

فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۶۰، بهار ۱۴۰۱، صص ۱۹-۳۶

بررسی ابعاد سازوکار توسعه پاک (CDM) و جایگاه آن در صنعت برق ایران

کیومرث حیدری^۱

مسعود کسرائی نژاد^{۲*}

Masoud.kasraee@atu.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۸/۰۵

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۵/۲۳

چکیده

زمینه هدف: پس از هشدار مجامع علمی، در کنوانسیون تغییر آب و هوای ملل متحد، اصولی برای جلوگیری از انتشار گازهای آلاینده مورد توافق قرار گرفت که در پیمان کیوتو تحت عنوان سازوکار توسعه پاک به اجرا گذاشته شد. در این مقاله ضمن مروری بر ابعاد این سازوکار، وضعیت صنعت برق ایران از آن منظر مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: در این مقاله، پس از بررسی وضعیت انتشار گازهای گلخانه‌ای در ایران، مروری بر ارکان مکانیسم توسعه پاک شامل سیر تاریخی، مزایا و موانع، جنبه‌های اقتصادی، روش‌شناسی و الگوهای ارزیابی زیست‌محیطی نیروگاه‌های برق انجام شد. در ادامه به بررسی مخاطرات زیست‌محیطی صنعت برق و موقعیت ایران در خصوص آن پرداخته شد.

یافته‌ها: رشد سرانه کربن‌دی‌اکسید ناشی از مصرف انرژی و ناشی از تولید برق و حرارت در کنار سیستم برق‌رسانی مرکزی و عدم تمرکز کافی بر تولید پراکنده برق، هشدار دهنده آینده‌ای نه‌چندان روشن در صنعت برق از منظر شاخص‌های زیست‌محیطی در ایران است که البته این مهم در سال‌های اخیر مورد توجه سیاست‌گذاران حوزه انرژی و محیط‌زیست بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری: جهت توسعه برق پاک این مقاله، نوسازی سیستم‌ها، تمرکز بر مولدهای پراکنده و تولید برق منطقه‌ای، سرمایه‌گذاری بر آموزش مسائل مکانیسم توسعه پاک و گسترش نیروگاه‌های تولید هم‌زمان (به عنوان یک تجربه موفق در افزایش کارایی و کاهش آلاینده‌گی در فرآیند تولید برق در سایر کشورها) را توصیه می‌نماید.

کلیدواژه: نیروگاه برق، گازهای گلخانه‌ای، برق پاک، ملاحظات زیست‌محیطی نیروگاه، CDM، CHP.

۱- رئیس گروه اقتصاد برق و انرژی پژوهشگاه نیرو

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقتصاد انرژی دانشگاه علامه طباطبائی (نویسنده مسئول)

Investigation on Aspects of the Clean Development Mechanism (CDM) and its Position in Iran's Electricity Industry

Kioumars Heydari¹

Masoud Kasraee Nezhad^{2*}

Masoud.kasraee@atu.ac.ir

Received: August 13, 2016

Accepted: October 26, 2016

Abstract

Background and Objective: After the scientific community warning, in the united nation framework convention on climate change, principles to avoid emissions was agreed and under the Kyoto protocol was accomplished as the Clean Development Mechanism. In this paper, while reviewing the dimensions of this mechanism, the situation of Iran's electricity industry was examined from its perspective.

Analysis methodology: In this, after reviewing Iran's situation in the greenhouse gas emissions the elements of CDM including the history, benefits and barriers, economic aspects, methodology and patterns of environmental assessment power plant was reviewed. Then environmental risks of power industry and Iran's position in that were discussed.

Findings: Per capita CO₂ emission growth caused by energy consumption, electricity and heat production, in addition central electricity system and the lack of sufficient focus on distributed generation represents not so bright future of power industry from the perspective of environmental indicators in Iran, which of course has been considered by energy and environmental policymakers in recent years.

Discussion and Conclusions: To develop clean electricity, this paper recommends: updating systems, focusing on distributed generation and regional power generation, investing in education Clean Development Mechanism and the development of cogeneration power plants (as a successful experiment in increased efficiency and lower emissions in the power generation process in other countries).

Key Words: Power plant emissions, clean electricity, Environmental considerations plants, CDM, CHP.

1- The head of energy and power economics group and advisor of the head of Niroo Research Institute

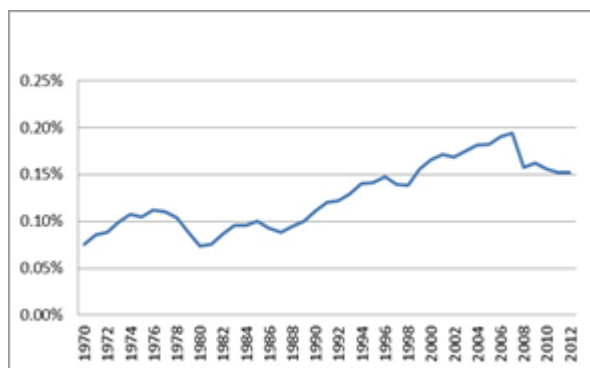
2- Graduate of Masters in energy economics, Allameh Tabataba'i university

مقدمه

درصد افزایش در سال ۲۰۰۷ به نقطه اوج خود معادل ۶۵۱ هزار کیلوتن رسیده و پس از آن در سال ۲۰۱۲ معادل ۵۵۱ هزار کیلوتن دی‌اکسید کربن تولید شده است.

نمودار ۲- سهم ایران از انتشار گازهای گلخانه‌ای

Figure 2- Iran's share of greenhouse gas emissions



* منبع: بانک جهانی (۳)

در نمودار ۲ سهم ایران در میان کشورهای جهان از انتشار گازهای گلخانه‌ای مشاهده می‌شود، این سهم در سال ۱۹۷۰ معادل ۰,۰۸ درصد بوده که در مجموع چهار دهه گذشته بیش از ۱۰۰ درصد افزایش را تجربه می‌کند. کمترین سهم در سال ۱۹۸۰ معادل ۰,۰۷ و بیشترین سهم در سال ۲۰۰۷ معادل ۰,۱۹ درصد رخ داده است که در سال‌های بعد از آن شاهد روند کاهشی این سهم بوده‌ایم.

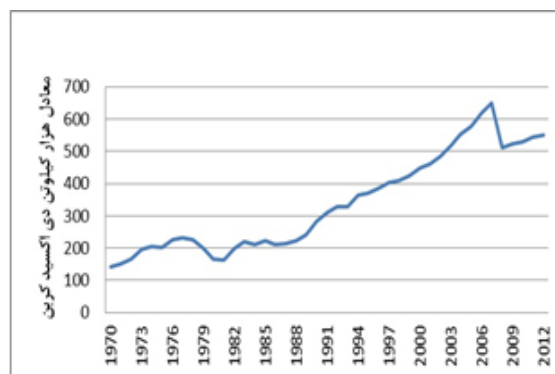
روند فزاینده تولید گازهای گلخانه‌ای در جهان هشدار جدی برای دولت‌مردان بوده و نگرانی‌های جهانی را شامل می‌شود، از طرفی همزمانی این مسأله با افزایش سهم ایران در میان کشورهای جهان از منظر انتشار آلاینده هشدار داخلی را نیز به عرصه سیاست‌گذاری گوشزد می‌کند از این رو یکی از دغدغه‌های بخش محیط‌زیست و انرژی کشور تلاش برای کاهش آلاینده‌گی می‌باشد. راه‌کارهای این مسأله به دو بخش کلی تقسیم می‌شوند:

اکوسیستم کره زمین به گونه‌ای است که از گازهای گلخانه‌ای به میزان مورد نیاز وجود دارد. این گازها با ایجاد یک لایه محافظتی گرمای زمین را در حد متناسب حفظ می‌کنند. وجود کمتر (زیادتر) آنان از حد طبیعی منجر به کاهش (افزایش) دمای زمین می‌شود. افزایش جمعیت زمین، تغییر کاربری زمین‌ها، نابودی جنگل‌ها و رشد روزافزون مصرف سوخت‌های فسیلی مشکلات زیست‌محیطی بسیاری را در سال‌های اخیر در جهان ایجاد کرده‌اند، به طوری که بر اساس پیش‌بینی‌ها، در صورت ادامه روند انتشار گازهای گلخانه‌ای، تا سال ۲۱۰۰ میلادی دمای زمین از ۱,۴ تا ۵,۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. (۱)

گرمایش زمین آثار مخربی چون افزایش بلایای طبیعی مانند خشک‌سالی و طوفان، کاهش تنوع زیستی و انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری، افزایش سطح آب دریا و به تبع آن زیر آب رفتن اراضی ساحلی، گرسنگی و کمبود غذا، افزایش فقر، مهاجرت و بیکاری را در پی خواهد داشت. (۲)

نمودار ۱- آلودگی گازهای گلخانه‌ای ایران

Figure 1- Iran Greenhouse Gas Pollution



* منبع: بانک جهانی (۳)

مطابق نمودار ۱، روند تولید آلودگی گازهای گلخانه‌ای در ایران طی سه دهه اخیر به شدت صعودی بوده، به طوری که از معادل ۱۴۱ هزار کیلوتن دی‌اکسید کربن در سال ۱۹۷۰ با بیش از ۳۶۰

کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای از منابع صدور و افزایش چاهک-های جذب کربن از اتمسفر.

