مدلسازی پخش SO_2 ناشی از نیروگاه رامین اهواز با استفاده از مدل AERMOD

ایمان مومنی[۱*]
افشین دانه کار[۲]
صاحبه کریمی[۳]
نعمت الله خراسانی[۴]
Momeni.iman@gmail.com

چکیده

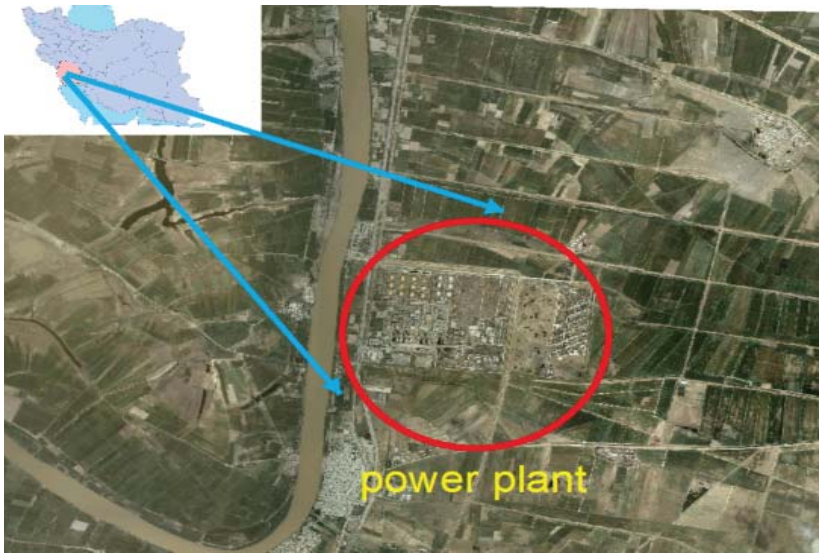
آلودگی هوا عبارت است از وجود مواد نامطلوب در غلظت، مدت زمان و تناوبی که بتواند برای سلامتی و آسایش انسان، محیط زیست اثرات نا مطلوب داشته باشد. سازمان بهداشت جهانی تخمین زده است که سالانه ۵۰۰ هزار نفر بر اثر قرار گرفتن در معرض آلودگی‌های موجود در هوا دچار مرگ زودرس می‌شوند. دی اکسید گوگرد از جمله آلاینده‌های هوا محسوب می‌گردد که اثرات حادی بر سلامت انسان دارد. مصرف سوخت فسیلی در منابع نقطه‌ای و فرآیند های صنعتی بزرگ‌ترین منبع تولید دی اکسید گوگرد می‌باشد. در ایران سالانه در حدود ۵۴۷۵۰۰ تن اکسیدهای گوگرد از نیروگاه‌های حرارتی وارد اتمسفر می‌گردد. بنابراین نیروگاه‌های حرارتی منبع عمده انتشار این دسته از آلاینده‌ها در مقایسه با دیگر صنایع در ایران می‌باشند. در این مطالعه سعی شده است تا با استفاده از مدل AERMOD از مدل‌های سری گوسین به مدلسازی پراکنش دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه رامین اهواز پرداخته شود. نتایج این مطالعه نشان داد که غلظت دی اکسید گوگرد ناشی از این نیروگاه در تمامی موارد، کمتر از استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست و EPA می‌باشد.

واژه های کلیدی: مدلسازی پخش آلاینده‌های هوا، نیروگاه رامین اهواز، دی اکسید گوگرد ، AERMOD

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران (مسئول مکاتبات)*
۲. دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۳. دانشجوی کارشناسی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
۴. استاد گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

