

تعیین فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور و مقایسه آن با کشورهای آمریکای شمالی

سعید نظری^{*}^۱، امیر سهرابی کاشانی^۱، سوسن داوری^۱، زهرا دلاور مقدم^۱

تاریخ دریافت مقاله:

۸۸/۵/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله:

۸۸/۸/۱۲

کلمات کلیدی:

فاکتور انتشار، گازهای حاصل از احتراق، نیروگاه‌های سوخت فسیلی، مشخصات بهره‌برداری نیروگاه

در این مقاله فاکتور انتشار (NO_x , CO_2 , SO_2) خروجی از نیروگاه‌های کشور ارائه شده است. فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق برای ۵۰ نیروگاه بخار، گازی و سیکل ترکیبی با ظرفیت ۳۴۸۶۳ مگاوات بر اساس مشخصات بهره‌برداری نیروگاه مشتمل بر ظرفیت تولید، نوع و میزان سوخت مصرفی و تغییرات آن، مشخصات دودکش، آنالیز گازهای حاصل از احتراق و مشخصات فیزیکی گاز دودکش بر حسب g/kWh محاسبه شده و با میانگین گیری وزنی بر اساس انرژی الکتریکی تولیدی بر حسب kWh در هر نیروگاه و با در نظر گرفتن کل انرژی الکتریکی تولیدی در نیروگاه‌های سوخت فسیلی، نیروگاه‌های برق آبی و نیروگاه‌های بادی، فاکتور انتشار گازهای مذکور تعیین شده است. فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور برای گاز CO_2 g/kWh , SO_2 g/kWh , NO_x g/kWh , NO_x g/kWh , CO_2 g/kWh و گاز SO_2 g/kWh سپس مقایسه‌ای بین این مقادیر و فاکتور انتشار گازهای مذکور در حوزه کشورهای آمریکای شمالی انجام شده است. در صورت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی برق آبی و انرژی هسته‌ای و همچنین افزایش راندمان نیروگاه‌ها استفاده از سیستم‌های پایش مداوم و سیستم‌های کاهش آلینده‌های (خروچی از دودکش) نیروگاه‌ها، فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه‌های کشور به شدت کاهش می‌یابد.

مقدمه

انقلاب صنعتی و رشد روز افزون صنایع مختلف موجب تولید و انتشار آلاینده‌های گازی و گازهای گلخانه ای شده است. اندازه‌گیری غلظت گازهای خروجی از دودکش و محاسبه دبی گاز خروجی از آن موجب تعیین میزان جرم آلاینده‌های خروجی در واحد زمان می‌شود. بر اساس قوانین استاندارد هوای پاک، بررسی میزان انتشار آلاینده‌های خروجی از صنایع یکی از راه‌های تشخیص و اندازه‌گیری کیفیت هوا محسوب می‌شود. بدین منظور فاکتور انتشار مورد محاسبه و ارزیابی قرار گرفته و یک ابزار کاربردی و اساسی در دست مدیران جهت کنترل کیفیت هواست. فاکتور انتشار و برآورد مقدار آن برای مدیریت کیفیت هوا ابزار کلیدی محسوب شده و تخمین میزان نشر برای توسعه راهکارهای کنترل انتشار بسیار مهم است. این فاکتور عموماً بر اساس جرم آلاینده تولیدی بخش بر محصول یا ماده اولیه (واحد وزن، حجم، فاصله، انرژی تولیدی یا زمان انتشار آلاینده) بیان می‌شود. به عنوان مثال در یک صنعت که از زغال‌سنگ برای تولید انرژی استفاده می‌کند، میزان انتشار ذرات معلق بر حسب کیلوگرم به ازای هر مگاگرم زغال‌سنگ سوخته شده بیانگر فاکتور انتشار ذرات معلق خروجی از آن صنعت است.

در نیروگاه‌ها فاکتور انتشار بر حسب میزان جرم آلاینده‌های تولیدی یا گازهای حاصل از احتراق بر حسب انرژی الکتریکی تولیدی یا انرژی حرارتی مورد استفاده بیان می‌شود. به طور کلی معادله تخمین انتشار به شرح زیر است [۱]:

$$E = A \times EF \times \left(1 - \frac{ER}{100}\right) \quad (1)$$

E = میزان انتشار آلاینده (مقدار جرم آلاینده)

A = نرخ فعالیت (میزان تولید واحد صنعتی، به طور مثال تناز تولیدی سیمان یا کیلووات ساعت برق تولیدی)

EF = فاکتور انتشار (مقدار جرم آلاینده منتشره به ازای میزان محصول تولیدی یا نرخ فعالیت)