تصور رایج برای راه‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای کمینه‌سازی وابستگی به سوخت‌های فسیلی است. گرچه کاهش مصرف این سوخت‌ها موجب کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌شود اما دنیای صنعتی چنان وابسته آنان شده که حذفشان تقریباً ناممکن است؛ از این رو گزینه‌های دیگری مانند مدیریت اراضی کشاورزی جهت جذب گازهای گلخانه‌ای، افزایش راندمان تولید و مصرف انرژی (خصوصاً برق) و استفاده از چاهک‌ها با افزایش و بهبود جنگل-کاری مطرح می‌باشند.

در این مقاله ابتدا مقدمه‌ای بر آلودگی گازهای گلخانه‌ای در ایران مطرح گردید، در بخش دوم پیشینه تحقیق مرور شد و در بخش سوم به مفهوم و روند تاریخی توسعه پاک، پیمان کیوتو، CDM و راهکارهای اجرایی آن پرداخته شد. بخش چهارم تحت عنوان روش‌شناسی برق پاک، الگوهای ریاضی مرتبط با این موضوع مطرح گردیدند، بخش پنجم به تبیین رابطه صنعت برق و محیط زیست بر اساس تحلیل داده‌ها اختصاص یافت.

پیشینه تحقیق (مطالعات داخلی و خارجی)

پاکدین و همکاران (۱۳۸۸)، در مقاله خود با توجه به سازوکار توسعه پاک، کارایی پایین تولید و توزیع برق در ایران، پتانسیل بالای افزایش کارایی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، به بررسی اقتصادی تولید هم‌زمان برق و حرارت در نیروگاه مشهد با تأکید بر گرمایش منطقه‌ای پرداخته‌اند. نتایج پژوهش ضمن تأیید توجیه‌پذیری اقتصادی اجرای طرح، نشان می‌دهد درآمد ناشی از فروش گواهی‌های کاهش انتشار^۱ CER به واسطه تعریف طرح در چارچوب مکانیسم توسعه پاک تأثیر قابل توجهی بر توجیه‌پذیری داشته و ارزش حال را به شدت افزایش می‌دهد.

رئیس‌ی و کیانفر (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای با اشاره به هزینه‌های روزافزون سوخت‌های فسیلی جهت تأمین انرژی مورد نیاز جوامع بشری، دریافتند که نیروگاه‌های برق‌آبی با توجه به عدم نیاز به سوخت، اندک بودن هزینه‌های بهره‌برداری، تولید انرژی پاک، راندمان نسبتاً بالا و بالاخره عمر مفید طولانی در مقایسه با نیروگاه‌های فسیلی جز بهترین پروژه‌ها جهت استفاده از مزایای CDM در راستای دستیابی به هدف توسعه پایدار می‌باشد و می‌توان از آن در افزایش درآمدهای پروژه‌های تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر سود برد.

لیو^۲ (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای برای کشور چین، اثر شراکت دولت و صاحبان پروژه در درآمد پروژه‌های CDM و نیز وضع مالیات در بازار CDM را مورد بررسی قرار داده است. نتایج مدل‌های اقتصادی بکار رفته در این مطالعه نشان می‌دهد که پروژه‌های CDM که هزینه بالاتری دارند بیشتر تحت تاثیر سیاست‌های اعمال شده قرار می‌گیرند و همین‌طور نتایج حاکی از آن است که سیاست‌های مالیاتی قدم به قدم بیشتر می‌تواند به توسعه پایدار کمک کند.

بوید و دیگران^۳ (۲۰۰۹) با بیان این موضوع که CDM مبتنی بر مکانیسم بازار، می‌تواند هزینه کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای در کشورهای در حال توسعه را کاهش بدهد؛ به توزیع ناهموار پروژه‌های CDM در بین مناطق مختلف دنیا و تعداد کم بخش‌ها و تکنولوژی‌های تحت نفوذ CDM اشاره و این سوال را مطرح کرده‌اند که آیا CDM پتانسیل کمی برای کمک به توسعه پایدار دارد؟ در بررسی انجام شده بعد از بیان سیاست‌های احتمالی CDM در آینده، پنج گزینه برای افزایش مزایای CDM در بحث توسعه پایدار ارائه شده است؛ که از جمله آن‌ها در اولویت قرار دادن پروژه‌های کاهش انتشاری است که از عملکرد آن‌ها در توسعه پایدار اطمینان خاطر وجود دارد

2- Liu X

3- Boyd E. et al

1- Certificated Emission Reduction

توافق بین‌المللی در مورد حفاظت از آب‌وهوای جهان از سال ۱۹۹۱ آغاز و در ماه می ۱۹۹۲ با تکمیل کنوانسیون ملل متحد در مورد تغییرات آب‌وهوا پایان یافت. (۴)

پیش‌نویس کنوانسیون تغییر آب‌وهوا در اجلاس ریو سال ۱۹۹۲ با هدف تثبیت غلظت گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های صنعتی در سطحی که از آسیب‌های ناشی از تغییرات اقلیمی بر زندگی انسان و حیات روی زمین بکاهد، تصویب و این کنوانسیون از سال ۱۹۹۴ اجرایی گردید. ایران نیز در سال ۱۳۷۵ با تصویب مجلس شورای اسلامی و تأیید شورای نگهبان به عضویت آن درآمد.

کنوانسیون کشورها را به دو گروه تقسیم کرد: اعضای ضمیمه شماره ۱ شامل کشورهای صنعتی که سابقه بیشتری در تغییرات آب‌وهوا دارند (از جمله ایالات متحده آمریکا، ایتالیا، آلمان، یونان، فرانسه و ...)، و اعضای غیر ضمیمه ۱، شامل کشورهای درحال توسعه شد. قاعده تساوی کنوانسیون، کشورهای ضمیمه ۱ را ملزم ساخت تا سطح آلاینده‌های گازهای گلخانه‌ای خود را تا سال ۲۰۰۰ به سطح سال ۱۹۹۰ برسانند. همچنین آنان باید گزارش منظمی از جزئیات سیاست‌های برنامه‌ای مرتبط خود با تغییرات آب‌وهوا ارائه می‌دادند. (۴)

پروتکل کیوتو^۵ و سازوکار توسعه پاک^۶ دسامبر ۱۹۹۷ در کیوتوی ژاپن پروتکلی برای تقویت مکانیسم‌های اجرایی کنوانسیون تغییر آب‌وهوای سازمان ملل متحد به تصویب رسید که به پروتکل کیوتو معروف شد. این پروتکل تعهدات و ملزومات قانونی را برای ۸ کشور صنعتی، شامل ۱۱ کشور در اروپای میانه و غربی به وجود آورد تا آلاینده‌های گلخانه‌ای خود را به طور متوسط به ۵٫۲ درصد زیر سطوح سال ۱۹۹۰ در دوره ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ برسانند^۷. که در جلسات بعدی تا

اشنایدر و دیگران^۱ (۲۰۰۸) با اشاره به اینکه رشد سریع اقتصادی کشورهای در حال توسعه به رشد فزاینده تولید گازهای گلخانه‌ای و به دنبال آن تغییرات اقلیمی دامن زده است، در مطالعه خود به تحلیل اثر CDM بر انتقال تکنولوژی پرداخته‌اند، به این منظور بعد از ارائه یک چارچوب از عوامل انتقال تکنولوژی، به اعمال چارچوب در پروژه‌های CDM و بررسی مطالعات تجربی دست زده‌اند. نتایج حاصل بیان می‌کند که CDM با کاهش موانع انتقال تکنولوژی و افزایش کیفیت انتقال، به انتقال تکنولوژی کمک می‌کند.

