



مدل سازی پراکنش آلاینده های نیروگاه نکا با چشم انداز دستیابی به معیارهای طراحی اکوپارک صنعتی

حنظله شعبانی^{۱*}، عبدالرضا کرباسی^۲، ناصر مهرداد^۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی طراحی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران

۲- استاد، گروه مهندسی محیط زیست، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران، تهران

چکیده

در طراحی پارک های صنعتی اکولوژیک سعی بر آن است خود پالایندگی سیستم به وسیله مکانیزم های تعریف شده به حداکثر برسد تا نخست آلودگی های تولید شده توسط صنایع کاهش یابد و همچنین تولیدات فرعی حاصل از فرآیندهای صنعتی مورد استفاده مجدد قرار گیرد. با توجه به آسیب پذیری بالای بخش ساحلی، تنوع گونه ای و توالی سریع در منطقه، بهره گیری از شیوه های محیط زیستی در محیط اطراف نیروگاه شهید سلیمی (نکاء) امری اجتناب ناپذیر است. هدف از انجام این پژوهش محاسبه و مدل سازی پراکنش آلاینده های SO_2 ، NO_x است تا به صورت فصلی و سالیانه با استفاده از نرم افزار ADMS در غالب لایه های GIS نمایش داده شود و محاسبه دبی جرمی SO_2 و NO_x بر حسب gr/sec و همچنین آنالیز دود خروجی دودکش نیروگاه به تفکیک سوخت مصرفی در فصول سرد و گرم سال است تا به معیارهای طراحی اکوپارک صنعتی در محدوده مورد مطالعه دست یافت. نتایج نشان داد که در نیروگاه نکا میانگین غلظت گاز NO_x در واحد بخار $304 \mu g/m^3$ و در واحد سیکل ترکیبی $77/75 \mu g/m^3$ و همچنین میانگین SO_2 در واحد بخار $267/25 \mu g/m^3$ در طول سال است که هیچکدام از استانداردهای WHO و استانداردهای هوای پاک اروپایی را رعایت نمی کند.

کلید واژه ها: طراحی اکوپارک صنعتی، نیروگاه شهید سلیمی نکا، پراکنش آلاینده، مدل سازی، دود خروجی

*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Hanzale.eip@gmail.com



Modeling the emission distribution of Neka power plant with the prospect of achieving the design of eco-industrial park

Hanzale Shabani^{1*}, Abdolreza Karbasi², Naser Mehrdadi²

1- MSc Graduated Student of Environmental Design Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Environmental Engineering, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

In designing ecological industrial parks, an attempt is to maximize the self-purification of the system by defined mechanisms in order to reduce the pollution produced by industries first and then, to reuse the by-products of industrial processes. Due to the high vulnerability of the coastal sector, species diversity and rapid sequence in the region, the use of environmental methods in the environment of shahid salimi powerplant (Neka) is inevitable. The purpose of this study is to calculate and model the distribution of SO₂, NO_x pollutants to be displayed seasonally and annually using ADMS software in the form of GIS layers and to achieve the design criteria of an eco- industrial park in the study area, the mass flow of SO₂ and NO_x is calculated in gr/sec and also the flue smoke of the powerplant fuel consumption is analyzed in cold and hot seasons of the year separately. The results showed that in Neka power plant, the average concentration of NO_x gas per unit of steam is 304 µg/m³ and in combined cycle unit is 77.75 µg/m³ and also the average concentration of SO₂ per unit of steam is 267.25 µg/m³ during the year which does not meet any of WHO and European clean air standards.

Keywords: Eco-industrial park design, Shahid salimi Neka powerplant, Pollutant distribution, Modeling, Exhaust smoke