مقدمه

با یک دیدگاه واقع‌بینانه مشـخص می‌گردد که با دانش امروز بشر نمی‌توان انتظار داشت که هیچ‌گونه آلاینده‌ای از صنایع و کارخانه‌ها وارد هوا نشود اما می‌تـوان با مطالعات دقیق‌تر در صنایـع و کارخانجات مراقب بود که غلظت آلاینده‌هـای ناشـی از این صنایع در محیط اطراف، از میزان اسـتاندارد های تعریف شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست فراتر نرود. دی اکسید گوگرد گازی بی رنگ و همراه با بوی تند است(۱و۲). این گاز از اکسایش گوگرد موجود در سوخت و یا از آن دسته فرآیند های صنعتی تولید می‌گردد که از ترکیبات گوگرد دار اسـتفاده می‌نمایند (۳ و۴). دی اکسید گوگرد اثرات حادی بر سلامت انسان دارد. این اثرات شـامل تحریک و سـوزش مجاری تنفسـی می‌باشـد. گلو درد، سـرفه و سـختی در تنفس از دیگر اثرات دی اکسید گوگرد بر سلامت می‌باشد(۵و۶و۷). اکسید شدن این گاز و سپس ترکیب آن با بخار آب سبب ایجاد باران اسیدی می‌شود که آثار مخرب زیادی به همراه دارد (۸). مصرف سـوخت‌های فسیلی در منابع نقطه‌ای و فرآیند های صنعتی، بزرگ‌ترین منبع تولید دی اکسید گوگرد می‌باشند (۳ و ۷). در ایران سالانه در حدود ۵۴۷۵۰۰ تن اکسـیدهای گوگرد از نیروگاه‌های حرارتی وارد اتمسفر می‌گردد. بنابراین نیروگاه‌های حرارتی منبع عمده انتشـار این دسـته از آلاینده‌ها در مقایسه با دیگر صنایع در ایران می‌باشـند (۹) . البته این چیزی نیست که تنها به ایران اختصاص داشـته باشد. ۶۷٪ دی اکسـید گوگرد در آمریکا از نیروگاه‌ها ناشی می‌گردد(۱۰). در سراسـر دنیا مطالعات زیادی در رابطه با میزان انتشـار ناشی از نیروگاه‌هـای حرارتی به ویژه با در نظر گرفتن گرمایش جهانی و سـلامت انسـان صورت پذیرفته است که بیان کننده شـدت زیاد این آلودگی می‌باشد (۱۰ و ۱۱). مدلسازی پخش آلاینده‌های هوا فرآیندی است که اثر یک یا چند منبع تولید کننده آلاینده هـوا بر محیط را پیش بینی می‌نماید. الگوریتم‌های به کار رفته در این مدل‌ها بر پایه فیزیک فرآیند های اتمسـفری و داده‌های تجربی تولید شـده اسـت(۱۲). برای نگه داشـتن کیفیت هوا در حدی قابل قبول، بسـیاری از کشـورها اسـتانداردهایی را وضع نموده‌اند کـه با توجه به آن‌هـا می‌توان کیفیت هـوا را در حد قابل قبول نگه داشـت (۱۳). برای این منظور نتایج بدسـت آمده از مدلسازی ها به وسیله کارمندان سازمان حفاظت از محیط زیسـت بررسی می‌شود تا مشـخص شود چه میزان در فعالیت مورد نظـر، میزان آلودگی تولید شـده با اسـتاندارد های تعیین شـده برای غلظت آلاینده‌ها هم‌خوانی دارد (۱۲). مدل‌های سـری گوسـین در آمریکا از اواسط دهه ۱۹۶۰ مورد اسـتفاده قرار می‌گیرد. سـاده و سـریع بودن، از خصوصیات مدل‌های سـری گوسین است(۱۴). این سـری از مدل‌ها بر پایه این فرضیه بنا شـده‌اند که دود برخاسـته از دودکش و پراکندگی آلاینده‌های ناشی از آن به دلیل پخش مولکولی اسـت و غلظت آلاینده‌هـا هم در بعد عمودی و هم در بعد افقی به صورت نرمال توزیع می‌شـود (منحنی زنگوله‌ای شـکل). این مـدل از مقادیر توزیع گوسـین در برش‌های عمـودی و افقی جهت نمایش خصوصیـات پراکندگی دود برخاسـته از دودکش در فواصـل مختلف از منبع دود اسـتفاده می‌نمایـد(۱). AERMOD از متداول تریـن و قدرتمندترین مدل‌های سری گوسین محسوب می‌شود(۱۵). مدل AERMOD که برای مدلسـازی نحوه پراکنش و غلظت آلاینده‌های ناشی از منابع مختلف استفاده می‌شـود دارای دو پردازشـگر برای داده‌های ورودی به این مدل می‌باشـد.



