مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در شرایط موجود ۲۷/۳ درصد از مخاطرات مورد بررسی دارای عدد اولویت خطر ۵ با پتانسیل خطر

بنا بر جداول فوق، فعالیت‌های عملیات معدنی (از جهت کمبود اکسیژن، استنشاق گرد و غبار اکتیو و گاز رادون، مواجهه با پرتوهای یونیزان) و خدماتی (انتقال بیماری واگیر) به ترتیب با نمرات خطر ۳۶۰۰، ۳۰۰۰، ۳۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۳۰۰۰ واجد بیشترین سطح خطر و فعالیت‌هایی مانند نجاری (ارتعاش اره فلکه) با نمره ۶۰ و اپراتور کمپرسورخانه (استرس حرارتی) با نمره ۱۸۰ دارای کمترین سطح خطر ارزیابی شدند. علت وقوع چنین پیامدهایی در عملیات معدنی به دلیل وجود گاز رادون و گرد و غبارهای اکتیو، پرتوهای آلفا، بتا، گاما، تهویه نامناسب از یک طرف و از طرف دیگر مواجهه ممتد کارگران عملیات معدنی با آلاینده‌ها بود. تهویه ناکافی، قطع جریان هوارسانی به سینه کارهای تونل با توجه به اکتیو بودن و غلظت گازهای آتشیاری و رادون در معادن اورانیوم بسیار خطرناک است. در خصوص خطراتی از جمله کمبود روشنایی تونل، صدا، فیوم جوشکاری که خطراتی با سطح ریسک غیر قابل قبول در این مطالعه بودند، می‌بایست با به‌کارگیری تدابیر کنترلی و آموزش‌های ایمنی پرسنل، میزان این فعالیت‌ها را به سرحد طبیعی رسیده و عوامل بالقوه خطر در این فعالیت‌ها حذف کردند. بر طبق بررسی‌ها، مستندات مربوط به حوادث شغلی و مشاهدات قبلی صورت گرفته، مهمترین عامل در بروز خطرات در تمامی موارد مذکور، بی‌توجهی کارگران به تدابیر کنترلی محیط کار بوده است. مهمترین مبحث در ایمنی معادن اورانیوم بررسی سیستم تهویه معدن در جهت رقیق‌سازی گاز رادون موجود در مسیر تونل‌ها و

فوق‌العاده بالا، ۳٪ مخاطرات دارای عدد اولویت خطر ۴، ۶۹/۷ درصد دارای عدد اولویت خطر ۳ با پتانسیل خطر پتانسیل متوسط بود (۱۴).

مواد رادیواکتیو به دلیل ساطع کردن پرتوهای خطرناک در اثر متلاشی شدن و تجزیه خودبخودی، یک گروه بزرگ از مواد سرطان‌زا محسوب می‌شوند. چنانچه اگر مقادیر بسیار کمی از آنها از طریق هوا، آب، گیاهان و حیوانات جذب بدن شود، با گذشت زمان با انرژی که ساطع می‌کند موجب بروز سرطان و دیگر اثرات سوء ژنتیکی می‌گردد. بطور کلی اثرات بیولوژیکی پرتوها را می‌توان به اثرات جسمی (به فرد پرتودیده) و اثرات نسلی (به نسل‌های بعدی) تقسیم کرد (۸). در معادن اورانیوم، منابع تولید آلودگی‌های داخلی شامل گاز رادون، گاز تورن و دخترانشان، و گرد و غبار سنگ معدن اکتیو و منابع تولید آلودگی‌های خارجی شامل پرتوهای ناشی از سنگ‌های اکتیو معدن می‌باشد. از نظر اهمیت رسیدگی و آسیب‌رسانی در معادن اورانیوم، آلودگی‌های داخلی به مراتب درجه بالاتری نسبت به آلودگی‌های خارجی دارند، لذا در راستای کنترل خطرات در این زمینه بایستی منابع تولیدکننده پرتوها را تا زیر حد مجاز محدود کرد (۶). بهترین راه کنترل منابع تولید پرتوهای داخلی (گاز رادون و دخترانش) جلوگیری از به تعادل رسیدن آنها با رقیق کردن آنها است که این کار با تهویه قوی و مستمر تونل‌های معدن امکان‌پذیر است. برای کنترل و محدود کردن جذب پرتوها هم استفاده از وسایل و لباس‌های حفاظت شخصی برای پرسنل از اهمیت بالایی برخوردار است که شامل لباس و ابزار کار و ماسک ضد گاز می‌باشد. دیگر خطر شناسایی شده با فراوانی بالا، خطر ریزش سنگ بود که در خصوص کنترل این حوادث و دیگر خطرات در هنگام وقوع حوادث (برای مثال ریزش تونل)، می‌بایست کلیه راهکارها و روش‌های مقابله با آنها از پیش شناخته و اولویت‌بندی شوند و سپس به‌صورت دستورالعمل

