

**IMI DRO**

IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT  
AND RENOVATION ORGANIZATION

سازمان توسعه و نوسازی  
معادن و صنایع معدنی ایران

تدوین استراتژی و برنامه عمل کاهش انتشار  
گازهای گلخانه‌ای سازمان توسعه و نوسازی  
معادن و صنایع معدنی ایران در افق ۱۴۰۹  
مبثنی بر توسعه پایدار و بهبود الگوی مصرف

خلاصه گزارش مدیریتی

شماره قرارداد: ۳۶۲۰۵

نام دستگاه مجری: دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی

نام مجری: دکتر یوسف رشیدی

سال ۱۴۰۰



**IMI DRO**

IRANIAN MINES AND MINING INDUSTRIES DEVELOPMENT  
AND RENOVATION ORGANIZATION

سازمان توسعه و نوسازی  
معادن و صنایع معدنی ایران

تدوین استراتژی و برنامه عمل کاهش انتشار  
گازهای گلخانه‌ای سازمان توسعه و نوسازی  
معادن و صنایع معدنی ایران در افق ۱۴۰۹  
مبثنی بر توسعه پایدار و بهبود الگوی مصرف

خلاصه گزارش مدیریتی

شماره قرارداد: ۳۶۲۰۵

نام دستگاه مجری: دانشگاه شهید بهشتی، پژوهشکده علوم محیطی

نام مجری: دکتر یوسف رشیدی

سال ۱۴۰۰

## فهرست مطالب

۵	۱- مقدمه .....
۵	۱-۱- هدف پروژه.....
۷	۲-۱- دامنه پروژه.....
۸	۲- منابع و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای .....
۸	۱-۲- منابع انتشار در مجتمع‌های بررسی شده .....
۹	۲-۲- نتایج برآورد موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای .....
۱۲	۳-۲- نتایج برآورد انتشارات گلخانه‌ای در سناریوی BAU تا افق ۱۴۰۹ .....
۱۵	۴-۲- اهداف کاهش انتشار برای مجموعه ایمیدرو .....
۱۶	۳- شناسایی و ارزیابی راهکارها و سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.....
۱۶	۱-۳- معرفی راهکارها و سیاست‌های کاهش انتشار.....
۱۹	۲-۳- ارزیابی راهکارها و سیاست‌های کاهش انتشار .....
۲۲	۴- اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای.....
۲۴	۵- تدوین سیستم MRV برای پایش موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای.....
۲۵	۶- جمع‌بندی .....
۲۵	۱-۶- خروجی‌های پروژه.....
۲۶	۲-۶- تحلیل نتایج .....

## فهرست جداول

- جدول (۱) مجتمع‌های تحت پوشش پروژه..... ۷
- جدول (۲) انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها به تفکیک نوع منبع انتشار و بر مبنای CO<sub>2</sub>e، سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸..... ۱۰
- جدول (۳) نتایج ارزیابی فنی و اقتصادی راهکارهای کاهش انتشار شناسایی شده..... ۲۰
- جدول (۴) نتایج امتیازدهی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار شناسایی شده..... ۲۳

## فهرست اشکال

- شکل (۱) نتایج برآورد انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ ..... ۱۱
- شکل (۲) انتشارات گلخانه‌ای به تفکیک مجتمع‌ها تا افق زمانی ۱۴۰۹ ..... ۱۳
- شکل (۳) انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها تا افق زمانی ۱۴۰۹ ..... ۱۴
- شکل (۴) مقایسه راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش معدن ..... ۱۷

## تشکر و قدردانی

مجری طرح بر خود لازم می‌داند از سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران به عنوان حامی پروژه تقدیر و تشکر نماید.

همچنین بدینوسیله مراتب تشکر و قدردانی خود را از مدیریت محترم آموزش، پژوهش و فناوری به علت تعریف این پروژه مفید و خلاقانه و انتخاب دانشگاه شهید بهشتی به عنوان مجری طرح اعلام می‌دارد. در خاتمه مراتب تشکر و سپاس خود را از مدیریت HSE سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران به علت حمایت‌های بی‌دریغ و همکاری دلسوزانه و مسئولانه در طول اجرای مطالعه اعلام می‌دارد.

## ۱- مقدمه

## ۱-۱- هدف پروژه

امروزه تغییر اقلیم جهانی به بزرگترین چالش محیط زیستی دنیا مبدل شده است. آنچه که در دهه‌های اخیر باعث تغییر اقلیم شده، افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین است که به عنوان علت اصلی گرمایش بیشتر سطح زمین شناخته می‌شود.

گازهای گلخانه‌ای که در گرمایش زمین نقش داشته و ناشی از فعالیت‌های بشری هستند عبارتند از: دی‌اکسید کربن ( $CO_2$ )، اکسید نیتروس ( $N_2O$ )، متان ( $CH_4$ )، ازن جو پایین ( $O_3$ )، کلروفلوئوروکربن‌ها (CFCs)، هیدروفلوئوروکربن‌ها (HFCs) و پرفلوئوروکربن‌ها (PFCs)، سولفور هگزا فلوراید ( $SF_6$ ) و تری فلورید نیتروژن ( $NF_3$ ).

این مسئله کشورهای جهان را بر آن داشته تا نسبت به انجام تعهدات مشترک اقدام کنند تا روند گرم شدن زمین را متوقف یا کند نمایند. این توافقات به صورت جدی از کنوانسیون تغییرات آب و هوا آغاز شده و با پروتکل کیوتو دنبال شده و به توافق نامه پاریس در سال ۲۰۱۵ منجر شده است. بر اساس توافقنامه پاریس، کشورهای عضو (منجمله ایران) متعهد به کاهش میزان گازهای گلخانه‌ای منتشره خود هستند (ایران این توافقنامه را امضا کرده ولی تا کنون مراحل رسمی عضویت در آن تکمیل نشده است). بر اساس گزارشات ملی منتشر شده، بخش قابل توجهی از انتشارات گازهای گلخانه‌ای کشور ناشی از صنایع بوده و سازمان توسعه و نوسازی معادن و صنایع معدنی ایران (ایمیدرو) به عنوان یک سازمان توسعه راهبردی، متولی توسعه معادن و صنایع معدنی است که میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای آن قابل توجه است. لذا طرح مطالعاتی حاضر به منظور آگاهی از میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای معادن و صنایع معدنی وابسته به این سازمان تعریف شده و قصد داشته تا مطالعات استراتژی و برنامه عمل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای سازمان را در افق ۱۴۰۹ مبتنی بر توسعه پایدار و بهبود الگوی مصرف تدوین نماید.



تعهدات داخلی و بین‌المللی در زمینه مدیریت انتشار گازهای گلخانه‌ای و فشار بازارهای بین‌المللی برای کاهش ردپای کربن محصولات، ضرورت انجام این طرح را بیشتر آشکار می‌سازد:

- **تعهدات بین‌المللی و ملی:** ایران طبق سند اهداف مشارکت معین ملی (INDC) تحت توافقنامه پاریس متعهد شده است که در سال ۲۰۳۰ میزان انتشارات گازهای گلخانه‌ای خود را نسبت به سناریوی معمول (BAU) به میزان ۴٪ کاهش دهد (۱۲٪ به شرط دریافت کمک‌های بین‌المللی). این کاهش انتشار می‌بایست در بخش‌های مختلف اقتصادی کشور و متناسب با ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های موجود صورت گیرد. با توجه به اینکه مجموعه شرکت‌ها و تاسیسات تابعه ایمیدرو سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند، لازم است برنامه عمل و استراتژی مناسبی تدوین و اتخاذ گردد تا عمل به این تعهدات با کمترین هزینه انجام گرفته و از فرصت‌های موجود بیشترین استفاده صورت گیرد.
- **الزامات قانونی داخلی:** طبق آیین‌نامه اجرایی کنوانسیون تغییر آب و هوا مصوب هیئت وزیران و آیین‌نامه اقتصاد کم کربن تحت برنامه ششم، وظایفی برای دستگاه‌های مختلف اجرایی در نظر گرفته شده است. خروجی‌های این طرح کمک می‌کند عمل به این الزامات قانونی با سهولت بیشتری صورت گیرد.
- **فشار بازارهای جهانی برای کاهش ردپای کربن محصولات:** علاوه بر بحث تعهدات کاهش انتشار کشورهای تحت موافقتنامه پاریس، بازارها و شرکت‌ها نیز به دنبال کاهش ردپای کربن از طریق سیاست‌هایی مانند برچسب کربن محصولات، مالیات کربن، اعمال سقف انتشار و استفاده از مواد و محصولات با ردپای کربن کمتر برای کاهش ردپای کربن زنجیره تامین خود هستند. با این اوصاف، مطمئناً بخش معدن و صنایع معدنی کشور بدون داشتن استراتژی و برنامه عمل مناسب در جهت کاهش انتشار، با تهدید جدی در بازارهای جهانی روبرو خواهد بود.