شکل ۱. موقعیت نیروگاه رامین اهواز

AERMET پردازشگر داده‌های هواشناسی و AERMAP پردازشگر داده‌های عوارض سطح زمین است و عوارض پیچیده سطح زمین را به وسیله مدل رقومی ارتفاع به صورت یکپارچه در می‌آورد(۱۲و ۱۶ و ۱۷). این مدل قادر به مدلسازی آلاینده‌های ناشی از منابع چندگانه نیز می‌باشد (۱۸). پیچیده بودن مدل AERMOD به همراه گران قیمت بودن نرم افزارهای مربوط به آن نسبت به مدل Screen۳ ، سبب شده است که در ایران برای اکثر پروژه‌هایی که آلاینده‌های هوا را با غلظت‌های مختلف وارد اتمسفر می‌نمایند از مدل بسیار ساده Screen۳ استفاده شود. مفید بودن استفاده از مدل Screen۳ بر کسی پوشیده نیست، اما مطمئناً با استفاده از اطلاعات اقلیمی کامل‌تر و مدل رقومی ارتفاع که در مدل AERMOD مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌توان به نتایج قابل اطمینان تری دست یافت(۱۵). نیروگاه رامین اهواز در کیلومتر ۲۵ جاده مسجد سلیمان قرار دارد. مساحت این نیروگاه ۲۵۰ هکتار و فاصله آن تا شهر ۲۵ کیلومتر و ارتفاع آن از سطح دریا ۲۴ متر است. نیروگاه از نوع بخاری و دارای ۴ واحد بخار با قدرت تولید ۱۲۶۰ مگاوات می‌باشد. مختصات دودکش این نیروگاه 31° 30́ N, 42° 35́ E است. دراین مطالعه برای نخستین بار در کشور با کاربرد مدل AERMOD به مدلسازی پراکنش و غلظت SO_2 ناشی از نیروگاه حرارتی مبادرت شده است.

روش بررسی

استفاده از مدل AERMOD مبتنی بر کاربرد سه دسته از اطلاعات شامل: ۱- اطلاعات مربوط به خصوصیات دودکش و نشر آلودگی؛ ۲- اطلاعات هواشناسی منطقه مورد مطالعه و ۳- مدل رقومی ارتفاع منطقه مورد مطالعه است. در این پژوهش، خصوصیات مربوط به دودکش و نشر آلاینده‌های مربوط به نیروگاه، مشابه مطالعه صورت پذیرفته توسط کرباسی و همکاران(۱۳۷۸) در نظر گرفته شد. جدول ۱ نشان دهنده خصوصیات دودکش و نشر دی اکسید گوگرد نیروگاه رامین اهواز است. سرعت باد، دمای خشک ، رطوبت و پوشش ابر در هر ساعت، حداقل اطلاعات هواشناسی است که AERMET برای تجزیه و تحلیل داده‌های هواشناسی به آن نیاز دارد. برای منطقه مورد مطالعه از آمار یک دوره ۲۰ ساله هواشناسی ایستگاه سینوپتیک اهواز استفاده شد (جدول ۲).

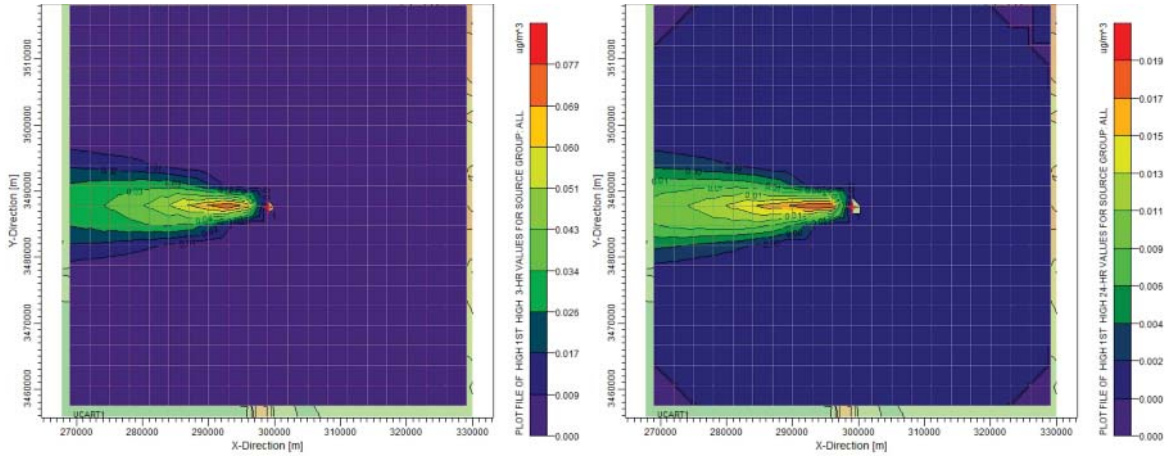
برای مشخص نمودن خصوصیات توپوگرافیک منطقه مورد نظر نیز از مدل رقومی ارتفاع با اندازه سلول ۳۰ متر استفاده گردید. برای حذف خطاهای موجود در مدل رقومی ارتفاع چاله‌های آن در نرم افزار ایدریسی حذف و سپس وارد مدل شد. با انجام این کار سلول‌هایی که به اشتباه ارتفاع کمی