جامعی تدوین گردند تا در مواقع لزوم سریعاً به کار گرفته شوند. علاوه بر این باید خاطرنشان کرد که هر حادثه‌ای که رخ داده است، در ابتدا باید علل وقوع را شناخت، سپس با توجه به شدت حوادث و درجه آسیب‌رسانی آن و با توجه به تجارب قبلی، اولویت بندی شده و سپس به تفکیک و بر اساس دستورات و تحت مدیریت بحران گروه ایمنی، با گروه‌بندی اعضای تیم نجات، به ترتیب اولویت به کنترل حوادث و عوارض ناشی از آنها پرداخته شود. البته نتایج آنالیز ایمنی و نیز بررسی کنترل‌های موجود، دستورالعمل‌های ایمنی مشاغل و نرخ حوادث رخ داده، نشان داد که کنترل بر ریسک‌های ایمنی موجود (از قبیل ریزش، تصادم، گیرایش، حریق، برق‌گرفتگی، کار در ارتفاع و...) توسط نظام ایمنی و کیفیت مجتمع به خوبی صورت گرفته است و می‌بایست توجه بیشتر به ریسک‌های بهداشتی موجود در معدن جهت کنترل خطرات معطوف گردد.

نتایج ارزیابی روش ویلیام فاین نیز نشان داد که فعالیت‌های عملیات معدنی همچون کوهبری، خاک‌کشی، تحکیم و قاب‌گذاری، شات‌زنی، آتشباری از نظر میزان خطر در سطح بالاتری از سایر فعالیت‌ها قرار دارند و می‌توان تهویه نامناسب و اکسیژن ناکافی در تونل‌ها، آلودگی داخلی ناشی از گاز رادون، تورن و دخترانشان، و گرد و غبار سنگ معدن اکتیو و منابع تولید آلودگی خارجی شامل پرتوهای ناشی از سنگ‌های اکتیو معدن را پتانسیلی قوی در بالابردن سطح ریسک فعالیت‌های معدنی این مجتمع دانست. لذا بر طبق نتایج ویلیام فاین امکان بروز آلودگی ناشی از مواد رادیواکتیو اورانیوم بسیار زیاد بوده به طوری که از مرحله استخراج تا استحصال کامل و فرآیند دیگر نیازمند بسیاری از روش‌های کنترلی است. در سطح کشور، استفاده از روش ویلیام فاین جهت شناسایی، دسته‌بندی و آنالیز خطرات ایمنی-بهداشتی سابقه‌چندانی ندارد، ولی به صورت موردی مطالعاتی در این زمینه صورت گرفته است. بعنوان

(۳). بنابراین بر طبق نتایج روش ویلیام فاین خطرانی که در رتبه‌بندی با درجه خطر کم (پایین تر از ۸۹۰) ارزیابی شدند به اصلاح و پایش نیاز نداشتند، ولی در مورد موارد با خطر بالاتر از ۱۹۹۰ می‌بایست در کوتاه‌ترین زمان ممکن و با اختصاص منابع و تجهیزات کافی اقدام به کنترل خطرات با سطح ریسک بالا نمود.