## ۲-۱- دامنه پروژه

در این پروژه، ۴۲ مجتمع تابعه سازمان ایمیدرو مورد بررسی قرار می‌گیرند. لیست اسامی این مجتمع‌ها به شرح جدول (۱) می‌باشد.

جدول (۱) مجتمع‌های تحت پوشش پروژه

ردیف	واحد	ردیف	واحد
۱	آلومینای ایران	۲۲	کک‌سازی زرنند
۲	مجتمع سنگ آهن سنگان	۲۳	البرز مرکزی
۳	شرکت طلای زرشوران	۲۴	زغال سنگ گلندرود
۴	منطقه ویژه خلیج فارس	۲۵	نفیلین سینیت
۵	مرکز تحقیقات فراوری مواد معدنی ایران	۲۶	آنتیموان سفیدآبه
۶	الکترو گرافیتی	۲۷	فرو کروم سبزوآر
۷	منطقه ویژه پارسین	۲۸	سرب و روی نخلک
۸	منطقه ویژه لامرد	۲۹	سرب و روی مهدی آباد
۹	تیتانیوم کهنوج	۳۰	سنگ آهن جلال آباد
۱۰	آلومینیوم جنوب	۳۱	سامان کاوش طبس (پرونده ۴)
۱۱	معدن شماره ۱ گل گهر سیرجان	۳۲	فسفات آسفوردی
۱۲	معدن شماره ۲ گل گهر سیرجان	۳۳	سرب و روی انگوران
۱۳	معدن شماره ۳ گل گهر سیرجان	۳۴	فولاد سپیددشت
۱۴	معدن شماره ۴ گل گهر سیرجان	۳۵	فولاد میانه
۱۵	معدن شماره ۵ گل گهر سیرجان	۳۶	فولاد سبزوآر
۱۶	مجتمع سنگ آهن فلات مرکزی	۳۷	فولاد نی‌ریز
۱۷	زغال سنگ خمروود	۳۸	فولاد بافت
۱۸	پتاس خور و بیابانک	۳۹	فولاد آذربایجان
۱۹	طلای موته	۴۰	فولاد قائنات
۲۰	سنگ آهن پیربکران	۴۱	فولاد شادگان
۲۱	سنگ آهن چادرملو	۴۲	ممرادکو (پرونده شرقی طبس)

## ۲- منابع و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای

### ۲-۱- منابع انتشار در مجتمع‌های بررسی شده

انتشارات گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های یک شرکت/ واحد صنعتی را می‌توان به دو دسته انتشارات مستقیم و غیر مستقیم تقسیم کرد.

انتشار گاز گلخانه‌ای از منبع انتشار گاز گلخانه‌ای که تحت مالکیت یا کنترل یک شرکت/ واحد صنعتی قرار دارد به عنوان انتشار مستقیم شناخته می‌شود. انتشار گاز گلخانه‌ای مربوط به تولید برق، حرارت یا بخاری که از بیرون شرکت/ واحد صنعتی وارد آن شده و مصرف شده است نیز انتشار غیر مستقیم نامیده می‌شوند. کل مجتمع‌های بررسی شده در این پروژه دارای هر دو دسته انتشارات مستقیم و غیر مستقیم هستند. انتشارات غیر مستقیم این مجتمع‌ها مربوط به دریافت برق از شبکه سراسری برق کشور می‌شود.

در یک دسته‌بندی دیگر، منابع گاز گلخانه‌ای در واحدهای صنعتی سه دسته احتراقی، فرآیندی یا ونت و فرار طبقه‌بندی می‌شوند. منابع احتراقی شامل کلیه تجهیزاتی است که در آن احتراق سوخت‌های فسیلی صورت گرفته و این احتراق منجر به انتشار گاز گلخانه‌ای می‌شود. انتشارات فرآیندی یا تخلیه‌ای نیز به انتشاراتی اطلاق می‌شود که به عنوان بخشی از طراحی تجهیزات یا فرآیندها و یا در اثر اقدامات عملیاتی منتشر می‌شوند. و در نهایت، منظور از منابع فرار منابعی هستند که گازهای گلخانه‌ای را به صورت ناخواسته و در اثر نشت یا تبخیر از تجهیزات وارد اتمسفر می‌کنند.

همه مجتمع‌های بررسی شده در این پروژه بواسطه مصرف سوخت در تجهیزات مختلف دارای منابع انتشار احتراقی هستند در حالیکه منابع انتشار فرآیندی و فرار در همه این مجتمع‌ها وجود ندارند.

عمده‌ترین منابع انتشار فرآیندی مربوط به مجتمع‌های آلومینیوم و تولید آهن و فولاد است. فرآیند تولید آلومینیوم منجر به انتشارات فرآیندی دی اکسید کربن و پرفلوئوروکربن‌ها می‌شود. انتشار فرآیندی دی اکسید کربن در تولید آلومینیوم در سه فرآیند الکترولیز، پخت آند و کلسیناسیون سنگ آهک صورت می‌گیرد. دو گاز

پرفلوئوروکربن (PFC) شامل تترافلوئورومتان ( $CF_4$ ) و هگزاfluئورومتان ( $C_2F_6$ ) نیز در طی فرآیند الکترولیز و در نتیجه پدیده‌ای به نام "اثر آند" منتشر می‌شوند.

در مجتمع‌های آهن و فولاد نیز چهار منبع اصلی برای انتشارات فرآیندی گازهای گلخانه‌ای وجود دارد که عبارتند از تولید سینتر، پلت‌سازی، تولید آهن و فولاد و تولید آهن با احیاء مستقیم.  $CO_2$  و  $CH_4$  گازهای گلخانه‌ای اصلی هستند که توسط این منابع فرآیندی منتشر می‌شوند. انتشار  $N_2O$  نیز ممکن است وجود داشته باشد، اما مقدار آن بسیار ناچیز بوده و از آن صرف‌نظر می‌شود. بخش عمده انتشارات فرآیندی  $CO_2$  در مجتمع‌های آهن و فولاد بررسی شده در این پروژه مربوط به واحدهای تولید آهن اسفنجی می‌باشد.

در نهایت، در بین مجتمع‌های بررسی شده، تنها مجتمع‌های زغال‌سنگ دارای منابع انتشار فرار هستند.

## ۲-۲- نتایج برآورد موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای

برای تهیه موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای در این پروژه، چهار سال متوالی ۱۳۹۵، ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ در نظر گرفته شده است. اطلاعات مورد استفاده در برآورد انتشارات به صورت سالانه بوده و در نتیجه میزان انتشارات برآورد شده نیز بر مبنای سالانه بدست آمده است. با در نظر گرفتن نوع و ماهیت فعالیت‌هایی که در مجموعه تاسیسات معدنی و صنعتی مورد مطالعه صورت می‌گیرد، چهار گاز دی اکسید کربن، متان، اکسید نیتروس و پرفلوئورکربن‌ها عمده‌ترین گازهای گلخانه‌ای منتشر شده در این مجموعه بوده و سهم سایر گازها بسیار اندک است. به همین دلیل تنها این چهار گاز در این طرح مد نظر قرار گرفته و انتشار سایر گازهای گلخانه‌ای پوشش داده نشده است.

برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز برآورد انتشارات تاسیسات تحت پوشش پروژه (مانند مقدار مصرف، مقدار مواد مصرفی و ...) ۶ پرسشنامه طراحی و برای تکمیل به تاسیسات ارسال شد و محاسبات بر اساس اطلاعات دریافتی انجام گرفت.

محاسبات موجودی انتشار به تفکیک هر یک از مجتمع‌ها، به تفکیک نوع منابع انتشار و همچنین به تفکیک نوع گاز گلخانه‌ای صورت گرفته است.

جدول (۲) و شکل (۱) خلاصه‌ای از نتایج محاسبات موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها را برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ نشان می‌دهد.