جدول ۱. خصوصیات دودکش در نیروگاه رامین اهواز (۱۹)

سرعت گاز خروجی (m/s)	قطر دهانه دودکش (m)	دمای گاز خروجی (k)	مقدار انتشار آلاینده (g/s)	ارتفاع دودکش (m)
۱۵	۱۰	۴۲۳	۱/۰۱۳	۲۰۵

جدول ۲. میانگین داده‌های هواشناسی بکار رفته در AERMET

ماه	سرعت باد	جهت باد	دمای خشک	رطوبت	روزهای بدون پوشش ابر	روزهای نیمه ابری	روزهای تمام ابری
Jan	۵/۱	۲۷۰	۱۲/۵	۷۲	۱۵/۷	۸/۱	۶/۸
Feb	۵/۸	۲۷۰	۱۴/۷	۶۱	۱۵/۵	۸/۷	۴/۴
Mar	۶/۴	۲۷۰	۱۹/۴	۵۲	۱۶	۹/۲	۵/۵
سالانه	۷/۲	۲۷۰	۲۶/۲	۴۳	۲۸۵	۶۷/۵	۳۶/۵



شکل ۲. نتایج مدلسازی غلظت دی اکسید گوگرد در محیط اطراف نیروگاه (A : حداکثر غلظت ۳ ساعته ، B : حداکثر غلظت ۲۴ ساعته در فصل زمستان)

را نشـان می‌دادند حذف و ارزش آن سلول با استفاده از ارزش‌های سلول‌های همسـایه تعیین شـد. در نهایت با فراهـم آوردن اطلاعات مـورد نیاز برای مدل، مدلسازی نحوه پخش دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه رامین اهواز با استفاده از مدل AERMOD صورت پذیرفت. این مدلسازی برای حداکثر غلظت ۳ ساعته، ۲۴ ساعته در فصل زمستان انجام شده است.

یافته‌ها

مدلسـازی نحوه پخش دی اکسـید گوگرد ناشـی از نیـروگاه رامین اهواز با اسـتفاده از اطلاعات هواشناسـی ایستگاه سـینوپتیک اهواز، مدل رقومی ارتفـاع با انـدازه تفکیـک ۳۰ متر و اطلاعـات مربوط به میزان انتشـار و خصوصیات نیروگاه مسـتخرج از مطالعات کرباسـی و همکاران(۱۳۸۴) و با اسـتفاده از مدل AERMOD صورت پذیرفت. نتایج این بررسـی نشان داد که غلظت دی اکسـید گوگرد منتشـر شـده از نیـروگاه رامین اهواز در محیط اطراف کمتر از حد اسـتاندارد سازمان حفاظت از محیط زیست ایران اسـت. بـا توجه به ارتفـاع ۲۰۵ متری دودکش نیروگاه، غلظت دی اکسـید گوگـرد در محیط اطراف تـا فاصله ۶۵۰ متری از دودکـش افزایش نخواهد داشت و از آن فاصله به بعد غلظت آلاینده در محیط افزایش می‌یابد. حداکثر غلظت ۳ سـاعته دی اکسـید گوگرد ناشـی از نیروگاه رامین اهواز در محیط اطراف در حدود ۰/۰۷۷ میکروگرم در متر مکعب محاسـبه شـد. محل وقوع حداکثر غلظت آلاینده در جهت غرب نیروگاه و در حد فاصل ۴۱۰۰ تا ۹۰۰۰ متری نیروگاه رامین اهواز می‌باشـد. در مدلسـازی حداکثر غلظت ۲۴ ساعته دی اکسـید گوگرد ناشـی از نیروگاه رامین اهواز در محیط اطراف نیز تا فاصله ۶۰۰ متری افزایشـی در غلظت دی اکسـید گوگرد محیط اطراف مشـاهده نمی‌شـود که دلیل آن نیز بلندی دودکش نیروگاه می‌باشد. حداکثر غلظت ۲۴ ساعته دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه در محیط اطراف در حدود ۰/۰۱۹ میکروگرم در متر مکعب خواهد بود که در فاصله ۲۹۰۰ تا ۹۵۰۰ متری نیروگاه قرار دارد. شـکل ۳ نشـان دهنده حداکثر غلظت ۳ و ۲۴ سـاعته دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه رامین اهواز در محیط اطراف می‌باشد.

