DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543 Published by Vesnu Publications

Journal of Health System Research Vol. 20, No. 2, Summer

Received: 08.07.2022 Accepted: 20.09.2023 Published: 05.07.2024

Health Impact Assessment of Thermal Power Plants Using the Life Cycle Assessment Approach

Mahsa Naserirad[1], Nargess Kargari[2], Hanieh Nikoomaram[3]

Original Article

Abstract

Background: Energy, especially electricity, is one of the most important infrastructures of modern life. Electricity generation is a necessary and inevitable activity. However, it is associated with environmental impacts. Among different types of power plants, thermal power plants have significant environmental impacts due to the use of fossil fuels.

Methods: Among thermal power plants, combined cycle power plants, which are the dominant method of generating electricity in Iran, have lesser environmental impact. So far, different methods have been used to study and evaluate the environmental impact of combined-cycle power plants. However, the life cycle assessment (LCA) method is an appropriate, complete, and new way to quantify the impacts. This method can quantify and assess the impacts in different categories, including health impacts (impacts on human health). This method is based on the ISO 14040 standard. According to the object (health impacts), three methods have been selected to characterize and assess the impacts, including Impact 2002, EPS, EDIP, and for this purpose, SimaPro software has been applied.

Findings: Among the characterization methods, only the EDIP method has a normalization coefficient and provides the possibility of comparing the classes of effects. Based on the EDIP method, the normalized quantity of air pollution toxicity, water pollution toxicity, and soil pollution toxicity are equal to 3-E8/3, 3-E8-27, and 6-E9-24, respectively.

Conclusion: Based on the results obtained for the combined cycle power plant studied in this search (Shahid Rajaei power plant), the most health impacts are caused by air pollutants, after that, soil pollutants, which are mainly due to the entry of treated effluent of the power plant, have the largest share in health impacts, and finally water pollutants are the next priority in creating health impacts. The identified health impacts of the Shahid Rajaei combined cycle power plant include respiratory problems, lost years of life, malnutrition and reduced work capacity, exacerbation of angina pectoris, and exacerbation of asthma.

Keywords: Population health; Power plants; Environmental impacts; Environmental pollutants

Citation: Naserirad M, Kargari N, Nikoomaram H. **Health Impact Assessment of Thermal Power Plants Using the Life Cycle Assessment Approach.** J Health Syst Res 2024; 20(2): 177-83.

1- MSc Student, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Assistant Professor, Department of Environment, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran
3- Assistant Professor, Department of Natural Resources and Environment, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
Corresponding Author: Narges Kargari; Assistant Assistant Professor, Department of Environment, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran; Email: na.kargari@iau.ac.ir

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]

DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543 Published by Vesnu Publications

ارزیابی اثرات بهداشتی نیروگاه‌های حرارتی با رویکرد ارزیابی چرخه حیات

مهسا ناصری‌راد[1]، نرگس کارگری[2]، هانیه نیکومرام[3]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: انرژی به ویژه برق، یکی از مهم‌ترین زیرساخت‌های زندگی امروزی به شمار می‌رود و تولید آن فعالیتی ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد، اما با اثرات زیست محیطی همراه است. در بین روش‌های تولید برق، برق حرارتی به علت استفاده از سوخت‌های فسیلی، دارای اثرات زیست محیطی قابل توجهی است. با این وجود، در بین نیروگاه‌های حرارتی، نیروگاه‌های سیکل ترکیبی که روش غالب تولید برق در ایران محسوب می‌شود، اثرات زیست محیطی کمتری دارد. هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی، کمی‌سازی و اولویت‌بندی اثرات زیست محیطی نیروگاه سیکل ترکیبی شهید رجایی با رویکرد ارزیابی چرخه حیات (Life cycle assessment یا LCA) بود.

روش‌ها: تاکنون روش‌های متفاوتی برای بررسی و ارزیابی اثرات زیست محیطی نیروگاه‌های سیکل ترکیبی انجام شده است، اما روش LCA، روش مناسب، کامل و جدیدی برای برآورد اثرات به صورت کمی می‌باشد. این روش قادر است اثرات را در طبقات مختلف از جمله اثرات بهداشتی (اثر بر سلامت انسان) مورد کمی‌سازی و ارزیابی قرار دهد و بر اساس استاندارد ISO 14040 انجام شده است. با توجه به طبقه اثر هدف (اثرات بهداشتی)، سه روش برای تعیین ویژگی و ارزیابی اثرات شامل EDIP، EPS و IMPACT2002 انتخاب و بدین منظور از نرم‌افزار SimaPro استفاده گردید.