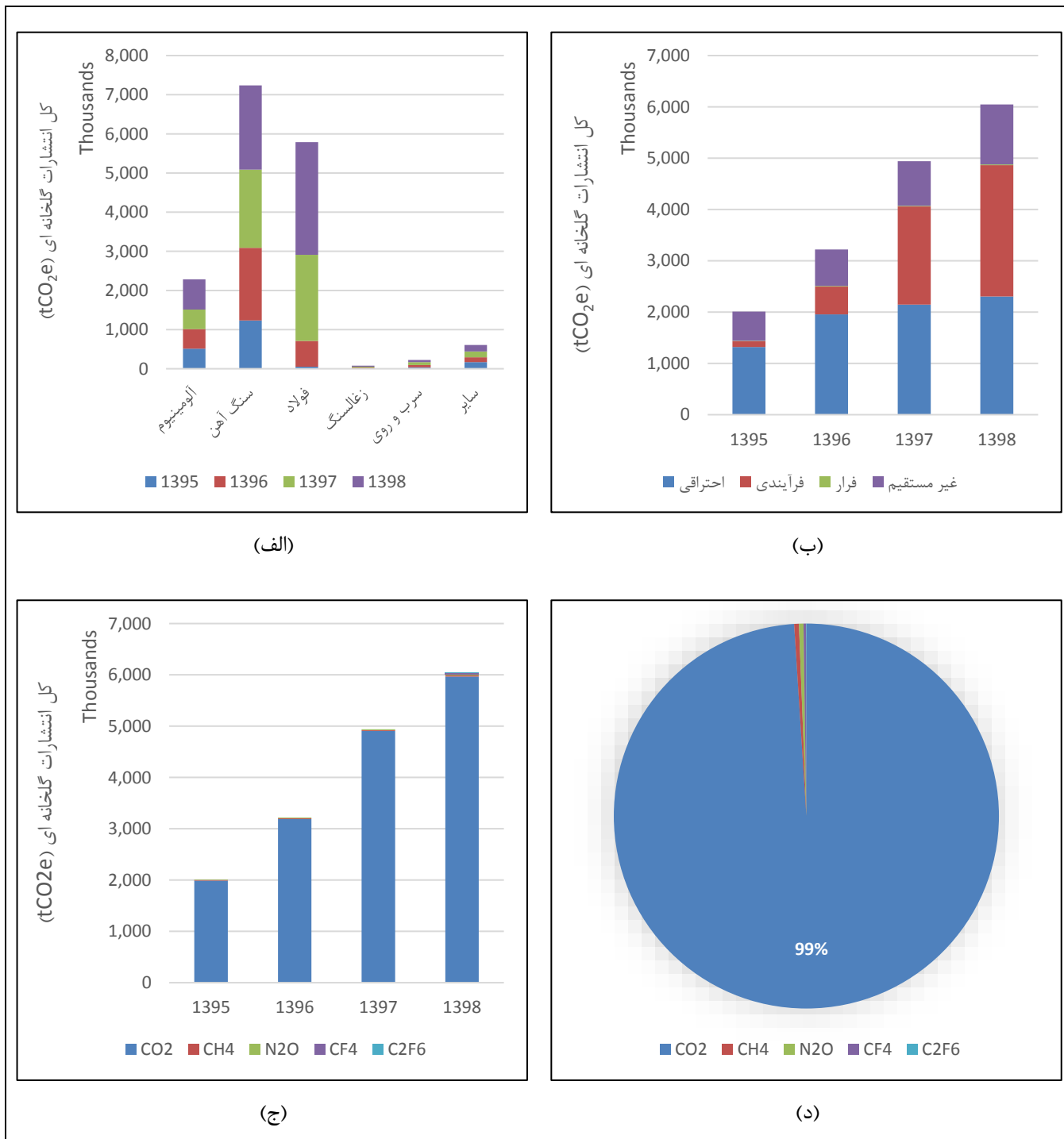
همانگونه که از جدول (۲) و شکل (۱-ب) مشخص است، روند انتشار در این چهار سال کاملاً صعودی بوده است. همچنین در حالیکه در سه سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ انتشار از منابع احتراقی عمده‌ترین سهم از کل انتشارات را داشته‌اند، در سال ۱۳۹۸ منابع ونت و فرآیندی با پیشی گرفتن از منابع احتراقی، در مجموع تبدیل به عمده‌ترین منبع انتشار شده‌اند که این امر بدلیل روند افزایشی تولید آهن اسفنجی و شمش آلومینیوم در این چهار سال بوده است.

شکل (۱-الف) نیز نشان می‌دهد که مجتمع‌های تولید سنگ آهن، فولاد و آلومینیوم به ترتیب بیشترین انتشار گلخانه‌ای را در بازه زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ داشته‌اند.

شکل‌های (۱-ج) و (۱-د) نیز نشان می‌دهند که گاز دی اکسید کربن اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای منتشر شده از مجتمع‌های بررسی شده در این پروژه است.

جدول (۲) انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها به تفکیک نوع منبع انتشار و بر مبنای CO<sub>2</sub>e، سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸

انتشارات گازهای گلخانه‌ای (tCO <sub>2</sub> e)					سال	ردیف
مجموع	غیر	فرار	ونت	احتراقی		
۲,۰۱۴,۴۳۵	۵۶۹,۹۲۱	۷,۸۷۰	۱۱۴,۰۰۱	۱,۳۲۲,۶۴۳	۱۳۹۵	۱
۱۰۰.۰۰٪	۲۸.۲۹٪	۰.۳۹٪	۵.۶۶٪	۶۵.۶۶٪		
۳,۲۳۲,۶۲۱	۷۰۸,۳۹۷	۱۱,۹۶۵	۵۴۲,۶۸۲	۱,۹۶۹,۵۷۷	۱۳۹۶	۲
۱۰۰.۰۰٪	۲۱.۹۱٪	۰.۳۷٪	۱۶.۷۹٪	۶۰.۹۳٪		
۴,۹۵۱,۳۰۳	۸۶۷,۹۱۴	۱۱,۴۰۱	۱,۹۱۴,۴۲۵	۲,۱۵۷,۵۶۳	۱۳۹۷	۳
۱۰۰.۰۰٪	۱۷.۵۳٪	۰.۲۳٪	۳۸.۶۷٪	۴۳.۵۸٪		
۶,۰۵۸,۰۷۱	۱,۱۶۶,۷۰۷	۱۶,۰۲۳	۲,۵۶۰,۲۹۷	۲,۳۱۵,۰۴۴	۱۳۹۸	۴
۱۰۰.۰۰٪	۱۹.۲۶٪	۰.۲۶٪	۴۲.۲۶٪	۳۸.۲۱٪		



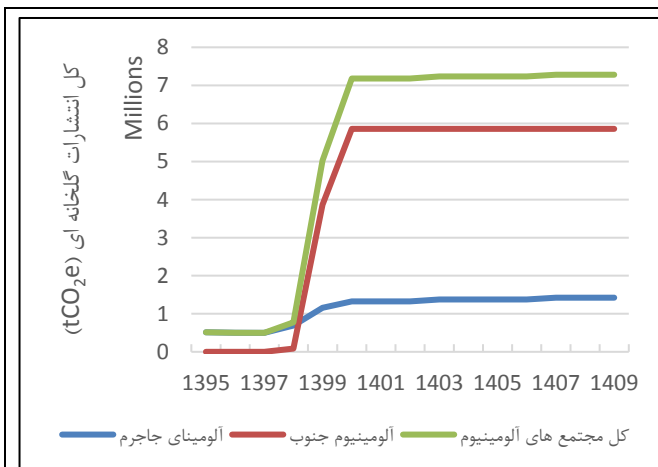
شکل (۱) نتایج برآورد انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها برای سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸

## ۲-۳- نتایج برآورد انتشارات گلخانه‌ای در سناریوی BAU تا افق ۱۴۰۹

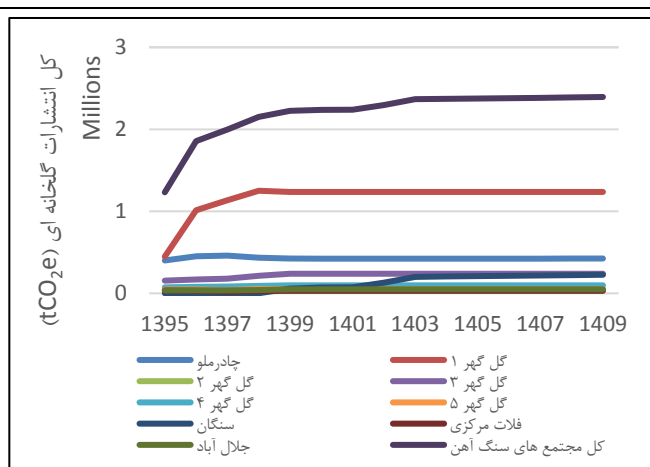
خطوط مبنای انتشارات، اساسی برای کمی کردن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای فعالیت‌های مختلف ایجاد می‌کند این خطوط مبنا به طرح‌ریزی اهداف کاهش انتشار و توزیع انتشار در نهادهای مختلف کمک می‌کند. همچنین خطوط مبنا برای محاسبه کاهش انتشار ناشی از سیاست‌ها و اقدامات مشخص به کار برده می‌شوند. در بحث انتشار گازهای گلخانه‌ای سه نوع خط مبنای مختلف وجود دارد و در این پروژه از خط مبنای BAU استفاده شده است.