جدول ۳. استاندارد حداکثر غلظت دی اکسید گوگرد هوا در ایران

دی اکسید گوگرد	حداکثر غلظت ناشی از نیروگاه رامین اهواز	استاندارد اولیه		استاندارد ثانویه	
		میکروگرم در متر مکعب	PPM	میکروگرم در متر مکعب	PPM
معدل سالیانه	–	۸۰	۰/۰۳	۶۰	۰/۰۲
حداکثر غلظت ۲۴ ساعته	۰/۰۱۹	۳۶۵	۰/۱۴	۲۶۰	۰/۰۱
حداکثر غلظت ۳ ساعته	۰/۰۷۷	–	–	۱۳۰۰	۰/۵

بحث و نتیجه گیری

توسعه نیروگاه‌ها به منظور تأمین انرژی یکی از نیازهای مهم جوامع می‌باشد. اما باید به این نکته توجه داشت که توسعه این نیروگاه‌ها باید در راستای رسیدن به توسعه پایدار صورت پذیرد. یکی از مهم‌ترین مشکلات نیروگاه‌ها در این راستا آلودگی هوای ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی است. در میان آلاینده‌های هوای ناشی از نیروگاه‌ها دی اکسید گوگرد اهمیت ویژه‌ای دارد. این گاز هم به صورت طبیعی و هم به وسیله انسان وارد اتمسفر می‌شود. در میان منابع انسانی تولید کننده دی اکسید گوگرد، نیروگاه‌ها در رتبه نخست قرار دارند. ۶۷٪ کل دی اکسید گوگرد با منشاء انسانی در آمریکا توسط نیروگاه‌ها وارد اتمسفر می‌شود(۱۰). این گاز علاوه بر اثرات حاد بر سلامت انسان، جانوران، گیاهان، آثار باستانی و بناهای با ارزش سبب وقوع پدیده باران اسیدی نیز می‌شود. بنابراین دانستن غلظت و نحوه پراکنش دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه‌ها در محیط اهمیت ویژه‌ای دارد. سازمان حفاظت از محیط زیست ایران برای به حداقل رساندن آثار منفی ناشی از آلاینده‌ها بر محیط اطراف و انسان استانداردهایی تدوین کرده است که تمامی واحد های صنعتی موظف به رعایت آن می‌باشند. در این مطالعه به منظور مشخص نمودن غلظت دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه رامین اهواز در محیط اطراف مدلسازی نحوه پخش دی اکسید گوگرد با استفاده از مدل AERMOD صورت پذیرفت. جدول ۳ نشان دهنده حداکثر غلظت محاسبه شده در این مطالعه در مقایسه با استانداردهای تعیین شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست برای حداکثر غلظت دی اکسید گوگرد هوا در ایران می‌باشد. با توجه به نتایج مدلسازی نحوه پخش دی اکسید گوگرد ناشی از نیروگاه رامین اهواز با استفاده از مدل AERMOD و مقایسه آن با استاندارد تعیین شده مشخص گردید که غلظت این آلاینده در فصل زمستان در تمامی موارد کمتر از غلظت استاندارد تعیین شده توسط سازمان حفاظت از محیط زیست ایران می‌باشد. با استفاده از روی هم گذاری نقشه غلظت آلاینده در محیط و نقشه‌های کاربری اراضی و تصاویر ماهواره‌ای مشخص گردید که حداکثر غلظت دی اکسید گوگرد عمدتاً در اراضی کشاورزی رخ می‌دهد. اما با توجه به غلظت بسیار کم دی اکسید گوگرد افزوده شده به محیط می‌توان گفت که اثر دی اکسید گوگرد به محصولات و بار گوگردی آن‌ها قابل چشم پوشی است. از سوی دیگر در محل‌هایی که غلظت دی اکسید گوگرد در بیشترین میزان خود می‌باشد، هیچ منطقه مسکونی وجود ندارد و بنابراین این آلاینده کم‌ترین اثر را بر جمعیت‌های انسانی خواهد داشت.