* Corresponding author E-mail address: Hanzale.eip@gmail.com

مقدمه

استفاده از نیروگاه‌های حرارتی جهت تولید برق از اواخر قرن نوزدهم به جوامع بشری راه یافت. ابتدا از زغال سنگ و بعدها از فرآورده‌های سنگین نفت و نهایتاً گاز به‌عنوان سوخت در این نیروگاه‌ها استفاده شد. تاریخچه‌ی احداث نیروگاه حرارتی در ایران به برنامه عمرانی سال ۱۳۵۲-۱۳۵۶ برمی‌گردد که مقرر شد که در شمال و جنوب کشور به‌دلیل دسترسی آسان‌تر به منابع سوخت و سواحل دریا این تأسیسات احداث شدند. به‌طور کلی نیروگاه تالسیساتی است که شکل‌های گوناگون انرژی را به انرژی برق تبدیل می‌کند (سعیدی و همکاران، ۱۳۸۴). فشار زیاد بر اکوسیستم و بیوسفر با افزایش جمعیت و افزایش در سطوح مصرف وجود دارد. در نتیجه، جهان با چالش‌های زیادی مثل گرمایش جهانی، افزایش سطوح آلودگی هوا، بحران اقتصادی، فقر و از دست رفتن جهانی غنای زیستی روبرو است (sustainable development office, 2010). سیستم‌های اکولوژیکی با فرهنگ و جوامع انسانی و ساختارهای زیستی در ارتباط هستند. از سویی سیستم‌های صنعتی بیشتر فناوری را مدنظر قرار داده و علاوه بر آن شامل سیستم‌های صنعتی وابسته به منابع و خدمات فراهم شده از بیوسفر نیز هستند (Jelinski et al., 1992; Graedel & Allenby, 1995). اکوپارک صنعتی در سال ۱۹۶۸ با پروژه استفاده از آب‌های سطحی دریاچه تیسو برای یک پالایشگاه نفت کالندبرگ، شروع شد که به منظور صرفه‌جویی در عرضه‌های محدود شده از آب‌های زیرزمینی بود. متعاقب آن شمار دیگری از پروژه‌های اشتراکی معرفی شده و شمار شراکت به تدریج افزایش یافته است. طراحی و اجرای یک اکوپارک صنعتی می‌تواند منافع محیط زیستی، اجتماعی و اقتصادی بسیاری را برای جوامع به ارمغان آورد (Industrial Symbiosis, 2013). لذا آنچه که از گذشته در سطوح مختلف فکری نهادهای صنعتی و همچنین تعاملاتشان وجود دارد به اجرای یک اکوپارک صنعتی می‌انجامد (Saikku, 2006). همچنین ایجاد رقابتی بهینه بین صنایع مجزا با رویکرد همکاری در مبادلات فیزیکی مواد، انرژی، آب و محصولات فرعی تحت عنوان همزیستی صنایع امکان‌پذیر است (Cote & Cohen-Rosental, 1998; Chertow, 2000; Heeres, 2004). به این ترتیب پسماند صنعتی نه تنها برای محیط‌زیست ایجاد کننده خسارت نیست بلکه باعث بهبود و رفع کاستی‌های محیط طبیعی نیز می‌شوند (Galloway et al., 2011). وضعیتی که اکوپارک صنعتی می‌تواند برای اکوسیستم ایجاد کند شامل اعمال تنظیم‌ها برای صرفه‌جویی انرژی و کاهش انتشار، ارزش افزوده برای کاهش استفاده از منابع و انرژی و با تطابق رشد اقتصادی و فشار محیط زیستی، بالا بردن کیفیت ساختاری جهت استفاده مسکونی است (Gnanapragasam, 2013). در واقع اکوسیستم صنعتی، باعث افزایش تناسبات و همزیستی صنایع می‌شود که نهایت به ارتباط سینرژیک و همزیستی بین صنایع می‌انجامد و همواره بر همکاری بین صنایع تأکید دارد و گاهی نیز می‌تواند به عنوان چتر مشارکتی از ایده‌های کاهش مصرف و افزایش بازه به کار برده شود (Saikku, 2006). کلید همزیستی صنایع در گرو همکاری مجموعه‌های صنعتی و ایجاد ارتباط سینرژیک بواسطه همجواری جغرافیایی آن‌ها است (Chertow, 2004). از جمله ارتباطات همزیست می‌توان به کاشت گیاهان مشابه در مناطق صنعتی اشاره کرد که جهت بهینه‌سازی اکوپارک صنعتی با توجه به ساختار و طراحی‌شان صورت می‌گیرد (Boix et al., 2014). تمرکز اصلی اکوپارک صنعتی بر فعالیت‌هایی است که داخل مرز جغرافیایی سایت صنعتی انجام شده و پیرو اصول و ضوابط طرح بوده است (Galloway et al., 2011). توسعه سینرژیک بین زیرساخت‌ها، صنایع و مناطق مسکونی اتفاق می‌افتد که افزایش به اشتراک‌گذاری زمین‌های صنعتی، افزایش خدمات شهری و افزایش فعالیت‌های مسکونی را به همراه دارد (Chang Yu et al., 2015). توسعه نظری برای هدایت چگونگی مدیریت گروهی از صنایع یک سایت صنعتی که سازماندهی شده‌اند و اینکه چگونه این صنایع با جوامع انسانی و سیستم‌های محیط زیستی اطراف یکپارچه می‌شوند (Korhonena & Juha-Pekka, 2005; Fauchoux, 1998; Reymond & Smolenaars, 1997). همپوشانی زیاد بین یک اکوسیستم با یک شهر که انتشار بسیار پایین از کربن دارد و با تمرکز روی تجزیه و تحلیل رشد اقتصاد شهری و انتشار کم کربن مثلاً تحولات حمل و نقلی سازگار با محیط زیست می‌تواند تضمین کننده توسعه پایدار باشد (Chen and Zhu, 2013). از جمله روش‌هایی که در جهت بهینه‌سازی می‌توان اشاره نمود مبادله مواد، آب و انرژی، احیای واحدهای آبی و به‌کارگیری گرما به‌منظور کاهش اثرات محیط‌زیستی در اکوپارک صنعتی است و با هدف به حداقل سازی هزینه‌ها استفاده می‌شود (Boix et al., 2014). حداکثر سود بهینه از اثرات متقابل بر محیط‌زیست محاسبه شده است که همکاری سازگار با فرآیند را فراهم می‌آورد (Haskins, 2008). با وجود شناخت بیشتر از کمیت‌ها در مقابل کیفیت، اهداف مدیریتی و اجتماعی در ابعاد اقتصادی، محیط‌زیستی و فنی قابل ارائه هستند (Industrial Estate Authority of Thailand, 2011). استفاده از ابزارها و با بازبینی عمیق شیوه‌نامه‌ها و با یک دیدگاه چندبخشی و همچنین مصاحبه اولیه از بازاریابان برای شناسایی موفقیت و محدودیت‌ها، می‌توان به دنبال مقدمه‌ای برای اجرای اکوپارک صنعتی بود (D. Sakr et al., 2011). با شناخت در جوامع آکادمیک، جوامع تجاری و حلقه‌های دولتی به مانند سیستم‌های صنعتی، می‌توان در جهت توسعه شیوه‌نامه‌ها و اطلاعات اکوپارک صنعتی برای به انجام رسیدن آن گام برداشت (Erkman, 2001). تمرکز روی تولیدات و مواد با رویکرد اکولوژی صنعتی در یک ناحیه صنعتی، می‌تواند امکان‌پذیر باشد که با تحلیل جریان مواد اصلی، تحلیل چرخه زندگی و طراحی برای

