



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



پژوهشگاه کشاورزی
مهندسی توسعه
میان راهبردی

بسم الله الرحمن الرحيم

بهینه‌سازی بهره‌وری انرژی با استفاده از فناوری نوین در بهینه سازی انرژی صنایع کشاورزی
و غذایی با رویکرد آینده‌نگاری

محمد علی مددی ۱، زهرا فروحی ۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی صنایع با گرایش آینده پژوهی دانشگاه تهران

m.alimadadi.1374@gmail.com

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زیست‌فناوری دانشگاه تهران شمال

zahrafourohi@gmail.com

کد مقاله: EFAB015831180



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



بزرگوار گندم
مجلسی توسعه

چکیده: صنایع غذایی و کشاورزی از بزرگ‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی و منابع سوخت فسیلی در جهان هستند و سهم قابل توجهی در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند. افزایش تقاضای جهانی غذا و محدودیت منابع انرژی، ضرورت توسعه سیستم‌های کم‌کربن و بهینه‌سازی مصرف انرژی را افزایش داده است. بیوگاز تولید شده از ضایعات غذایی و پسماندهای کشاورزی، علاوه بر تولید انرژی تجدیدپذیر، پتانسیل کاهش شدت انرژی و انتشار گازهای گلخانه‌ای را دارد. این مقاله با استفاده از ادبیات علمی بین‌المللی، فناوری‌های نوین، استانداردهای مدیریت انرژی ISO ۵۰۰۰۱ و رویکرد آینده‌نگاری، مسیرهای بهینه‌سازی مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی را بررسی می‌کند. نتایج نشان می‌دهد تلفیق بیوگاز، CHP و مدیریت انرژی سیستماتیک می‌تواند شدت انرژی را تا ۲۵-۴۰٪ کاهش دهد و علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی، توسعه پایدار را در این بخش‌ها تسریع کند.

واژگان کلیدی: بهره‌وری انرژی، بیوگاز، صنایع غذایی، کشاورزی پایدار، آینده‌نگاری، ایزو ۵۰۰۰۱، سناریو



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



بزرگوار گندمه
مهرماه ۱۴۰۵

۱-مقدمه :: در دهه‌های اخیر، افزایش فشارهای اقتصادی، محدودیت منابع و الزامات زیست‌محیطی، **ضرورت بهینه‌سازی مصرف انرژی** را بیش از پیش آشکار کرده است. بهینه‌سازی انرژی نه تنها باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش رقابت‌پذیری صنایع می‌شود، بلکه نقش حیاتی در کاهش اثرات زیست‌محیطی و ارتقای تاب‌آوری انرژی ملی دارد.

ما با تکیه بر سه رویکرد به دنبال مدیریت فرآیندی در اقتصاد انرژی که همان بهینه‌سازی مصرف با روش بیو گاز می‌باشد هستیم:

۱- رویکرد آینده‌نگاری راهبردی PESTEL .

۲- تولید هم‌زمان گرما و انرژی

۳- ایزو ۵۰۰۰۱

استفاده از چارچوب PESTEL در این پژوهش امکان تحلیل چندبعدی عوامل محیط کلان شامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فناورانه، زیست‌محیطی و حقوقی را فراهم می‌کند. این تحلیل، همراه با داده‌های میدانی، زمینه‌شناسایی **پیشران‌های کلیدی آینده**، عدم قطعیت‌های بحرانی و طراحی سناریوهای راهبردی تا افق ۱۴۱۰ را فراهم می‌آورد. در نهایت، این مطالعه می‌تواند مسیر گذار هوشمند و پایدار انرژی را برای صنایع پرمصرف کشور ترسیم کند و به تصمیم‌گیرندگان کلان، برنامه‌ریزان و سیاستگذاران کمک نماید تا اقدامات هماهنگ و مبتنی بر شواهد علمی را در دستور کار قرار دهند.



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



۲- مرور ادبیات

- بیوگاز و نقش آن در انرژی پایدار
- فناوری‌های نوین تولید بیوگاز
- مدیریت انرژی و استاندارد ISO 50001
- آینده‌نگاری و سناریوهای توسعه