ER = درصد کلی کاهش انتشار بوده و در صورت عدم استفاده از سیستم‌های کاهش آلاینده این مقدار صفر است. برای محاسبه فاکتور انتشار روش‌های مختلفی نظری پایش مداوم، روش موازنۀ مواد، مدل سازی و چند روش دیگر وجود دارد. پایش مداوم، بهترین روش است و به طور کامل میزان و نحوه انتشار را مشخص می‌کند، اما هزینه اجرایی زیادی دارد. بدین منظور از روش موازنۀ مواد استفاده می‌شود که ضریب اطمینان زیاد و هزینه کمتری نسبت به پایش مداوم، ولی کاربرد آن محدود است. برای حل این مشکلات متخصصان به دنبال روش‌هایی‌اند که با هزینه کمتر، اطمینان لازم را جهت محاسبه فاکتور انتشار فراهم آورند. استفاده از روش‌های مدل‌سازی و نرم افزارهای نگارش یافته در این زمینه جهت محاسبه فاکتور انتشار و استفاده بلند مدت از آن کاربرد بسیار زیادی

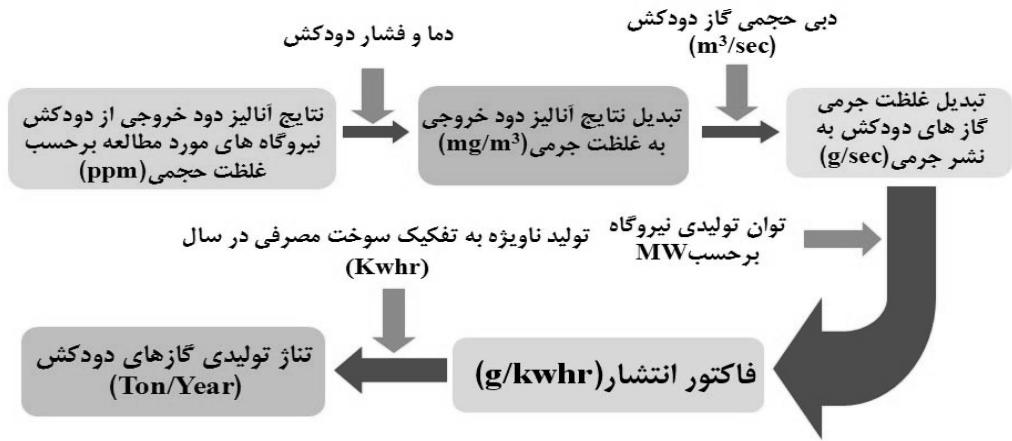
دارد. این روش دارای هزینه اجرایی کم و قابلیت اطمینان زیاد است و در صنایع و مناطقی که امکان اندازه‌گیری وجود ندارد کاربرد زیادی دارد.^[۲]

مبنای انجام محاسبه تعیین فاکتور انتشار گازهای CO_2 , NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه‌های کشور

جهت تعیین فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق خروجی از نیروگاه‌های کشور پژوهشگاه نیرو و با کارفرمایی شرکت توانیر در فاصله سال‌های ۱۳۸۷ تا ۱۳۸۴ اجرا گردید. در این پژوهه ۵۰ نیروگاه حرارتی کشور با ظرفیت ۳۴۸۶۳ مگاوات متشکل از نیروگاه‌های بخار، گازی و سیکل ترکیبی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفت. ابتدا سیستم‌های اصلی و جانبی نیروگاه‌های حرارتی در رابطه با منابع تولید آلدگی شناسایی شد. در این ارتباط سیستم‌های پاشش سوخت، نوع دیگ بخار یا بویلر و مشخصات مشعل‌ها، مشخصات محفظه احتراق، سیستم کنترل احتراق، سیستم میزانهای آب و بخار، قطر و ارتفاع دودکش و سیستم پایش آلینده‌ها مورد مطالعه قرار گرفت.^[۲]

مرحله بعد، غلظت حجمی آلینده‌های منتشر شده گازی بر حسب ppm برای انواع واحد‌های هر نیروگاه به تفکیک فصل و تعییر سوخت در بار کامل اندازه‌گیری شده و با توجه به ساعت‌کار کرد واحدها در سال، فاکتور انتشار واقعی گازهای NOx , SO_2 و CO_2 در هر یک از واحد‌های ۵۰ نیروگاه مورد بررسی بر حسب gr/kWh, به انضمام میزان کل آلدگی منتشر شده از هر واحد نیروگاهی در سال، محاسبه گردید. فاکتورهای انتشار آلینده‌های نیروگاه‌ها برای اولین بار در کشور از طریق اندازه‌گیری و انجام محاسبه به دست آمد که می‌تواند مأخذ بسیار دقیقی برای انجام محاسبات مربوط به طرح‌های توسعه آتی نیروگاه‌های کشور باشد.^[۲]

