مرکز مطالعات راهبردی و آموزش وزارت کشور

چشم‌انداز انرژی‌های زیستی

گزارش دیدبانی | شماره ۶۳ | خرداد ۱۴۰۲ | گروه مطالعات اقتصاد و فناوری

بسم الله الرحمن الرحیم

مرکز مطالعات راهبردی و آموزش وزارت کشور

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور

نویسنده‌ها: شیوا قاسمی، زهرا حیدری دارانی

تهیه شده در: گروه مطالعات اقتصاد و فناوری

تاریخ انتشار: خرداد ۱۴۰۲

گزارش دیدبانی

چشم‌انداز انرژی‌های زیستی

در این گزارش می‌خوانید

۱ انرژی زیستی، امروزه بیشترین سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را تشکیل می‌دهد و حدود ۱۲ درصد از کل تقاضای انرژی نهایی جهان را تشکیل می‌دهد.

۲ کل تقاضای جهانی سوخت زیستی به میزان ۳۵۰۰۰ میلیون لیتر در سال یا ۲۲ درصد طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد.

۳ ایالات متحده، کانادا، برزیل، اندونزی و هند ۸۰ درصد از گسترش جهانی استفاده از سوخت زیستی را تشکیل می‌دهند.

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور

گزارش دیدبانی | خرداد ۱۴۰۲

فهرست

مقدمه ۱

انرژی زیستی چیست؟ ۲

زیست‌توده ۳

وضعیت فعلی استقرار انرژی زیستی و سهم آن در ترکیب انرژی ۴

افزایش استفاده از سوخت زیستی با وجود افزایش هزینه‌ها ۵

رشد پایدار استفاده از سوخت زیستی در سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ ..... ۶

استفاده از انرژی زیستی در سناریوی صفر خالص ۹

نقش انرژی زیستی در سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد ۱۱

پایداری انرژی زیستی ۱۳

نحوه اجرای طرح‌های انرژی زیستی پایدار ۱۴

چارچوب سیاستی برای تضمین نقش انرژی زیستی در دستیابی به هدف ۱.۵ درجه سانتی‌گراد ۱۵

موانع استقرار انرژی زیستی ۱۶

پتانسیل انرژی زیستی ایران ۱۸

جمع‌بندی و تحلیل ۲۰

منابع ۲۳

مقدمه

انرژی زیستی، عنصری مهم در مبارزه با تغییرات اقلیمی، ایجاد امنیت برای تأمین انرژی و تأمین درآمد از طریق زنجیره تأمینِ زیست‌توده[۱] منطقه‌ای و بزرگ‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر است. انواع زیست‌توده را می‌توان برای تولید برق، گرما، سرمایش و انتقال سوخت‌های زیستی استفاده کرد.

انرژی زیستی در حال حاضر بزرگ‌ترین سهم (دو سوم) استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را در سراسر جهان دارد که شامل استفاده سنتی از زیست‌توده می‌شود. رشد در تولید و استفاده از انرژی زیستی مدرن برای گذار جهانی انرژی بر مبنای سناریوهای انتشار کمترِ کربن متمایل به خالص صفر حیاتی خواهد بود. طبق سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر[۲]، تولید انرژی زیستی باید تا سال ۲۰۵۰ به میزان قابل‌توجهی افزایش یابد تا هدف آب‌وهوایی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد محقق شود. بدون استقرار زیست‌توده پایدار برای اهداف مختلف، دستیابی به این هدف ممکن است چالش‌برانگیز باشد.

تاکنون از انرژی زیستی بسیار کمتر از آنچه برای دستیابی به خالص صفر لازم است، استفاده شده است. با وجود این که بسیاری از فناوری‌های انرژی زیستی در دسترس هستند و استفاده مدرن از زیست‌توده و سوخت‌های زیستی مایع به طور قابل‌توجهی در برخی مناطق رشد کرده است، میلیاردها نفر هنوز به استفاده سنتی و ناکارآمد از زیست‌توده برای پخت‌وپز و گرم کردن متکی هستند که بر سلامت و نابرابری جنسیتی تأثیر می‌گذارد و منجر به جنگل‌زدایی در بسیاری از مناطق و افزایش تهدیدات اقلیمی می‌شود. بنابراین انرژی زیستی مدرن باید در تمام مصارف نهایی به میزان قابل‌توجهی افزایش یابد که لازمه آن تسهیل تغییر جهت استفاده از سوخت‌های پایدار جایگزین و همچنین توسعه سبد سیاست‌های بلندپروازانه‌تر برای استفاده از آن و حمایت از سرمایه‌گذاری در آن است.

مطالعه حاضر با توجه به نقش انرژی زیستی در سناریوی صفر خالص به بررسی بینش‌های دو نهاد بین‌المللی یعنی آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر و آژانس بین‌المللی انرژی[۳] درباره انرژی زیستی می‌پردازد.

بخش اول این مطالعه، نگاهی بر تعریف انرژی زیستی، وضعیت فعلی استقرار انرژی زیستی، رشد پایدار استفاده از سوخت زیستی در طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ و جایگاه کشورهای مطرح در زمینه انرژی زیستی دارد، سپس استفاده از انرژی زیستی را از نگاه دو نهاد بین‌المللی بررسی خواهد کرد.

---

[۱] Biomass

[۲] International renewable energy agency (IRENA)

[۳] International energy agency (IEA)

در بخش دوم به پایداری[۱] به عنوان یک مسئله کلیدی برای بررسی همه فعالیت‌های انسانی اشاره می‌شود.

پس از آن، چارچوب سیاستی برای تضمین نقش انرژی زیستی در دستیابی مؤثر و مناسب به هدف ۱.۵ درجه سانتی‌گراد و موانع استقرار انرژی زیستی مورد بحث قرار می‌گیرند.