توسعه پاک

کنوانسیون تغییر آب‌وهوا ملل متحد^۲ (UNFCCC) افزایش شواهد علمی مبنی بر دخالت انسان در سیستم آب‌وهوای جهانی، موجب رشد نگرانی عمومی درباره محیط‌زیست شده و بررسی تغییرات آب‌وهوا را در اواسط سال ۱۹۸۸ در دستورات کاری سیاسی قرار داد. برنامه محیط‌زیست ملل متحد^۳ (UNEP) و سازمان هواشناسی جهانی^۴ (WMO)، هیئت میان دولتی تغییرات آب‌وهوا را جهت ارائه اطلاعات علمی به سیاست‌گذاران تشکیل دادند. این هیئت متشکل از صدها متخصص در حوزه گرمایش جهانی، وظیفه ارزیابی علمی تغییرات آب‌وهوا، پتانسیل سنجی آثار زیست‌محیطی و اجتماعی-اقتصادی آن و فرموله کردن نظریات واقع‌گرایانه سیاسی را بر عهده گرفت، در سال ۱۹۹۰، با انتشار گزارشی در خصوص رشد گازهای گلخانه‌ای ساخته بشر که در اتمسفر انباشته شده، نسبت به گرمایش بیشتر زمین در قرن آینده هشدار داد و با معرفی تغییرات آب‌وهوا به‌عنوان یک تهدید، یک توافق‌نامه بین‌المللی برای حل این مشکل درخواست نمود. در همان سال دومین کنفرانس آب‌وهوای جهانی نیز این درخواست را تکرار کرد. مذاکرات جهت فرموله کردن

5- Kyoto Protocol

6- Clean Development Mechanism

۷- این امر ۶ گاز گلخانه‌ای شامل CO_2 ، متان CH_4 ، NO_2 ، هیدروفلوئورکربن HFC_5 ، پرفلوئورکربن PFC_5 و سولفور هگزافلوراید CF_6 را در بر گرفت.

1- Schneider M. et al

2- United Nation Framework Convention on Climate Change

3- United Nation Environment Program

4- World Meteorological Organization

واحدهای کاهش نشر به طور مساوی بین کشورها می‌شود. سازوکار توسعه پاک: این روش برای طرح‌های کاهش آلاینده که به توسعه پایدار کشورهای درحال توسعه کمک می‌کنند، گواهی کاهش انتشار صادر می‌کند تا سرمایه‌گذار از این گواهی استفاده نماید. به عبارتی کشورهای توسعه‌یافته متعهد می‌توانند فعالیت‌های در کشوری که تعهدی به کاهش انتشار ندارد انجام داده، گواهی کاهش انتشار^۳ دریافت کرده و آن را به جای تعهد خود به دبیرخانه کنوانسیون تغییر آب‌وهوا ارائه کنند. از طرفی کشورهای توسعه‌یافته به دلیل کاهش هزینه علاقه‌مند به اجرای طرح‌ها در کشورهای درحال توسعه هستند و از طرف دیگر کشورهای درحال توسعه ضمن کسب درآمد از محل فروش گواهی کاهش انتشار و کاهش هزینه‌های سوخت، حرکت مؤثری در راستای توسعه پایدار را تجربه می‌کنند.

طرح‌های این مکانیسم باید توسط تمامی اعضای مشمول تأیید شوند تا منجر به توسعه پایدار در کشورهای میزبان (کشوری که پروژه در آن انجام می‌شود) گردیده و نتیجه آن واقعی، قابل اندازه‌گیری و دارای سودهای بلندمدت با ضوابط بهبود تغییرات آب‌وهوایی باشد. طرح‌های این سازوکار باید در راستای بهبود در کارایی انرژی مصرف‌کنندگان نهایی، بهبود در کارایی انرژی، انرژی‌های تجدیدپذیر، جایگزینی سوخت، کشاورزی (کاهش انتشار متان و اکسیدهای نیتروژن)، طرح‌های جذب (احیای جنگل) و فرآیندهای صنعتی (دی‌اکسید کربن از سیمان و ...) باشند. همچنین تأکید شده سرمایه‌گذاری‌های عمومی برای مکانیسم توسعه پاک نباید منجر به انحراف سرمایه‌ها برای کمک به توسعه بخش اداری گردد. (۷)

آثار مثبت این طرح‌ها به سه حوزه تقسیم می‌شوند:

- منافع اجتماعی: بهبود کیفیت زندگی، کاهش فقر، بهبود برابری حقوق

سال ۲۰۲۰ تمدید گردید. (۴) همچنین به کشورها اجازه داد به منظور دستیابی به هدف خود در ارتباط با کاهش انتشار، یک یا چند گاز گلخانه‌ای را انتخاب نمایند. از طرفی از آنجا که برخی فعالیت‌ها منجر به تغییر کاربری زمین می‌شوند، فعالیت‌هایی مانند جنگل‌کاری، یا احیای جنگل که باعث جذب CO_2 از اتمسفر می‌شوند نیز جزو پروتکل محسوب می‌شود. (۵) مذاکرات پس از این پروتکل ادامه داشت تا سرانجام پس از ۴ سال در سال ۲۰۰۱ در پیمان مراکش، بر دستورالعمل قانونی اجرایی آن به توافق رسیدند. به طور کلی بر اساس این پروتکل هر یک از کشورهای توسعه‌یافته مکلف به کاهش میزان انتشار به حد معینی شدند (۶). ایران نیز این پیمان را در مجلس ششم به تصویب رساند و پس از انجام مذاکرات در ۳۱ مردادماه ۱۳۸۵ (۲۲ اوت ۲۰۰۶) به امضاء کنندگان آن پیوست. در این پروتکل، سه راهکار اساسی برای همکاری پیشنهاد شده است (۴):

تجارت بین‌المللی انتشار^۱ (IET): این روش برای کشورهای توسعه‌یافته تسهیلاتی را فراهم می‌سازد تا بتوانند میزان کاهش انتشاری را که مازاد بر سهمیه مورد نظر آنهاست در بازار آزاد به فروش برسانند. بنابراین انگیزه مضاعفی برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد خواهد شد و این امکان را برای کشورهای ضمیمه ۱ فراهم می‌کند تا در صورت عدم دستیابی به سهمیه کاهش انتشار، با پرداخت هزینه به کشورهایی که مازاد کاهش انتشار دارند، به تعهدات خود دست یابند. به عبارت دیگر این سازوکار به جریمه کشورهایی می‌پردازد که نتوانسته‌اند به سهمیه کاهش انتشار خود برسند.

اجرای مشترک^۲ (JI): این روش به کشورها اجازه می‌دهد تا برای کاهش آلاینده‌هایی که با سرمایه‌گذاری در سایر کشورهای صنعتی به وقوع می‌پیوندد اعتبار دریافت نمایند که موجب انتقال

European Climate, Nord Pool, Power Newt

Chicago Climate Exchanger, Exchanger

بازار این نوع مجوزها از بخش‌های مهم خدمات مالی در مرکز مالی لندن محسوب می‌شود و انتظار عمومی بر آن است که تا پایان دهه حاضر رشد فزاینده‌ای در ارزش یورویی آن مشاهده شود، به طوری که برخی از کارشناسان پیش‌بینی کرده‌اند که به زودی بازار کربن به بزرگ‌ترین بازار کالایی در جهان تبدیل خواهد شد.

بازار مجوز انتشار گازهای گلخانه‌ای با دادن ارزش مالی به این مجوزها فرآیندی را در جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ایجاد کرده است، دلیل این امر آن است که انتشار این گازها هزینه‌ای مشخص و قابل ثبت مانند مواد اولیه و سایر دارایی‌ها و بدهی‌ها در صورت‌های مالی یک بنگاه دارد. با ایجاد قابلیت معامله این محصولات، برنامه‌ریزی برای آینده در بنگاه‌ها قابل درک شده و اقتصاددانان با استفاده از الگوی قیمت‌گذاری مناسب و با توجه به تئوری‌های بازار نسبت به قیمت‌گذاری این مجوزها اقدام می‌کنند. البته انتقاداتی به نحوه معامله، عدم آشنایی اشخاص با سازوکار بازار این محصول و امضا نشدن پروتکل کیوتو توسط برخی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای نیز وارد می‌باشد. (۸)

از جمله موانعی که در مسیر اجرای این طرح‌ها وجود دارد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- فقدان آگاهی، شناخت و اطلاع‌رسانی عمومی کافی در خصوص این پیمان
- عدم آشنایی صاحبان طرح‌ها با نحوه انعقاد قرارداد با شرکت‌های خریدار گواهی کاهش انتشار
- عدم وجود تجربه و توانمندی کافی شرکت‌های داخلی
- عدم وجود نگاه راهبردی و برنامه‌ریزی بلندمدت برای پیمان کیوتو در سطح کلان کشور
- در نظر نگرفتن ردیف اعتباری جهت تخصیص بودجه برای اجرای مراحل اولیه پروژه‌ها