نتیجه‌گیری

بر طبق نتایج به نظر می‌رسد خطرات عمده و حساسی به لحاظ ایمنی و بهداشتی به ویژه خطر انتشار گاز رادون و پرتوگیری در بیشتر مشاغل و عملیات معدن‌کاری وجود دارد. لذا استفاده از راهکارهای کنترلی از قبیل استفاده از کوهبری تر و ممنوعیت کوهبری خشک جهت پیشگیری از انتشار گرد و غبار اکتیو، اندازه‌گیری روزانه غلظت گاز رادون در تونل‌ها بعد از هر آتشباری و دی‌سنجی هوا به صورت روزانه، جلوگیری از ورود افراد به تونل قبل از تهویه کامل گازها، تهویه مناسب سینه کارها و استفاده از وسایل حفاظت فردی متناسب با معدن‌کاری، نصب سیستم‌های آنلاین جهت اندازه‌گیری میزان خروج گازهای رادون و تورن در نقاط مختلف معدن به منظور تعیین میزان انتشار آنها در محیط زیست، احداث سیستم‌های تصفیه در فرآیند کوهبری تر و جلوگیری از ورود آلاینده‌ها در مناطق مجاور و استفاده از پوشش‌های ایمن برای ترابری سنگ اورانیوم به منظور کنترل خطرات توصیه می‌گردد.

مثال واحد HSE شرکت پالایش و پخش فراورده‌های نفتی ایران طی سال‌های ۸۵-۱۳۸۳ از روش ویلیام فاین برای شناسایی خطر و ارزیابی ریسک بهداشتی واحد صنعتی خود استفاده نموده است (۱). جوزی و همکاران در سال ۲۰۰۹ در مطالعه‌ای به ارزیابی و مدیریت خطر ایمنی- بهداشتی با هدف شناسایی مخاطرات احتمالی، تخمین میزان خطر، کنترل و کاهش سطح خطر و حفظ سلامت پرسنل، تجهیزات، سرمایه و محیط زیست در کارخانه لوله‌سازی اهواز با استفاده از روش ویلیام فاین پرداختند. نتایج نشان داد که سطح خطر در فعالیت‌های عملیات کوره القایی با نمره ۳۰۰، سنگ زنی داخل لوله با نمره ۲۴۰ و آزمایش لوله با فشار آب با امتیاز ۲۰۰ دارای بالاترین سطح خطر (اضطراری) و فعالیت‌هایی مانند پخ‌زنی سر و ته لوله با امتیاز ۱۹۲، اره گردان با نمره ۱۸۰، فرآیند جوش با امتیاز ۱۶۰، شستشو با اسید فسفریک با نمره ۱۲۰ دارای میزان خطر متوسط (غیرطبیعی) و فعالیت‌هایی مانند سقوط افراد با نمره ۱۶ و غلت خوردن کوپل با امتیاز ۵ دارای کمترین میزان خطر (طبیعی) بوده‌اند. در نتیجه این تحقیق و روش‌های کنترلی ضریب شدت تکرار حوادث به طور متوسط حدود ۴۲ درصد و تعداد روزهای تلف شده کاری حدود ۴۹ درصد کاهش داشت (۷). همچنین شهرکی و همکاران در مطالعه‌ای به منظور توسعه و اعتبارسازی روش تاپسیس فازی به عنوان یک روش جدید جهت ارزیابی ریسک و رتبه‌بندی خطرات موجود در شغل اپراتور ارشد واحد شیرین‌سازی شرکت بهره‌برداری نفت و گاز کاسپین، از دو روش آنالیز ایمنی شغل و روش ویلیام فاین استفاده کردند

References

- 1- Ahmadzadeh A, baegi F. Feasibility study of risk assessment and management methods in units being watched by Iran oil products refining and distributing national company. The 2nd state congress for safety engineering and HSE, 2005: 43-55. [Persian].
2. Majdi M, Rafeemanesh E, Ehteshamfa S, Fahool M, Masoodi S. Analyzing occupational lung disease among turquoise miners. Iran Occupational Health Journal. 2009; 6 (2): 31-37.