برای اجرای این مرحله با توجه به تعییر سوخت از گاز به مازوت در نیروگاه‌های بخار و از گاز به گازوئیل در نیروگاه‌های گازی و سیکل ترکیبی در زمان مناسب به هریک از نیروگاه‌های اشاره شده مراجعه شده است. در این گزارش نتایج حاصل از اندازه‌گیری گازهای حاصل از احتراق شامل گازهای NOx , SO_2 و CO_2 ارائه شده و با توجه به روابط ترمودینامیک حاکم بر گازها و موازنۀ جرمی محصولات احتراق، غلظت این گازها در محیط نرم افزار EXCEL پردازش شده و خروجی این نرم‌افزار شامل غلظت جرمی گازهای حاصل از احتراق، میزان انتشار و فاکتور انتشار هریک از این گازها تعیین شده است. در شکل (۱) مراحل تعیین و محاسبه فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه‌های کشور ارائه شده است.^[۲]



شکل ۱: مراحل تعیین و محاسبه فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه های کشور [۱]

ارائه فاکتور انتشار گازهای CO_2 , NOx , CO_2 و SO_2 خروجی از نیروگاههای کشور به تفکیک تیپ های نیروگاهی

در جداول (۱) تا (۳) فاکتور انتشار گاز های CO_2 , NOx و SO_2 خروجی از نیروگاههای کشور به تفکیک تیپ های نیروگاهی ارائه شده است. همانطور که از این جداول مشخص است با افزایش راندمان فاکتور انتشار گاز CO_2 کاهش می یابد. متوسط راندمان نیروگاه های بخار، توربین گازی و سیکل ترکیبی مطابق آمار تفصیلی صنعت برق کشور در سال ۱۳۸۶ به ترتیب $36/2$ درصد، $28/2$ درصد و $42/3$ درصد است. بنابراین، نیروگاه های سیکل ترکیبی دارای بیشترین راندمان تولید انرژی الکتریکی و در نتیجه کمترین فاکتور انتشار گاز CO_2 است. در مورد آلاینده NOx علاوه بر راندمان، بود و نبود سیستم های متداول کاهش این آلاینده مانند سیستم های کاتالیستی، مشعل های پیش اختلاط نظیر مشعل (LNB) در نیروگاه های بخار و مشعل (Dry Low NOx) در نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی در تعیین میزان فاکتور انتشار این آلاینده سهیم اند [۱, ۲].

طبق بررسی ها و محاسبات انجام شده در پژوهه تدوین اطلس آلودگی نیروگاه های کشور، فاکتور انتشار آلاینده NOx در نیروگاههای توربین گازی در حالت گاز سوز با وجود راندمان کمتر نسبت به نیروگاه های بخار و سیکل ترکیبی، کمتر است و دلیل آن تجهیز نیروگاه های توربین گازی به مشعل های DLN است. در این وضعیت مجهز بودن نیروگاهها به سیستم های کاهش این آلاینده بسیار موثرتر از نقش افزایش راندمان آنهاست. $26/7$ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه های سیکل ترکیبی و $71/4$ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاههای توربین گازی کشور مجهز به مشعل

DLN در حالت گاز سوز است. هیچیک از نیروگاه های بخار هنگام مصرف سوخت گاز دارای سیستم کاهش آلینده NOx نیست [۲].

در حالت استفاده از سوخت مایع فقط ۳/۷ درصد از کل ظرفیت نیروگاهی کشور مجهز به سیستم کاهش آلینده NOx است. بنابراین، در حالت کلی در هنگام استفاده از سوخت مایع تیپ های نیروگاهی با راندمان تولید انرژی الکتریکی بیشتر، دارای کمترین فاکتور انتشار این آلینده است، به جز نیروگاه های بخار، زیرا در این نیروگاه ها از سیستم GRFan (Gas Recirculation Fan) در هنگام بهره برداری با سوخت سنگین (مازوت) استفاده می نمایند. استفاده از GRFan موجب کاهش فاکتور انتشار آلینده NOx در نیروگاه های بخار در مقایسه با نیروگاه های سیکل ترکیبی در هنگام مصرف سوخت مایع خواهد شد. ۱۸/۵ درصد از ظرفیت نیروگاه های بخار در کشور قادر سیستم GRFan است [۲].

فاکتور انتشار آلینده SO_2 در نیروگاه های بخاری با توجه به اینکه مازوت مصرفی در این نیروگاهها به طور متوسط حاوی ۲/۵ درصد وزنی گوگرد است بسیار بیشتر از فاکتور انتشار این آلینده در نیروگاه های توربین گازی و سیکل ترکیبی است. گازوئیل مصرفی در این نیروگاهها بین ۰/۵ تا ۱ درصد وزنی است. هیچیک از نیروگاه های کشور مجهز به سیستم کاهش این آلینده نیست [۲].

