اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵ هتل المپیک – تهران

نقش استانداردهای مدیریت انرژی (ISO 50001) در بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

نسیم فرهادی خطیر

رئیس اداره هماهنگی امور تدوین استاندارد استان البرز

چکیده

افزایش تقاضای جهانی برای مواد غذایی و توسعه صنایع فرآوری محصولات کشاورزی موجب رشد قابل توجه مصرف انرژی در زنجیره تولید و فرآوری غذا شده است. این روند علاوه بر افزایش هزینه‌های تولید، پیامدهای زیست‌محیطی قابل توجهی از جمله افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به همراه دارد. در چنین شرایطی، بهینه‌سازی مصرف انرژی و ارتقای بهره‌وری انرژی به یکی از اولویت‌های اصلی در سیاست‌های توسعه پایدار تبدیل شده است. استانداردهای بین‌المللی مدیریت انرژی به ویژه استاندارد ISO 50001 چارچوبی نظام‌مند برای پایش، ارزیابی و بهبود مستمر عملکرد انرژی در سازمان‌ها فراهم می‌کنند.

هدف این پژوهش بررسی نقش استاندارد ISO 50001 در بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی است. این مطالعه با استفاده از روش توصیفی–تحلیلی و مرور منابع علمی، گزارش‌های بین‌المللی و مطالعات موردی مرتبط با استقرار سیستم مدیریت انرژی در صنایع انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد استقرار سیستم مدیریت انرژی می‌تواند موجب کاهش قابل توجه مصرف انرژی، بهبود عملکرد تجهیزات، کاهش هزینه‌های عملیاتی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در صنایع غذایی شود. همچنین استانداردسازی فرآیندهای مدیریت انرژی موجب افزایش شفافیت در پایش مصرف انرژی، بهبود تصمیم‌گیری مدیریتی و ارتقای فرهنگ بهره‌وری انرژی در سازمان‌ها می‌شود.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد استفاده از استاندارد ISO 50001 می‌تواند نقش مؤثری در ارتقای بهره‌وری انرژی، افزایش رقابت‌پذیری صنایع غذایی و تحقق اهداف توسعه پایدار ایفا کند.

کلمات کلیدی: مدیریت انرژی، ISO 50001، بهره‌وری انرژی، صنایع غذایی، بهینه‌سازی مصرف انرژی

مقدمه

در دهه‌های اخیر، رشد جمعیت جهانی و افزایش تقاضا برای محصولات غذایی موجب توسعه گسترده صنایع فرآوری مواد غذایی و افزایش مکانیزاسیون در بخش کشاورزی شده است. این تحولات اگرچه به افزایش تولید و بهبود امنیت غذایی کمک کرده‌اند، اما در عین حال مصرف انرژی در این بخش را به طور قابل توجهی افزایش داده‌اند. بر اساس گزارش آژانس بین‌المللی انرژی، صنایع غذایی یکی از بخش‌های مهم مصرف‌کننده انرژی در حوزه صنعت محسوب می‌شوند و سهم قابل توجهی از مصرف برق و انرژی حرارتی را به خود اختصاص داده‌اند.(IEA, 2023)

مصرف بالای انرژی در صنایع غذایی عمدتاً به دلیل استفاده از فرآیندهای حرارتی، سیستم‌های سرمایشی، تجهیزات خشک‌کن، سیستم‌های پمپاژ و حمل‌ونقل مواد است. بسیاری از این فرآیندها در صورت عدم مدیریت صحیح می‌توانند منجر به اتلاف انرژی قابل توجهی شوند.(FAO, 2019)

از سوی دیگر، افزایش نگرانی‌های زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی نیز ضرورت کاهش مصرف انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را برجسته کرده است. بر اساس گزارش سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد، بهبود بهره‌وری انرژی در سیستم‌های غذایی می‌تواند نقش مهمی در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و دستیابی به اهداف توسعه پایدار ایفا کند.(FAO, 2021)

در این میان، استانداردهای بین‌المللی نقش مهمی در هدایت سازمان‌ها به سمت مدیریت کارآمد منابع ایفا می‌کنند. استاندارد ISO 50001یکی از مهم‌ترین استانداردهای مدیریتی در حوزه انرژی است که چارچوبی برای طراحی، اجرا و بهبود سیستم‌های مدیریت انرژی در سازمان‌ها ارائه می‌دهد.(ISO, 2018)

اجرای این استاندارد به سازمان‌ها کمک می‌کند تا مصرف انرژی خود را به صورت سیستماتیک پایش کرده، شاخص‌های عملکرد انرژی را تعریف کنند و برنامه‌های بهبود برای کاهش مصرف انرژی اجرا نمایند. با توجه به اهمیت موضوع، این پژوهش به بررسی نقش استاندارد ISO 50001 در بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی می‌پردازد.