یافته‌ها: بر اساس محاسبات انجام شده، روش EPS بیشترین تعداد اثرات بهداشتی را مشخص نمود. روش‌های IMPACT2002 و EDIP هر کدام سه طبقه اثر بهداشتی را ارایه کرد، اما روش EDIP به صورت کلی سمیت مؤثر بر سلامت انسان را ناشی از سمیت هوا، خاک و آب گزارش نمود. بین روش‌های مورد بررسی، فقط روش EDIP دارای ضریب نرمالیزاسیون می‌باشد و امکان مقایسه طبقات اثرات را فراهم می‌کند. بر اساس روش EDIP، کمیت نرمالیزه شده طبقات اثر سمیت آلودگی هوا، آلودگی آب و آلودگی خاک به ترتیب ۳/۸E-۷، ۳/۸E-۲۷ و ۶/۹E-۲۴ به دست آمد.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج به دست آمده، بیشترین اثرات بهداشتی در نیروگاه مورد بررسی ناشی از آلاینده‌های هوا بود. پس از آن، آلاینده‌های خاک که به طور عمده ناشی از ورود پساب تصفیه شده نیروگاه می‌باشد، بیشترین سهم را در اثرات بهداشتی به خود اختصاص داد و در نهایت، آلاینده‌های آب در ایجاد اثرات بهداشتی در اولویت بعدی قرار داشت. اثرات بهداشتی شناسایی شده نیروگاه شهید رجایی شامل مشکلات تنفسی، سال‌های از دست رفته زندگی (Years of life lost یا YLL)، سوء تغذیه و کاهش ظرفیت کاری، تشدید آنژین صدری و تشدید آسم می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: سلامت جمعیت؛ نیروگاه‌ها؛ اثرات محیط زیستی؛ آلاینده‌های محیط زیستی

ارجاع: ناصری‌راد مهسا، کارگری نرگس، نیکومرام هانیه. **ارزیابی اثرات بهداشتی نیروگاه‌های حرارتی با رویکرد ارزیابی چرخه حیات.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۴۰۳؛ ۲۰ (۲): ۱۸۳-۱۷۷

دریافت مقاله: ۱۴۰۱/۴/۱۷ پذیرش مقاله: ۱۴۰۲/۶/۲۹ تاریخ چاپ: ۱۴۰۳/۴/۱۵

مقدمه

واحدهای تولید برق، پروژه‌های بزرگی هستند که نه تنها به سرمایه کلان نیاز دارند، بلکه به منابع طبیعی مختلفی مانند سوخت‌های فسیلی و آب نیز نیازمند هستند. بنابراین، اثرات مهم و گاهی جبران‌ناپذیری در محیط زیست به جا می‌گذارند (۱). اگرچه برق شکلی از انرژی پاک و ایمن است، اما تولید و انتقال آن دارای اثرات زیست محیطی می‌باشد. تقریباً همه انواع روش‌های تولید برق (انواع نیروگاه‌ها) دارای اثرات زیست محیطی هستند، اما برخی از انواع آن‌ها اثرات بیشتر و مهم‌تری بر محیط زیست دارند. همچنین، باید توجه داشت در صورت در نظر گرفتن چرخه حیات نیروگاه‌ها، اثرات آن‌ها بسیار بیشتر و متفاوت‌تر خواهد بود (۲).

پژوهش‌های متعددی در سطح ملی و بین‌المللی در خصوص ارزیابی چرخه حیات (Life cycle assessment یا LCA) نیروگاه‌های حرارتی انجام شده، اما هیچ یک به طور ویژه و مشخص در مورد اثرات بهداشتی بر انسان نبوده است. نتایج مطالعه رضایی‌راد و همکاران با هدف ارزیابی اثرات زیست محیطی تولید برق در نیروگاه سیکل ترکیبی یزد با روش LCA نشان داد که اثرات سمیت آب‌های آزاد، تخلیه منابع فسیلی، اسیدی شدن و گرمایش جهانی در

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲- استادیار، گروه محیط زیست، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۳- استادیار، گروه مدیریت محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
نویسنده مسؤول: نرگس کارگری؛ استادیار، گروه محیط زیست، واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
Email: na.kargari@iau.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]

تولید یک مگاوات ساعت برق در نیروگاه سیکل ترکیبی یزد بیشتر از سایر اثرات، به محیط‌زیست آسیب می‌رسانند (۳). حججی‌زاده با بررسی اثرات زیست محیطی و بهداشتی ناشی از مصرف مازوت در نیروگاه شهید رجایی قزوین، به این نتیجه رسید که این نیروگاه در زمان ساخت فاصله مناسبی با مناطق شهری داشته، اما توسعه شهرها به دلیل سیاست نادرست، به سمت نیروگاه کشیده شده و نزدیک بودن منطقه مسکونی به نیروگاه، باعث متمرکز شدن حداکثر غلظت آلاینده‌های خروجی بر روی شهرهای اطراف شده است که این امر باعث به خطر انداختن سلامتی انسان و تخریب محیط زیست منطقه می‌گردد (۴).