همانطور که در جدول (۱) وارد شده، متوسط فاکتور انتشار این آلینده در نیروگاه های بخار در کشور gr/kWh ۱۵/۲۷ است پراکندگی این آلینده در آتمسفر با توجه به وضعیت هواشناسی و کلاس پایداری هوا و توپوگرافی منطقه دارای الگوهای مختلفی است. در فصل زمستان با توجه به اینکه ارتفاع اختلاط بسیار کمتر از فصول دیگر سال است، رقیق سازی این آلینده در اتمسفر به خوبی صورت نمی گیرد، از این رو مناطق شهری و روستایی اطراف نیروگاه و خطوط انتقال و توزیع و سایر تجهیزات نیروگاهی از آن متأثر می گردد. با توجه به شکل (۲)، ۲۵/۹۱ درصد از برق کشور از سوخت های مایع نظیر مازوت و گازوئیل تأمین می شود. جایگزینی سوخت های مایع با گاز طبیعی و با در نظر گرفتن ظرفیت های کشور به عنوان دومین دارنده ذخایر گاز طبیعی جهان موجب کاهش فاکتور انتشار گاز آلینده SO_2 خروجی از نیروگاه های کشور خواهد شد [۲].

جدول ۱: میانگین فاکتور انتشار گاز های CO_2 , NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه های بخار در کشور [۲]

SO_2 (gr/kWh)	NOx (gr/kWh)	CO_2 (g/kWh)	نوع سوخت
.	۲/۶۹۴	۶۳۳	گاز
۱۵/۲۷۶	۲/۵۱۹	۱۰۲۵	مازوت

جدول ۲: میانگین فاکتور انتشار گاز های CO_2 , NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه های توربین گازی کشور [۲]

SO_2 (gr/kWh)	NOx (gr/kWh)	CO_2 (gr/kWh)	نوع سوخت
.	۱/۹۰۷	۷۸۲	گاز
۳/۸۴۲	۵/۷۹۲	۱۰۴۸	مازوت

جدول ۳: میانگین فاکتور انتشار گاز های CO_2 , NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه های توربین گازی کشور [۲]

SO_2 (gr/kWh)	NOx (gr/kWh)	CO_2 (gr/kWh)	نوع سوخت
.	۲/۲۹۵	۴۵۰	گاز
۲/۳۲۵	۳/۷۸۲	۶۲۲	مازوت

مقایسه فاکتور انتشار و تناثر تولیدی گاز های CO_2 , NOx و SO_2 خروجی از نیروگاه های کشور با کشور های حوزه آمریکای شمالی

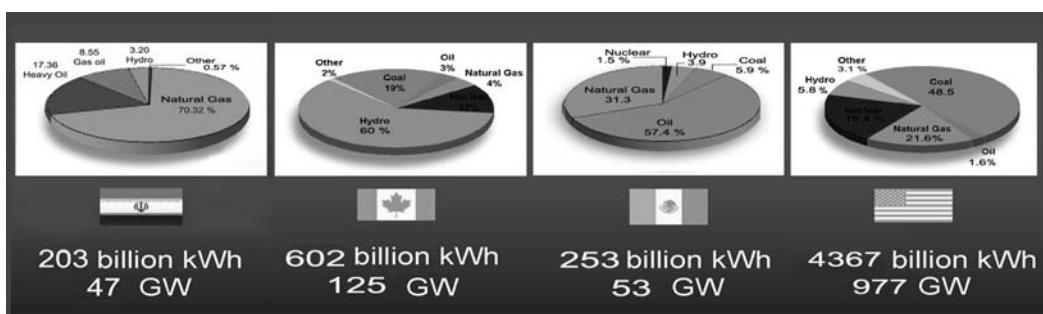
میانگین فاکتور انتشار گاز های خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی کشور (با در نظر گرفتن سهم تولید انرژی الکتریکی توسط نیروگاه های برق آبی و توربین بادی) برای گاز CO_2 , 640 gr/kWh , SO_2 , $2/75 \text{ gr/kWh}$, NOx , $2/4 \text{ gr/kWh}$ ، گاز CO_2 , NOx و گاز SO_2 محاسبه و برآورد شده است. در صورت استفاده بیشتر از انرژی های تجدید پذیر، انرژی برق آبی و انرژی هسته ای و همچنین افزایش راندمان نیروگاهها، استفاده از سیستم های پایش مداوم و سیستم های کاهش آلاینده های خروجی از دودکش نیروگاه ها این فاکتور های انتشار به شدت کاهش می یابد، برای نمونه در کانادا که ظرفیت عمله تولید برق آن از انرژی برق آبی (61%) و انرژی هسته ای (12%) است، فاکتور انتشار گاز CO_2 , 220 gr/kWh , NOx , 10.8 gr/kWh , SO_2 , 0.45 gr/kWh است [۲.۵].