- منافع اقتصادی: اجرای طرح بستر بازگشت‌های مالی به نهادهای محلی را فراهم می‌آورد، در تراز پرداخت‌ها تأثیر مثبت می‌گذارد و باعث انتقال فناوری‌های نو می‌شود.
- منافع زیست‌محیطی: منابع طبیعی محلی را حفظ می‌نماید، فشارهای زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد. بر سلامت محیط‌زیست اثر مثبت دارد و سیاست‌های انرژی را تحت تأثیر قرار می‌دهد.
- به عبارت دیگر از منظر کشورهای درحال توسعه، مکانیسم توسعه پاک می‌تواند:
 - موجب جذب سرمایه برای طرح‌هایی در جهت شکوفایی اقتصادی بیشتر با تولید کربن کمتر شود.
 - زمینه مشارکت فعالانه و مؤثر هر دو بخش دولتی و خصوصی را فراهم نماید.
 - ابزار انتقال فناوری را فراهم نماید و سرمایه‌گذاری به سوی طرح‌های قابل جایگزین تکنولوژی‌های سوخت‌های فسیلی قدیمی و با راندمان پایین یا ایجاد صنایع جدید در قالب تکنولوژی‌های زیست‌محیطی پایدار هدایت شود.
 - اولویت‌های سرمایه‌گذاری را در راستای اهداف توسعه پایدار سوق دهد. (۴)
- کاهش آلاینده‌های مذکور که توسط این طرح‌ها به وجود آمده‌اند شامل ۲ درصد مالیات (که سهم پیشرفت نامیده می‌شود) می‌گردد. این سهم برای کمک به کشورهای آسیب‌پذیر جهت مقابله با تأثیرات آب‌وهوایی پرداخت می‌گردد. مالیات دیگر بر کاهش آلاینده‌های مذکور، مربوط به هزینه‌های اداری سازوکار توسعه پاک می‌باشد. جهت ترویج توزیع مساوی طرح‌ها میان کشورهای درحال توسعه، طرح‌های CDM در کشورهای درحال توسعه از مالیات و هزینه‌های اداری معاف می‌باشند.
- بورس‌های آب‌وهوا نیز به‌نوعی بازار نقدی مجوزهای انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. چهار بورس فعال برای دادوستد این نوع محصولات عبارت‌اند از:

دست آید. در روش‌شناسی پایش، داده‌ها و پارامترهایی که قرار است جهت محاسبه انتشار پایه و انتشار ناشی از فعالیت‌های طرح در داخل و حتی خارج از مرزهای طرح صورت گیرد، مشخص شده و نحوه جمع‌آوری و مستندسازی آنان تعیین می‌گردد.

در انتخاب روش‌شناسی‌های مذکور دو راه موجود است: یکی استفاده از روش‌شناسی‌های پایه و پایش تصویب شده و دوم تعریف روش‌شناسی‌های پایه و پایش جدید. تصویب روش‌های جدید تعریف شده توسط هیئت اجرایی سازوکار توسعه پاک انجام می‌شود. (۷)

مطابق دستورالعمل منتشر شده توسط هیئت بین دولتی تغییرات آب‌وهوا^۳ (IPCC)، اساسی‌ترین روش محاسبه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به صورت حاصل ضرب دو کمیت سطح فعالیت^۴ و ضریب انتشار^۵ می‌باشند.

رابطه ۱: محاسبه میزان انتشار گاز گلخانه‌ای طرح‌ها

$$E_{mission} = AD \times EF$$

میزان دقت محاسبات مربوط به موجودی انتشار در سطح ملی وابسته به دقت تک‌تک بخش‌ها بوده و با کمیتی به نام نااطمینانی^۶ مشخص می‌گردد. این نااطمینانی به صورت کلی از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

رابطه ۲: نااطمینانی در انتشار آلودگی طرح‌ها

$$U_{tot} = \sqrt{U_{AD}^2 \times U_{EF}^2}$$

روش‌های تعیین و اندازه‌گیری میزان انتشار آلودگی، در سطوح مختلف از ساده تا پیچیده وجود دارند. معادلات این روش‌ها برای بخش‌های مختلف صنعت، کشاورزی، انرژی و ... قدری متفاوت

- تغییرات متناوب در رده مدیریتی سازمان‌های دولتی
- عدم انتقال فناوری در نتیجه تحریم‌ها
- عدم تناسب بین جرائم زیست‌محیطی
- روش‌شناسی زیست‌محیطی نیروگاه‌ها

روش‌شناسی برق پاک

سازوکار توسعه پاک بر مبنای دو روش پایه، پایش و با الگوهای متفاوت ریاضی از جمله ارزیابی چرخه حیات مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در روش‌شناسی پایه^۱ به این موضوع پرداخته می‌شود که طرح‌های این سازوکار باید گازهای گلخانه‌ای را به میزان قابل اندازه‌گیری کاهش داده یا جذب نمایند. برای محاسبه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باید مقدار انتشاری که در غیاب طرح اتفاق می‌افتاد مشخص باشد. سناریویی که به‌طور مستدل مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای در غیاب طرح پیشنهادی را نشان می‌دهد، سناریوی انتشار پایه نامیده می‌شود. یک سناریوی انتشار پایه باید همه انتشار از تمام گازهای گلخانه‌ای از کلیه بخش‌ها و منابع موجود در داخل مرزهای طرح را دربر بگیرد. روش‌شناسی که در آن به سناریوی انتشار پایه، محاسبات مربوط به کاهش انتشار حاصل از اجرای طرح و اثبات افزونگی طرح پرداخته می‌شود، روش‌شناسی پایه است. طبق پیمان مراکش یک طرح سازوکار پاک در صورتی دارای افزونگی است که انتشارات گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های بشری را به زیر مقدار انتشار پایه (انتشار در غیاب طرح) کاهش دهد.

جمع‌آوری داده‌های لازم برای تعیین میزان انتشار پایه و اندازه‌گیری انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های طرح در مرزهای یک طرح مکانیسم توسعه پاک، روش‌شناسی پایش^۲ می‌باشد. در این طرح چگونگی جمع‌آوری داده‌ها مشخص می‌شود. این داده‌ها جهت بازبینی به نهاد عملیاتی ارسال می‌شوند. طرح باید مرتباً پایش شده تا مقدار واقعی کاهش انتشار حاصل از آن به

3- Intergovernmental Panel on Climate Change

4- Activity Data

5- Emission Factor

6- Uncertainty

1- Baseline Methodology

2- Monitoring Methodology

روش بهره‌برداری (مانند تولید هم‌زمان، تأمین بار مینا و ...) بستگی دارد. همچنین مقدار کربن سوخت نقش مهمی در برآورد

انتشار گازهای گلخانه‌ای دارد. (۱۳)

ارزیابی چرخه حیات شامل دو روش تجزیه و تحلیل زنجیره فرآیند $^{(۳)}$ (PCA) و تجزیه و تحلیل داده/استانده $^{(۴)}$ (IO)، می‌باشد، البته معمولاً ابزارهای ارزیابی ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

PCA یک روش عمودی پایین به بالا است که انتشار فرآیندهای صنعتی و بهره‌برداری را در نظر می‌گیرد. این روش به داده‌های گازهای گلخانه‌ای در دسترس برای همه مواد و فرآیندهای مرتبط وابسته است و تنها محصولات خاصی را شامل می‌شود اما عوامل مؤثر در نتایج تجمعی را واضح‌تر و تعدیل‌شده‌تر بیان می‌کند. از این رو در صورتی که فهرست موجودی کامل مواد در دسترس نیست، این روش برای ارزیابی مواد و داده‌های استاندارد برای ارزیابی سیستم بهره‌برداری و نگهداری استفاده می‌شود.

I/O رویکردی آماری از بالا به پایین است، این روش کل اقتصاد را به بخش‌های جداگانه تقسیم کرده و بر اساس ورودی‌ها و خروجی‌های اقتصادی، بین بخش‌ها جریان انرژی و انتشار همراه آنان را تولید می‌کند. بخش‌های داده استاندارد ممکن است کلی بوده و با اهداف ارزیابی چرخه حیات منطبق نباشند. این روش در ارزیابی نقاط اصلی و مهم نسبتاً ناکاراست اما مزیت آن نسبت به PCA عدم وابستگی موضوعی است، همچنین این روش می‌تواند از اشتباهات محاسباتی ناشی از اختلاف شدت واقعی انرژی یک بخش با میانگین کل جلوگیری کند. با توجه به مزایای هرکدام از روش‌ها، استفاده از الگوهای ترکیبی پیشنهاد می‌گردد (۱۲).