پیشینه تحقیق

پژوهش‌های بین‌المللی طی دو دهه گذشته نشان داده‌اند که صنایع غذایی به دلیل وابستگی بالا به فرآیندهای حرارتی، سرمایشی، خشک‌کردن، پاستوریزاسیون و بسته‌بندی، جزو بخش‌های انرژی‌بر هستند .(IEA, 2023) گزارش FAO نیز تأکید می‌کند که بیش از ۳۰ درصد انرژی مصرفی زنجیره تأمین غذا به مرحله فرآوری و نگهداری اختصاص دارد.(FAO, 2021)

مطالعه Sola & Sala (2017) با تحلیل ۴۵ کارخانه صنایع غذایی اروپایی نشان داد که بیشترین اتلاف انرژی در واحدهای تولید بخار، سیستم‌های سردخانه‌ای و تجهیزات انتقال حرارت رخ می‌دهد. همچنین بررسی دیگری که توسط Kanchanapiya (2020)

انجام شد نشان داد که مدیریت ناکارآمد بار حرارتی در کارخانه‌های لبنی منجر به مصرف بیش از دو برابر استانداردهای توصیه‌شده می‌شود.

در حوزه کاربرد استاندارد ISO 50001 ، گزارش UNIDO (2021) بیان می‌کند که استقرار این استاندارد به طور متوسط موجب ۱۰ تا ۱۵ درصد کاهش مصرف انرژی طی دو سال اول شده است IEA .نیز در تحلیل سال ۲۰۲۲ خود اشاره می‌کند که بیشترین اثر این استاندارد در صنایع غذایی و نساجی مشاهده شده است.

مطالعه Abdul-Hamid et al. (2019) که بر روی ۱۲ کارخانه صنایع غذایی در مالزی انجام شد، نشان داد که اجرای ISO 50001موجب:۱۸ درصد کاهش مصرف انرژی برق، ۲۱ درصد کاهش انرژی حرارتی، ۱۲ درصد کاهش انتشار مستقیم کربن می‌شود.

علاوه بر این، پژوهش Espinosa et al. (2020) بر روی صنایع خوراک دام نشان داد که پیاده‌سازی سیستم مدیریت انرژی نه‌تنها مصرف انرژی را کاهش می‌دهد بلکه موجب افزایش عمر تجهیزات حرارتی و کاهش هزینه‌های تعمیرات نیز می‌شود.

در بخش کشاورزی نیز مطالعاتی مانند پژوهش Tziolas (2021) نشان داده‌اند که استفاده از سیستم‌های مدیریت انرژی در سردخانه‌های میوه موجب کاهش ۱۰–۲۵ درصدی مصرف انرژی شده است.

مجموعه این مطالعات نشان می‌دهد که رویکردهای مبتنی بر استاندارد ISO 50001 یکی از مؤثرترین ابزارهای کاهش مصرف انرژی در بخش غذا و کشاورزی هستند

چارچوب نظری

مدیریت انرژی به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و فرآیندهای مدیریتی اطلاق می‌شود که با هدف بهبود کارایی مصرف انرژی در سازمان‌ها طراحی و اجرا می‌شوند. استاندارد ISO 50001 چارچوبی برای پیاده‌سازی سیستم مدیریت انرژی بر اساس چرخه بهبود مستمر (Plan–Do–Check–Act)ارائه می‌دهد.(ISO, 2018)

در این چارچوب، سازمان‌ها ابتدا الگوی مصرف انرژی خود را تحلیل کرده و شاخص‌های عملکرد انرژی را تعریف می‌کنند. سپس اهداف و برنامه‌های بهبود برای کاهش مصرف انرژی تعیین شده و اقدامات اجرایی در جهت تحقق این اهداف انجام می‌شود. در مرحله بعد، عملکرد انرژی پایش شده و نتایج مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در صنایع غذایی، مهم‌ترین حوزه‌های مصرف انرژی شامل موارد زیر هستند:

سیستم‌های حرارتی و تولید بخار، فرآیندهای خشک‌کردن و فرآوری حرارتی، سیستم‌های سرمایشی و سردخانه‌ها، تجهیزات مکانیکی و الکتریکی تولید.