انرژی زیستی چیست؟

انرژی زیستی[۲] در واقع انرژی تولیدشده از مواد زیستی مانند محصولات زراعی، زیست‌توده چوبی[۳] (مانند بقایای جنگلی و کشاورزی) و سایر مواد و ضایعات آلی[۴] است. زیست‌توده، سوخت زیستی[۵]، مایعات زیستی[۶] و بیومتان[۷] اصطلاحات مرتبط با این حوزه هستند. این اَشکال مختلف انرژی زیستی را می‌توان برای پخت‌وپز، گرمایش، مصارف صنعتی، تولید برق و سوخت حمل‌ونقل استفاده کرد. انرژی زیستی نقش مهمی در تأمین نیازهای جهانی انرژی دارد و امروزه بیشترین سهم استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را تشکیل می‌دهد طوری‌که حدود ۱۲ درصد از کل نیاز انرژی نهایی جهان را تشکیل می‌دهد. بیش از نیمی از انرژی زیستی برای پخت‌وپز و گرمایش ساختمان‌ها به روش سنتی مصرف می‌شود. کاربردهای نوین انرژی زیستی شامل زیست‌توده و بیوگاز یا بیومتان برای تولید گرما و برق ساختمانی و صنعتی، سوخت‌های زیستی مایع و بیومتان برای حمل‌ونقل و مواد مبتنی بر زیست‌توده به عنوان مواد اولیه صنعتی است.

انرژی زیستی مدرن نقش مهمی در گذار انرژی به سمت انتشار صفر خالص دارد. سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد آژانس بین‌المللی انرژی تجدیدپذیر نشان می‌دهد که انرژی زیستی می‌تواند یک چهارم کل عرضه انرژی اولیه یا ۱۷ درصد تقاضای نهایی انرژی را تا سال ۲۰۵۰ تشکیل دهد. انرژی زیستی باید برای تأمین گرما برای فرآیندهای صنعتی و ساختمان‌ها و همچنین سوخت برای حمل‌ونقل افزایش یابد. همچنین احتمالا به عنوان ماده اولیه در صنایع شیمیایی برای تولید مواد شیمیایی و پلاستیک مورد نیاز است. در ترکیب با فناوری‌های جذب و ذخیره کربن[۸] در بخش برق و برخی از بخش‌های صنعتی، انرژی زیستی ممکن است انتشار منفی مورد نیاز برای دستیابی به هدف انتشار خالص صفر را تحقق ببخشد.

---

[۱] عمل پایدار به معنای برآورده کردن نیازهای فعلی بدون به خطر انداختن توانایی نسل‌های آینده برای برآورده کردن نیازهای خودشان است.

[۲] Bioenergy

[۳] Woody biomass

[۴] organic materials and wastes

[۵] Biofuels

[۶] Bioliquids

[۷] Biomethane

[۸] Carbon capture and storage: CCS

انرژی زیستی در سال‌های اخیر در برخی کشورها و مناطق مانند برزیل، چین، اتحادیه اروپا و ایالات‌متحده آمریکا رشد قابل‌توجهی داشته است. با این‌حال، نرخ رشد هنوز بسیار کمتر از میزان مورد نیاز برای دستیابی به اهداف کربن‌زدایی برای آینده صفر خالص[۱] است. با همه این اوصاف، انرژی زیستی تنها سهم اندکی از مصرف نهایی انرژی دارد: ۸ درصد مصرف انرژی در ساختمان‌ها و صنعت و ۳ درصد از سوخت‌های حمل‌ونقل (IRENA, 2022).

زیست‌توده

زیست‌توده یک ماده آلی تجدیدپذیر است که از گیاهان و حیوانات به دست می‌آید. تا اواسط دهه ۱۸۰۰ زیست‌توده بزرگ‌ترین منبع کل مصرف انرژی سالانه ایالات‌متحده بود. زیست‌توده همچنین یک سوخت مهم در بسیاری از کشورها، به ویژه برای پخت‌وپز و گرمایش در کشورهای درحال‌توسعه است. استفاده از سوخت‌های زیست‌توده برای حمل‌ونقل و برای تولید برق در بسیاری از کشورهای توسعه‌یافته به عنوان وسیله‌ای برای جلوگیری از انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از استفاده از سوخت‌های فسیلی در حال افزایش است. در سال ۲۰۲۱، زیست توده نزدیک به ۵ کوادریلیون واحد حرارتی بریتانیا[۲] و حدود ۵ درصد از کل مصرف انرژی اولیه در ایالات‌متحده را فراهم کرد. زیست‌توده حاوی انرژی شیمیایی ذخیره‌شده از خورشید است. گیاهان از طریق فتوسنتز، زیست‌توده تولید می‌کنند. زیست‌توده می‌تواند مستقیم برای گرما سوزانده شود یا از طریق فرآیندهای مختلف به سوخت‌های مایع و گازی تجدیدپذیر تبدیل شود.

منابع زیست‌توده برای انرژی عبارت‌اند از؛

- ضایعات چوب و فرآوری چوب و هیزم، پلت‌های چوب[۳] و خرده‌های چوب، خاک اره و ضایعات کارخانه‌های چوب و مبلمان
- محصولات کشاورزی و مواد زائدِ ذرت، سویا، نیشکر، چمن، گیاهان چوبی و جلبک‌ها و بقایای محصولات کشاورزی و مواد غذایی
- مواد بیوژنیک در ضایعات جامد شهری، محصولات کاغذ، پنبه و پشم و مواد غذایی، ضایعات حیاط و چوب
- کود حیوانی و فاضلاب انسانی برای تولید انرژی زیستی یا گاز طبیعی تجدیدپذیر