از جمله دیگر روش‌های ارزیابی زیست‌محیطی نیروگاه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره داشت: (۱۴)

روش تخصصی ویژه: در این روش گروهی از کارشناسان با تجربه و متخصص، ارزیابی را براساس نظرات کارشناسی انجام می‌دهند،

می‌شوند اما منطق کلی آنان بر اساس روابط مطرح شده در فوق استوار می‌باشد. (۹)

ارزیابی چرخه حیات^۱ ابزاری برای تجزیه و تحلیل اثرات زیست-محیطی محصولات در مراحل چرخه حیات آن‌ها از استخراج منابع تا تولید محصول نهایی و مدیریت پسماند آن شامل بازیافت و دفع نهایی می‌باشد. (۱۰) ارزیابی چرخه حیات، گردآوری و ارزیابی ورودی‌ها، خروجی‌ها و اثرات بالقوه زیست‌محیطی یک سیستم محصول (کالاهای فیزیکی و خدمات) در طول چرخه حیات آن است. این روش در دو حوزه کمی و کیفی قابل اجراست. (۱۱)

از جمله کاربردهای اصلی این روش، تجزیه و تحلیل منشأ مشکلات مرتبط با یک محصول خاص، طراحی محصولات جدید، انتخاب بین چند محصول قابل مقایسه و مقایسه استراتژی‌های تجاری و سیاسی دولت‌هاست. (۱۲)

در این رویکرد برای ارزیابی انتشار گازهای گلخانه‌ای فناوری‌های مختلف تولید برق تولید برق از رابطه زیر استفاده می‌گردد:

رابطه ۳: ضریب انتشار گازهای گلخانه‌ای چرخه حیات^۲

$$LCE = \frac{\sum_i GWP_i \times (E_{fi} + E_{ci} + E_{oi} + E_{di})}{Q}$$

در رابطه فوق E_{fi} انتشار مستقیم ایجاد شده در اثر احتراق سوخت‌های فسیلی در نیروگاه؛ E_{ci} انتشار زمان ساخت نیروگاه-ها؛ E_{oi} انتشار زمان بهره‌برداری و نگهداری نیروگاه‌ها؛ E_{di} انتشار در زمان پایان عمر نیروگاه‌ها و از بین بردن آنان؛ Q نوع گاز گلخانه‌ای؛ GWP ضریب پتانسیل گرمایش جهانی گاز گلخانه‌ای و Q : خروجی خالص بر در طول عمر نیروگاه می‌باشند.

عوامل اصل در تعیین انتشار گازهای گلخانه‌ای از نیروگاه سوخت فسیلی، نوع فناوری و راندمان حرارتی آن می‌باشد. لازم به ذکر است، راندمان حرارتی با ضریب بار، افزایش می‌یابد، از این رو انتشار گازهای گلخانه‌ای از فناوری مشخصی از سوخت فسیلی به

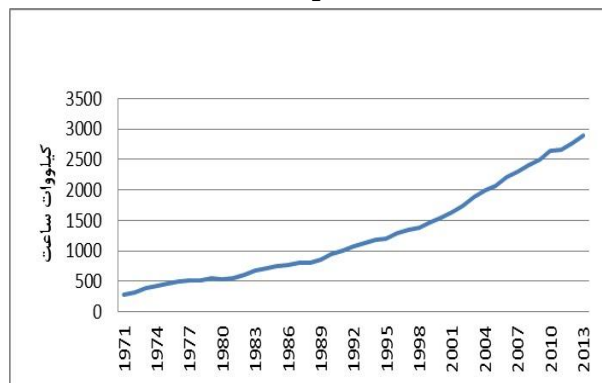
اثر، مقداری بین یک تا پنج در نظر گرفته می‌شود و با توجه به مقادیر و عملیات جبری پروژه رد، تأیید یا اصلاح می‌شود.

صنعت برق و محیط‌زیست

عمده‌ترین منبع ایجاد آلودگی در دنیای امروز بخش انرژی (خصوصاً به واسطه استفاده از سوخت‌های فسیلی) می‌باشد. صنعت برق به عنوان مهم‌ترین بخش انرژی از منظر امنیت استفاده، دسترسی پاک و آسان جایگاه ویژه‌ای در زندگی بشر پیدا کرده است، به طوری که به واسطه پیشرفت تکنولوژی و افزایش روزافزون وابستگی به برق می‌توان گفت حذف برق از زندگی بشر امروز به نوعی ناممکن است.

نمودار ۳- سرانه مصرف برق در ایران

Figure 3- Electricity consumption in Iran
(Per capita)



منبع: بانک جهانی (۳)

طی سال‌های گذشته سرانه مصرف برق در ایران بیش از ۹۵۰ درصد رشد داشته یا به عبارتی بیش از ۱۰۰ برابر شده است. وابسته روزافزون به مصرف برق هم‌زمان با گسترش نگرانی‌ها نسبت به محیط زیست و آینده بشر را بر آن داشته تا به دنبال راه‌حلی برای تولید بیشترین برق با بالاترین کارایی و کمترین آلودگی پیدا کند.

اثرات زیست‌محیطی نیروگاه‌های برق

این روش بیشتر جنبه تجربی داشته و از منظر بررسی صحت نتایج به دست آمده از روش‌های علمی کاربرد دارد.

صورت‌ریزها: یکی از ساده‌ترین روش‌های ارزیابی است که در آن فهرست‌های به نام فهرست مادر وجود دارد که جنبه‌ها و پارامترهای مختلف زیست‌محیطی نیروگاه را شامل شده و عموماً شبیه به روش‌های پرسشنامه‌ای است. نتایج این روش اطلاعات پایه مورد نیاز را در اختیار ارزیابان قرار می‌دهد.

روش شبکه: این روش به شناخت زنجیره ارتباطات متقابلی احتمالی ناشی از اجرای پروژه می‌پردازد. به عبارتی در این روش شبکه روابط بین فعالیت‌های پروژه و مشخصه‌های زیست‌محیطی مشخص می‌شود.

روش نقشه‌ای: در این روش با استفاده از عکس‌های هوایی، نقشه‌های توپوگرافی و ... از طریق روی هم گذاری نقشه‌های شفاف و فاکتورهای محیطی، شکل زمین و مناطق تحت تأثیر آثار زیست-محیطی را مشخص می‌نمایند. در مرحله بعد اثرات مثبت، منفی و خنثی محیطی بر روی نقشه‌های شفاف قرار می‌گیرد و نتیجه به دست آمده به صورت سایه روشن نتایج زیست‌محیطی را مشخص می‌نماید.

روش تجزیه تحلیل سیستمی: این روش هزینه بالاتر و دقت بیشتری دارد. در این روش محیط زیست یک نظام بوده و انسان جزئی از اکوسیستم محسوب می‌شود. منطق روش به این صورت است که یک شهر مدرن در صورتی می‌تواند وجود داشته باشد که آلودگی‌های ایجاد شده بیش از حد توان اکوسیستم نباشد. برای مثال توان تحمل آلودگی صوتی برای انسان ۷۵ دسی‌بل است.

روش ماتریس: شکل تکامل یافته صورت‌ریزهاست که در آن دو فهرست عمود برهم قرار می‌گیرند، یکی فعالیت‌های پروژه و دیگری فاکتورهای زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی است. فصل مشترک هر فاکتور با فعالیت اثر زیست‌محیطی را به وضوح نشان می‌دهد. ایراد این روش در ناتوانی آن برای شناسایی اثرات غیرمستقیم است. برای هر درایه با توجه به مثبت یا منفی بودن

مهم‌ترین آسیب زیست‌محیطی یک نیروگاه تولید هم‌زمان، بر اساس فن‌آوری به‌کاررفته در آن خواهد بود. نشر آلاینده‌های جوی بسته به اینکه نیروگاه از یک موتور دیزلی، توربین بخار یا بویلر بیوماس، یا یک راکتور هسته‌ای به‌عنوان سیستم تبدیل انرژی استفاده کند، متفاوت خواهد بود. (۱۵)

سوخت گازی، دی‌اکسید گوگرد یا منواکسید کربن کمتری تولید می‌کند. بازده کلی بالای توربین‌های گازی مدرن موجب کاهش تولید آلاینده‌های دی‌اکسید کربن شده است، اما چون توان و بازده گرمایی با ازدیاد دمای اشتعال بالا می‌رود، توربین‌های گازی مدرن، اکسیدهای نیتروژن NO_x ، (شامل NO و NO_2) بیشتری منتشر می‌کنند. (۱۶)

در جدول ۱ انواع آلاینده منتشر شده توسط برخی از انواع نیروگاه‌ها مشاهده می‌شود.

به طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند: اول در مرحله ساخت و دوم در مرحله بهره‌برداری. بیشترین آثار در مرحله ساخت به زمین وارد می‌شود که از جمله آن می‌توان به تغییر کاربری زمین برای ساخت نیروگاه، گسترش جاده‌ها و در نتیجه ایجاد آلودگی، ساخت تجهیزات ذخیره سازی و ...، تخریب مناظر طبیعی، ایجاد آلودگی صوتی و تأثیر آلودگی‌های ساختمانی بر زمین‌های اطراف اشاره کرد.