نتایج مطالعه رحیمی و همکاران در خصوص تعیین هزینه‌های اجتماعی (خارجی) انتشار NOx، SO_2 و CO_2 نشان داد که ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه‌های حرارتی، موجب انتشار دی‌اکسید کربن و اکسیدهای سولفور و نیتروژن می‌شود که می‌تواند بر ابنیه و سلامت انسان‌ها تاثیر منفی بگذارد. در تحقیق آن‌ها، برآورد هزینه‌های اجتماعی انتشار گازهای NOx، SO_2 و CO_2 از نیروگاه‌های کشور به روش انتقال منافع و با استفاده از تعدیل ضرایب جهانی موجود و مرتبط برای اولین بار در کشور به انجام رسید. هزینه‌های اجتماعی بیانگر این نکته مهم است که قیمت واقعی برق شامل قیمت تمام شده (هزینه عوامل تولید) به علاوه هزینه‌های محیط زیستی و اجتماعی ناشی از تولید آن می‌باشد (۵). نتایج پژوهش پناهی و همکاران با برآورد هزینه‌های خارجی اثرات آلاینده هوا بر سلامت انسان ناشی از یک نیروگاه حرارتی نشان داد که در میان گزینه‌های تولید برق در ایران، نیروگاه‌های حرارتی از اولویت بالاتری برق برخوردار بودند و یکی از مهم‌ترین منابع آلوده‌کننده ثابت به ویژه آلاینده‌های هوا به شمار می‌آیند. هدف مطالعه آن‌ها، تعیین مناطق تحت تأثیر آلاینده NOx منتشر شده از یک نیروگاه حرارتی و در نهایت، تعیین تعداد مرگ و میر قابل انتساب به آلودگی هوای این نیروگاه بود (۶). کارگری و خودی با بررسی هزینه‌های اجتماعی بخش انرژی به این نتیجه رسیدند که بیشترین هزینه اجتماعی بخش انرژی، مربوط به منتشر شدن گازهای گلخانه‌ای است (۷).

Annisa و همکاران در تحقیقی به ارزیابی چرخه زیست محیطی جامع تولید برق از نیروگاه بخار پرداختند و از روش CML برای تعیین ویژگی استفاده و طبقات اثر پتانسیل اسیدی، پتانسیل تولید ازن فتوشیمیایی (Photochemical Ozone creation potential یا POCP) و پتانسیل گرمایش جهانی (Global warming potential یا GWP) را به ترتیب اولویت شناسایی نمودند (۸). Ferat و همکاران در پژوهش خود به ارزیابی چرخه حیات توربین چرخه ترکیبی با تأکید بر مواد شیمیایی مورد استفاده در تصفیه آب با استفاده از روش ReCiPe در نرم‌افزار SimaPro پرداختند که شامل ۱۸ دسته تأثیرات زیست محیطی میانی بود و اثرات بهداشتی بر انسان را در نظر نگرفتند (۹). Mahlangu و Thopil در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل تأثیرات خارجی و هزینه‌های مربوط به تغییرات آب و هوایی، سلامت انسان، از دست دادن تنوع زیستی، اثرات محلی بر محصولات یک نیروگاه خورشیدی پرداختند و دریافتند که تغییرات آب و هوایی حدود ۳۲/۲ گرم معادل CO_2 بر کیلووات ساعت برق تولید می‌کند. تعدادی از اثرات گازهای غیر گلخانه‌ای نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که تأثیر آن‌ها بر سلامت انسان مهم‌ترین اثر بود (۱۰). Weldu در تحقیقی از رویکرد LCA برای بررسی سلامت انسان و اثرات اکوسیستم چهار مسیر زیست انرژی استفاده کرد و به این نتیجه رسید که همه سامانه‌های انرژی بیشترین تأثیر را بر سلامت انسان نسبت به سلامت اکوسیستم دارد (۱۱). پژوهش Agrawal و همکاران در مورد ارزیابی اثر چرخه حیات نیروگاه حرارتی چرخه ترکیبی با استفاده از روش‌های CML و Eco-Indicator 99 (H)، اثرات سلامت بر انسان شامل سرطان‌زایی، اثرات تنفسی و سمیت بر انسان را شناسایی کرد (۱۲).

عملکرد محیط زیستی تولیدات و فرایندها تبدیل به یک مسأله کلیدی شده است تا صنایع بتوانند اثرات محیط زیستی فعالیت‌های خود را به حداقل برسانند. بسیاری از صنایع، استفاده از استراتژی‌های بدون آلایندگی و سیستم‌های مدیریت محیط زیست را برای بهبود عملکرد محیط زیستی مفید می‌دانند. یکی از این ابزارهای مدیریت محیط زیست، LCA می‌باشد (۱۳). هدف از انجام پژوهش حاضر، شناسایی، کمی‌سازی و اولویت‌بندی اثرات زیست محیطی نیروگاه سیکل ترکیبی شهید رجایی با رویکرد LCA با استفاده از سه روش تعیین ویژگی (EPD، EDIP و IMPACT2002) بود.