همانطور که در شکل های (۲)، (۳) و جدول (۴) مشاهده می شود، درصد بسیار زیاد مصرف گاز در نیروگاه های کشور موجب کاهش فاکتور انتشار کل در نیروگاه های کشور علی رغم عدم استفاده از سیستم های کاهش آلاینده ها و پایین بودن راندمان نیروگاه های کشور نسبت به نیروگاه های کشورهای آمریکای شمالی شده است. با توجه به وجود ۴ درصد وزنی گوگرد در سوخت مایع مورد استفاده در نیروگاه های کشور مکزیک و عدم استفاده از سیستم های متداول کاهش آلاینده SO_2 ، متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های مکزیک بسیار بیشتر از متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه های ایران شده است [۲.۵].

در آمریکا به دلیل اجرای برنامه باران اسیدی و نصب سیستم های کاهش آلاینده و افزایش راندمان نیروگاهها، متوسط فاکتور انتشار گازهای حاصل از احتراق کمتر از نیروگاه های ایران است. بر اساس این برنامه که از سال ۱۹۹۵ اجرا شده، سقف مشخصی از انتشار برای کلیه نیروگاهها در نظر گرفته می شود و سهم معینی از این مقدار به عنوان سهمیه انتشار یک نیروگاه تخصیص داده می شود. این سهمیه ها بر اساس میزان انرژی حرارتی ورودی به نیروگاه تعیین می شود. در سال اول این برنامه سقف انتشار گاز SO_2 ۱۱/۹ میلیون تن در سال بوده است که در سال ۲۰۰۳ به مقدار ۱۰/۶ میلیون تن در سال کاهش داده شد. طبق این برنامه سقف انتشار این آلاینده در سال ۲۰۱۰ باید به میزان ۸/۹۵ میلیون تن در سال برسد که این مقدار ۱۰ میلیون تن از انتشار نیروگاهها در سال ۱۹۸۰ است. استفاده از فناوری های جدید کاهش این آلاینده موجب عملی شدن این برنامه خواهد شد [۴].

همانطور که در شکل های (۴) و (۵) مشاهده می شود، سهم انرژی های نو و انرژی هسته ای در تولید برق آمریکا و کانادا در حال افزایش است. به این ترتیب فاکتور انتشار ملی این دو کشور در حوزه تولید انرژی الکتریکی در سال های آینده به دلیل پاک بودن انرژی های نو، کاهش می یابد. نکته قابل تأمل دیگر در این نمودارها رشد اندک تولید انرژی الکتریکی در آمریکا و کانادا تا سال ۲۰۳۰ است. علت آن کاهش مصرف انرژی الکتریکی و بهبود بهره وری انرژی الکتریکی است. بنابر این، صرفه جویی و بهبود بهره وری انرژی الکتریکی، بطور غیر مستقیم موجب کاهش فاکتور انتشار گازهای خروجی از دودکش نیروگاهها خواهد شد [۶,۷].

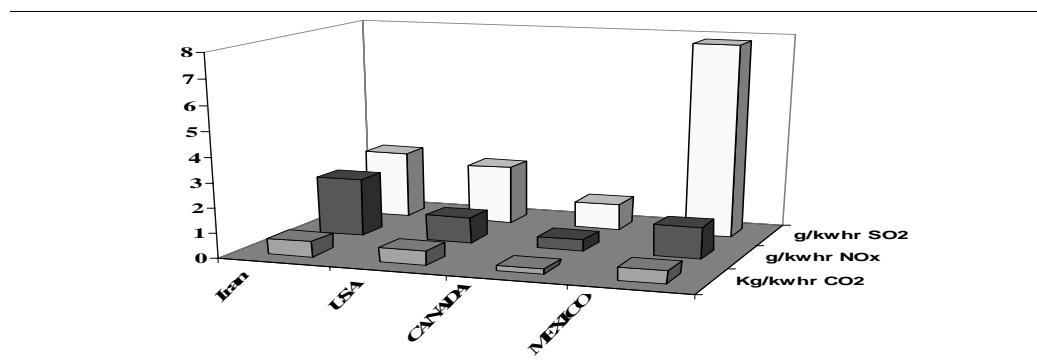
در ایران نیز مطابق شکل (۶) توسعه ظرفیت نیروگاه های برق آبی، هسته ای و انرژی های تجدید پذیر هم هنگام با کاربرد سیستم های کاهش آلاینده های SO_2 و NOx خروجی از نیروگاه های سوخت فسیلی موجب کاهش فاکتور انتشار ملی در حوزه تولید انرژی الکتریکی خواهد شد. با توسعه نیروگاه های زغال سنگ سوز تا سال ۱۴۰۴ علاوه بر آلاینده های ذکر شده فاکتور انتشار جیوه (Hg) نیز باید تحت کنترل قرار گیرد. صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی در کشور ایران موجب کاهش تقاضا و در نتیجه کاهش تولید و در نهایت کاهش انتشار آلاینده های گازی در کشور خواهد