محیط زیست همراه است و علاوه بر آن با دربرداشتن رویکرد محلی، در برگزیده ویژگی‌های یک اکوپارک صنعتی نیز است (Korhonen, 2002). سیستم‌های صنعتی در اکوپارک صنعتی، تحت لوای بخشی از سیستم چرخه‌ای قرار می‌گیرند. سیستم‌هایی که بازیافت و بازاستفاده از مواد و زائدات به منظور کاهش منابع ماده و انرژی ورودی و زائدات و پسماندهای خروجی صورت می‌گیرد (Garner & Keoleian, 1998). یک اکوپارک صنعتی منافعی را برای مجموعه‌های صنعتی همجوار نیز در نظر دارد تا تضمین کننده توسعه‌ی رو به رشد باشد (Lowe, 2001). بنابراین در این کار باید به دنبال ارتقای فعالیت گروهی بود، چرا که قطعاً مزیت اقتصادی بیشتری را به همراه دارد و مانع از آلودگی محیط‌زیستی می‌شود که هزینه بالا اقتصادی را با خود به همراه می‌آورد. لذا اهداف متعدد و در عین حال مخالف موجود در فعالیت گروهی، همکاری جهت بهینه‌سازی این فعالیت‌ها را به ارمغان می‌آورد. به طوری که بتوان در تشخیص این که چه چیزی اتفاق افتاده و مسیر در حال حرکت به چه صورت است، موفق عمل کرد (Gussow and Meyers, 1970; Hoffman, 1971; Watanabe, 1972). هدف از این مطالعه، شناخت از نحوه پراکنش SO_2 , NO_x و آنالیز دود خروجی و طراحی محیط‌زیستی نیروگاه شهید سلیمی نکا با چشم‌انداز شروع عمل نوآورانه در منطقه است. قرارگیری محدوده مورد مطالعه در بخش ساحلی و صنعتی و کشاورزی و همچنین در همسایگی تالاب میانکاله، امکان و ضرورت انجام طراحی اکوپارک صنعتی در منطقه را امری اجتناب‌ناپذیر کرده است.

مواد و روش‌ها

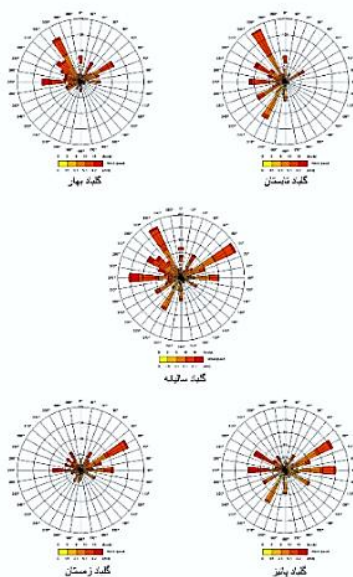
• منطقه مورد مطالعه

استان مازندران با وسعت $23756/4$ کیلومتر مربع هجدهمین استان کشور از نظر مساحت است و حدود $1/46$ درصد از مساحت کشور را در بر دارد. شهرستان نکا یکی از شهرستان‌های استان مازندران است. در مختصات جغرافیایی 53 درجه و 20 دقیقه طول شرقی و 36 درجه و 40 دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این شهرستان با وسعت تقریبی 1865 کیلومتر مربع در شرق مازندران قرار دارد. (سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان مازندران، ۱۳۹۳). نیروگاه شهید سلیمی نکا واقع در 25 کیلومتری شمال شهرستان نکا و در حاشیه دریای خزر با مساحت 130 هکتار و ظرفیت کلی تولید برق $2000 MW/hr$ و وظیفه تامین $4-5\%$ از کل برق تولیدی کشور را با توجه به نیاز به‌عهده دارد. نیروگاه نکا متشکل از 4 واحد بخاری 440 مگاواتی که با دو سوخت گاز و مازوت کار می‌کند و یک واحد سیکل ترکیبی 165 مگاواتی است که با سوخت گاز کار می‌کند. واحد بخاری از سال 1356 و واحد سیکل ترکیبی در سال 1386 به بهره‌برداری رسیده است. اکنون نیروگاه نکا یکی از بزرگترین واحدهای تولید برق خاورمیانه و بزرگترین واحد سیکل ترکیبی در ایران محسوب می‌شود. (سازمان حفاظت محیط زیست استان مازندران، ۱۳۹۵).

• واحدهای فعال و غیرفعال نیروگاه نکا

واحدهای صنعتی نیروگاه نکا، در سه بخش اصلی واحد بخار، واحد سیکل ترکیبی و واحد مخازن مازوت فعال هستند. علاوه بر این بخش‌های خدماتی، آموزشی، تفریحی، اقامتی نیز در داخل نیروگاه فعال هستند. انتقال گاز در نیروگاه از واحد تقلیل فشار به واحد بخار، سیکل ترکیبی و توربین انبساطی انجام می‌گیرد. منبع تامین کننده آب در واحد بخار و سیکل ترکیبی نیروگاه نکا آب شهری و آب دریای خزر است و آب خروجی در مسیرهای سرپوشیده و روباز به همراه کلر باقی مانده در آب وارد دریا می‌شود. ضایعات کف کوره از مخازن سوخت مازوت به بستر لجن خشک‌کن فرستاده می‌شوند و خروجی آن فلزات نیکل و وانادیوم هستند که عناصر بسیار با ارزشی هستند. علاوه بر این پساب حاصل از اسیدشویی و قلیاشویی بویلر، پیش‌گرم‌کن و کندانسور به استخر خنثی‌سازی فرستاده می‌شوند. واحد بخار جهت احتراق سوخت مازوت در بویلرها به اکسیژن احتیاج دارد و آلاینده‌های خروجی آن NO_x , SO_2 , CO است. آلاینده‌های حاصل از مصرف سوخت گاز در واحد سیکل ترکیبی NO_x , CO است. با گسترش شهرها بسیاری از کارخانه‌هایی که در حاشیه شهرها قرار دارند جزئی از پیکره شهر می‌شوند و آلودگی محیط‌زیستی آنها نیز به عنوان یک مسئله خودنمایی خواهد کرد. آنچه که در تغییر و تحولات سایت نیروگاه نکا حائز اهمیت است انتقال حضور سایت صنعتی به نسل بعد است. در واقع با ایجاد لایه‌های شناختی و آنالیز لایه‌ها می‌توان گام مهمی در جهت کاهش انتشار آلاینده‌ها و کاهش استفاده از منابع و انرژی برداشت. در واقع در طراحی اکوپارک صنعتی سایت تخریب نمی‌شود بلکه با ایجاد فضاهای جدید، بهبود فرآیند تولید برق، استفاده مجدد از مواد زائد و البته استفاده از عناصر و المان‌های موجود در سایت به فضا جانی دوباره می‌بخشد و کارکنان سایت علاوه بر مرور گذشته از امکانات به روز شده آن نیز استفاده می‌کنند.