LCA به عنوان یک ابزار مدیریت زیست محیطی با رویکرد «گهواره تا گور» جهت ارزیابی سامانه‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد و قادر است اثرات زیست محیطی را در کل چرخه حیات یک فرایند مورد ارزیابی قرار دهد و قادر است طبقات اثر مختلف زیست محیطی شامل تهی شدن منابع، مصرف مواد معدنی، مصرف آب و انرژی، سمیت در محیط آبی و خشکی، سمیت بر انسان (بهداشت)، یوتریفیکاسیون، گرمایش جهانی، اثر بر لایه ازن، بو و... را بررسی نماید. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های رویکرد LCA آن است که می‌تواند همه اثرات مذکور را به صورت کمی ارزیابی نماید. همچنین، این فرایند به شناسایی مشکلات زیست محیطی عمده و یافتن راهکار برای کاهش آن‌ها کمک می‌نماید. از جمله مهم‌ترین اثراتی که این ابزار قادر به بررسی آن است، اثرات بهداشتی (سمیت بر انسان) می‌باشد (۱۴).

LCA یک کار بزرگ و پیچیده است که متغیرهای بسیار زیادی در آن وجود دارد. با این وجود، توافق کلی در مورد ساختار رسمی LCA ایجاد شده که در استاندارد ISO 14040 معرفی شده است. بر اساس این استاندارد، LCA دارای چهار مرحله شامل «تعریف هدف و دامنه، تجزیه و تحلیل فهرست موجودی، تجزیه و تحلیل اثر و تفسیر» می‌باشد (۱۵). به منظور اجرای مطالعه حاضر، از نرم‌افزار SimaPro استفاده گردید. این نرم‌افزار جدیدترین نسل از نرم‌افزارهای LCA است که به طور گسترده در جهان استفاده می‌شود.

روش‌ها

بیشتر نیروگاه‌های موجود در کشور از جمله نیروگاه شهید رجایی، از قدمت بالایی برخوردار است و در زمان ساخت، فاصله مناسبی با مناطق شهری داشته، اما توسعه شهرها به دلیل سیاست نادرست به سمت نیروگاه کشیده شده است و نزدیک بودن منطقه مسکونی به نیروگاه، باعث متمرکز شدن حداکثر غلظت آلاینده‌های خروجی از دودکش نیروگاه بر روی شهر می‌شود که این عمل باعث به خطر انداختن سلامتی انسان‌ها و سایر موجودات می‌گردد. نشر آلاینده‌ها از نیروگاه‌های حرارتی، به طور مستقیم بر محیط زیست اثر می‌گذارد. پس باید تا جایی که امکان دارد این اثرات را کاهش داد. یکی از منابع اصلی تولید آلاینده‌ها، نوع سوخت مصرفی نیروگاه است. یکی از سیاست‌ها در خصوص مصرف سوخت نیروگاه‌ها در ارتباط با کاهش آلاینده‌ها، استفاده حداکثری از گاز طبیعی می‌باشد. نیروگاه برق شهید رجایی در کیلومتر ۲۵ جاده قزوین- تهران واقع شده است. سیستم تولید نیروی برق این نیروگاه، گاز و در فصول سرد، نفت کوره (مازوت)

https://hsr.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]

می‌باشد. این نیروگاه دارای چهار واحد ۲۵۰ مگاواتی تولید برق با استفاده از توربین‌های بخار و احتراق سوخت‌های فسیلی است.

نیروگاه شهید رجایی دارای قابلیت احتراق دو سوخت اصلی گاز و نفت کوره (مازوت) به عنوان منبع انرژی الکتریکی و در صورت تأمین گاز از جانب شرکت ملی گاز ایران، اغلب از گاز به عنوان منبع سوخت استفاده می‌شود. در فصول سرد سال که مصرف گاز در شبکه سراسری افزایش می‌یابد و شبکه دچار افت می‌شود، تأمین گاز نیروگاه متوقف و از سوخت مازوت به عنوان جایگزین استفاده می‌گردد (۱۶).

به منظور انجام ارزیابی اثرات بهداشتی نیروگاه شهید رجایی با استفاده از نرم‌افزار SimaPro به صورت زیر عمل شد.

در مرحله اول هدف و دامنه مطالعه تعریف گردید. هدف مورد نظر، ارزیابی اثرات بهداشتی چرخه حیات زیست محیطی نیروگاه شهید رجایی بود. دامنه مطالعات LCA، دروازه تا دروازه (Gate to Gate) نیروگاه شهید رجایی و با توجه به ماهیت پروژه حاضر، واحد کارکردی یک کیلو وات ساعت برق تولیدی در نظر گرفته شد.