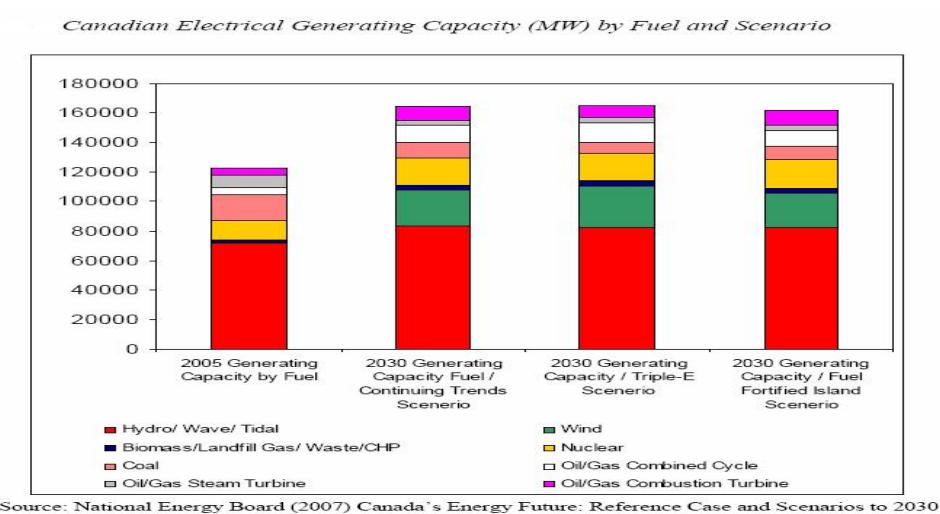
شکل ۲: سهم سوخت های فسیلی و سایر انرژی های متداول در تولید برق کشور های آمریکای شمالی و ایران در سال های ۲۰۰۶-۲۰۰۷

جدول ۴: فاکتور انتشار گازهای حاصل از اختراق با در نظر گرفتن کلیه روش‌های تولید برق در مقایسه با کشورهای آمریکای شمالی [۲]

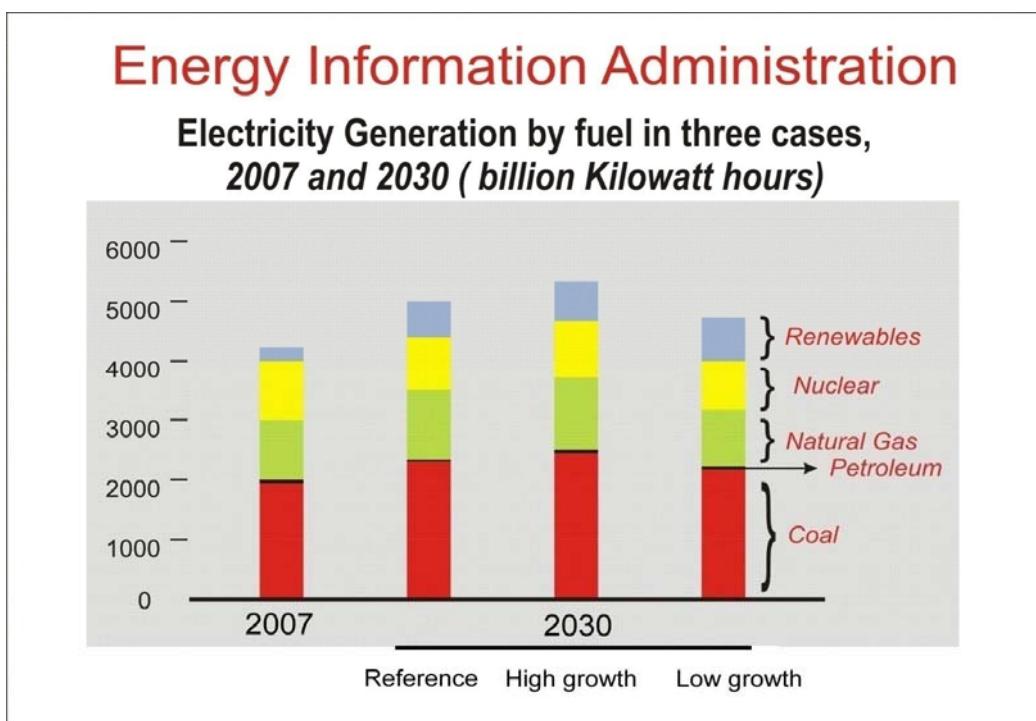
کشور	CO ₂ (g/kWh)	NOx (gr/kWh)	SO ₂ (gr/kWh)
ایران	۶۴۰	۲/۴	۲/۷۵
آمریکا	۵۸۰	۱/۰۴	۲/۳۸
کانادا	۲۲۰	۰/۴۵	۱/۰۸
مکزیک	۵۰۰	۱/۲۶	۷/۸۳