برحسب دوره آماری سال ۱۳۸۷ در شکل (۳) مشاهده می‌شود باد غالب سالیانه در این ایستگاه از شمال غرب به سمت جنوب شرق و غرب به شرق همچنین شمال شرق به جنوب غرب است که این پدیده موجب پراکنش بیشتر آلاینده‌ها در این جهت‌ها خواهد شد.



شکل ۳: گلباد سالیانه و فصلی در ایستگاه سینوپتیک هواشناسی بابلسر

- اطلاعات وضعیت توپوگرافی منطقه جغرافیایی محل استقرار نیروگاه نکا

اختلاف ارتفاع محل استقرار نیروگاه، نسبت به بقیه نقاط اطراف آن ۶۳ متر پایین تر است. نقشه محل استقرار نیروگاه در سیستم تصویر UTM در مقیاس $\frac{1}{1000000}$ زمین مرجع شده است. جهت مقایسه تأثیرگذاری ارتفاعات اطراف نیروگاه بر روی مدل پراکنش آلاینده‌های گازی از فایل DEM زمین مرجع شده در این سیستم تصویر استفاده شده است.

- مشخصات دود خروجی و میزان نشر جرمی منبع انتشار آلاینده‌های SO_2 و NO_x

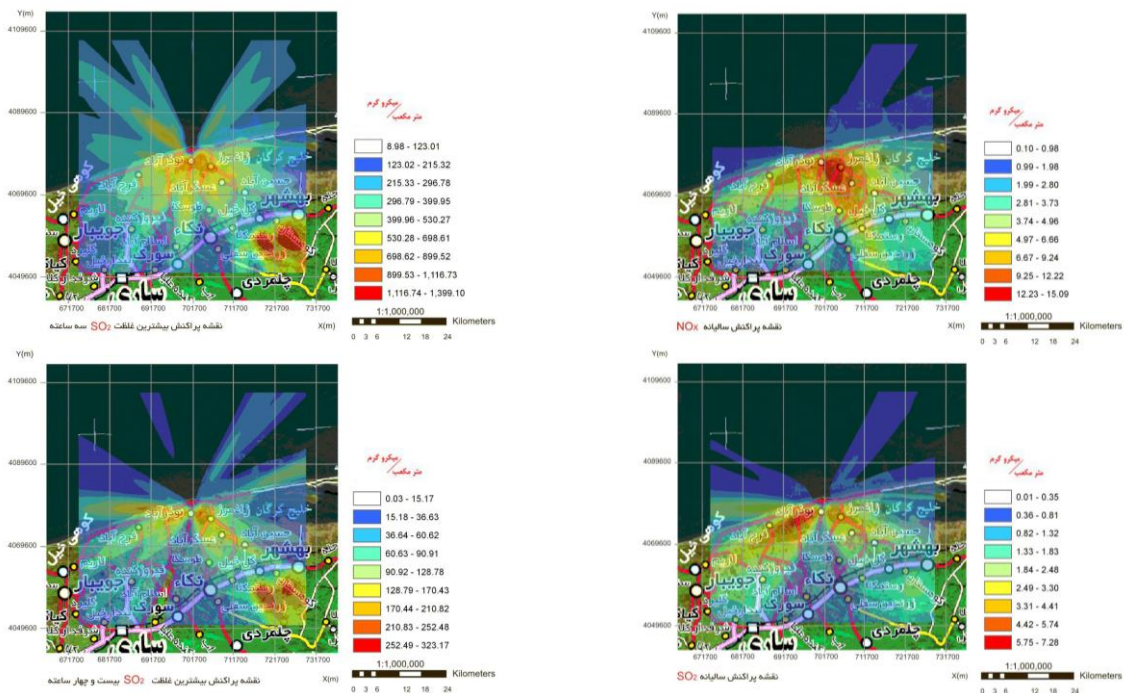
مشخصات منبع انتشار آلاینده‌های SO_2 و NO_x که جهت مدل‌سازی موردنیاز است در جدول (۲) ارائه شده است. میزان انتشار و نشر جرمی آلاینده‌های SO_2 و NO_x با توجه به سوخت مصرفی وضعیت بهره‌برداری متفاوت است.

جدول ۲: مشخصات دود خروجی و میزان نشر جرمی آلاینده‌های SO_2 و NO_x در نیروگاه نکا

نام واحد	نوع سوخت	قطر دودکش	طول دودکش	دمای خروجی (C°)	سرعت گاز خروجی از دودکش (m/Sec)	نشر جرمی SO_2 (g/Sec)	نشر جرمی NO_x (g/Sec)
سیکل ترکیبی	گاز	۵/۴	۵۰	۱۱۹/۵	۳۴/۱۶	۰	۴۷۶/۸۴
بخاری	گاز	۷/۵	۱۳۴	۱۳۵/۵	۱۳/۲۴	۰	۳۱۷۴/۴۶
	مازوت	۷/۵	۱۳۴	۱۳۷/۶	۱۵/۴۲	۶۱۹۷/۴۳	۱۵۵۶/۷

- اجرای مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های گازی NO_x و SO_2