در مرحله دوم، فهرست موجودی نیروگاه تدوین شد. جمع‌آوری داده‌ها برای فهرست موجودی چرخه حیات در اجرای موفق ارزیابی چرخه حیات، همواره یک عامل بحرانی محسوب می‌شود. عدم دستیابی به داده‌های معتبر، مانع مهمی در پیشرفت و استفاده از LCA است (۱۷). نتیجه اصلی این مرحله، ارایه جدولی از فهرست ورودی‌ها (مواد و انرژی) و خروجی‌ها (انتشار به محیط زیست) به ازای واحد کارکردی می‌باشد. در واقع، جدول فهرست موجودی که نتیجه این مرحله است، ورودی برای گام بعدی (ارزیابی اثر) محسوب می‌شود (۱۵). بدین ترتیب، با توجه به دامنه دروازه تا دروازه، فهرست موجودی ورودی و خروجی‌های نیروگاه شهید رجایی قزوین بر اساس آمار میانگین یک ساله نیروگاه تدوین گردید (جدول ۱).

لازم به ذکر است که میزان انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای نیروگاه شهید رجایی که ناشی از احتراق سوخت می‌باشد، بر اساس روش ضریب انتشار محاسبه گردید. ضرایب انتشار مورد استفاده، ضرایب ملی بخش احتراق سوخت نیروگاه‌های کشور است.

در مرحله بعد، طبقات اثر بهداشتی بر اساس شاخص‌های فهرست موجودی مشخص گردید. با توجه به طبقه اثر هدف (اثرات بهداشتی)، سه روش تعیین ویژگی که امکان تعیین ویژگی اثرات بهداشتی را دارند، انتخاب شد. این روش‌ها شامل IMPACT2002، EPS و EDIP می‌باشد. علت انتخاب این سه روش، توجه این سه روش به موضوع اثرات بهداشتی بر انسان است. همچنین، ضمن مقایسه این روش‌ها با یکدیگر، اثرات بهداشتی به طور کامل مورد بررسی قرار می‌گیرد. بدین منظور، از نرم‌افزار SimaPro استفاده گردید. در بین روش‌های تعیین ویژگی انتخاب شده، روش‌های IMPACT2002 و EPS ضریب نرمالیزاسیون ندارند، اما روش EDIP دارای ضریب نرمالیزه است.

یافته‌ها

اثرات بهداشتی چرخه حیات تولید برق در نیروگاه شهید رجایی با استفاده از سه روش تعیین ویژگی IMPACT2002، EPS و EDIP شناسایی و کمی گردید. روش IMPACT2002 یکی از متداول‌ترین روش‌ها به ویژه در محاسبات اثرات بهداشتی است.

جدول ۱. فهرست موجودی نیروگاه شهید رجایی

ورودی/ خروجی	به ازای هر کیلو وات ساعت برق تولیدی
منابع غیر قابل تجدید	
گاز طبیعی (هزار مترمکعب)	٤E-١/٧٥
نفت گاز (هزار لیتر)	٥E-٥/٥٥
مصرف آب (مترمکعب)	
آب شرب	٠/٠٢
آب صنعتی	٠/٤٩
انتشار به هوا (گرم)	
CO	٣E-١/١٠
NO_X	١E-٥/٤٩
SO_2	١E-٨/٧٢
CO_2	٣E-٣/٨٨
CH_4	٣E-٢/٨١
PM10	٢E-٩/٧٣
انتشار به خاک (میلی‌گرم در لیتر)	
COD	$٢/٣١ \times ١٠^{-٥}$
NO_3^-	$٥/٩٣ \times ١٠^{-٥}$
PO_4^-	$٥/٣٧ \times ١٠^{-٦}$
NH_4^+	$٣/٥٦ \times ١٠^{-٦}$
F^-	$٢/١٨ \times ١٠^{-٨}$
CL^-	$٢/٤٨ \times ١٠^{-٦}$

CO: Carbon monoxide; COD: Chemical oxygen demand

طبقه سلامت انسان در این روش دارای چهار اثر «طبقات عوامل سرطان‌زا (Carcinogens)، غیر سرطان‌زا (Non-carcinogens)، عوامل آلی که موجب بیماری‌های تنفسی می‌شوند (Respiratory organics)، عوامل معدنی که موجب بیماری‌های تنفسی می‌شوند (Respiratory non-oganics)» می‌باشد (۱۸). بر اساس محاسبات انجام شده در مطالعه حاضر، اثر سرطان‌زایی وجود نداشت و سایر اثرات در جدول ۲ مشخص شده است.