در این مطالعه، فعالیت‌ها و منابع انتشاری در محاسبات سناریوی BAU پوشش داده شده‌اند که در تهیه موجودی انتشار نیز پوشش داده شد. برخی از مجتمع‌ها بدلیل اینکه تا انتهای سال ۱۳۹۸ به بهره‌برداری نرسیده بودند در بخش موجودی انتشار بررسی نشدند. در توسعه سناریوی انتشار BAU به شرط دسترسی به اطلاعات لازم، این مجتمع‌ها نیز در دامنه محاسبات قرار داده شده‌اند. همچنین کلیه انتشارات مربوط به بخش انرژی (مصرف سوخت، بجز خودروهای سواری و مصارف اداری و مسکونی)، انتشارات فرار (مربوط به معادن زغالسنگ)، انتشارات فرآیندی مربوط به تولید آهن اسفنجی و آلومینا و آلومینیوم در محاسبات سناریوی BAU لحاظ شده‌اند. همچنین برآورد انتشارات غیرمستقیم (ناشی از مصرف برق شبکه سراسری) نیز در محاسبات گنجانده شده است. از بین انواع گازهای گلخانه‌ای، پنج گاز گلخانه‌ای  $CO_2$ ،  $CH_4$ ،  $N_2O$ ،  $CF_4$  و  $C_2F_6$  در محاسبات سناریوی BAU در نظر گرفته شده‌اند و از انتشار سایر گازها به دلیل اینکه مقدار انتشار ناچیزی در مجتمع‌های تحت مطالعه دارند، صرف‌نظر شده است.

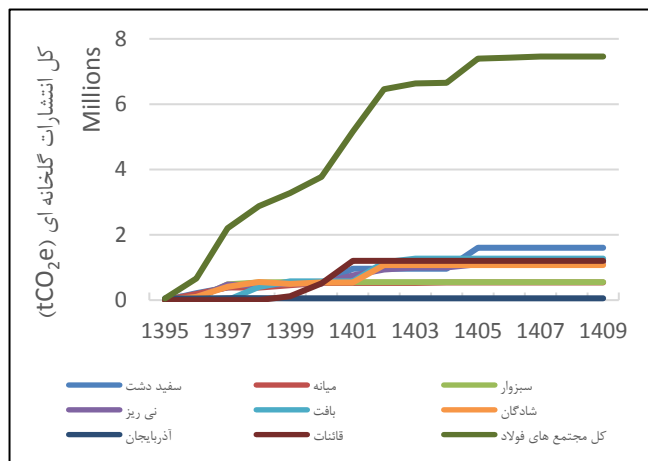
شکل (۲) خلاصه‌ای از نتایج برآورد موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها تا افق زمانی ۱۴۰۹ را نشان می‌دهد.