جهت مدل‌سازی پراکنش آلاینده‌های نیروگاه نکا کلیه اطلاعات شامل منبع انتشار، فایل هواشناسی به صورت ساعتی و فایل DEM منطقه به‌عنوان ورودی به نرم‌افزار ADMS داده می‌شود. پس از اجرای نرم‌افزار خروجی‌های گرافیکی آن به صورت میانگین‌های فصلی و سالیانه در محیط ArcGIS روی نقشه جغرافیایی زمین مرجع شده در سیستم تصویر UTM نمایش داده می‌شود. جهت مقایسه تأثیرگذاری ارتفاعات و توپوگرافی اطراف نیروگاه بر روی مدل پراکنش آلاینده‌های گازی از فایل DEM زمین مرجع شده در این سیستم تصویر استفاده شده است. نقشه پراکنش آلاینده‌های SO_2 و NO_x به صورت سالیانه در شکل (۴) و به صورت میانگین ۳ ساعته و ۲۴ ساعته در شکل (۵) ارائه شده است.



شکل ۴: نقشه پراکنش سالیانه آلاینده SO₂ و NO_x نیروگاه نکا (غلظت آلاینده برحسب µg/m³)

شکل ۵: نقشه پراکنش بیشترین غلظت SO₂ نیروگاه نکا به صورت میانگین های ۳ ساعته و ۲۴ ساعته (غلظت آلاینده برحسب µG/M³)

علاوه بر این در جدول (۳) مقدار حداکثر غلظت NO_x و SO₂ در نیروگاه نکا به تفکیک هر فصل و به صورت سالیانه که در روی این نقشه ها مشاهده می شود، ارائه شده است.

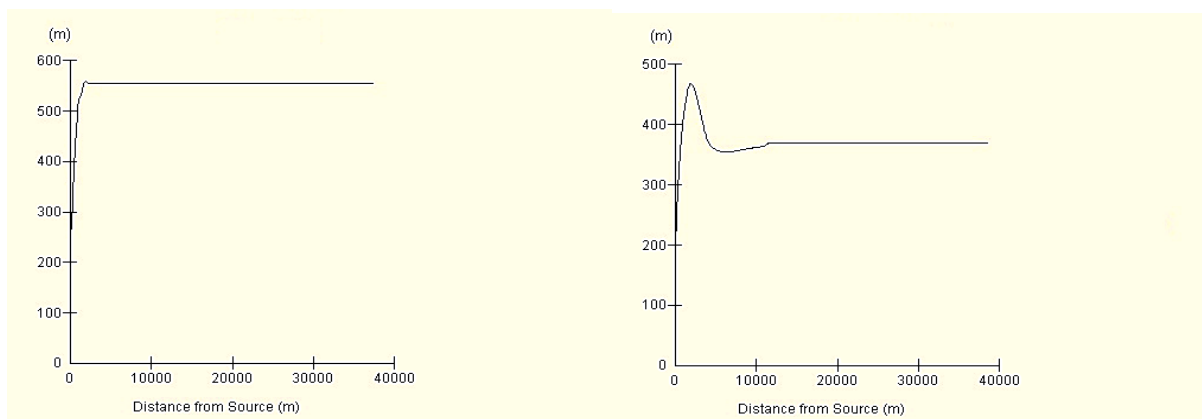
جدول ۳: حداکثر غلظت NO_x و SO₂ هر فصل و سالیانه در نیروگاه نکا بر اساس نقشه های پراکنش

فصل	حداکثر غلظت NO _x (MG/M ³)	حداکثر غلظت SO ₂ (MG/M ³)
بهار	۲۱/۰۳	۲/۷۲
تابستان	۳۸/۸۷	۱/۱۳
پاییز	۱۱/۶۷	۸/۰۹
زمستان	۱۱/۵۱	۱۶/۲۱
سالیانه	۱۵/۰۹	۷/۲۸

یافته های پژوهش

جهت تحلیل نتایج مدل سازی پراکنش آلاینده های گازی SO₂ و NO_x با نرم افزار ADMS، ابتدا نمودار خیزش دود و رفتار دود خروجی از نیروگاه و سپس نمودار میانگین غلظت برحسب فاصله از دودکش در جهت باد غالب، فواصل نزدیک شدن و برخورد دود خروجی به زمین و رفتار آن با توجه کلاس پایداری هوا به راحتی قابل بررسی است. نمودار خیزش دود خروجی از دودکش و رفتار آن در فواصل ۳۰ کیلومتری دودکش طبق معادله Holland در شکل های (۶ و ۷) ارائه می شود.

بر این اساس دو الگوی متفاوت رفتار دود خروجی دودکش نیروگاه در واحد بخار و سیکل ترکیبی مشاهده شده است. یکی در فصل بهار نیروگاه و دیگری در فصول دیگر سال الگوی یکسانی را از خود نشان داده اند. همان گونه که مشاهده می شود در واحد بخاری و سیکل ترکیبی خیزش دود در فصل بهار ۴۷۸ متر و در فاصله ۱/۸ کیلومتری دودکش است که در فاصله ۱۲ کیلومتری به ارتفاع ثابت ۳۸۰ متر از سطح زمین می رسد. در فصول دیگر سال خیزش دود ۵۶۰ متر از سطح زمین و در فاصله ۲/۵ کیلومتری دودکش است و در این فاصله در همین ارتفاع ثابت می ماند. جدول (۴) تغییرات غلظت NO_x منتشر شده در اطراف نیروگاه نکا را در جهت باد غالب با توجه به شکل های (۶ و ۷) نشان می دهد.