جدول ۲. طبقات اثر بهداشتی نیروگاه شهید رجایی بر اساس روش IMPACT2002

طبقات اثر	واحد	مجموع
عوامل غیر سرطان‌زا	kg C2H3Cl eq	٢٣E-٢/٢٠
عوامل آلی	kg PM2.5 eq	١٢E-١/٣٩
عوامل معدنی	kg C2H4 eq	١٨E-٣/٣٢

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]

روش تعیین ویژگی EPS یکی از روش‌هایی است که تعداد زیادی اثر بهداشتی را محاسبه می‌کند، اما در تحقیق حاضر با توجه به فهرست موجودی، شش طبقه اثر محاسبه گردید. اثرات مورد بررسی در روش EPS شامل «سال‌های از دست رفته زندگی (Years of life lost یا YLL)، سوء تغذیه، تشدید آنژین صدری، ظرفیت کاری، موارد آسم، تنگی نفس شدید، سرطان» بود (۱۸).

تجزیه و تحلیل اثرات نیروگاه شهید رجایی با روش EPS با توجه به فهرست موجودی نیروگاه فقط شامل اثراتی بود که در جدول ۳ ارایه شده است.

جدول ۳. طبقات اثرات بهداشتی نیروگاه شهید رجایی بر اساس روش EPS

طبقات اثر (بر اساس نفر/ سال)	مجموع
YLL	۱۰E-۷/٤٤
سوء تغذیه	۹E-۱/۳٤
تشدید آنژین صدری	۱۳E-٥/۹۷
ظرفیت کاری	۹E-۱/۳٤
موارد آسم	۱۷E-٤/۲۳
تنگی نفس شدید	۱۸E-۲/۸۲

YLL: Years of life lost

با وجودی که روش EPS برای طبقات اثر دارای ضریب نرمالیزه نبود، اما به دلیل این که واحدهای اثرات شناسایی شده یکسان است، قابل مقایسه می‌باشند.

بر اساس شکل ۱، اثرات به ترتیب اولویت شامل «سوء تغذیه و کاهش ظرفیت کاری، YLL، تشدید آنژین صدری، موارد آسم و تشدید تنگی نفس» بود.

روش تعیین ویژگی EDIP روش مهمی به منظور بررسی اثرات بهداشتی می‌باشد. مزیت این روش نسبت به دو روش قبل، داشتن ضریب نرمالیزاسیون می‌باشد که امکان مقایسه طبقات اثر را فراهم می‌سازد. این روش طبقات اثر بر سلامتی انسان را به طبقات «اثر سمیت هوا بر انسان، اثر سمیت آب بر انسان، اثر سمیت خاک بر انسان» تقسیم می‌کند (۱۸). نتیجه ارزیابی به روش EDIP در جدول ۴ ارایه شده است.

جدول ۴. طبقات اثر بهداشتی نیروگاه شهید رجایی بر اساس روش EDIP

طبقات اثر	مجموع	نرمالیز شده
سمیت آلودگی هوا بر انسان (انسان)	۱۸۰/۲۹۸۷	۷E-۳/۸۰
سمیت آلودگی آب بر انسان (مترمکعب)	۲۲E-۱/۸۱	۲۷E-۳/۸٤
سمیت آلودگی خاک بر انسان (مترمکعب)	۲۰E-٥/٥۸	۲٤E-٦/۹۲

نتیجه نرمالیزه شده مقایسه سه طبقه اثر در شکل ۲ مشخص شده است. بر این اساس، سمیت آلودگی هوا بیشترین تأثیر را بر سلامتی انسان داشت.

بحث

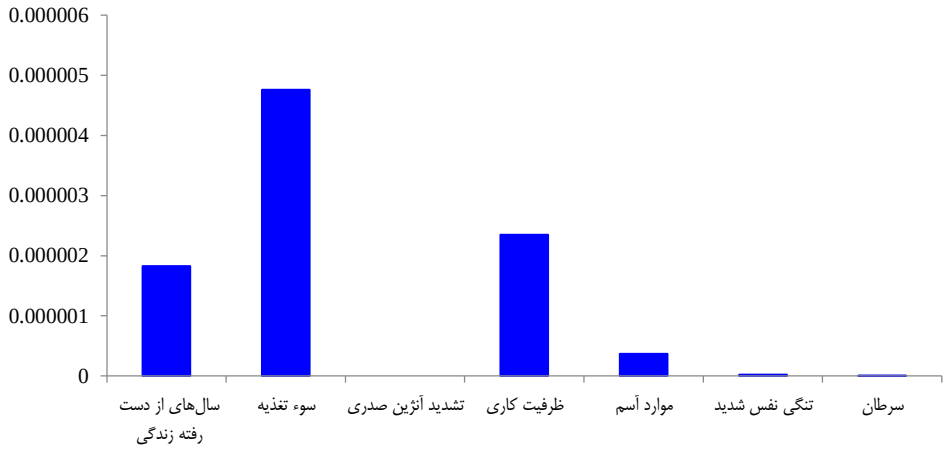
با توجه به نتایج پژوهش حاضر، دلایل ایجاد اثرات بهداشتی را می‌توان به صورت زیر مطرح کرد:

بر اساس نتایج به دست آمده، آلاینده‌های هوای ناشی از نیروگاه شهید رجایی، بیشترین اثرات را بر سلامت انسان داشتند؛ چرا که علاوه بر میزان و تنوع قابل توجه آلاینده‌های هوا، به طور مستقیم روی انسان تأثیرگذار هستند.