زیست‌توده از طریق فرآیندهای مختلفی به انرژی تبدیل می‌شود، ازجمله؛

- احتراق مستقیم (سوختن) برای تولید گرما

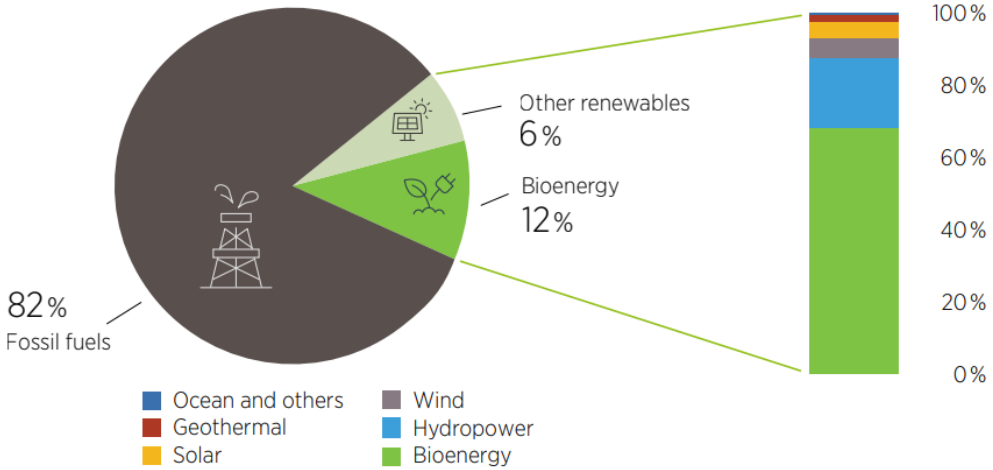
[۱] Net zero future
[۲] 5 quadrillion British thermal units (Btu)
[۳] Wood pellets

- تبدیل ترموشیمیایی برای تولید سوخت جامد، گاز و مایع
- تبدیل شیمیایی برای تولید سوخت مایع
- تبدیل بیولوژیکی برای تولید سوخت مایع و گاز

احتراق مستقیم رایج‌ترین روش برای تبدیل زیست‌توده به انرژی مفید است. تمام زیست‌توده را می‌توان به طور مستقیم برای گرم کردن ساختمان‌ها و آب، برای گرمای فرآیندهای صنعتی و برای تولید برق در توربین‌های بخار سوزاند (EIA, 2023).

وضعیت فعلی استقرار انرژی زیستی و سهم آن در ترکیب انرژی

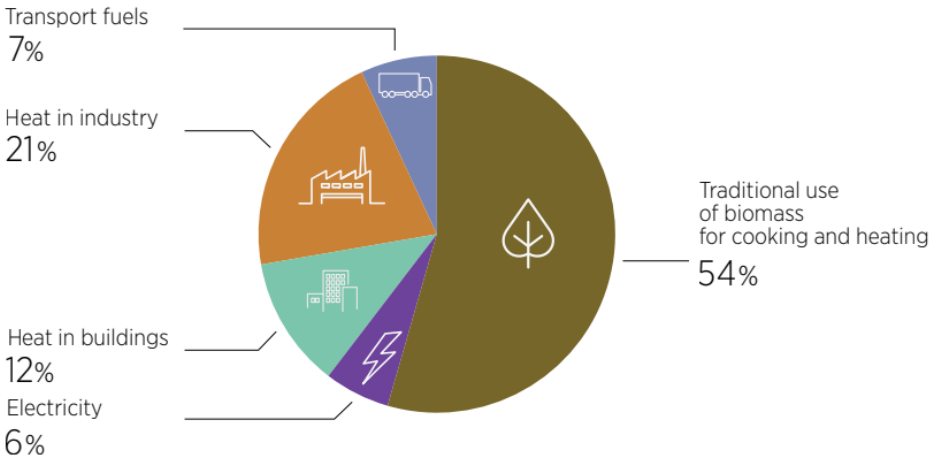
در سطح جهانی، انرژی زیستی بزرگ‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر باقی می‌ماند که حدود ۱۲ درصد از مصرف نهایی انرژی است (شکل ۱). می‌توان از انرژی زیستی برای تولید برق و مصارف نهایی، ازجمله گرمایش، پخت‌وپز و حمل‌ونقل استفاده کرد (شکل ۲). در حال حاضر بیش از ۸۰ درصد از انرژی زیستی برای پخت‌وپز و گرمایش در ساختمان‌ها و صنعت استفاده می‌شود. در سطح جهانی، در سال ۲۰۲۰، انرژی زیستی حدود ۲۰ درصد از کل مصرف گرما را تأمین کرده که ۸ درصد آن از اشکال نوین انرژی زیستی و ۱۲ درصد از استفاده سنتی از زیست‌توده بوده است.



شکل ۱. سهم انرژی زیستی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر در کل مصرف انرژی نهایی جهانی در سال ۲۰۱۹ (IRENA, 2022)

استفاده ناکارآمد و سنتی از زیست‌توده جامد مانند هیزم، زغال چوب، بقایای محصولات کشاورزی و مدفوع حیوانات بیش از نیمی از کل مصرف انرژی زیستی را به خود اختصاص داده است. حدود ۲.۴ میلیارد نفر، عمدتا در مناطق درحال‌توسعه جنوب صحرای آفریقا و جنوب آسیا با دسترسی محدود به سیستم‌های انرژی نوین مقرون‌به‌صرفه و قابل‌اعتماد، برای پخت‌وپز و گرمایش منازل مسکونی بر روی اجاق‌ها و شومینه‌های باز

با راندمان تبدیل انرژی بسیار پایین به سوخت‌های زیستی جامد سنتی متکی بودند (حدود ۵ تا ۱۵ درصد). سوخت‌ها اغلب از طریق خود افراد یا از طریق زنجیره‌های غیررسمی تأمین می‌شدند و تخمین دقیق مقدار مصرف شده دشوار است (IRENA, 2022).