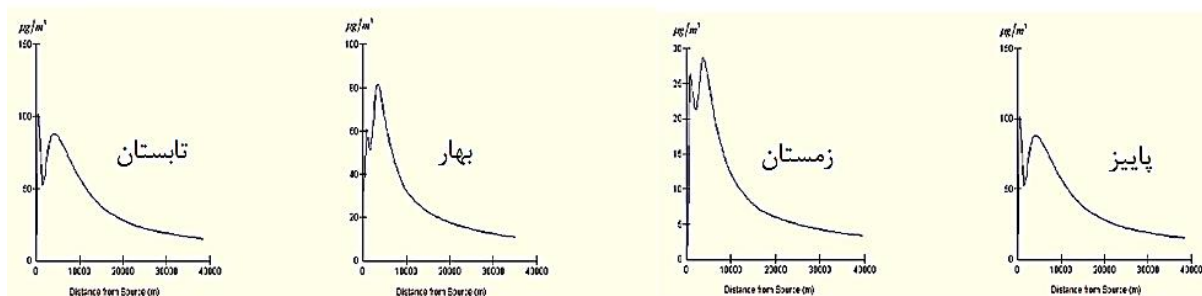
شکل ۶: نمودار خیزش دود و رفتار دود خروجی از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری و سیکل ترکیبی در فصل بهار
 شکل ۷: نمودار خیزش دود و رفتار دود خروجی از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری و سیکل ترکیبی در فصول مختلف سال

همان طور که در این جدول مشاهده می شود، در واحد سیکل ترکیبی میانگین غلظت گاز NOx در طول سال $77/75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است که هیچ کدام از استانداردهای هوای پاک استاندارد اروپایی و WHO را رعایت نمی کند و در واحد بخاری میانگین غلظت گاز NOx در طول سال $304 \mu\text{g}/\text{m}^3$ است که هیچ کدام از استانداردهای هوای پاک استاندارد اروپایی و WHO را رعایت نمی کند.

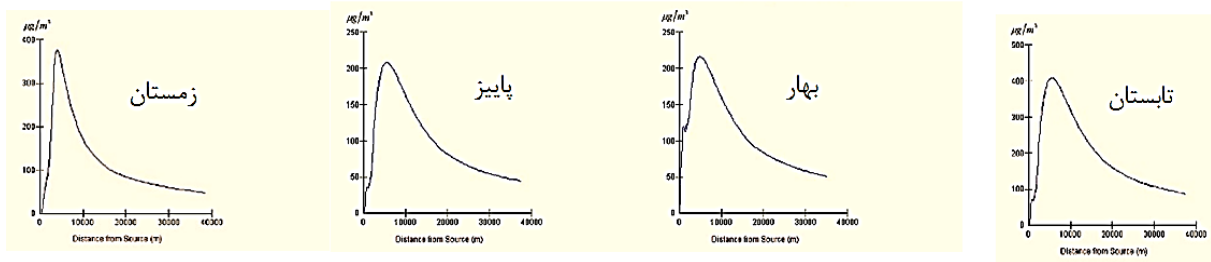
جدول ۴: تغییرات غلظت NOx منتشر شده در اطراف نیروگاه نکا در جهت باد غالب

فصل	سرعت باد غالب M/SEC	حداکثر غلظت (MG/M3)		فاصله دودکش (KM)		غلظت کاهش یافته (MG/M3)		فاصله غلظت کاهش یافته از دودکش (KM)	
		سیکل ترکیبی	بخاری	سیکل ترکیبی	بخاری	سیکل ترکیبی	بخاری	سیکل ترکیبی	بخاری
بهار	۲/۹۳	۲۸	۳۸۰	۳/۷	۴	۳/۷	۶۰	۳۲	۳۰
تابستان	۲/۴۴	۱۰۰	۴۱۰	۰/۵	۵/۶	۱۶/۲	۹۵	۳۳	۳۳/۶
پاییز	۲/۴۴	۱۰۰	۲۰۵	۰/۵	۵/۶	۱۶/۲	۵۰	۳۳	۳۴/۳
زمستان	۲/۵۷	۸۳	۲۲۰	۳/۲	۴/۶	۱۱/۵	۵۰	۳۲/۸	۳۴/۶

در شکل های (۸ و ۹) نمودار میانگین غلظت برحسب فاصله از دودکش در جهت باد غالب به تفکیک فصول سال ارائه شده اند. تغییرات غلظت آلاینده های NOx و SO2 در کل سال بیانگر این موضوع است که در بعضی ساعت ها غلظت این آلاینده ها به حداکثر مقدار خود می رسد که به دلیل میانگین گیری نرم افزار این مقادیر در نقشه های پراکنش قابل رؤیت نیستند. با استفاده از نمودارهای (۸ و ۹) بررسی متوسط این مقادیر حداکثر امکان پذیر خواهد بود.



شکل ۸: نمودار میانگین فصلی غلظت گاز NOx بر حسب فاصله از دودکش نیروگاه نکا واحد سیکل ترکیبی در جهت باد غالب

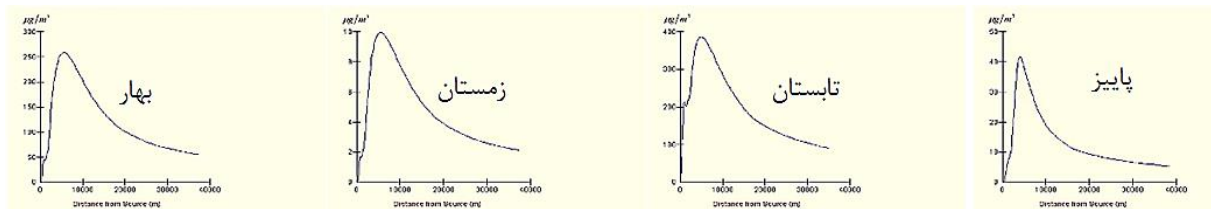


شکل ۹: نمودار میانگین فصلی غلظت گاز NOx بر حسب فاصله از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری در جهت باد غالب