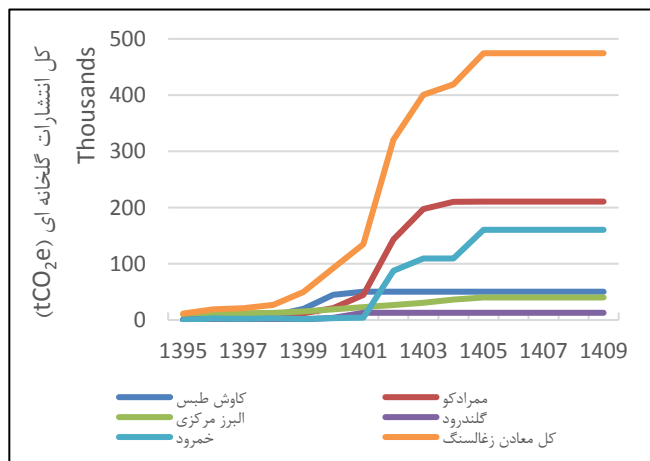
(الف) - مجتمع های آلومینیوم



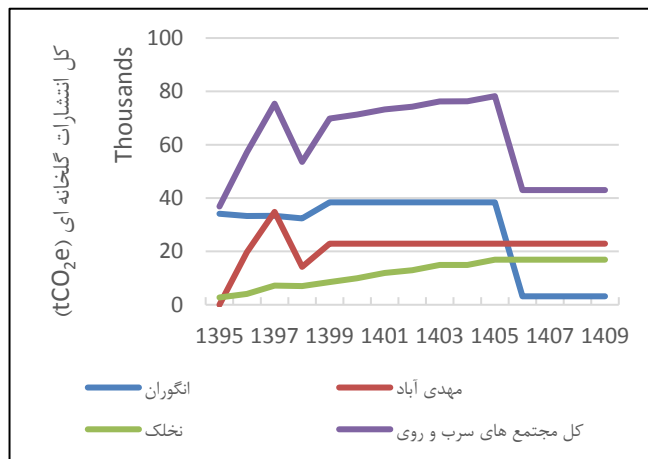
(ب) - مجتمع های سنگ آهن



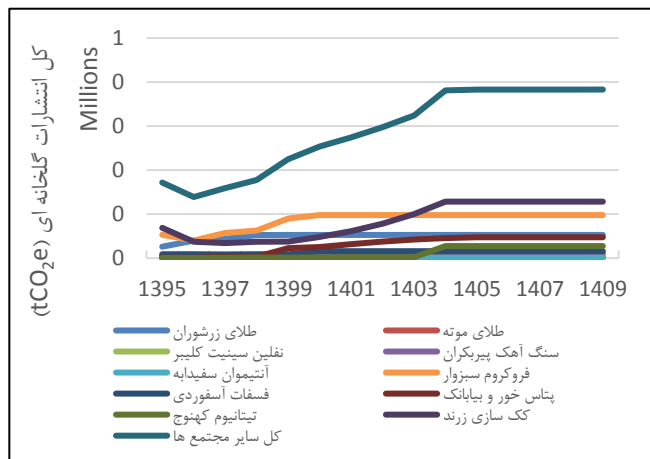
(ج) - مجتمع های فولاد



(د) - مجتمع های زغال سنگ



(ه) - مجتمع های سرب و روی

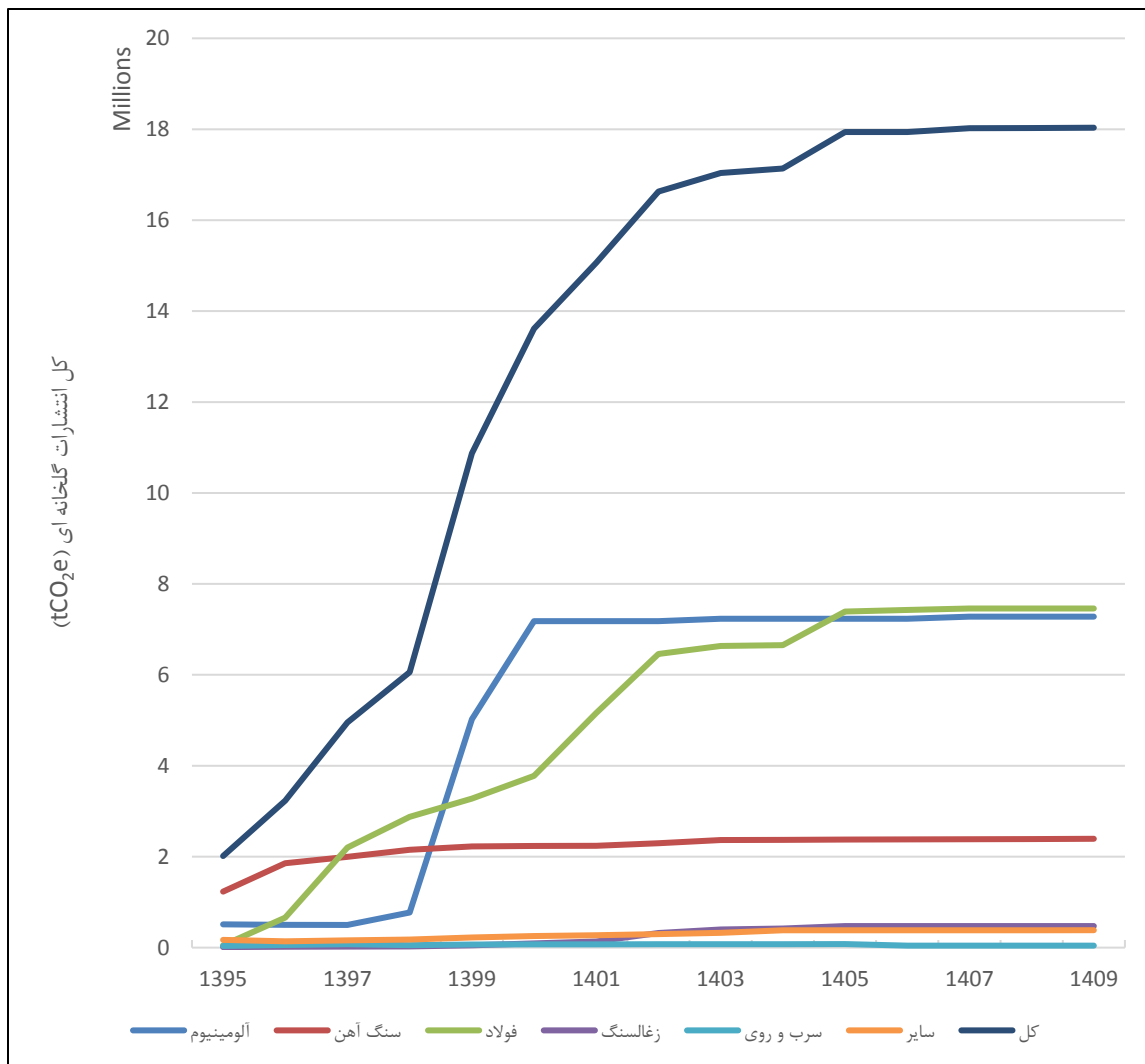


(و) - سایر مجتمع ها

شکل (۲) انتشارات گلخانه ای به تفکیک مجتمع ها تا افق زمانی ۱۴۰۹



نتایج برآورد انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها تا افق زمانی ۱۴۰۹ نیز در شکل (۳) آورده شده است. همانطور که از شکل‌های (۲) و (۳) مشخص است، بیشترین افزایش انتشار تا سال ۱۴۰۹ مربوط به تولید آلومینیوم و فولاد خواهد بود. همچنین بر اساس شکل (۳)، طبق سناریوی BAU پیش بینی می‌شود مجموع انتشارات مجتمع‌ها از حدود ۲ میلیون تن معادل دی اکسید کربن که مربوط به سال ۱۳۹۵ است به حدود ۱۸ میلیون تن معادل دی اکسید کربن در سال ۱۴۰۹ افزایش یابد.



شکل (۳) انتشارات گلخانه‌ای کل مجتمع‌ها تا افق زمانی ۱۴۰۹

## ۲-۴- اهداف کاهش انتشار برای مجموعه ایمیدرو

کنفرانس اعضای کنوانسیون تغییر اقلیم ملل متحد (UNFCCC) از اعضای خود خواسته بود تا سند مشارکت ملی (INDC) خود را قبل از اجلاس بیست و یکم به دبیرخانه این کنوانسیون ارائه کنند. بر همین اساس ایران سند INDC خود را در ۲۱ نوامبر ۲۰۱۵ به دبیرخانه کنوانسیون ارسال کرد. در سند INDC ایران دو هدف مشارکتی غیر مشروط و مشروط برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای اعلام شده است. در بخش هدف کاهش انتشار غیر مشروط، کاهش انتشار ۴ درصدی نسبت به سناریوی BAU در سال ۲۰۳۰ در نظر گرفته شده است. برای هدف کاهش انتشار مشروط، این کاهش به ۱۲ درصد افزایش یافته است.

اگرچه ایران سند INDC خود را به دبیرخانه کنوانسیون تغییر اقلیم ملل متحد ارائه کرده است ولی مراحل کامل عضویت ایران در پیمان پاریس هنوز تکمیل نشده است. علاوه بر مشخص نبودن وضعیت عضویت کشور در پیمان پاریس، هنوز تصمیمی برای توزیع کاهش انتشارات مورد انتظار بین بخش‌های مختلف اقتصادی کشور یا انتخاب مکانیسم‌ها و سیاست‌های مورد نظر برای عملی کردن این کاهش انتشارات اتخاذ نشده است. به بیان دیگر، مشخص نیست چه میزان از کاهش انتشار تعیین شده در INDC توسط کدام بخش اقتصادی انجام خواهد شد.

با اینحال اگر فرض کنیم اهداف مشخص شده در سند INDC به صورت مساوی بین بخش‌های مختلف کشور توزیع شود، هدف کاهش انتشار برای فعالیت‌های سازمان ایمیدرو در سال ۱۴۰۹ (۲۰۳۰ میلادی)، همان ۰.۴٪ (غیرمشروط) و ۱.۲٪ (مشروط) نسبت به انتشار در سناریوی BAU خواهد بود. با توجه به برآوردی که در فصل دوم برای سناریوی BAU صورت گرفت، مقدار کاهش انتشار ۴ و ۱۲ درصدی در سال ۲۰۳۰ به ترتیب حدود ۷۲۱,۰۰۰ و ۲,۱۶۴,۰۰۰ تن معادل دی اکسید کربن خواهد بود.

### ۳- شناسایی و ارزیابی راهکارها و سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

#### ۳-۱- معرفی راهکارها و سیاست‌های کاهش انتشار

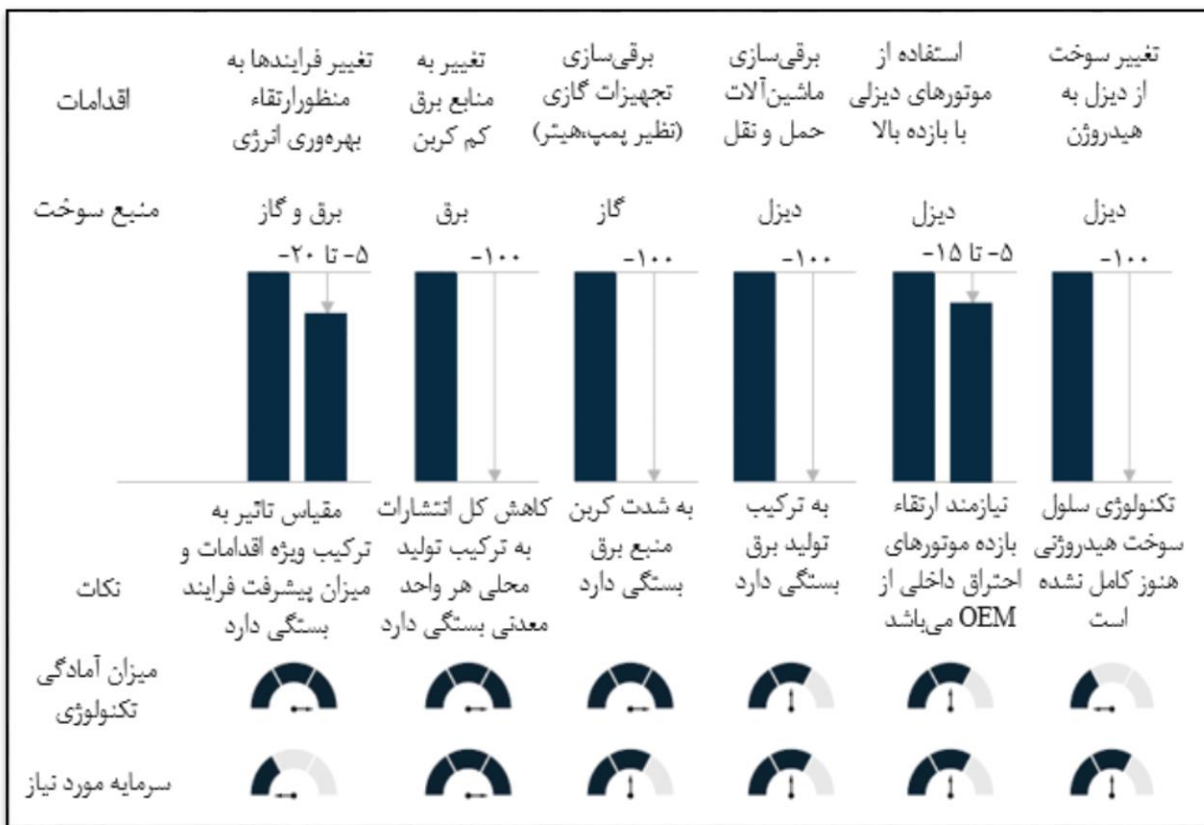
پتانسیل کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در معادن با توجه به نوع محصول، نوع معدن، منبع انرژی مورد استفاده و نیز انتشارات غیرمستقیم (ناشی از مصرف برق شبکه سراسری)، متفاوت است. بخش عمده انتشارات گلخانه‌ای در صنعت معدن دنیا مربوط به انتشار متان ناشی از استخراج و فرآوری زغال‌سنگ است. با اینحال، بدلیل تولید محدود زغال‌سنگ در ایران، انتشار متان جزو منابع عمده انتشار بخش معدن کشور به حساب نمی‌آید. طبعاً برای معادن زغال‌سنگ تحت پوشش مطالعه، اصلی‌ترین راهکار برای کاهش انتشارات گلخانه‌ای جلوگیری از انتشار متان است. برای معادل غیر زغالی چندین روش برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای وجود دارد که برخی از این اقدامات نسبت به دیگر اقدامات اقتصادی تر هستند. برای مثال، بهره‌وری عملیاتی می‌تواند منجر به ایجاد بهبودهای قابل توجهی در شدت انرژی تولید معدن شود و در عین حال به هزینه سرمایه‌گذاری اندکی نیاز دارد.