شکل۲. سهم مصرف جهانی انرژی زیستی بر اساس استفاده نهایی در ۲۰۲۰[۱] (IRENA, 2022). بیشترین مصرف زیست‌توده برای مصالف سنتی و کمترین آن برای تولید الکتریسته است.

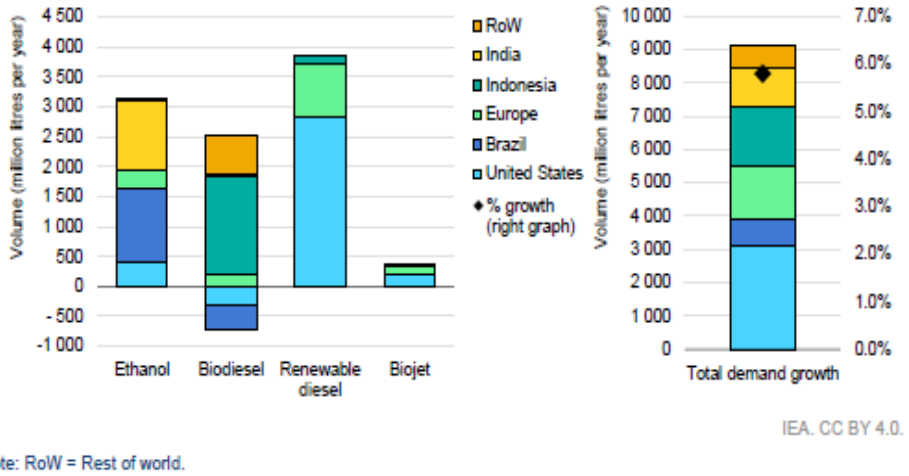
افزایش استفاده از سوخت زیستی با وجود افزایش هزینه‌ها

تقاضای جهانی سوخت زیستی در سال ۲۰۲۲ حدود ۶ درصد یا ۹۱۰۰ میلیون لیتر در سال[۲] بیشتر از سال ۲۰۲۱ است (شکل۳). دیزل تجدیدپذیر[۳] به لطف سیاست‌ها در ایالات متحده آمریکا و اروپا بیشترین سهم سوخت زیستی را در توسعه سالانه به خود اختصاص می‌دهد. مشوق‌های مالی از رشد تقاضا در هند و برزیل حمایت می‌کند و ۳۰ درصد نیاز اندونزی به مخلوط‌های بیودیزل نیز استفاده از بیودیزل را در آن کشور افزایش می‌دهد (IEA, 2022a).

[۱] مطابق با شکل ۲، ۷ درصد برای تولید سوخت‌های ترابری، ۲۱ درصد برای تولید گرما در صنعت، ۱۲ درصد برای تولید گرما در منازل، ۶ درصد برای تولید الکتریسیته و ۵۴ درصد برای استفاده سنتی از زیست توده برای پخت‌وپز و گرمایش مورد استفاده قرار می‌گیرد.

[۲] MLPY

[۳] Renewable diesel



شکل ۳. رشد تقاضای سوخت زیستی بر اساس سوخت و منطقه، ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۲ (IEA, 2022a)

رشد پایدار استفاده از سوخت زیستی در سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷

در پیش‌بینی‌های انجام شده کل تقاضای جهانی سوخت زیستی، به میزان ۳۵۰۰۰ میلیون لیتر در سال یا ۲۲ درصد طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد (شکل ۴). رشد مصرفِ سوخت دیزل تجدیدپذیر و بایوجت[۱] تقریبا به‌طور قطعی در اقتصادهای پیشرفته[۲] پیش‌بینی می‌شود. سیاست‌های طراحی‌شده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای باعث افزایش تقاضا می‌شود؛ زیرا سوخت‌های زیستی را می‌توان با انتشار گازهای گلخانه‌ای پایین تولید کرد، در سطوح بالا مخلوط و از پسماندها تهیه کرد. در واقع، در سال ۲۰۲۱، نزدیک به ۷۰ درصد از دیزل تجدیدپذیر و سوخت بایوجت از زباله‌ها و پسماندها به دست آمد.

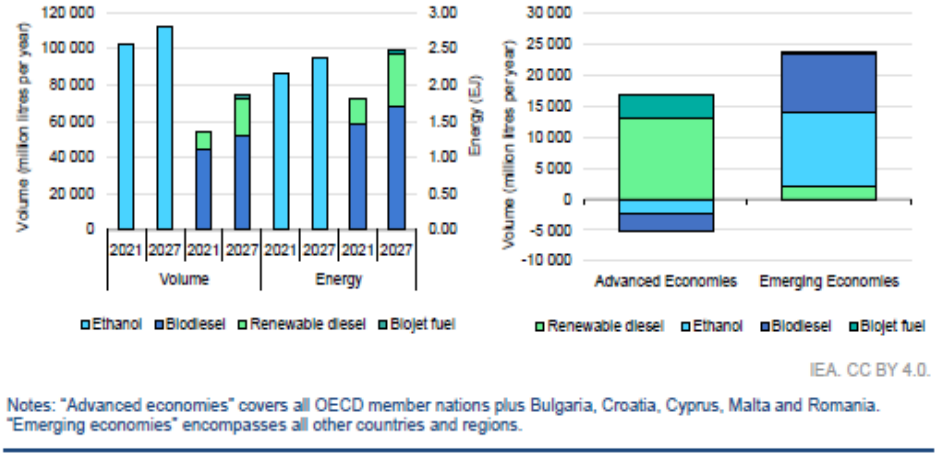
در همین حال، افزایش استفاده از اتانول[۳] و بیودیزل[۴] تقریبا به طور کامل در اقتصادهای نوظهور با هدف کاهش واردات نفت و در عین حال حداکثر استفاده از منابع بومی به نفع اقتصاد محلی اتفاق می‌افتد. به علاوه، استفاده از سوخت زیستی به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در این کشورها کمک می‌کند.