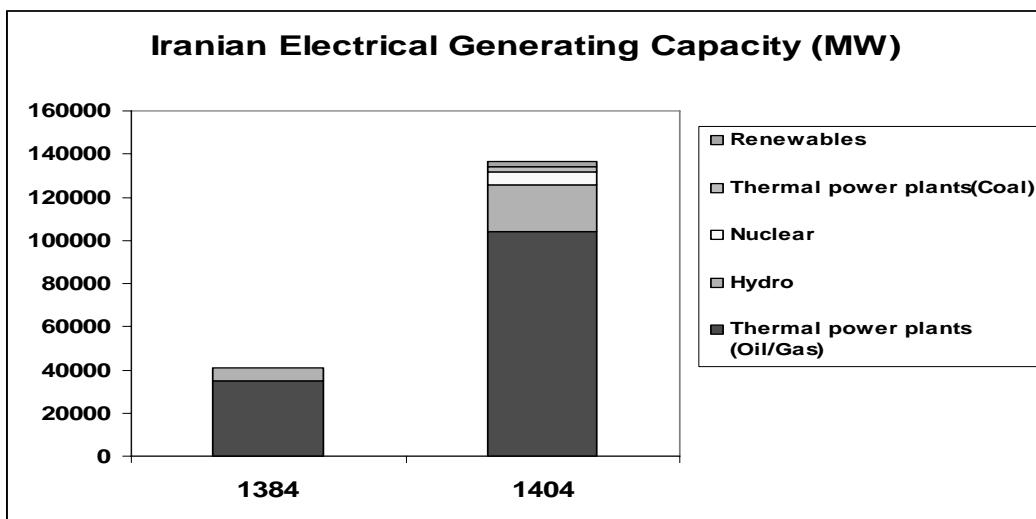
شکل ۳: فاکتور انتشار گازهای حاصل از اختراق با در نظر گرفتن کلیه روش‌های تولید برق در مقایسه با کشورهای آمریکای شمالی [۱]



شکل ۴: ظرفیت نصب شده نیروگاهی در سال ۲۰۰۵ در کانادا و پیش‌بینی وضع تولید برق آن کشور در سال ۲۰۳۰ و افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر و برق آبی در تولید برق [۶]



شکل ۵: تولید برق در سال ۲۰۰۷ در آمریکا و پیش‌بینی تولید آن در سال ۲۰۳۰ [۷]



شکل ۶: ظرفیت نصب شده نیروگاهی در سال ۱۳۸۴ در ایران و پیش‌بینی وضع تولید برق در سال ۱۴۰۴ [۳]

نتیجه گیری

میانگین فاکتور انتشار گازهای خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی کشور (با در نظر گرفتن سهم تولید نیروگاه‌های برق آبی و توربین بادی) برای گاز CO_2 640 gr/kWh ، SO_2 $2/75 \text{ gr/kWh}$ و گاز NOx $2/4 \text{ gr/kWh}$ محاسبه و برآورد شده است.

در صورت استفاده بیشتر از انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی برق آبی و انرژی هسته‌ای و نیز افزایش راندمان نیروگاه‌ها، استفاده از سیستم‌های پایش مداوم و سیستم‌های کاهش آلاینده‌های خروجی از دودکش نیروگاه‌ها، فاکتورهای انتشار به شدت کاهش می‌یابد. برای نمونه در کانادا که عمدۀ ظرفیت تولید برق آن از انرژی برق آبی (61%) و انرژی هسته‌ای (12%) است، فاکتور انتشار گاز CO_2 220 gr/kWh ، SO_2 $1/08 \text{ gr/kWh}$ و گاز NOx 45 gr/kWh است.

با افزایش راندمان فاکتور انتشار گاز CO_2 کاهش می‌یابد. در مورد آلاینده NOx علاوه بر راندمان، بود و نبود سیستم‌های متداول کاهش این آلاینده مانند سیستم‌های کاتالیستی، مشعل‌های پیش اختلاط نظیر مشعل LNB در نیروگاه‌های بخاری و مشعل DLN در نیروگاه‌های توربین گازی و سیکل ترکیبی در تعیین میزان فاکتور انتشار این آلاینده مشارکت دارند.

تجهیز نیروگاه‌ها به سیستم‌های کاهش آلاینده بسیار موثرتر از نقش افزایش راندمان آنهاست. $26/7$ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های سیکل ترکیبی و $71/4$ درصد از ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های توربین گازی کشور مجهز به مشعل DLN در حالت گاز سوز است. هیچیک از نیروگاه‌های بخاری کشور در هنگام مصرف سوخت گاز دارای سیستم کاهش آلاینده NOx نیست. در حالت استفاده از سوخت مایع فقط $3/7$ درصد از کل ظرفیت نیروگاهی کشور مجهز به سیستم کاهش آلاینده NOx است. در حالت کلی، در هنگام استفاده از سوخت مایع تیپ‌های نیروگاهی با راندمان تولید انرژی الکتریکی بیشتر، دارای کمترین فاکتور انتشار این آلاینده است. به جز نیروگاه‌های بخار، که از سیستم GRFan در هنگام بهره برداری با سوخت سنگین (مازوت) استفاده می‌کنند، این مورد موجب کاهش فاکتور انتشار آلاینده NOx در نیروگاه‌های بخار در مقابل نیروگاه‌های سیکل ترکیبی در هنگام مصرف سوخت مایع خواهد شد. $18/5$ درصد از ظرفیت نیروگاه‌های بخار کشور قادر GRFan است.