آلاینده‌های آب ناشی از نیروگاه شهید رجایی به طور غیر مستقیم و با اثر کمتری اثرات بهداشتی بر انسان ایجاد می‌کنند.

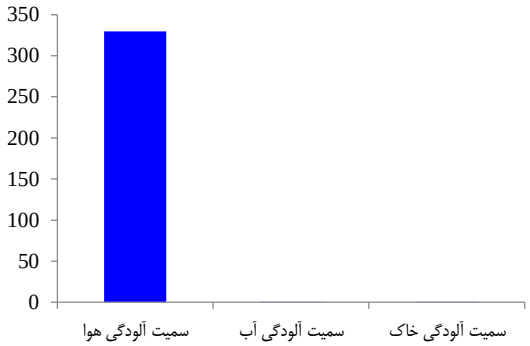
با توجه به این که در بین روش‌های ارزیابی مورد استفاده، روش EPS تعداد طبقات بیشتری را در خصوص اثرات بهداشتی پوشش می‌دهد، روش مطلوبی به شمار می‌رود.

رضایی‌راد و همکاران به ارزیابی محیط زیستی نیروگاه سیکل ترکیبی یزد با استفاده از روش LCA پرداختند و تأکید آن‌ها بر ارزیابی اثرات زیست محیطی چرخه حیات با استفاده از نرم‌افزار SimaPro بود. در مطالعه آن‌ها به طور ویژه به بررسی اثرات بهداشتی پرداخته نشده است (۳).



شکل ۱. مقایسه اثرات بهداشتی نیروگاه شهید رجایی با استفاده از روش EPS

https://hsr.mui.ac.ir
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]



شکل ۲. مقایسه اثرات بهداشتی نرمالیزه شده در روش EDIP

حججی‌زاده به بررسی تأثیرات زیست محیطی و بهداشتی ناشی از مصرف مازوت در نیروگاه شهید رجایی قزوین پرداخت و به این نتیجه رسید که استفاده از مازوت، باعث به خطر انداختن سلامتی انسان و تخریب محیط زیست می‌شود و بر تأثیر آلاینده‌های هوا بر سلامت انسان تأکید کرد (۴) که با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت داشت.

به طور خلاصه از مقایسه نتایج پژوهش حاضر با مطالعات پیشین می‌توان نتیجه گرفت تحقیقی که به طور ویژه فقط به اثرات بهداشتی نیروگاه از طریق LCA پرداخته باشد، وجود نداشت، اما برخی پژوهش‌ها اثرات بهداشتی را به عنوان یک طبقه اثر در نظر گرفته‌اند و این موضوع نشان دهنده نوآوری بررسی حاضر می‌باشد. همچنین، در برخی مطالعات به اثرات بهداشتی نیروگاه‌های حرارتی پرداخته شده است که این موضوع نشان دهنده اهمیت موضوع اثرات بهداشتی می‌باشد.

در تحقیقات صورت گرفته، سه روش ویژه ارزیابی اثرات بهداشتی چرخه حیات هم‌زمان با هم انجام و مقایسه نشده است. در برخی پژوهش‌ها دو روش مورد بررسی قرار گرفته‌اند که متفاوت با روش‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر می‌باشد و همین امر نیز نشان دهنده نوآوری تحقیق حاضر است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بیشترین اثرات بهداشتی در نیروگاه شهید رجایی، ناشی از آلاینده‌های هوا می‌باشد. پس از آن، آلاینده‌های خاک که به طور عمده ناشی از ورود پساب تصفیه شده نیروگاه است، بیشترین سهم را در اثرات دارد و در نهایت، آلاینده‌های آب منجر به بروز اثرات بهداشتی می‌شود (خروجی پساب نیروگاه از پساب بهداشتی و پساب صنعتی است). با توجه به نتایج مطالعه حاضر، بدیهی است که نیروگاه شهید رجایی باید اولویت خود را در کنترل اثرات زیست محیطی بر کاهش آلاینده‌های هوا قرار دهد. با توجه به بررسی‌های انجام شده، می‌توان بیان کرد که نیروگاه چرخه ترکیبی شهید رجایی، موجب اثرات بهداشتی از جمله «مشکلات تنفسی، YLL، سوء تغذیه و کاهش ظرفیت کاری، تشدید آنژین صدری، تشدید آسم» می‌شود. بر اساس محاسبات انجام شده، روش EPS بیشترین تعداد اثرات بهداشتی را مشخص می‌کند. روش‌های IMPACT2002 و EDIP هر کدام سه طبقه اثر بهداشتی را ارایه کردند، اما روش EDIP به صورت کلی سمیت مؤثر بر سلامت انسان را ناشی از سمیت هوا، سمیت خاک و سمیت آب می‌داند. از بین روش‌های مورد بررسی، فقط روش EDIP دارای ضریب نرمالیزاسیون می‌باشد و امکان مقایسه طبقات اثرات را فراهم می‌کند، اما با توجه به این که واحدهای طبقات اثر در روش EPS نیز یکسان است، می‌توان آن‌ها را با یکدیگر مقایسه نمود و با توجه به این که این روش تعداد طبقات اثر بیشتری را پوشش می‌دهد، می‌توان EPS را به عنوان روش مطلوب و برتر در بررسی اثرات بهداشتی نیروگاه‌های حرارتی معرفی کرد.