[۱] Biojet

[۲] اقتصادهای پیشرفته همه کشورهای عضو OECD به‌اضافه بلغارستان، کرواسی، قبرس، مالت و رومانی را پوشش می‌دهد.

[۳] Ethanol

[۴] Biodiesel



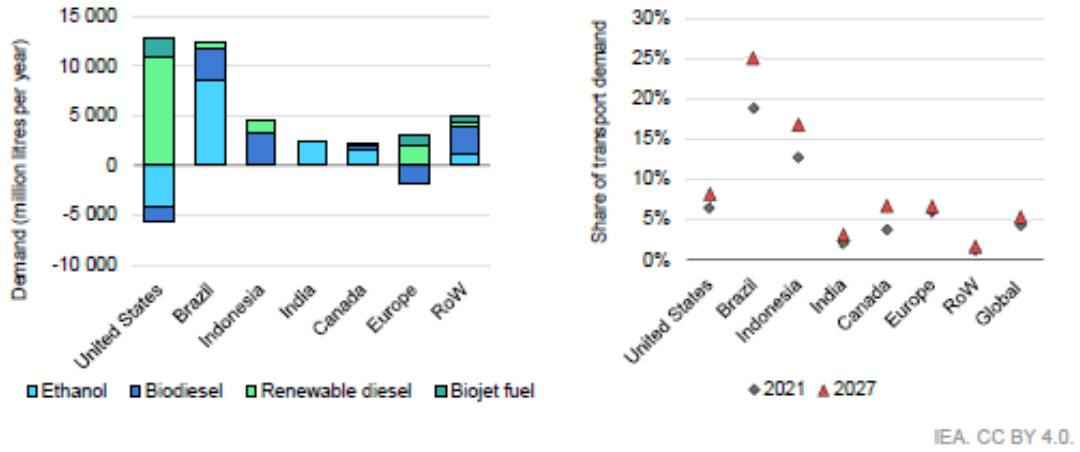
شکل ۴. تقاضای جهانی سوخت زیستی (چپ) و رشد برای اقتصادهای پیشرفته و نوظهور (راست) (IEA, 2022a)

درحالی‌که تقاضا برای اتانول بیشتر از بیودیزل، دیزل تجدیدپذیر و بایوجت است، کل تقاضای انرژی تأمین‌شده توسط اتانول در سال ۲۰۲۱ مشابه سه سوخت زیستی است؛ زیرا توان انرژی سه سوخت زیستی دیگر ۶۰ درصد بیشتر از اتانول است. انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۷، تقاضای سوخت بیودیزل، دیزل تجدیدپذیر و بایو جت به ۲.۵ اگزا ژول[۱] برسد که بالاتر از ۲.۴ اگزا ژول برای اتانول است.

ایالات متحده، کانادا، برزیل، اندونزی و هند ۸۰ درصد از گسترش جهانی استفاده از سوخت زیستی را تشکیل می‌دهند؛ زیرا هر پنج کشور بسته‌های سیاستی جامعی دارند که از رشد حمایت می‌کند. در برزیل، اندونزی و هند، افزایش مصرف بنزین و گازوئیل نیز تقاضا برای سوخت‌های زیستی را تسریع می‌کند، در حالی که در ایالات متحده و کانادا کاهش تقاضای بنزین و گازوئیل، رشد سوخت زیستی را کند کرده و حتی استفاده از برخی سوخت‌ها را کاهش می‌دهد. در اروپا، کاهش تقاضای سوخت حمل‌ونقل تقریبا رشد حجم را متوقف می‌کند. در سطح جهانی، سهم سوخت زیستی در مصرف سوخت حمل‌ونقل از ۴.۳ درصد به ۵.۴ درصد طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد (شکل ۵).

[۱] EJ

هر اگزا ژول ۱۰ به توان ۱۸ ژول است.



Notes: RoW = Rest of world. Renewable diesel, biodiesel and ethanol shares of gasoline and diesel are on an energy basis. Gasoline and diesel demand figures taken from the IEA Oil Information database.

شکل ۵. پیش‌بینی رشد بر اساس کشور (چپ) و سهم سوخت زیستی از تقاضای حمل‌ونقل (سمت راست) (IEA, 2022a)

قرار است تا سال ۲۰۲۷ یک‌سوم تولید سوخت‌های زیستی جدید از زباله‌ها و پسماندها حاصل شود. سیاست‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای حمل‌ونقل در اروپا و ایالات متحده باعث افزایش تقاضای جهانی برای زباله و پسماند می‌شود. قانون کاهش تورم ایالات متحده منجر به افزایش ۲۰ درصدی در پیش‌بینی سوخت‌های زیستی و گازوئیل‌های تجدیدپذیر ما می‌شود. این سیاست به سوخت‌های با شدت کمتر گازهای گلخانه‌ای پاداش می‌دهد و تولیدکنندگان سوخت زیستی را به تمرکز بر زباله‌ها و پسماندها سوق می‌دهد. در اروپا، دستورالعمل انرژی‌های تجدیدپذیر موجود و کشورهای عضو سیاست‌ها به سوخت‌های زیستی ساخته‌شده از زباله‌ها و پسماندها پاداش می‌دهد. سنگاپور و چین همچنین درحال‌توسعه تولید دیزل تجدیدپذیر و بایوجت از زباله‌ها و پسماندها برای خدمت به بازارهای اروپا و ایالات متحده هستند.