- 3- Shahraki A, Moradi M. Risk evaluation in the workplace using fuzzy multi-criteria model. *Iran Occupational Health Journal*. 2013; 10 (4) :43-54.
- 4- Joy J, Occupational safety risk management in Australian mining. *Journal of Occupational Medicine*, 2004; (54) 3: 311–315.
- 5- Coleman PJ K. JC, Measuring mining safety with injury statics. *Journal of Safety Research*, 2007; 38: 523-33.
- 6- Joazi SA, Ka'abzadeh Sh, Irankhahi M. Safety, Health & Environmental Risk Assessment and Management of Ahwaz Pipe Manufacturing Company via “William Fine” Method. *journal of ilam university of medical sciences*. 2010; 18 (1) :1-8.
- 7- Brauer R. safety and health for engineers. published by john wiley & sons, inc., hoboken, newjersey. Second Edition. 2006: 743-765.
- 8- Hafezimoghadam N, Kazemi A, Sanjoli R, Environmental impacts of mining in the region Avlng. *Journal of Earth Sciences*,, 2011;75(19) : 31-46.
- 9- GholmayM. Review of occupational accidents in mining and steel industries the country. *Journal of Social Security Organization*. 2008;22:34-40.
- 10- United States. Job hazard analysis, department of labors, occupational safety and health administration, OSHA publication 2007. 6-45.
11. Darvishi E, Maleki A, Dehestaniathar S, Ebrahemzadih M. Effect of STOP Technique on Safety Climate in a Construction Company. *J Res Health Sci*. 2015; 15(2): 109-112.
12. Barkhordari A, Shirazi J, Halvani G. Identification of Hazardous and Risk Assessment of Tunneling Process Using JSA Method in the Dam & Power plant site. *TB*. 2013; 11 (3) :103-112.
- 13- Varnere JV. Occupational risk analysis of Samandile pipe manufacturing in construction phase. of Strasburg University 2007; 1(9): 109-21.
- 14- Halvani G, Ebrahimzadeh M, Nabi Meybodi R, Forooghi Nasab F. Study of occupational accidents occurred in one of the uranium mines in the central region of Iran during 2006-2010. 2013; 4 (3) :52-61.[Persian].
- 15- Jafari M, Kouhi F, Movahedi M, Allah-Yari T. The effect of job safety analysis on risk perception of workers at high risk jobs in a refinery. *Iran Occupational Health Journal*. 2010; 6 (4) :15-28.
- 16- Ebrahemzadih, M., et al. The Analysis of Process Accidents Due to Risks in the Petrochemical Industries—The Case Study of Radiation Intensity Determination Proportional to Distance from Tank Level. *Open Journal of Safety Science and Technology*. 2015; 5: 21-26.

Application of Job Safety Analysis and William Fine Methods to Identify and Control Hazards in a Uranium Mine in Central Area of Iran

Ebrahimzadih M¹, Halvani GH², Darvishi E*¹, Froghinasab F²

1. Kurdistan Environmental Health Research Center, Kurdistan University of Medical Sciences, Sanandaj, Iran.

2. Academic Staff in Department of Occupational Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran.

* *Corresponding author.* Tel: +988731827426 Fax: +988731827507 E-mail: Darvishi.hse@gmail.com

Received: Nov 24, 2014 Accepted: Feb 15, 2015

ABSTRACT

Background & Objectives: Working in the mines particularly in underground mines is one of the hard and harmful jobs due to occurring different accidents and diseases. The aim of this study was application of job analysis and William Fine to identify and control hazards in a uranium mine.

Methods: The risk assessment was conducted using job safety analysis (JSA) in 22 jobs with high accident frequency and severity rates. Data were collected for analysis using observation and interview methods and frequency of job risks was identified. William Fine method was used to evaluate health risks, make decision, and prioritize corrective measures for the hazards.

Results: 182 risks were identified as a result of JSA. The most probable risks were identified as radiation exposure and rock falls with respective relative frequency of 42 and 18%.

According to the results of William Fine, oxygen deficiency, radon gas inhalation, exposure to ionizing radiation, and serving activities had the highest level of risk with respective scores of 3600, 3000, 3000, and 3000. Carpentry operations and compressor operator had the lowest level of risk score of 60 and 180, respectively.

Conclusion: Radiation is the major risk in uranium mining operations. Therefore, the basic control measures including using the wet mountain cutting method (to prevent from radioactive dust dispersion), ventilation of radon gas in the tunnel, monitoring the gases after blasting process, personnel training, and the risk assessment routinely should be done for all the mining operations.

Keywords: Risk Assessment; Job Safety Analysis; William Fine; Uranium Mining.