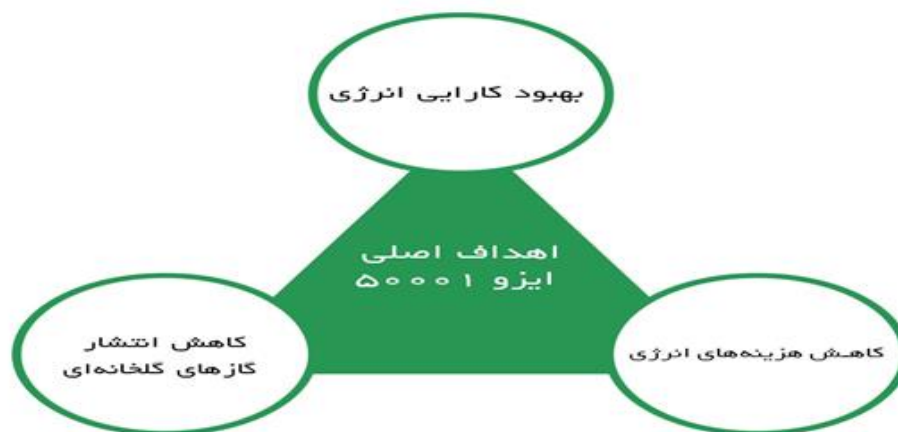


اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



پژوهشگاه دانش‌بنیان
معاونت علمی و فناوری
استادان





اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



پژوهشگاه ملی توسعه



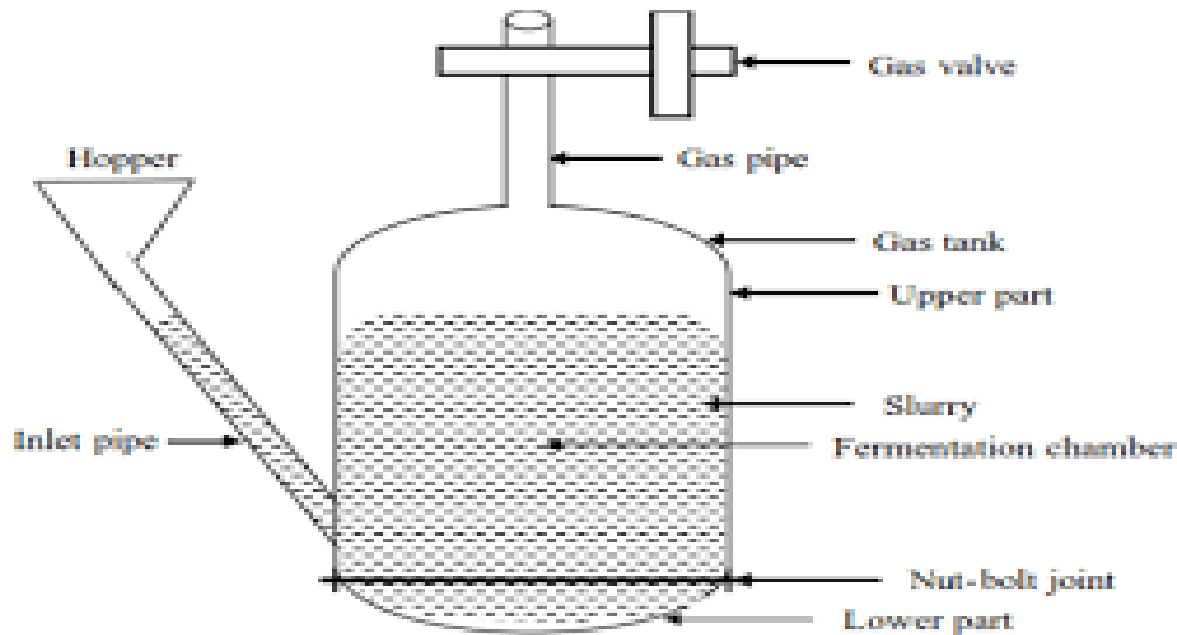
معاونت ملی توسعه
کشاورزی و شیلات

معاونت ملی توسعه

کشاورزی و شیلات



CHP



بیوگاز



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
موسسه تخصصی توسعه

۳- مواد و روش

این مقاله با رویکرد ادبیات سیستماتیک و آینده‌نگاری مبتنی بر سناریو طراحی شده است. مراحل شامل:

۱.۳. شناسایی عوامل کلیدی (فناوری، اقتصاد، سیاست، محیط‌زیست)

۲.۳. تحلیل روندها و عدم قطعیت‌ها

۳.۳. طراحی سناریوهای آینده:

سبز: افزایش بیوگاز و انرژی تجدیدپذیر

دیجیتال: مدیریت انرژی هوشمند با AI و IoT

اقتصاد چرخشی: بازیافت کامل ضایعات و تولید محصولات جانبی ارزشمند

۴.۳. تحلیل شاخص‌های بهره‌وری انرژی، شدت انرژی و کاهش انتشار CO₂



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



مرکز انرژی
موسسه تحقیقاتی و آموزشی

تحلیل بعد	وضعیت موجود	ریسک‌های آتی	راهبرد پیشنهادی
سیاسی (P)	وابستگی به سیاست‌های یارانه‌ای انرژی	محدودیت تأمین سوخت، فشار اقتصادی	تدوین نقشه راه گذار انرژی، سیاست‌های یارانه‌ای، تعهدات بین‌المللی اقلیمی، مشروعیت و رضایت عمومی
اقتصادی (E)	تجهیزات فرسوده با راندمان پایین	افزایش هزینه‌ها، کاهش رقابت‌پذیری	سرمایه‌گذاری در نوسازی تجهیزات، مدیریت ریسک انرژی
اجتماعی (S)	حساسیت محدود نسبت به آلودگی	مطالبه‌گری اجتماعی بیشتر	ارتقای مسئولیت اجتماعی انرژی، تعهد مدیریت، فرهنگ‌سازی مصرف انرژی
فناوری (T)	فقدان پایش هوشمند و ISO 50001	اتلاف انرژی ساختاری	استقرار سیستم مدیریت انرژی، سنسورینگ سیستم، شناسایی نقاط پرمصرف، رویکرد چرخه عمر، بهینه‌سازی عملکرد دارایی‌های حیاتی
زیست‌محیطی (E)	مصرف سوخت‌های سنگین	محدودیت‌های کربنی و آلاینده‌ها	توسعه بیوگاز، کاهش شدت انتشار، تعیین شاخص‌های قابل اندازه‌گیری، بهینه‌سازی سیستم‌های پرمصرف، مدیریت پسماند با نگاه انرژی
حقوقی (L)	انطباق حداقلی با مقررات	سخت‌گیری بیشتر و جریم	ممیزی انرژی و انطباق پیش‌نگرانه، ریسک قراردادی، افشای اطلاعات و گزارش‌دهی، مدیریت انرژی به‌عنوان ابزار کاهش ریسک حقوقی

P
E
S
T
E
L



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



*** پیشران‌های کلیدی آینده

۱. اصلاح ساختار قیمت انرژی (اثرگذاری زیاد، عدم قطعیت بالا)
۲. شدت و سخت‌گیری الزامات زیست‌محیطی (اثرگذاری زیاد، عدم قطعیت بالا)
۳. نوسازی و به‌روزرسانی فناوری تجهیزات (اثرگذاری زیاد، عدم قطعیت متوسط)
۴. دسترسی به سرمایه و مشوق‌های مالی (اثرگذاری زیاد، عدم قطعیت بالا)
۵. توسعه فناوری‌های جایگزین و پاک (اثرگذاری متوسط تا زیاد، عدم قطعیت متوسط)
۶. ریسک محدودیت تأمین سوخت (اثرگذاری زیاد، عدم قطعیت بالا)

دو عامل اول به عنوان عدم قطعیت‌های بحرانی برای طراحی سناریوها انتخاب شدند.



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



سناریوهای سه گانه آینده تا افق ۱۴۱۰

شاخص کلیدی	سناریو ایستا	سناریو تطبیقی	سناریو گذار هوشمند پایدار
شدت انرژی	بالا	متوسط	پایین
ریسک تأمین سوخت	زیاد	متوسط	کم
رقابت پذیری	کاهش یابنده	پایدار نسبی	افزایشی
انطباق زیست محیطی	ضعیف	متوسط	مطلوب
نیاز سرمایه گذاری	کم	متوسط	بالا

ماتریس عدم قطعیت

عنوان	سخت گیری زیست محیطی ضعیف	سخت گیری زیست محیطی شدید
اصلاح کم قیمت انرژی	رکود پرمصرف	فشار سبز بدون اصلاح اقتصادی
اصلاح زیاد قیمت انرژی	شوک تعدیلی	گذار هوشمند پایدار



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



وزارت کشاورزی
موسسه جهاد کشاورزی



معاونت توسعه
و بهره‌وری انرژی

۴- یافته های تحقیق

طراحی سناریوهای آینده‌نگر نشان داد که هر سناریو، مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارد:

سناریوی سبز: بیشترین کاهش انتشار CO₂ و حداقل اثرات زیست‌محیطی را ارائه می‌دهد، اما نیازمند سرمایه‌گذاری بالا و برنامه‌ریزی بلندمدت برای پیاده‌سازی تجهیزات بیوگاز و CHP است.

سناریوی دیجیتال: با بهره‌گیری از پایش هوشمند انرژی و فناوری‌های مدیریت داده، بازده کوتاه‌مدت و بهینه‌سازی انرژی با سرمایه کمتر فراهم می‌شود، اما اثر کاهش شدت انرژی محدودتر است.

سناریوی اقتصاد چرخشی: رویکردی یکپارچه است که همزمان کاهش ضایعات، تولید انرژی از مواد زائد و افزایش بازده اقتصادی را هدف قرار می‌دهد. این سناریو می‌تواند به عنوان پل میان فناوری‌های سبز و دیجیتال عمل کند و مزیت چندگانه اقتصادی و زیست‌محیطی ارائه دهد.