تقاضای سوخت زیستی در سراسر برزیل، اندونزی و هند طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ به میزان ۱۹۳۰۰ میلیون لیتر در سال افزایش می‌یابد؛ زیرا هر سه کشور قصد دارند در این دوره نیازهای ترکیبی را افزایش دهند. در برزیل نیز می‌توان انتظار داشت که برنامه‌هایی به کاهش قیمت اتانول نسبت به بنزین کمک کند و باعث استفاده بیشتر مصرف‌کنندگان شود. علاوه بر این، تقاضای کلی بنزین و گازوئیل نیز در هر سه کشور در حال گسترش است و رشد مصرف سوخت زیستی را تسریع می‌کند.

ایالات متحده و کانادا سیاست‌های ملی جدیدی را برای حمایت از ۹۵۰۰ میلیون دلار تقاضای سوخت زیستی جدید در سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ معرفی کرده‌اند. در ایالات متحده، به‌طورکلی قانون کاهش تورم شامل حدود ۹.۴ میلیارد دلار اعتبار مالیاتی و حمایت مالی برای ظرفیت تولید جدید و زیرساخت‌های سوخت است. اعتبارات مالیاتی هیچ سقف مالی ندارند و ما انتظار داریم که این مشوق‌ها استفاده از سوخت‌های زیستی و

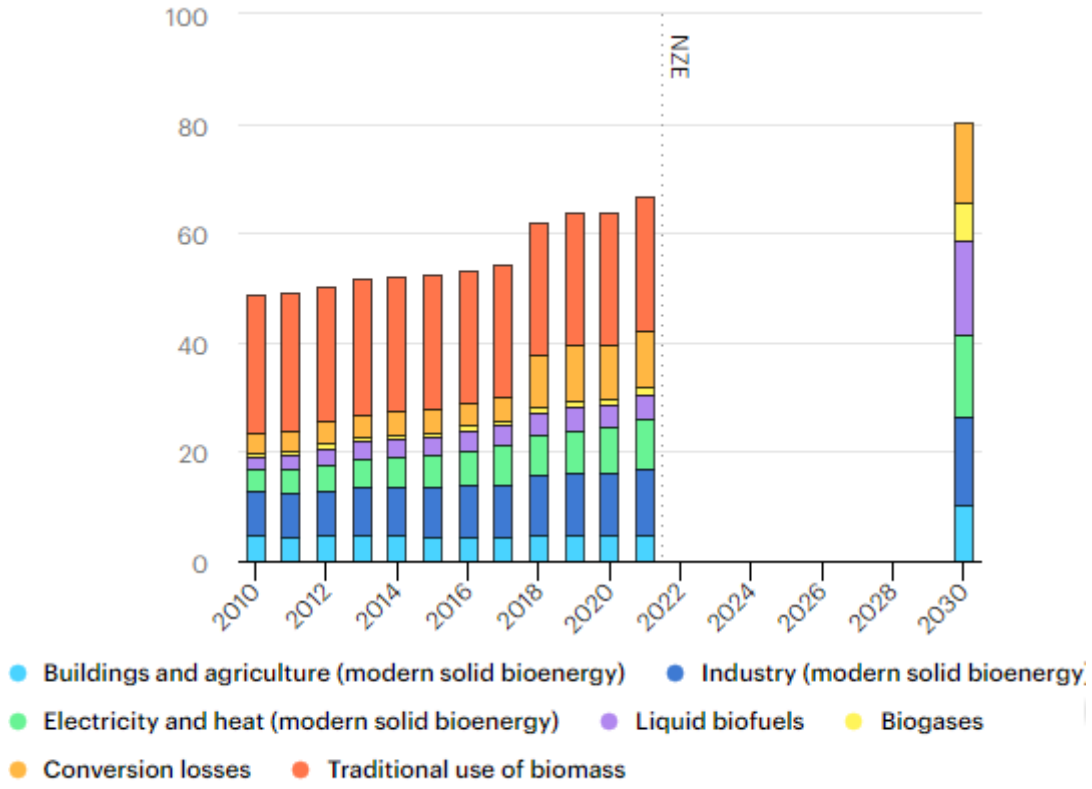
بیودیزل تجدیدپذیر را در دوره پیش‌بینی‌شده افزایش دهد. به‌طورکلی، سهم سوخت زیستی در تقاضای انرژی حمل‌ونقل از ۶ درصد به ۸ درصد افزایش می‌یابد.

کانادا مقررات سوخت پاک خود را در ژوئیه ۲۰۲۲ منتشر کرد که تأمین‌کنندگان سوخت مایع در بخش حمل‌ونقل جاده‌ای را ملزم می‌کند که تا سال ۲۰۳۰ شدت کربن سوخت خود را کاهش دهند. انتظار می‌رود که استفاده از سوخت زیستی بیشتر برای رعایت مقررات مورد نیاز باشد. بنابراین، سهم کل سوخت‌های زیستی در تقاضای انرژی حمل‌ونقل از نزدیک به ۴ درصد به ۷ درصد در طول دوره پیش‌بینی افزایش می‌یابد.

در همین حال، تقاضای سوخت زیستی در اروپا ۱۴۰۰ میلیون لیتر در سال یا ۵ درصد در طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد که ناشی از سخت‌گیری روزافزون سیاست‌های موجود در سطح کشورها است. برای مثال، ترکیب قوانین موجود در فرانسه، فنلاند، ایتالیا، بریتانیا و اسپانیا و همچنین اهداف کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در آلمان بیشتر روند توسعه را پیش می‌برد. با کاهش فروش بنزین و گازوئیل در سراسر اروپا، سوخت زیستی کمتری برای برآورده کردن الزامات ترکیبی و الزامات کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد نیاز خواهد بود. با این‌حال، سهم سوخت زیستی در تقاضای انرژی حمل‌ونقل از ۵.۹ درصد به ۶.۵ درصد در دوره پیش‌بینی‌شده افزایش می‌یابد (IEA, 2022a).