جدول ۵: تغییرات غلظت SO₂ منتشر شده در اطراف نیروگاه نکا در جهت باد غالب

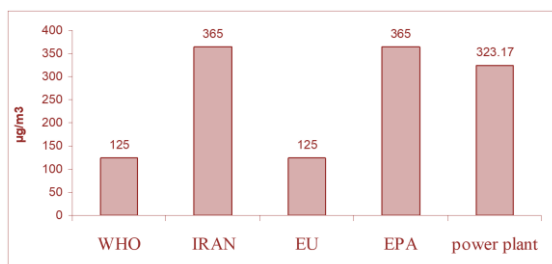
فصل	سرعت باد غالب M/SEC	حد اکثر غلظت (MG/M3)	فاصله دودکش (KM)	غلظت کاهش یافته (MG/M3)	فاصله غلظت کاهش یافته از دودکش (KM)
		سیکل ترکیبی بخاری	سیکل ترکیبی بخاری	سیکل ترکیبی بخاری	سیکل ترکیبی بخاری
بهار	۲/۹۳	-	۴۱۲	-	۳/۷
تابستان	۲/۴۴	-	۱۰	-	۵/۷
پاییز	۲/۴۴	-	۲۵۷	-	۵۶/۵
زمستان	۲/۵۷	-	۳۹۰	-	۴/۳

شکل (۱۰) حداکثر غلظت SO₂ در فصول مختلف سال در نیروگاه نکا را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، در واحد بخاری میانگین غلظت گاز SO₂ در طول سال ۲۶۷/۲۵ µg/m³ است که هیچ کدام از استانداردهای هوای پاک استاندارد اروپایی و WHO را رعایت نمی کند.

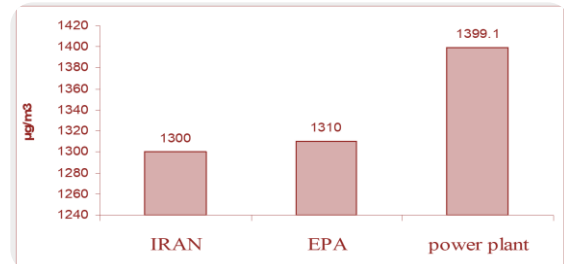


شکل ۱۰: نمودار میانگین فصلی غلظت گاز SO₂ بر حسب فاصله از دودکش نیروگاه نکا واحد بخاری در جهت باد غالب

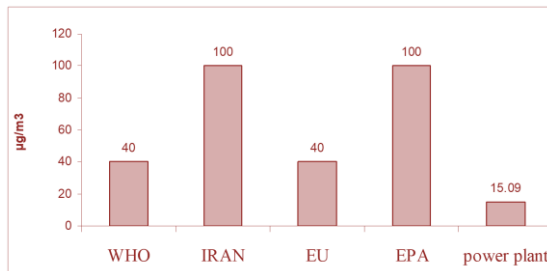
• مقایسه نتایج پراکنش آلاینده های SO₂ و NOx خروجی از نیروگاه نکا با استانداردهای ملی و بین المللی در شکل های (۱۰) تا (۱۳) بیشترین مقادیر میانگین سالیانه گازهای SO₂ و NOx با استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران، EPA و استانداردهای اتحادیه اروپایی مقایسه شده است. همان طوری که در این شکل ها دیده می شود کلیه استانداردهای ملی و بین المللی هوای پاک در مقایسه با غلظت میانگین سالیانه SO₂ و NOx رعایت شده اند. ولی غلظت ۲۴ ساعته SO₂ استاندارد اتحادیه اروپایی و WHO را رعایت نکرده و غلظت ۳ ساعته SO₂ نیز استانداردهای موجود را رعایت نمی کند.



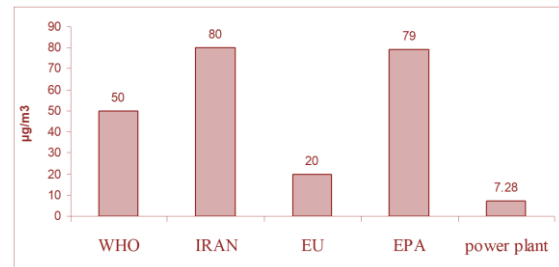
شکل ۱۱: بیشترین مقدار غلظت ۲۴ ساعته SO₂ نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی



شکل ۱۰: بیشترین مقدار غلظت ۳ ساعته SO₂ نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی



شکل ۱۳: بیشترین مقدار غلظت سالیانه NOx نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی



شکل ۱۴: غلظت میانگین سالیانه SO2 نیروگاه نکا در مقایسه با استانداردهای ملی و بین المللی

بحث و نتیجه گیری

جهت بررسی و مطالعه میزان حداکثر پراکنش آلاینده های NOx و SO2 فرض شده است که دبی جرمی هر یک از این دو آلاینده در جهت باد غالب منتشر می شود. لذا این محاسبات با توجه به متوسط فاکتورهای هواشناسی مؤثر در مدل سازی مشتمل بر سرعت باد، دمای محیط، رطوبت و درجه ابرناکی و ساعت کارکرد نیروگاه به تفکیک هر فصل انجام شده است. نتایج نشان داد که در نیروگاه نکا میانگین غلظت گاز NOx در واحد بخار 3304 µg/m³ و در واحد سیکل ترکیبی 377.75 µg/m³ و همچنین میانگین SO2 در واحد بخار 3267.25 µg/m³ در طول سال است که هیچکدام از استانداردهای WHO و استانداردهای هوای پاک اروپایی را رعایت نمی کند. بیشترین مقادیر انتشار مطابق نقشه های پراکنش آلاینده های گازی SO2 و NOx بصورت سالیانه و میانگین ۳ ساعته و ۲۴ ساعته که در منطقه جنوب شرق نیروگاه بوده است که با توجه به گلباد منطقه، این رویداد در مدل انتشار گازهای آلاینده خروجی از نیروگاه آشکار شده است. بنابراین در مدل ارائه شده، تاثیر پراکنش این آلاینده ها بر روی شهر نکا ناچیز است و بیشتر بر بخش های زاغمرز، نوروزآباد و عسگر آباد تأثیر نامطلوب دارد. طراحی اکوپارک صنعتی منجر به ساماندهی شهری به عنوان محرک توسعه به کارگرفته می شوند. ساماندهی فضاهای صنعتی و شهری به یکپارچه سازی پروژه در زمینه و بسترش وابسته است. بنابراین برای محقق شدن معیارهای اصلی اکوپارک صنعتی باید تمامی صنایع یک منطقه در این راستا طراحی محیط زیستی و بهسازی شوند تا قابل قیاس با مطالعات جهانی در این زمینه باشد. با توجه به اینکه صنایع متعدد منطقه نکا از جمله کارخانه سیمان و کارخانه چوب که به همراه نیروگاه برق به عنوان صنایع پایه در توسعه شهری شناخته می شوند، آلودگی ها و مشکلات زیست محیطی حاصل از این صنایع در منطقه، گسترش تفکر اکوپارک صنعتی را امری الزامی و اجتناب ناپذیر کرده است تا به پیوند طبیعت و پارک های صنعتی منجر شود.