استفاده از انرژی تجدیدپذیر یکی از این راهکارهاست. در کشورهای مختلف طرح استفاده از منابع تجدیدپذیر برای تولید برق حتی در معادن غیر متصل به شبکه برق نیز به طور فزاینده‌ای در حال عملی شدن است. زیرا طبق پیش‌بینی‌ها، هزینه ذخیره‌سازی برق با باتری از سال ۲۰۱۷ تا ۲۰۳۰ حدود ۵۰٪ کاهش خواهد یافت. برقی‌سازی تجهیزات معدن‌کاری، نظیر ماشین‌آلات دیزلی و تجهیزات مصرف‌کننده گاز به تازگی اقتصادی شده‌اند. در حال حاضر، تنها ۰/۵٪ از تجهیزات معدن‌کاری کاملاً برقی می‌باشند. هرچند در برخی موارد تجهیزات با باتری برقی در مقایسه با تجهیزات قدیمی با موتور احتراق داخلی دارای هزینه کلی مالکیت کمتری هستند.

بطور کلی راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در معادن غیر زغالی شامل موارد زیر می‌شوند:

- تغییر فرآیندها برای بهبود کارایی انرژی
- جایگزینی برق با برق کم کربن (برق تجدیدپذیر)
- برقی‌سازی تجهیزات گازی (مانند پمپ‌ها و هیترها)

- برقی سازی کامیون ها
  - استفاده از موتورهای دیزل با بازدهی بالاتر
  - تغییر سوخت از دیزل به سوخت های کم کربن (مانند هیدروژن سبز، بیودیزل)
- در شکل (۴) پتانسیل کاهش انتشار گازهای گلخانه ای، میزان آمادگی فناوری و همچنین میزان سرمایه گذاری لازم برای هر یک از این راهکارها ارائه شده است.



شکل (۴) مقایسه راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در بخش معدن

راهکارهای کاهش انتشاری که بحث شد همگی مربوط به انتشارات گلخانه ای احتراقی ناشی از مصرف انرژی هستند. این راهکارها مختص بخش معدن نبوده و با توجه به مصرف بالای انرژی در صنایع معدنی، در این صنایع نیز می توان از این راهکارها برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بهره برد. به طور خلاصه، راهکار جایگزینی

انرژی فسیلی با انرژی تجدیدپذیر و بهینه‌سازی انرژی راهکارهایی هستند که می‌توانند در همه مجتمع‌ها بکار گرفته شوند.

بیشترین پتانسیل برای تولید انرژی تجدیدپذیر در ایران مربوط به انرژی خورشیدی و بادی است و در حال حاضر به ترتیب ۴۹٪ و ۳۵٪ از کل ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور را نیروگاه‌های خورشیدی و بادی تشکیل می‌دهند. بررسی اقدامات شرکت‌های معدنی دنیا هم نشان می‌دهد که در سال‌های اخیر ظرفیت تولید برق تجدیدپذیر این شرکت‌ها افزایش یافته است. طبق آمار موجود، تا انتهای سال ۲۰۱۹ تعداد ۶۵ شرکت معدنی در ۲۵ کشور دنیا و در ۸۸ سایت اقدام به نصب سیستم‌های تولید برق تجدیدپذیر کرده‌اند. کل ظرفیت تولید این سیستم‌ها برابر ۵۰۳۲ مگاوات می‌باشد. در ۱۵ سایت از سیستم انرژی بادی و در ۶۶ سایت از سیستم انرژی خورشیدی استفاده شده است.

استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی محدود به تولید برق نبوده و در بسیاری از موارد می‌توان سوخت‌های فسیلی مصرفی را نیز با سوخت‌های زیستی که کربن-خنثی به حساب می‌آیند جایگزین کرد. در بخش معدن و صنایع معدنی در بخش‌های حمل و نقل و گرمایش از سوخت‌های فسیلی استفاده می‌شود که استفاده از سوخت‌های زیستی به جای آنها، یکی از راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد بود.

بهینه‌سازی انرژی نیز از جمله راهکارهای مشترک کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در مجتمع‌های معدنی و صنایع معدنی مورد مطالعه است. با افزایش کارایی انرژی، فعالیت و تولید مورد نظر با صرف انرژی کمتری صورت گرفته و در نتیجه انتشار دی اکسید کربن حاصل از مصرف انرژی کاهش می‌یابد. اقدامات بهینه‌سازی مصرف انرژی می‌توانند هم در بخش مصرف سوخت و هم در بخش مصرف برق انجام شوند. با بهینه‌سازی مصرف برق در مجتمع‌هایی که برق خود را از شبکه سراسری تامین می‌کنند، انتشارات غیرمستقیم کاهش می‌یابد و در مجتمع‌هایی که خودشان دارای سیستم تولید برق هستند از انتشارات مستقیم کاسته می‌شود. کاهش مصرف انرژی می‌تواند از طریق اصلاح فرآیندها در جهت ارتقای بهره‌وری انرژی و همچنین جایگزینی تجهیزات کم‌بازده با تجهیزات با بازده بالاتر صورت گیرد. بهینه‌سازی انرژی در تمام نقاط تولید و مصرف انرژی شامل تجهیزات تولید برق و بخار، تجهیزات برقی مانند موتورهای الکتریکی و سیستم روشنایی و وسایل نقلیه امکان‌پذیر است.

علاوه بر این راهکارهای مربوط به انتشارات احتراقی ناشی از مصرف انرژی، فناوری‌ها و راهکارهایی نیز برای کاهش انتشارات فرآیندی و فرار وجود دارد که مختص صنایع و مجتمع‌هایی هستند که دارای منابع انتشار فرآیندی و فرار مورد نظر هستند.

از جمله راهکارها و فناوری‌های کاهش انتشارات فرآیندی صنعت تولید آلومینیوم می‌توان به مواردی مانند خوراک-دهی نقطه‌ای آلومینا، استفاده از آند خنثی، استفاده از کاتد تر شونده، بهینه‌سازی عملیات در جهت کاهش وقوع اثر آند، تبدیل آندهای تر به آندهای خشک، سیستم کامپیوتری کنترل فرآیند و جذب دی‌اکسید کربن حاصل از فرآیند الکترولیز اشاره کرد.

عمده‌ترین راهکارهای کاهش انتشارات فرآیندی در واحدهای احیاء مستقیم آهن نیز جذب و ذخیره‌سازی دی‌اکسید کربن خروجی از کوره شفت و جایگزینی هیدروژن به جای گازهای احیا کننده می‌باشند.

نهایتاً راهکار اصلی کاهش انتشارات فرار حاصل از استخراج و فرآوری زغال‌سنگ نیز جمع‌آوری متان منتشره در معدن با هدف خالص‌سازی و استفاده از آن به عنوان سوخت یا تولید محصولات نظیر متانول و کربن سیاه می‌باشد.