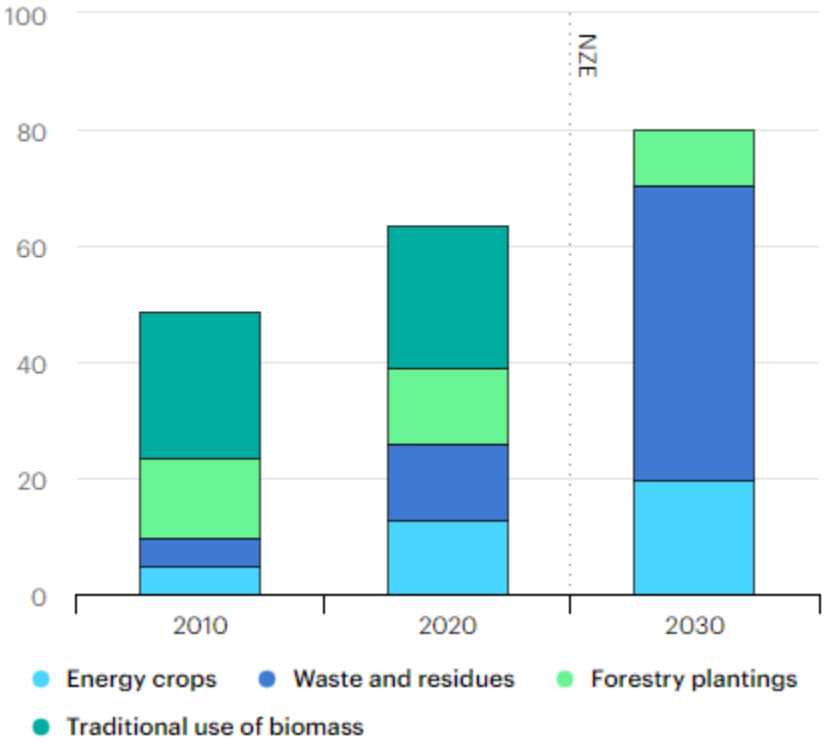
استفاده از انرژی زیستی در سناریوی صفر خالص

از نگاه آژانس بین‌المللی انرژی، انرژی زیستی یک رکن مهم کربن‌زدایی در گذار انرژی به سمت سناریوی صفر خالص است. استفاده از انرژی زیستی باید تا سال ۲۰۳۰ در طیف گسترده‌ای از برنامه‌ها افزایش یابد تا در مسیر سناریوی صفر خالص قرار گیرد (شکل۶). انرژی زیستی مدرن بزرگ‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر در سطح جهان است که ۵۵ درصد از انرژی تجدیدپذیر و بیش از ۶ درصد از عرضه جهانی انرژی را به خود اختصاص می‌دهد. سناریوی انتشار خالص صفر تا سال ۲۰۵۰ شاهد افزایش سریع استفاده از انرژی زیستی تا سال ۲۰۳۰ است. استفاده از انرژی زیستی مدرن بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۱ به طور متوسط حدود ۷ درصد در سال افزایش یافته است و روند صعودی دارد. تلاش‌های بیشتری برای تسریع استقرار انرژی زیستی مدرن مورد نیاز است تا در مسیر سناریوی خالص صفر قرار گیرد، تا شاهد افزایش ۱۰ درصدی استقرار در سال بین سال‌های ۲۰۲۱ تا ۲۰۳۰ باشیم.



شکل ۶. استفاده از انرژی زیستی بر اساس بخش و سهم انرژی زیستی مدرن در کل مصرف نهایی در سناریوی خالص صفر، ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ (IEA, 2022b)

کل مصرف جهانی انرژی زیستی در سال ۲۰۳۰ تحت سناریوی خالص صفر تنها حدود ۲۰ درصد بیشتر از سال ۲۰۲۱ است (شکل ۷). بیش از ۳۵ درصد از انرژی زیستی مورد استفاده در سال ۲۰۲۱ ناشی از مصرف زیست‌توده برای روش‌های پخت‌وپز سنتی بود، روش‌هایی که ناپایدار، ناکارآمد، آلوده‌کننده هستند و تنها در سال ۲۰۲۱ باعث ۵ میلیون مرگ زودرس شده است. استفاده از زیست‌توده سنتی در سناریوی صفر خالص تا سال ۲۰۳۰ به صفر می‌رسد تا به هدف توسعه پایدار سازمان ملل در مورد انرژی مقرون به‌صرفه و پاک دست یابد. استفاده مدرن از انرژی زیستی، که استفاده‌های سنتی از زیست‌توده را حذف می‌کند، از حدود ۴۲ اگزا ژول در سال ۲۰۲۱ باید به ۸۰ اگزا ژول در سال ۲۰۳۰ می‌رسد (IEA, 2022b).