منابع

- سازمان حفاظت محیط زیست استان مازندران. (۱۳۹۵). بررسی مشخصات، شرح فعالیت و ملاحظات زیست محیطی نیروگاه شهید سلیمی نکا. ۲۱ صفحه.
- سازمان میراث فرهنگی و گردشگری استان مازندران. (۱۳۹۴). موقعیت جغرافیایی و پیشینه تاریخی استان مازندران. ۶ صفحه.
- جهاد کشاورزی شهرستان نکا. (۱۳۹۵). مساحت شهرستان نکا. ۴ صفحه.
- سعیدی، م؛ کرباسی، ع؛ سهراب، ت؛ صمدی، ر. (۱۳۸۴). مدیریت زیست محیطی نیروگاه ها. وزارت نیرو- سازمان بهره وری انرژی ایران (سایا). ۳۴۸ صفحه.
- Sustainable Development Office, Environment Canada. (2010). Planning for a sustainable future: A federal sustainable development strategy for canada Environment Canada.
- Kalundborg Symbiosis. (2013, April). Kalundborg system: Evolution. Retrieved from <http://www.symbiosis.dk/da/evolution> .
- Chertow, M. (2000). Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. Annual Review of Energy and Environment 25: 313-337.
- Cote, R. and E. Cohen-Rosenthal).1998(. Designing eco-industrial parks: A synthesis of some experiences. Journal of Cleaner Production 6(3-4): 181-188.
- Galloway D., (2011), Oakajee Industrial State Structure Plan, cartin university.
- Gnanapragam J., (2013), The city of hamiltons sustainable development through eco-industrial park, master of engineering and public policy MC Master university.

- Heeres, R., Vermeulen W. & de Walle F.)2004(. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands. *Journal of Cleaner Production* 12 (8–10) 985–996.
- Saikkku L., (2006), A Background Report for the Eco-Industrial Park Project at rantasalmi, Regional Council of EtelA-Savo 71.
- Boix, M. & Montastruc, L. & Azzaro-Pantel, C. & Domenech, S.(2014). Optimization methods applied to the design of Eco-industrial parks. *Jurnal of cleaner production* 87 (2015) 303-317.
- Chen, F., Zhu, D., 2013. Theoretical research on low-carbon city and empirical study of Shanghai. *Habitat Int.* 37, 10.
- Korhonen J.)2002(. Two paths to industrial ecology: applying the product- based and geographical approaches. *Journal of Environmental Planning and Management* 45 (1), 39–57.
- Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D.W. & Patel, C. K. N.)1992(. Industrial ecology: Concepts and approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 89: 793–797.
- Graedel, T. and B. Allenby.)1995(. *Industrial ecology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Garner, A., & Keoleian, G. A. (1995). *Industrial ecology: an introduction*. Ann Arbor, Michigan: National Pollution Prevention Center for Higher Education, University of Michigan.
- Erkman, S., 2001. *Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system*. *Swiss Medical Weekly* 131, 531e538.
- Sakr, D., Baas, L., El-Hagggar, S.,and Huisingh, D.,(2011). Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends andEgyptian context. *Journal of cleaner production* 19(2011) 1158-116.
- Park, H., Won, J., 2007. Ulsan eco-industrial park: challenges and opportunities. *Journal of Industrial Ecology* 11 (3).
- Gussow, D., Meyers, J., 1970. *Industrial Ecology*, vol. 1.
- Hoffman, C., 1971. *The Industrial Ecology of Small and Intermediate-sized Technical Companies: Implications for Regional Economic Development*. Report Prepared for the Economic Development Administration COM-74-10680. Texas University, USA.
- Watanabe, C., 1972. *Industrial-ecology: Introduction of Ecology into Industrial Policy*. Ministry of International Trade and Industry (MITI), Tokyo.
- Haskins, C. (2008). Using systems engineering to address socio-technical global changes. *NTNU*, 1, 1-19.
- Chertow, M.)2004(. Industrial symbiosis. In *Encyclopediaof energy*, edited by C. J. Cleveland. Oxford:Elsevier.
- Lowe, E.(2001). *Handbook of industrial ecology. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA.
- Korhonen, J; Juha-Pekka Analysing the evolution of industrial ecosystems: concepts and application *Ecological Economics* 52 (2005) pp169– 186.
- Faucheux, S; Nicola, I; Environmental technological change and governance in sustainable development policy *Ecological Economics* 27 (1998) pp. 243–256.
- Raymond, P; Smolenaars, T; Supporting pillars for industrial ecosystems *Journal of Cleaner Production* Vol. 5 (1997) No. 1-2, pp. 61-1.