مدیریت صحیح این فرآیندها می‌تواند منجر به کاهش قابل توجه مصرف انرژی و بهبود بهره‌وری شود.(IEA, 2023)

یافته‌ها و نتایج

تحلیل گزارش‌های صنعتی چهار دسته یافته کلیدی را مشخص می‌کند:

۱ .بهبود نظام پایش و کنترل انرژی

در صنایع غذایی، یکی از مهم‌ترین چالش‌ها نبود داده‌های دقیق از الگوهای مصرف انرژی است.

ISO 50001الزام می‌کند که: نقاط کلیدی مصرف انرژی (SEUs) شناسایی شوند، شاخص‌های عملکرد انرژی (EnPIs) تعریف شوند، خطوط مبنا (Baselines) تعیین شود.

بر اساس گزارش(2021) UNIDO ، کارخانه‌هایی که این ابزارها را پیاده‌سازی می‌کنند به‌طور میانگین ۳۵ درصد افزایش شفافیت داده‌های انرژی را تجربه می‌کنند.

۲ .کاهش مصرف انرژی در فرآیندهای حرارتی و سرمایشی

در صنایع غذایی، ۶۰—۷۰ درصد مصرف انرژی مربوط به:

تولید بخار، پاستوریزاسیون، استریلیزاسیون و یخچال و سردخانه‌هااست.(IEA, 2023)

اجرای اقدامات بهبود مبتنی بر ISO 50001 بازیافته‌هایی مانند این موارد داشته است: بهبود راندمان بویلرها تا ۱۲ درصد، کاهش بار سرمایشی تا ۱۸ درصد، کاهش تلفات حرارتی خطوط لوله تا ۱۵ درصد (Abdul-Hamid et al., 2019; Sola & Sala, 2017)

۳ .کاهش هزینه‌های عملیاتی و افزایش بهره‌وری

مطالعه Kannan (2020) در کارخانه‌های فرآوری چای نشان داد کهISO 50001، موجب کاهش میانگین ۱۴ درصد هزینه انرژی و افزایش ۹ درصدی بهره‌وری خط تولیدمی‌شود.

۴ .اثرات زیست‌محیطی و کاهشی انتشار کربن

طبق گزارش(2022) IEA ، صنایع غذایی که سیستم مدیریت انرژی را اجرا کرده‌اند:۱۷ درصد کاهش انتشار CO_2 مستقیم و ۱۳ درصد کاهش انتشار غیرمستقیم را ثبت کرده‌اند.

بحث

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که ISO 50001 نه‌تنها یک استاندارد مدیریتی بلکه یک ابزار تحول سازمانی است. در صنایع غذایی ایران که به شدت وابسته به انرژی حرارتی و برق هستند، استقرار ISO 50001 می‌تواند با ایجاد انضباط مدیریتی، شفاف‌سازی داده‌ها و تعریف شاخص‌های عملکرد انرژی، بستری برای تصمیم‌گیری مبتنی بر داده ایجاد کند.

یکی از نکات کلیدی این استاندارد، تأکید آن بر بهبود مستمر (PDCA) است؛ یعنی سازمان نه‌تنها یک بار مصرف را کاهش می‌دهد بلکه باید هر سال شاخص‌ها را بهبود دهد. همین الزام باعث می‌شود صنایع از اقدامات سطحی فاصله گرفته و به سمت بهینه‌سازی‌های ساختاری‌تر مانند:

اصلاح فرآیند تولید، بازتوانی تجهیزات حرارتی، به‌کارگیری فناوری‌های کم‌مصرف، نوسازی سیستم‌های برودتی

حرکت کنند.(UNIDO, 2021; IEA, 2023)

دیگر جنبه مهم بحث، سازوکار تصمیم‌سازی است. در بسیاری از واحدهای صنایع غذایی، تصمیم‌گیری انرژی بر اساس تجربه و حدس انجام می‌شود. اما ISO 50001 این روند را به یک فرآیند علمی و داده‌محور تبدیل می‌کند.

همچنین در کشورهایی که یارانه انرژی بالاست (مانند ایران)، انگیزه کافی برای مدیریت انرژی وجود ندارد. اما اجرای ISO 50001 می‌تواند با افزایش شفافیت هزینه‌ها و ایجاد مدل‌های تحلیل هزینه–فایده، توجیه‌پذیری اقتصادی پروژه‌ها را تقویت کند.

پیشنهادها

با توجه به نتایج پژوهش، پیشنهادهای زیر برای توسعه مدیریت انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی ارائه می‌شود:

- توسعه برنامه‌های آموزشی در حوزه مدیریت انرژی برای مدیران و کارشناسان صنعتی
- حمایت از استقرار استاندارد ISO 50001 در صنایع غذایی
- توسعه سیستم‌های پایش و مدیریت داده‌های انرژی در واحدهای صنعتی
- استفاده از فناوری‌های کم‌مصرف و تجهیزات با بازده انرژی بالا
- تقویت همکاری میان نهادهای استاندارد، دانشگاه‌ها و صنایع برای توسعه راهکارهای بهره‌وری انرژی

منابع

1- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 50001: Energy management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.