در مرحله بهره‌برداری، در فرآیند مستقیم و غیرمستقیم تولید انرژی برق در کارخانه‌ها بسته به نوع کارخانه آلاینده منتشر می‌شود. برای مثال در نیروگاه گازی، منبع اصلی آلاینده سوخت نیروگاه است یا در نیروگاه چرخه ترکیبی آلودگی ناشی از چرخه-های بخار و گاز یا در نیروگاه هسته‌ای منبع اصلی آلاینده پسماند نیروگاه است.

جدول ۱- آلاینده‌های نیروگاه برق

Table 1- Power plant pollutants

آلاینده‌ها				نوع نیروگاه	ردیف
فلزات سنگین	چربی، روغن و سوخت	CO	NO _x	نیروگاه حرارتی بخار	۱
اکسیدهای فلزی	مواد آلی و بیماری‌زا	ذرات معلق	SO _x		
مواد زائد جامد و نیمه جامد	روغن‌های حاوی PCBs	فسفات	پساب		
فلزات سنگین	چربی، روغن و سوخت	CO	NO _x	نیروگاه گازی	۲
زباله‌های انسانی	مواد آلی و بیماری‌زا	ذرات معلق	SO _x		
	روغن‌های حاوی PCBs				
فلزات سنگین	چربی، روغن و سوخت	CO	NO _x	نیروگاه چرخه ترکیبی	۳
فسفات	مواد آلی و باکتری‌ها	ذرات معلق	SO _x		
زباله‌های انسانی	روغن‌های حاوی PCBs	لجن حاوی مواد آهکی و آلومینیم			

* منبع: (۱۴)

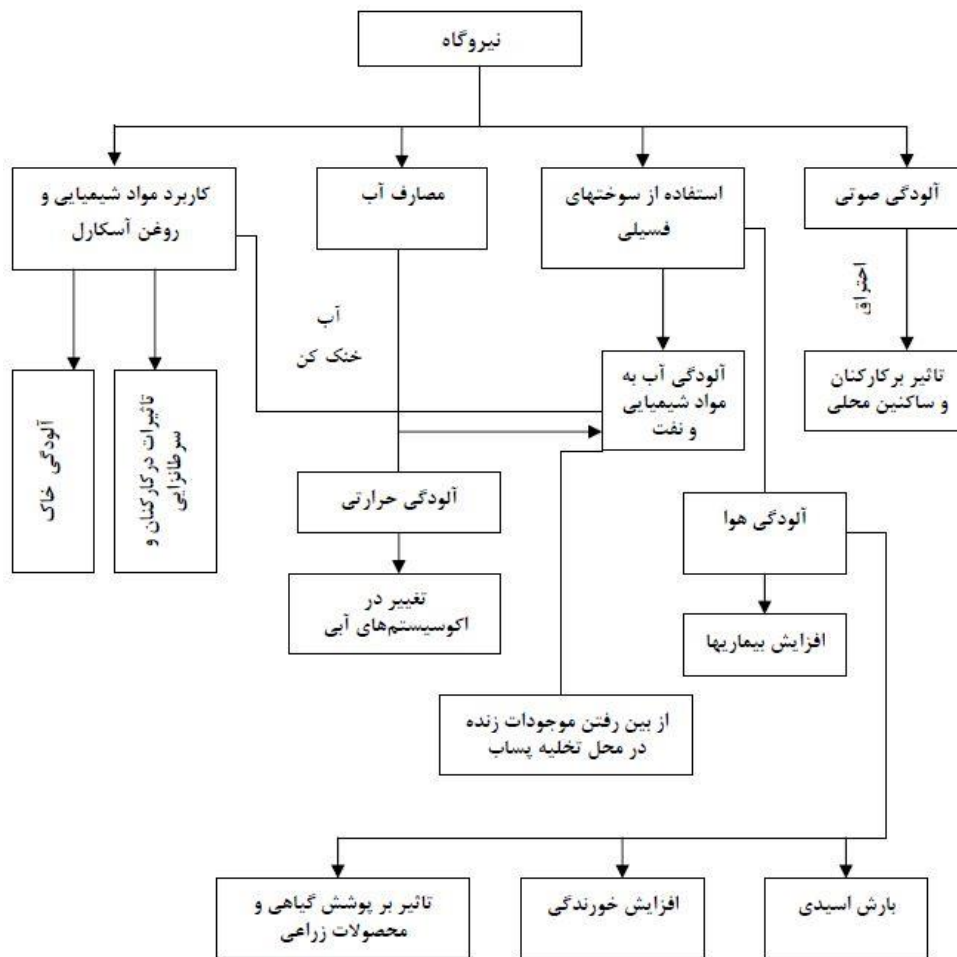
محلی و ... می‌باشد. همچنین به صورت غیر مستقیم نیز از طریق دو حوزه شامل تغییر در الگوهای جمعیتی و تغییر در ارزش‌ها و الگوهای اجتماعی و فرهنگی نیز بر محیط زیست تأثیر گذار خواهند بود.

در شکل ۱ مدلی از آثار زیست‌محیطی نیروگاه مشاهده می‌شود.

به طور کلی آثار مستقیم نیروگاه‌ها بر محیط زیست شامل مواردی چون، خروجی‌ها در هوا بر سلامت انسان، کشاورزی، پوشش گیاهی و حیات وحش، آلودگی صوتی، تغییر در کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، اثرات ناشی از نشت و تخلیه آلاینده‌ها، تغییر در زندگی آبزیان ناشی از حرارت، جابجایی جمعیت، ایجاد ترافیک

شکل ۱- مدل مفهومی آثار زیست‌محیطی نیروگاه

Picture 1- Conceptual model of power plant environmental effects



منبع: (۱۴)

- از جمله راه‌های کاهش آلودگی می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:
- شناسایی تهدیدات زیست‌محیطی و اعلام هشدار
- ارتقا کیفی منابع زیستی
- نظارت جهانی همراه با انجام آزمایشات و گزارش‌های زیست‌محیطی
- آموزش نیروی انسانی
- جلوگیری از ریزش رنگ و مواد شیمیایی اطراف تجهیزات به آب
- انجام تمیز کار و استفاده صحیح از تجهیزات
- جلوگیری از ایجاد زباله‌های انسانی
- پرهیز از استفاده از وسائل نقلیه دودزا
- پرهیز از شست و شوی ماشین‌آلاتی که احتمال آلودگی‌های نفتی و ... دارند.
- تنظیم موتورهای مصرف‌کننده سوخت.
- عایق‌سازی اطراف نیروگاه تا حد ممکن
- توسعه فضای سبز و جنگل‌کاری در سایت
- شناسایی تکنولوژی‌های مفید

در دنیای امروز ملاحظات زیست‌محیطی دارای نقشی مهم و برجسته می‌باشند. با سوق دادن بازده یک نیروگاه از ۳۰ درصد به بیش از ۸۰ درصد، آلاینده‌های جوی به کم‌تر از نصف خواهند رسید. (۱۵)

به‌طور کلی مزیت سیستم‌های تولید هم‌زمان در استفاده از سوخت کمتر با بازدهی بالاتر و در نتیجه آلاینده‌گی کمتر می‌باشد.

در جداول ۲ میزان آلاینده‌گی سوخت گاز طبیعی مشاهده می‌شود.

یکی از تکنولوژی‌های مفید در حوزه مسائل زیست‌محیطی تولید برق گسترش سیستم تولید هم‌زمان برق و حرارت می‌باشد. اجرای این سیستم به خودی خود باعث کاهش آلاینده‌گی نیروگاه نمی‌شود اما به سبب بازیافت حرارتی و کاهش شدید مصرف سوخت (به عنوان اصلی‌ترین منبع آلاینده‌گی) ضمن افزایش کارایی تولید در حفاظت از محیط زیست آثار مفید فراوانی دارد. (۱۴)

اثرات زیست‌محیطی نیروگاه تولید هم‌زمان

جدول ۲- آلاینده‌گی گاز طبیعی

Table 2- Natural gas pollution

رادیواکتیو (KBq/KWh)	<i>PM</i> (b/MWh)	<i>SO₂</i> (b/MWh)	<i>NO_x</i> (b/MWh)	کربن (MTC/Q)
۹/۳	۰/۴	۰/۶۶	۳/۳	۱۵

* منبع: (۱۷)

آلاینده‌گی توربین‌های گازی در ظرفیت‌های متفاوت به شرح زیر است.

جدول ۳- آلاینده‌گی توربین‌های گازی

Table 3- Pollution of gas turbines

ردیف	عنوان	۱ مگاواتی	۵ مگاواتی	۸ مگاواتی	۲۵ مگاواتی
۱	<i>NO_x</i> (b/MWh)	۲/۴۳	۱/۱۶	۱/۱۱	۰/۹۲
۲	<i>CO</i> (b/MWh)	۰/۷۱	۰/۵۶	۰/۵۴	۰/۴۵
۳	<i>CO₂</i> (b/MWh)	۱/۸۸۷	۱/۵۱	۱/۴۳	۱/۱۹۳
۴	کربن (b/MWh)	۵۱۵	۴۱۲	۳۹۵	۳۲۶

* منبع: (۱۷)

باشند. در جدول ۴ میزان آلاینده‌گی توربین‌های مختلف ارائه می‌گردد.