فاکتور انتشار آلاینده SO_2 در نیروگاه‌های بخار با توجه به این که مازوت مصرفی در این نیروگاه‌ها به طور متوسط حاوی $2/5$ درصد وزنی گوگرد است، بسیار بیشتر از فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه‌های توربین گازی و سیکل ترکیبی

است. گازوئیل مصرفی در این نیروگاه‌ها بین ۰/۵ تا ۱ درصد وزنی است. هیچیک از نیروگاه‌های کشور مجهز به سیستم کاهش این آلاینده نیست.

متوسط فاکتور انتشار این آلاینده در نیروگاه‌های بخار $15/27 \text{ gr/kWh}$ است. پراکندگی این آلاینده در آتمسفر با توجه به وضعیت هواشناسی و کلاس پایداری هوا و تپوگرافی منطقه دارای الگوهای مختلفی است. در فصل زمستان با توجه به این که ارتفاع اختلاط بسیار کمتر از فصول دیگر سال است، رقیق سازی این آلاینده در آتمسفر به خوبی صورت نمی‌گیرد، از این رو مناطق شهری و روستایی اطراف نیروگاه و خطوط انتقال و توزیع و سایر تجهیزات نیروگاهی از آن متأثر می‌گردد.

سهیم انرژی‌های نو و انرژی‌های استهایی در تولید برق کشورهای آمریکا و کانادا در حال افزایش است. به دین ترتیب، فاکتور انتشار ملی این کشورها در حوزه تولید انرژی الکتریکی در سال‌های آینده به دلیل پاک بودن انرژی‌های نو، کاهش می‌یابد. صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی و بهبود بهره وری انرژی، موجب کاهش فاکتور انتشار گازهای خروجی از دودکش نیروگاه‌ها خواهد شد. درصد بسیار زیاد مصرف گاز در نیروگاه‌های کشور موجب کاهش فاکتور انتشار کل در نیروگاه‌های کشور علیرغم عدم استفاده از سیستم‌های کاهش آلاینده‌ها و پایین بودن راندمان نیروگاه‌های کشور نسبت به نیروگاه‌های کشورهای آمریکای شمالی شده است.

در ایران توسعه ظرفیت نیروگاه‌های برق آبی، هسته‌ای و انرژی‌های تجدیدپذیر همزمان با کاربرد سیستم‌های کاهش آلاینده SO_2 و NO_x خروجی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی موجب کاهش فاکتور انتشار ملی در حوزه تولید انرژی الکتریکی خواهد شد. در صورت حفظ وضع موجود نیروگاه‌های کشور تا سال ۱۴۰۴ و عدم نصب سیستم‌های کاهش آلاینده و یا بهره برداری نامناسب از آن، فاکتور انتشار ملی در بخش تولید انرژی الکتریکی با توجه به افزایش سهم تولید نیروگاه‌های سوخت فسیلی، افزایش خواهد یافت. علاوه بر این، با توسعه نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز تا سال ۱۴۰۴ علاوه بر آلاینده‌های ذکر شده فاکتور انتشار جیوه (Hg) نیز باید کنترل و مهار شود. صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی در ایران موجب کاهش تقاضا و در نتیجه کاهش تولید و سرانجام کاهش فاکتور انتشار آلاینده‌های گازی در کشور خواهد شد.

منابع

[۱] آمار تفصیلی صنعت برق کشور در سال ۱۳۸۶، شرکت توانیر

- [۲] پروژه تدوین اطلس آلودگی نیروگاه های کشور، مجری، گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو، کار فرما دفتر امور تحقیقات برق شرکت توانیر، ۱۳۸۵-۱۳۸۷.
- [۳] سند چشم انداز بیست ساله انرژی ایران، کمیسیون تخصصی شورای عالی انرژی کشور، شهریور ۱۳۸۶.
- [۴] شناسایی بازار CO_2 , NOx و عملکرد آنها، گروه محیط زیست پژوهشگاه نیرو، سال ۱۳۸۴
- [۵] J. Miller North American Power Plant Air Emissions, Paul,2004, Commission for Environmental Cooperation of North America Montréal, Québec.
- [۶] National Energy Board.2007, Canada's Energy Future, <http://www.neb.gc.ca>.
- [۷] U.S. Department of Energy. Annual Energy Outlook 2009 with Projection to 2030. <http://www.eia.doe.gov/oiaf/ieo/index/html>