که بدون حمایت دولتی و برنامه‌ریزی بلندمدت، محدود خواهد بود.



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



مرکز تخصصی
مهندسی توسعه

استفاده از سیستم‌های CHP همراه با پیش‌تیمار خوراک بیوگاز منجر به افزایش راندمان تولید متان، کاهش انرژی داخلی و کاهش شدت انرژی در واحدها می‌شود. تحلیل اقتصادی نشان می‌دهد که زمان بازگشت سرمایه (ROI) در واحدهای متوسط بین ۳ تا ۵ سال است، که این بازه در شرایط بهره‌وری انرژی قابل قبول و ریسک محدود اقتصادی، یک شاخص مثبت برای سیاست‌گذاران و مدیران صنعتی است. با این حال، محدودیت‌هایی نیز وجود دارد که باید در نظر گرفته شوند:



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



کمبود داده‌های میدانی و پایش واقعی: بسیاری از واحدها فاقد سیستم اندازه‌گیری و ثبت داده‌های دقیق انرژی و انتشار CO₂ هستند، که دقت پیش‌بینی‌ها و سناریوسازی را کاهش می‌دهد.

اثرات اجتماعی فناوری‌های بیوگاز: تغییر در فرآیندهای تولید، نیاز به آموزش پرسنل و پذیرش فناوری‌های نوین در میان کارکنان و جوامع محلی دارد. علاوه بر این، مدیریت پسماندها و خوراک بیوگاز باید با استانداردهای بهداشتی و زیست‌محیطی همسو باشد.

نیاز به سرمایه‌گذاری و زیرساخت: اجرای کامل سناریوهای سبز و اقتصاد چرخشی نیازمند منابع مالی و هماهنگی سیاستی است



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



برگزار کننده
مؤسسه علمی توسعه

۵- بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر نشان داد که بهره‌وری انرژی در صنایع کشاورزی و غذایی کشور با شدت انرژی بالا و وابستگی به سوخت‌های فسیلی سنگین همچنان در سطح پایینی قرار دارد و ریسک اقتصادی، عملیاتی و زیست‌محیطی این صنایع را افزایش می‌دهد. شواهد میدانی شامل بازرسی بیش از ۵۰ ژنراتور، ۱۰۰ دیگ بخار و ۲۰۰ مخزن انرژی‌بر، نشان‌دهنده فقدان سامانه‌های هوشمند پایش انرژی و عدم انطباق با استانداردهای مدیریت انرژی مانند ISO 50001 است. این یافته‌ها با مطالعات مشابه جهانی همسو هستند که نشان می‌دهند صنایع غذایی و کشاورزی با تجهیزات ناکارآمد، مصرف انرژی غیر بهینه و ردپای زیست‌محیطی بالا مواجه‌اند. (Lopes et al., 2021; Engler & Krarti, 2021)



اولین همایش ملی بهینه سازی و بهره وری مصرف انرژی در صنایع غذایی و کشاورزی

۲۹-۳۰ اردیبهشت ۱۴۰۵



تحلیل محیط کلان با استفاده از چارچوب PESTEL و استخراج پیشران‌های کلیدی نشان داد که اصلاح قیمت انرژی، سخت‌گیری الزامات زیست‌محیطی و نوسازی تجهیزات از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده مسیر آینده بهره‌وری انرژی هستند. همچنین سناریوهای طراحی شده تا افق ۱۴۱۰ نشان می‌دهند که تنها سناریوی گذار هوشمند پایدار، با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین، نوسازی تجهیزات و استقرار استانداردهای مدیریت انرژی، قادر است شدت انرژی را کاهش داده و تاب‌آوری و رقابت‌پذیری صنایع را افزایش دهد (Bader et al., 2025; Trubetskaya et al., 2023).



منابع و ماخذ

- [1] Weiland, P. (2010). Biogas production: current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849–860.
- [2] Angelidaki, I., et al. (2011). Anaerobic digestion of organic waste for biogas production: state of the art. *Water Research*, 45(2), 667–677.
- [3] Singh, A., et al. (2022). Food Waste Valorisation for Biogas-Based Bioenergy Production in Circular Bioeconomy. *Frontiers in Energy Research*.
- [4] Debora Mignogna et al. (2023). Production of Biogas and Biomethane as Renewable Energy Sources: A Review. *Applied Sciences*, 13(18), 10219.
- [5] ISO (2018). ISO 50001: Energy Management Systems.
- [6] Engler, N., & Krarti, M. (2021). Review of energy efficiency in controlled environment agriculture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110786.

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110786> (ScienceDirect)



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



سازمان توسعه و روستایی
پژوهشگاه دانش‌بنیان

تشکر و قدردانی
پایان