از دیدگاه ملاحظات زیست‌محیطی میکروتوربین‌ها بهترین نوع اجرایی، سیستم‌های تولید هم‌زمان برق، حرارت و برودت می‌باشد.

جدول ۴- مقایسه آلاینده‌های موتورهای سیستم تولید هم‌زمان

Table 4- Comparison of cogeneration system engine emissions

NO_x	CO	نوع مولد	ردیف
۳۴۰	۱۰۰	موتور دیزلی	۱
۵۰	۲۵	توربین گازی	۲
-	۲۰۰	توربین بخار	۳
کمتر از ۲۵	کمتر از ۹	میکرو توربین	۴

* منبع: (۱۷)

شوند. سه راه برای کاهش اکسیدها وجود دارد: به حداقل رساندن دمای پیک شعله از طریق بهره‌برداری با یک ناحیه اولیه بسیار فقیر؛ تزریق آب یا بخار به داخل محفظه‌های احتراق به منظور پایین آوردن دمای شعله؛ تزریق یک گاز خنثی به داخل محفظه‌ها به منظور پایین آوردن دمای شعله (تزریق آب یا بخار تا ۸۵ درصد از ۳۰۰ به ۲۵ ppm) نشر اکسیدهای نیتروژن را کاهش داده و روش مؤثری است). (۱۶)

SO_2 : محصول سوختن سوخت‌های سولفوردار است و در کنار آب، اسید خورنده‌ای تشکیل می‌دهد. انتشار بیش از حد آن در جو موجب ریزش باران‌های اسیدی می‌شود، مقدار سولفور در گاز طبیعی کم است، اما در دیزل و بیوگاز قابل توجه است و نیاز به تمهیدات لازم دارد. (۱۸)

آلودگی صوتی در تمام روش‌های تولید برق، ایجاد آلودگی صوتی وجود دارد اما با توجه به اینکه سیستم‌های تولید هم‌زمان در مقیاس کوچک و برای موقعیت‌های مسکونی یا تجاری طراحی شده‌اند، ایجاد آلودگی صوتی آنان کاربردشان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کم صداترین نوع سیستم تولید هم‌زمان پیل سوختی است، دلیل این امر آن است که پیل‌های واقعی الکتروشیمیایی داخل یک پیل سوختی به صورت ساکت کار می‌کنند. این سیستم فاقد ژنراتور، توربین و قطعات متحرک است و احتمالاً صدای کمی به علت پمپ‌های خنک‌کننده تولید می‌کند. توربین‌های میکرو نیز آلودگی صوتی پایینی دارند، اما موتورهای پیستونی، دارای

در میکرو توربین‌ها برای خنک‌کاری بخش‌های داغ حدود ۳۰۰ درصد هوا اضافه می‌شود. هوای اضافه شده باعث سوخت بهتر شده و تنها مقادیر کمی از اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن و هیدروکربورها منتشر می‌گردد.

سه دسته اصلی آلودگی در نیروگاه تولید هم‌زمان شامل آلودگی هوا، آلودگی صوتی و گرما می‌شود.

- دود: به‌طور کلی در محفظه احتراق با سوخت غنی^۱ ایجاد می‌شود. با داشتن یک ناحیه اولیه رقیق^۲ (سوخت فقیر) برطرف می‌شود. روش دیگر رفع آن، تأمین مقدار کافی هوا به اندازه بیش از حد غنی کردن نواحی^۳ (اشتعال درون محفظه) است.
- هیدروکربور (HC) و منواکسید کربن (CO): این دو آلاینده از طریق احتراق ناکامل ایجاد می‌شوند.
- اکسیدهای نیتروژن: محصول احتراق هر نوع سوختی هستند، اما میزان تولید آنان به عواملی چون دمای احتراق، فشار احتراق، نسبت سوخت به هوا و ... بستگی دارد. ۹۰ درصد NO و ۱۰ درصد از این اکسیدها را NO_2 تشکیل می‌دهد. دلیل اصلی آلاینده بودن این محصولات، سمی بودن آنهاست، همچنین باعث ایجاد دودمه^۴ در جو، تجزیه ازن و باران‌های اسیدی می‌-

- 1- Fuel-Rich
- 2- Leaner Primary Zone
- 3- Over Rich Zone
- 4- Smog

سروصدا بوده و استفاده از آن‌ها در محیط‌های مذکور نیازمند عایق کاری صوتی می‌باشد. همچنین توربین‌های بخار و موتورهای پیستونی بزرگ بسیار پر صدا بوده و برای محیط‌های مسکونی و تجاری مناسب نیستند. (۱۵)

جدول ۵- حد مجاز آلودگی صوتی (دسی بل db)

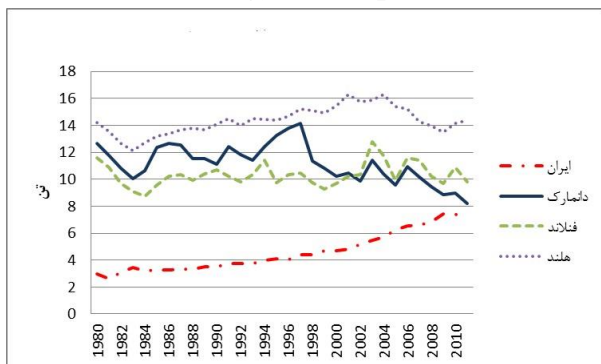
Table 5- Permissible noise of pollution limit (dB)

متوسط شب (۱۰ شب تا ۷ صبح)	متوسط روز (۷ صبح تا ۱۰ شب)	نوع کاربری	ردیف
۴۵	۵۵	مسکونی	۱
۵۰	۶۰	تجاری-مسکونی	۲
۵۵	۶۵	تجاری-اداری	۳
۶۰	۷۰	مسکونی صنعتی	۴
۶۵	۷۵	صنعتی	۵

* منبع: (۱۷)

نمودار ۴- سرانه دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی

Figure 4- Per capita carbon dioxide from energy consumption



* منبع بانک جهانی (۳)

در نمودار ۴ سرانه دی‌اکسید کربن منتشر شده مشاهده می‌شود. کشورهای دانمارک، فنلاند و هلند به عنوان کشورهای پیشرو در اجرای سیستم تولید هم‌زمان برای مقایسه با ایران در نظر گرفته شدند. مشاهده می‌شود روند آلاینده‌گی در دانمارک که جایگاه اول را در میان کشورهای جهان در خصوص استفاده از سیستم تولید

برای کاهش آلودگی صوتی سیستم‌های تولید هم‌زمان از یک بویلر بازیافت حرارتی صداگیر در دودکش استفاده می‌شود. به‌طور کلی میزان صدای یک سیستم تولید هم‌زمان حدود ۱۰۰ دسی‌بل در یک متری است که با استفاده از عایق صوتی به حدود ۷۰ کاهش می‌یابد. در موارد خاص نیز از محفظه‌هایی استفاده می‌شود تا صدای سیستم به حدود ۳۰ دسی‌بل در ۶۰ متری برسد. (۱۸)

انرژی گرمایی نیروگاه که به اتمسفر تخلیه می‌شود نوعی از آلاینده‌گی است. به‌طور کلی گرما، آلاینده‌ای ملایم شناخته شده و از آن چشم‌پوشی می‌کنند، با این وجود در مواردی مانند استفاده از آب رودخانه برای خنک‌کاری، گرمای خروجی تأثیر بزرگی بر محیط زیست دارد. (۱۵)

همان‌طور که پیش‌تر اشاره شد، عمده‌ترین حوزه آلاینده‌گی نیروگاه آلودگی هوا و انتشار گاز دی‌اکسید کربن می‌باشد. آلاینده‌های هوا از طرفی مشکلات تنفسی ایجاد می‌کنند، از طرفی باعث تحریک، سوزش و کاهش دید چشم می‌شوند و از طرف دیگر منجر به بیماری‌های پوستی و سرطانی می‌شوند.