تشکر و قدردانی

پژوهش حاضر برگرفته از پایان‌نامه مقطع کارشناسی ارشد با شماره ۱۲۳۲۹۰۰۶۹۱۸۹۵۸۷۱۴۰۰۱۶۲۴۳۲۲۰۲، مصوب دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات می‌باشد. بدین وسیله از همه کسانی که در انجام این مطالعه همکاری نمودند، تقدیر و تشکر به عمل می‌آید.

References

1. Pokale WK. Effects of thermal power plant on environment. Scientific Reviews and Chemical Communications 2012; 2(3): 212-5.
2. United Nations Economic Commission for Europe. Life cycle assessment of electricity generation options. Geneva, Switzerland: United Nations; 2021.
3. Rezaeerad R, Elmi M, Samadi R, Nejadkoorki F. Environmental assessment of Yazd combined cycle power plant using the LCA method. Environmental Researches 2019; 10(19): 67-77. [In Persian].
4. Hojajizadeh M. Investigation of Environmental and health effects of fuel oil consumption in Shahid Rajaei power plant in Qazvin. Proceedings of the Second National Conference on Environmental Health, Health and Sustainable Environment; 2015 Jun 11; Hamedan, Iran. [In Persian]. 2024.
5. Rahimi N, Kargari N, Khodi M, Health and Environmental Impacts of Energy Sector of Iran, 8th National Congress on Environmental Health; 2005 Dec 8; Tehran, Iran. [In Persian]. 2024.
6. Panahi M, Ziaee S, Samadi R, Estimation of social cost of air pollutants on human from thermal power plant. Proceedings of 1st National Conference on Environment, Industry and Economics; 2013 Mar 11; Tehran, Iran. [In Persian]. 2024.
7. Kargari N, Khodi M. Social cost of energy sector. Journal of Environmental Sciences and Technology 2005; 7(2): 62-75. [In Persian].
8. Annisa R, Jiwandono K, Marteda G, Sinisuka N, Dinata I, Hasibuan R, et al. life cycle assessment of natural gas

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]

combined cycle steam power generation systems in Indonesia: case study on Gresik power plant. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci 2021; 753: 012039.
9. Ferat C, Mart¡n del Campo C, Moeller Chavez G, Leon G, Francois J, Revollo-Fernandez D. Life cycle assessment of a combined-cycle gas turbine with a focus on the chemicals used in water conditioning. Sustainability 2019; 11(10): 2912.
10. Mahlangu N, Thopil GA. Life cycle analysis of external costs of a parabolic trough Concentrated Solar Power plant. J Clean Prod 2018; 195: 32-43.
11. Weldu YW. Life cycle human health and ecosystem quality implication of biomass-based strategies to climate change mitigation. Renewable Energy 2017; 108: 11-8.
12. Agrawal KK, Jain S, Jain AK, Dahiya S. A life cycle environmental impact assessment of natural gas combined cycle thermal power plant in Andhra Pradesh, India. Environmental Development 2014; 11: 162-74.
13. U.S. Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation. LCAccess - LCA 101. Washington, DC: US EPA: 2001
14. Kargari N, Mastouri R. Comparison of GHG emission in different kinds of power plants by LCA approach. Iranian Journal of Energy 2010; 13(2): 67-78. [In Persian].
15. Guinee JB. Handbook on life cycle assessment: Operational guide to the ISO standards. Dordrecht, Netherlands: Springer Netherlands; 2002.
16. Kian Bakhsh A, Saeedi M. Simulation of sulfur dioxide emissions from the chimney of Shahid Rajaei thermal power plant in Qazvin in winter; Proceedings of the National Conference on Metropolitan Management with an Environmental Approach; 2005 Dec 26; Tehran, Iran. [In Persian].
17. Curran MA, Mann M, Norris G. The international workshop on electricity data for life cycle inventories. J Clean Prod 2005; 13(8): 853-62.
18. Goedkoop M, Oele M, Vieira M, Leijting J, Ponsioen T, Meijer E. SimaPro Tutorial. Amersfoort, the Netherlands: PRe Sustainability. 2016.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.48305/jhsr.v20i2.1543]