منابع

1.Godish, T. 2004. Air Quality, LEWIS PUBLISHERS.

2.Harrop, D. O. 2002. Air Quality Assessment and Management - A Practical Guide, Spon Press.

3.Flagan, R. C., Seinfeld John H 1988. Fundamentals of air pollution engineering. New Jersey, Prentice-Hall, Inc.

4McGranahan, G., Murray, F (003) Air Pollution and Health in Rapidly Developing Countries. London, Earthscan Publications Ltd.

۵. سعیدی، محسن. ۱۳۸۴. شبیه سازی انتشار گاز دی اکسید گوگرد از نیروگاه حرارتی شهید رجایی قزوین در فصل زمستان، نشریه انرژی ایران، مرداد، سال نهم، شماره ۳۲، صفحه ۳۴-۴۳

6.Griffin, R. D. 2007. principles of air quality management, CRC Press, Taylor & Francis Group.

7.Kidd, J. S., Kidd, Renee A. 2006. Air Pollution: Problems and Solutions, Chelsea House.

8.Bouble, R. W., Fox, Donald W ., Turner, D Bruce ., Stern, Arthur C. 1994. Fundamentals of air pollution, Academic Press.

۹. خالصی دوست، عبدالله و بابک نور اسماعیلی. ۱۳۸۸. بررسی اثرات زیست محیطی NOx و SOx ناشی از احتراق در نیروگاه‌های حرارتی سوخت فسیلی ایران، اولین کنفرانس صنعت نیروگاه‌های حرارتی، اردیبهشت، دانشگاه تهران، تهران، ایران

10.Bruce Hill, L., Keating,M .(2002). children at risk, How Air Pollution from Power Plants Threatens the Health of America's Children, Clean Air Task Force.

11.Mahboob, A., Mashkoof,A.(2010). Dispersion modeling of noxious pollutants from thermal power plants. TURKISH JOURNAL OF ENGINEERING & ENVIRONMENTAL SCIENCES 34: 105-120.

12.Oklahoma Department of Environmental Quality, o.(2006). Air Dispersion Modeling Guidelines For Oklahoma Air Quality Permits: 1-19.

13.Turner, D. B.(1994). Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling, Lewis publishers.

14.Moreira, D., Vilhena,Marco.(2010). Air Pollution and Turbulence (Modeling and Applications), CRC PRESS.

۱۵.مومنی، ایمان.(۱۳۸۹). مدلسازی پخش آلودگی هوای ناشی از نیروگاه رامین اهواز در فصل زمستان با استفاده از مدل AERMOD سمینار کارشناسی ارشد رشته محیط زیست، دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی.

16.Burger, L. W.(2004). HEXAVALENT CHROMIUM AIR DISPERSION MODELLING

IN THE SOUTH AFRICAN FERROCHROMIUM INDUSTRY. Tenth International Ferroalloys Congress, Cape Town, South Africa.

17.United States Environmental Protection Agency-EPA.(2004). AERMOD: DESCRIPTION OF MODEL FORMULATION.

18.Holmes, N. S., Morawska,L.(2006). .A review of dispersion modelling and its application to the dispersion of particles: An overview of different dispersion models available." Atmospheric Environment 40: 5920-5928.

۱۹.کرباسی، عبدالرضا؛ فریده عتابی و ناهید. اسلامی علیشاه. (۱۳۸۷). بررسی میزان پراکنش اکسیدهای ازت و گوگرد از چهار نیروگاه کشور، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، تابستان ۱۳۸۷، دوره دهم، شماره دوم، صفحه ۲۳-۳۲.