هم‌زمان به واسطه کاهش مصرف سوخت آلاینده‌گی ناشی از تولید برق و حرارت کاهش خواهد یافت.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

افزایش جمعیت جهان، گسترش کاربردهای تکنولوژی‌ها در زندگی مردم که منجر به مصرف هرچه بیشتر سوخت‌های فسیلی و در نتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی بیشتر محیط زیست شده، از دلایل افزایش روزافزون حساسیت بر مسائل زیست‌محیطی است. پس از هشدار مجامع علمی در کنوانسیون تغییر آب‌وهوای ملل متحد، توافقی بر اجرای اصولی برای جلوگیری از انتشار گازهای آلاینده صورت گرفت و در پروتکل کیوتو با تصویب راهکار اجرایی شدن این پروتکل، سازوکار توسعه پاک به طور جدی مطرح و پیگیری شد. در این مقاله پس از بررسی ابعاد مسائل زیست‌محیطی در رابطه با مکانیسم توسعه پاک، روش‌شناسی انجام ارزیابی مربوط به آن در حوزه صنعت برق به عنوان یک صنعت پرکاربرد و یک عامل مهم در توسعه کشورها بررسی شد. این صنعت در دو مرحله ساخت نیروگاه و تولید برق دارای آلودگی‌های خاص محیط زیستی است که برای کاهش آن راه‌کارهایی از جمله آموزش نیروی انسانی، عایق‌کاری و استفاده از تکنولوژی‌های نوین وجود دارد.

یکی از تکنولوژی‌های رو به گسترش در دنیای امروز استفاده از سیستم تولید هم‌زمان برق و حرارت است. با استفاده از این سیستم کارایی تولید افزایش یافته و مصرف سوخت‌های فسیلی به کمتر از نصف کاهش می‌یابد. بررسی‌ها نشان می‌دهد کشورهایی چون دانمارک که در سال‌های اخیر به استفاده هرچه بیشتر از این سیستم روی آورده‌اند در کاهش انتشار آلاینده کارنامه قابل قبول‌تری داشته‌اند.

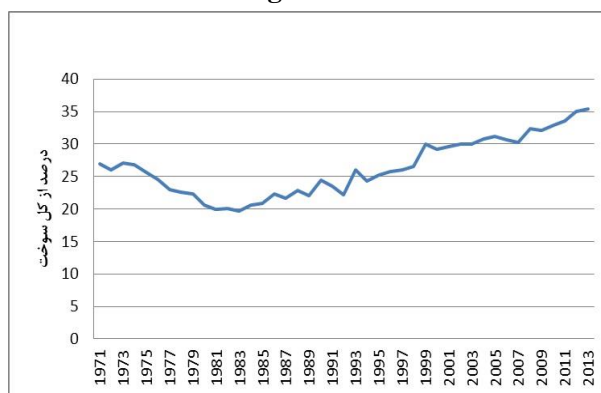
سرانه دی‌اکسید کربن (از مهم‌ترین منابع آلاینده نیروگاه) ناشی از مصرف انرژی در ایران طی سال‌های گذشته روندی فزاینده داشته است، همچنین انتشار گازهای گلخانه‌ای ایران روندی فزاینده

هم‌زمان دارد از حوالی سال ۲۰۰۶ نزولی بوده است. این روند برای کشورهای هلند و فنلاند نیز کمابیش به همین صورت بوده است. کاهش آلاینده‌گی می‌تواند دلایل مختلفی داشته باشد اما گسترش سیستم تولید هم‌زمان در کشورهای فوق بدون شک عامل مؤثری در کاهش آلاینده‌گی بوده است، چرا که مصرف جداگانه انرژی برای تولید حرارت را کاهش داده و از ایجاد آلاینده‌گی به شدت می‌کاهد. برخلاف کشورهای مذکور روند آلاینده‌گی در ایران در سال‌های اخیر صعودی بوده و به نظر می‌رسد کارایی زیست-محیطی مصرف انرژی در ایران کارنامه چندان مثبتی نداشته است.

نمودار ۵- دی‌اکسید کربن ناشی از تولید برق و حرارت در

ایران

Figure 5- Carbon dioxide from electricity and heat generation in Iran



* منبع بانک جهانی (۳)

در نمودار ۵ به طور خاص دی‌اکسید کربن تولید شده ناشی از تولید برق و حرارت در ایران مشاهده می‌گردد. این روند در سال‌های گذشته همواره صعودی بوده و در سال ۲۰۱۳ معادل ۳۵٫۵ درصد از کل سوخت دی‌اکسید کربن تولید شده است. با فرض عدم بهبود زیست‌محیطی نیروگاه‌ها و فرآیندهای تولید برق و حرارت در کشور، با گسترش هرچه بیشتر نیروگاه‌های تولید

6- Mohammadi, Seyed Abolfazl, Khoshkharesh, Mohammad Taghi, Kazemizad, Leila and Asghari, Mojgan; (1390); Investigating the role of Clean Development Mechanism (CDM) projects; Fifth National Conference and Specialized Exhibition of Environmental Engineering; Tehran: Iranian Society of Environmental Engineering (In Persian).

7- www.climate-change.ir

8- www.Vista.ir

9- Summary of IPCC guidelines, National Bureau of Climate Change (In Persian).

10- Gurba, L.; (2006); Sustainable Energy Future Contribution Of Australian Coal; Melbourne.

11- Guinee, J. B.; (2002); Handbook on Life Cycle Assessment, Operational Guide to the ISO; Standards; Netherlands: Leiden University.

12- Kargari, Narges and Mastouri, Reza (1389); The place of life cycle assessment in the study of the environmental effects of agricultural activities; Tehran National Conference on Agricultural Waste and Waste Management: Agricultural Education and Extension Research Organization (In Persian).

13- Weisser, D.; (2007); A Guide To Life Cycle Greenhouse Gas (GHG) Emissions From Electric Supply Technologies; Austria: PESS/IAEA.

14- Saeedi, Mohsen; (1384); Environmental management of power plants; First Edition, Tehran: Ministry of Energy (In Persian).

15- Breeze, Powell; (2005); Power generation technologies; Translated by

داشته و علاوه بر آن طی سال‌های گذشته سهم آن در میان کشورهای جهان افزایش یافته است.

با توجه به آنچه بیان شد موارد زیر توصیه می‌گردد: سرمایه‌گذاری بر مسأله آموزش مفهوم سازوکار توسعه پاک و روش‌های استفاده از آن برای فعالین حوزه صنعت برق؛ سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌ها در راستای کاهش آلاینده‌گی؛ گسترش سیستم تولید هم‌زمان در راستای منافع فنی و زیست‌محیطی.

منابع

1- Nouri Najafi, Seyed Ghasem and Sedighi, Amir Abbas; (1387); Technology transfer through clean development mechanism; Technology Development Quarterly: No. 17, pp. 26-18. (In Persian)

2- Ansari Samani, Najmeh; (1392); Economic evaluation of the implementation of clean development mechanism in Iran's oil and gas industry (case study of associated gas collection plan in selected fields); Master's thesis; Tehran: Allameh Tabatabai University. (In Persian)

3- www.worldbank.org

4- Atabi, Farideh, Danesfaleh, Ramin, Sojudi, Hanieh and Safari, Sasan; (1388); Clean Development Mechanism (CDM); Tehran: Public Relations of Fuel Consumption Optimization Company, National Iranian Oil Company. (In Persian)

5- Abbasi, Ibrahim and Sajjadian, Faezeh Al-Sadat; (1391); Wind power and clean development mechanism; First Edition, Tehran: Tadbir Smart Publications. (In Persian)

- Journal of environmental science & policy 12, 820-831.
- 22- Liu. X., 2010, "Extracting the resource rent from the CDM projects: Can the Chinese Government do better?" Journal of Energy Policy 38, 1004 -1009.
- 23- Schneider. M. Holzer, A. and Hoffmann, H., 2008 "Understanding the CDM's contribution to technology transfer" Journal of Energy Policy 36, 2930-2938.
- Nader Rafi'iskhaei; (1386); First Edition, Tehran: Sotoudeh Publications (In Persian).
- 16- Kiameh, Philip; (2003); Electricity generation; Translated by Nader Rafiei Sakhaei; (1386); First Edition, Tehran: Institute of Higher Education, Applied Science, Water and Power Industry (In Persian).
- 17- Reports of the Ministry of Energy (In Persian).
- 18- Miri, Motaleb, Bayati, Gholamreza and Zarbakhsh, Mohammad Hassan; (1383); Introduction to co-generation systems; First Edition, Tehran: Ministry of Energy, Energy Efficiency Organization (In Persian).
- 19- Pakdin, Javad, Salehi, Gholamreza, Haghdoost, Ehsanullah and Hamedi, Mohammad Hussein; (1388); Environmental economic assessment of Mashhad power plant CHP project; Tehran: The Second International Environmental Symposium (In Persian).
- 20- Raisi, Mohammad Ibrahim and Arezoo Kianfar; "Utilizing the opportunities of Clean Development Mechanism (CDM) in hydropower plants", International Journal of Energy Education, Research and Analysis, No. 23, 2010, p. 44. Ahadi, Mohammad Sadegh; "Effects of Greenhouse Gas Emissions on CDM Projects", Energy Economics Studies, Year 3, Issue 9, 2007, pp. 104-93 (In Persian).
- 21- Boyd. E, et al, 2009, "Reforming the CDM for sustainable development: lessons learned and policy futures"