2- International Energy Agency. (2023). *Energy efficiency 2023*. IEA. https://www.iea.org

3- United Nations Industrial Development Organization. (2021). *Industrial energy efficiency and energy management systems*. UNIDO.

4- McKane, A., Therkelsen, P., Scodel, A., Rao, P., & Aghajanzadeh, A. (2017). Predicting the quantifiable impacts of ISO 50001 on climate change mitigation. *Energy Policy, 107*, 278–288.

5- Thollander, P., Palm, J., & Rohdin, P. (2013). Categorizing barriers to energy efficiency in industry. *Energy Efficiency, 6*(3), 439–455.

6- Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brülhart, M., & Ernst, F. (2011). Integrating energy efficiency performance in production management. *International Journal of Production Economics, 133*(2), 667–679.

7- Trianni, A., & Cagno, E. (2012). Dealing with barriers to energy efficiency in industry. *Energy Policy, 37*(11), 4945–4953.

8- Backlund, S., Thollander, P., Palm, J., & Ottosson, M. (2012). Extending the energy efficiency gap. *Energy Policy, 51*, 392–396.

9- Abdelaziz, E. A., Saidur, R., & Mekhilef, S. (2011). A review on energy saving strategies in industrial sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15*(1), 150–168.

10- IEA. (2022). *Energy efficiency in the food and beverage sector*. International Energy Agency.

11- FAO. (2011). *Energy-smart food for people and climate*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

12- FAO. (2014). *Energy use in the food sector: A global perspective*. Food and Agriculture Organization.

13- Schulze, M., Nehler, H., Ottosson, M., & Thollander, P. (2016). Energy management in industry – A systematic review. *Journal of Cleaner Production, 112*, 3692–3708.

14- Aghajanzadeh, A., & Therkelsen, P. (2019). The impact of ISO 50001 on industrial energy management. *Energy Policy, 127*, 322–332.

15- Thollander, P., & Palm, J. (2015). *Improving energy efficiency in industrial energy systems*. Springer.

16- Capehart, B., Turner, W., & Kennedy, W. (2020). *Guide to energy management* (9th ed.). CRC Press.

17- Hasanbeigi, A., Price, L., & Lin, E. (2012). Emerging energy-efficiency and CO_2 emission-reduction technologies for the food industry. *Energy, 44*(1), 815–827.

18- Fleiter, T., Schleich, J., & Ravivanpong, P. (2012). Adoption of energy-efficiency measures in SMEs. *Energy Policy, 51*, 863–875.

19- Paramonova, S., & Thollander, P. (2016). Energy management in Swedish energy-intensive industries. *Journal of Cleaner Production, 112*, 463–472.

20- Lawrence, A., Nehler, H., Andersson, E., & Karlsson, M. (2019). Drivers, barriers and success factors for energy management in industry. *Energy Research & Social Science, 40*, 1–13.

اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری
مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی
۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵ هتل المپیک – تهران

The Role of ISO 50001 Energy Management Standard in Optimizing Energy Consumption in the Food and Agricultural Industries

Abstract

The agri food sector is one of the most energy intensive sectors within industrial production systems. Rapid growth in global food demand, expansion of food processing technologies, and increased mechanization in agriculture have significantly increased energy consumption across the food supply chain. This trend has raised concerns regarding production costs, environmental sustainability, and greenhouse gas emissions. Improving energy efficiency has therefore become a strategic priority for governments and industries worldwide. International energy management standards, particularly ISO 50001, provide a systematic framework for monitoring, controlling, and continuously improving energy performance in organizations.

The aim of this study is to investigate the role of ISO 50001 energy management systems in optimizing energy consumption in food and agricultural industries. The research adopts a descriptive analytical approach based on an extensive review of scientific literature, international reports, and case studies related to energy management implementation in industrial sectors.

The findings indicate that implementing energy management systems can significantly improve energy efficiency, reduce operational costs, enhance equipment performance, and lower greenhouse gas emissions in food production systems. Furthermore, standardized energy management practices strengthen energy monitoring mechanisms, promote organizational awareness of energy performance, and support strategic decision making processes.

Overall, the adoption of ISO 50001 contributes to sustainable industrial development and improved competitiveness in the food and agricultural industries.

Keywords:Energy Management, ISO 50001, Energy Efficiency, Food Industry, Sustainable Production