### ۳-۲- ارزیابی راهکارها و سیاست‌های کاهش انتشار

پس از شناسایی راهکارها و فناوری‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، امکان‌پذیری فنی اجرای این موارد در مجتمع‌های تحت مطالعه مورد بررسی قرار گرفته و مواردی که اجرای آنها از نظر فنی امکان‌پذیر هستند برای بررسی‌های بیشتر انتخاب شدند. در ادامه، میزان کاهش انتشار حاصل از این راهکارها، مزایای جانبی اجرای آنها و همچنین امکان استفاده از مکانیزم‌های حمایتی بین‌المللی برای اجرای آنها مورد مطالعه قرار گرفته و در نهایت، اجرای این راهکارها از نظر اقتصادی ارزیابی شد. لیست این راهکارها و نتیجه بررسی امکان‌پذیری فنی-اقتصادی آنها در جدول (۳) آورده شده است.

جدول (۳) نتایج ارزیابی فنی و اقتصادی راهکارهای کاهش انتشار شناسایی شده

ردیف	عنوان راهکار کاهش انتشار	مجتمع	امکان پذیری فنی	صرفه اقتصادی	توضیحات
۱	تولید و مصرف برق تجدیدپذیر	همه	✓	فعالاً ندارد	با تعرفه کنونی خرید تضمینی مقرون به صرفه نیست ولی با افزایش این تعرفه در آینده نزدیک، سرمایه‌گذاری در این زمینه مقرون به صرفه خواهد بود.
۲	جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های زیستی (بخش حمل و نقل)	همه	✓	نامشخص	امکان‌پذیری فنی به شرط در دسترس بودن سوخت‌های زیستی و تست موفق آن‌ها در کاربری‌های بخش معدن و صنایع معدنی. بدلیل نامعلوم بودن قیمت سوخت‌های زیستی، ارزیابی اقتصادی ممکن نیست.
۳	جایگزینی سوخت مازوت با گاز طبیعی	آلومینای ایران و طلای زرشوران	✓	دارد	به شرط دسترسی به گاز طبیعی در مجتمع طلای زرشوران
۴	بهینه‌سازی انرژی-تعویض تجهیزات پر مصرف و بهبود شرایط عملیاتی	همه	✓	دارد	برخی راهکارها صرفه اقتصادی دارند. برای ارزیابی صرفه اقتصادی برخی دیگر از راهکارها به مشخصات و هزینه تجهیزات نیاز است.
۵	بهینه‌سازی انرژی-اصلاح ساختاری فرآیندها	مجتمع‌های آلومینیوم و فولاد	×	-	واحدهای احیاء هر دو مجتمع و واحد پخت آند مجتمع آلومینای جنوب جدیدالاحداث بوده و مجهز به فناوری روز هستند. بدلیل عدم امکان‌پذیری فنی، صرفه اقتصادی موضوعیت ندارد.
۶	فناوری‌های نوظهور صنعت آلومینیوم (آند خنثی، کاتد تر شده و ...)	آلومینیوم جنوب و آلومینای ایران	×	-	حتی در صورت تجاری شدن این فناوری‌ها، استفاده از آن‌ها در واحدهای تولیدی جدید خواهد بود نه در اصلاح واحدهای تولیدی موجود بدلیل عدم امکان‌پذیری فنی، صرفه اقتصادی موضوعیت ندارد.
۷	راهکارهای بهینه‌سازی انرژی مختص آلومینای ایران (بخش تولید آلومینا)	آلومینای ایران	✓	اکثراً دارند	برخی از راهکارها صرفه اقتصادی دارند و برخی دیگر نه. دوره بازگشت سرمایه راهکارها بین صفر تا ۱۴/۸ سال و متوسط دوره بازگشت سرمایه راهکارها برابر ۳/۷ برآورد شده است. لازم است ارزیابی اقتصادی این راهکارها به روز رسانی شود.

ردیف	عنوان راهکار کاهش انتشار	مجتمع	امکان پذیری فنی	صرفه اقتصادی	توضیحات
۸	کاهش انتشار PFC از واحدهای احیاء آلومینیوم	آلومینیوم جنوب و آلومینای ایران	✓	دارد	-
۹	جذب و ذخیره سازی CO <sub>2</sub> در واحدهای احیاء آلومینیوم	آلومینیوم جنوب و آلومینای ایران	✓	ندارد	امکان پذیری فنی به شرط تجاری شدن فناوری.
۱۰	ارتقاء کیفیت خوراک ورودی واحدهای احیاء مستقیم آهن	همه واحدهای فولاد (بجز فولاد آذربایجان)	✓	دارد	برای بررسی دقیق تر صرفه اقتصادی، به اطلاعات بیشتری نیاز است.
۱۱	استفاده از هیدروژن به جای گاز طبیعی در واحدهای احیاء مستقیم آهن		✓	ندارد	امکان پذیری فنی به شرط تجاری شدن فناوری و دسترسی به هیدروژن مورد نیاز. در بلندمدت پیش بینی می شود مقرون به صرفه باشد.
۱۲	جذب و ذخیره سازی CO <sub>2</sub> در واحدهای احیاء مستقیم آهن		✓	ندارد	امکان پذیری فنی به شرط در دسترس بودن سایت برای تزریق.
۱۳	شبیه سازی کامپیوتری واحدهای احیاء مستقیم آهن		✓	دارد	-
۱۴	بازیابی و مصرف متان حاصل از استخراج و فرآوری زغال سنگ	همه مجتمع - های زغال سنگ	✓	نامشخص	بدلیل نامشخص بودن مقدار متان قابل بازیابی، ارزیابی اقتصادی میسر نیست.
۱۵	بازیابی و مصرف گاز فلر برای تولید برق	کک سازی زرند	✓	نامشخص	بدلیل عدم دسترسی به هزینه سرمایه گذاری مورد نیاز، ارزیابی اقتصادی میسر نیست.



#### ۴- اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای

در تعیین اولویت اجرای راهکارهای کاهش انتشار می‌توان عواملی مانند میزان دسترسی به فناوری و میزان توسعه-یافتگی آن، سطح تغییرات لازم در فرآیندها، میزان سرمایه‌گذاری و فضای مورد نیاز را در نظر گرفت. در این پروژه موارد زیر به عنوان معیارهای امتیازدهی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار انتخاب شده‌اند و دامنه تخصیص امتیاز برای هر یک از این معیارها نیز یک تا پنج در نظر گرفته شده است.

- قابلیت دسترسی به فناوری و وضعیت توسعه و استفاده از فناوری
- نیاز به تغییرات طراحی در فرایندها
- نیاز به نصب تجهیزات و تاسیسات جدید
- قابلیت پیاده‌سازی در صنایع موجود
- فضای فیزیکی مورد نیاز
- سرمایه‌گذاری اولیه مورد نیاز
- مقدار کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای
- موثر بودن روش (هزینه به ازای واحد کاهش انتشار)
- اثرات جانبی (مانند کاهش انتشار آلاینده‌های هوا)
- سهولت و بهره‌برداری آسان

با در نظر گرفتن سه بازه امتیازی (کمتر از ۳۰، بین ۳۰ و ۳۹، برابر و بالاتر از ۴۰) می‌توان اولویت‌ها را در سه سطح تعیین کرد (جدول (۴)).

جدول (۴) نتایج امتیازدهی و اولویت‌بندی راهکارهای کاهش انتشار شناسایی شده

اولویت	عنوان راهکار کاهش انتشار	مجتمع	امتیاز
۱	جایگزینی سوخت مازوت با گاز طبیعی	آلومینای ایران و طلای زرشوران	۴۵
	ارتقاء کیفیت خوراک ورودی واحدهای احیاء مستقیم آهن	همه واحدهای فولاد (بجز فولاد آذربایجان)	۴۳
	کاهش انتشار PFC از واحدهای احیاء آلومینیوم	آلومینیوم جنوب و آلومینای ایران	۴۲
	شبیه‌سازی کامپیوتری واحدهای احیاء مستقیم آهن	همه واحدهای فولاد (بجز فولاد آذربایجان)	۴۱
	بهینه‌سازی انرژی-تعویض تجهیزات پر مصرف و بهبود شرایط عملیاتی	همه	۴۰
۲	راهکارهای بهینه‌سازی انرژی مختص آلومینای ایران (بخش تولید آلومینا)	آلومینای ایران	۳۷
	جایگزینی سوخت‌های فسیلی با سوخت‌های زیستی (بخش حمل و نقل)	همه	۳۶
	تولید و مصرف برق تجدیدپذیر	همه	۳۵
	بازیابی و مصرف گاز فلر برای تولید برق	کک‌سازی زرند	۳۳
	بازیابی و مصرف متان حاصل از استخراج و فرآوری زغال‌سنگ	همه مجتمع‌های زغال‌سنگ	۳۲
۳	استفاده از هیدروژن به جای گاز طبیعی در واحدهای احیاء مستقیم آهن	همه واحدهای فولاد (بجز فولاد آذربایجان)	۲۳
	جذب و ذخیره‌سازی CO <sub>2</sub> در واحدهای احیاء مستقیم آهن	فولاد آذربایجان	۱۹
	جذب و ذخیره‌سازی CO <sub>2</sub> در واحدهای احیاء آلومینیوم	آلومینیوم جنوب و آلومینای ایران	۱۸

لازم به توضیح است که این اولویت‌بندی با در نظر گرفتن همه ۴۲ مجتمع تحت مطالعه در قالب یک مجموعه صورت گرفته است و چنانچه اولویت‌بندی به صورت جداگانه برای هر یک از این مجتمع‌ها انجام شود نتیجه متفاوت خواهد بود.

نکته دیگر اینکه در این امتیازدهی و اولویت‌بندی افق ۱۰ ساله در نظر گرفته شده است. بر این اساس با توجه به اهداف کاهش انتشار کشور (در بخش ۲-۴ شرح داده شد)، راهکارهایی که بخاطر کاهش عمیق انتشارات نیازمند سرمایه‌گذاری کلان و اعمال تغییرات قابل توجهی هستند (مصرف هیدروژن در احیاء مستقیم و جذب و ذخیره-سازی CO<sub>2</sub> در احیاء آهن و آلومینیوم) امتیاز کمتری دریافت کرده و جزو اولویت‌های ۱۰ سال آتی قرار نگرفته‌اند. با اینحال در بلند مدت و در طی چند دهه آتی که جهان به سمت انتشار خالص صفر حرکت خواهد کرد بناچار باید از این راهکارها استفاده کرد.

## ۵- تدوین سیستم MRV برای پایش موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای

یکی دیگر از بخش‌های پروژه، تدوین سیستم MRV برای پایش موجودی انتشار گازهای گلخانه‌ای مجتمع‌های زیرمجموعه ایمیدرو است. این سیستم که بر روی سیستم تحت وب موجود ایمیدرو برای جمع‌آوری اطلاعات پیاده‌سازی می‌شود، پس از دریافت اطلاعات لازم از مجتمع‌ها، محاسبات مربوطه را انجام داده و گزارش موجودی انتشار را ارائه خواهد نمود. این محاسبات بر اساس اطلاعات ارائه شده توسط هر یک از مجموعه‌های صنعتی و معدنی تحت پوشش و روابط محاسباتی مربوط به هر یک از منابع انتشار صورت گرفته و به تفکیک هر مجموعه صنعتی و معدنی، هر گاز گلخانه‌ای موجود در دامنه تعریف شده و بر اساس تقسیم‌بندی منابع انتشار تعریف شده، گزارش خواهد شد.

اطلاعات ارائه شده توسط هر یک از مجموعه‌های صنعتی و معدنی تحت پوشش در واقع داده‌های عملکردی هر یک از این مجموعه‌ها در دوره زمانی مورد نظر هستند و نوع این اطلاعات به نوع فعالیت‌ها و فرآیندهای موجود در آن‌ها بستگی خواهد داشت. با این حال، برخی از این داده‌ها برای همه مجموعه‌های صنعتی و معدنی تحت

پوشش، یکسان است. برای نمونه می توان به مقدار مصرف سوخت به تفکیک نوع سوخت و مقدار برق دریافتی از شبکه برق اشاره کرد.

## ۶- جمع بندی

### ۶-۱- خروجی های پروژه

بطور خلاصه خروجی های پروژه به شرح زیر است:

- شناسایی انواع مختلف منابع انتشار گازهای گلخانه ای در مجتمع های زیر مجموعه ایمیدرو
- برآورد موجودی انتشار گازهای گلخانه ای به تفکیک هر مجتمع و نوع منبع انتشار و نوع گاز گلخانه ای برای سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸
- برآورد انتشارات گلخانه ای تحت سناریوی BAU تا افق زمانی ۱۴۰۹ به تفکیک و نوع منبع انتشار و نوع گاز گلخانه ای برای سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸
- شناسایی انواع روش ها و فناوری های کاهش انتشار گازهای گلخانه ای برای انواع مختلف منابع انتشار، انواع مختلف گازهای گلخانه ای منتشره و انواع مختلف فرآیندها و عملیات موجود در مجتمع های تحت مطالعه
- ارزیابی فنی و اقتصادی راهکارهای شناسایی شده و همچنین برآورد مزایای جانبی آنها و امکان استفاده از مکانیزم های حمایتی بین المللی برای اجرای آنها
- امتیازدهی راهکارها و تعیین اولویت اجرای آنها
- ایجاد سیستم MRV برای محاسبه و گزارش دهی موجودی انتشار گازهای گلخانه ای مجتمع های زیر مجموعه ایمیدرو

## ۶-۲- تحلیل نتایج

با بررسی نتایج بدست آمده در پروژه می‌توان موارد زیر را به عنوان تحلیل نهایی برشمرد:

- همه مجتمع‌های بررسی شده دارای انتشارات احتراقی و انتشارات غیرمستقیم ناشی از واردات برق از شبکه سراسری هستند در حالیکه انتشارات فرآیندی عمدتاً در مجتمع‌های تولید آلومینیوم و فولاد روی می‌دهد. انتشارات فرار نیز به مجتمع‌های زغال سنگ محدود می‌شود.
- روند انتشار گازهای گلخانه‌ای مجموع مجتمع‌ها در بازه زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ کاملاً صعودی بوده است. همچنین در حالیکه در سه سال ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷ انتشار از منابع احتراقی عمده‌ترین سهم از کل انتشارات را داشته‌اند، در سال ۱۳۹۸ منابع ونت و فرآیندی با پیشی گرفتن از منابع احتراقی، در مجموع تبدیل به عمده‌ترین منبع انتشار شده اند که این امر بدلیل روند افزایشی تولید آهن اسفنجی و شمش آلومینیوم در این چهار سال بوده است.
- مجتمع‌های تولید سنگ آهن، فولاد و آلومینیوم به ترتیب بیشترین انتشار گلخانه‌ای را در بازه زمانی ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۸ داشته‌اند.
- گاز دی اکسید کربن اصلی‌ترین گاز گلخانه‌ای منتشر شده از مجتمع‌های بررسی شده در این پروژه است.
- طبق سناریوی BAU، بیشترین افزایش انتشار تا سال ۱۴۰۹ مربوط به تولید آلومینیوم و فولاد خواهد بود. همچنین پیش بینی می‌شود مجموع انتشارات مجتمع‌ها از حدود ۲ میلیون تن معادل دی اکسید کربن که مربوط به سال ۱۳۹۵ است به حدود ۱۸ میلیون تن معادل دی اکسید کربن در سال ۱۴۰۹ افزایش یابد. بنابراین یک افزایش حدود ۹ برابری را برای بازه ۱۴ ساله پیش‌بینی می‌شود که بسیار قابل توجه بوده و لزوم برنامه‌ریزی مناسب برای کاهش انتشارات را نشان می‌دهد.
- جایگزینی انرژی فسیلی با انرژی تجدیدپذیر و بهینه‌سازی انرژی راهکارهایی هستند که می‌توانند در همه مجتمع‌ها بکار گرفته شوند. با توجه به اهداف کاهش انتشار کشور در افق زمانی ۱۴۰۹ و صرفه اقتصادی

این راهکارها نسبت به راهکارهای مربوط به کاهش عمیق انتشارات (مانند جذب CO<sub>2</sub> از فرآیندهای احیاء آلومینیوم و آهن و استفاده از هیدروژن در واحدهای احیاء مستقیم آهن)، بهینه‌سازی انرژی و استفاده از انرژی تجدیدپذیر از اولویت بالاتری برای کاهش انتشار در مجموعه ایمیدرو برخوردار هستند.

- در بلند مدت و در طی چند دهه آتی که جهان به سمت انتشار خالص صفر حرکت خواهد کرد بناچار باید به سمت استفاده از راهکارهای کاهش عمیق انتشارات (مانند جذب CO<sub>2</sub> از فرآیندهای احیاء آلومینیوم و آهن و استفاده از هیدروژن در واحدهای احیاء مستقیم آهن) حرکت کرد و لذا لازم است برنامه‌ریزی لازم در این خصوص انجام گیرد.