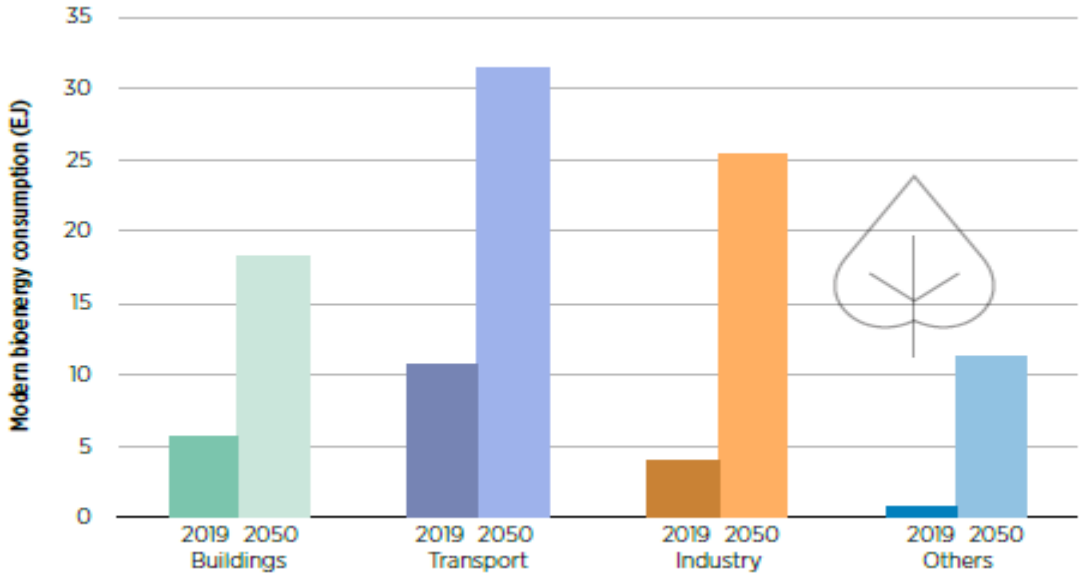


شکل ۷. عرضه جهانی انرژی زیستی در سناریوی صفر خالص (IEA, 2022b)

نقش انرژی زیستی در سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد

انرژی زیستی نقش مهمی در گذار انرژی جهانی به سمت صفر خالص ایفا می‌کند. در سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد آژانس بین‌المللی انرژی‌های تجدیدپذیر (ایرنا)، انرژی زیستی پایدار نقش مهمی در رساندن انتشار کربن دی‌اکسید جهانی به صفر خالص تا سال ۲۰۵۰ ایفا می‌کند، بنابراین افزایش دمای جهانی را به ۱.۵ درجه سانتی‌گراد محدود می‌کند. انرژی زیستی می‌تواند راه‌حل‌های میان‌مدت و بلندمدت را برای بسیاری از بخش‌هایی که گزینه‌های تجدیدپذیر دیگری برای آن‌ها وجود دارد، مانند تأمین سوخت برای هوانوردی، ارائه دهد. همچنین می‌تواند گرمای تجدیدپذیر و مواد اولیه را برای صنایع فراهم کند.

در سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد تا سال ۲۰۵۰، انرژی زیستی ۱۷ درصد از کل مصرف انرژی نهایی را تشکیل می‌دهد. استفاده مدرن از انرژی زیستی باید در تمام مصارف نهایی افزایش یابد (شکل ۸).



شکل ۸. مصرف انرژی زیستی مدرن در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۵۰ در سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد ایرنا، به تفکیک بخش (IRENA, 2022)

در سناریوی ۱.۵ درجه، زیست‌توده جایگزین سوخت‌های فسیلی برای مقاصد غیر انرژی، مانند مواد اولیه برای صنایع شیمیایی می‌شود. بخش‌های انرژی‌بَر و با دمای بالا مانند آهن و فولاد، سیمان و آهک و آلومینیوم و مواد شیمیایی که در آن انرژی زیستی می‌تواند جایگزین کک و زغال‌سنگ شود، همراه با صنایع مبتنی بر مواد زیستی که در آن مواد پایه زیستی در حال حاضر وجود دارند، در کانون توجه قرار دارند. به دنبال آن افزایش استفاده از سوخت‌های زیستی در بخش حمل‌ونقل، به ویژه در کربن‌زدایی حمل‌ونقل طولانی‌مدت، مانند حمل‌ونقل هوایی و کشتیرانی و بخش حمل‌ونقل با سوخت‌های زیستی مایع، تکمیل‌کننده استقرار وسایل نقلیه الکتریکی و سایر گزینه‌های تجدیدپذیر است.

دستیابی به سناریوی ۱.۵سانتی‌گراد نیازمند زنجیره‌های تأمین زیست‌توده بهبودیافته با منابع مواد اولیه مختلف است. پسماندهای آلی ازجمله فاضلاب، کودهای حیوانی، پساب‌های آلی مایع[۱]، بخش‌های زباله شهری و سایر پسماندهای مشابه را می‌توان برای تولید بیوگاز[۲] بر اساس هضم بی‌هوازی[۳] یا گاز جذب‌شده از محل دفن زباله استفاده کرد. همچنین می‌توان از چربی‌های زائد حیوانی برای تولید بیودیزل[۴] برای سوخت‌های حمل‌ونقل استفاده کرد. بقایای جنگلی و کشاورزی را می‌توان برای تولید هم‌زمان برق و حرارت برای ساختمان‌ها و صنایع، همراه با اقدامات حذف کربن استفاده کرد. استفاده گسترده از سایر روش‌ها مانند

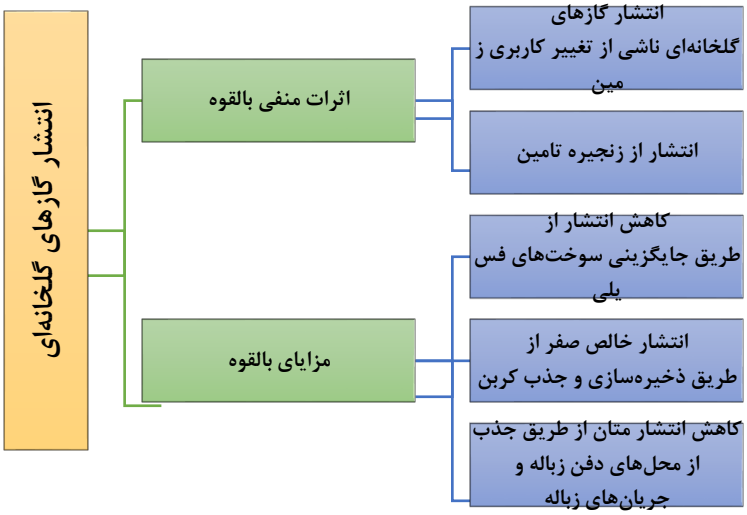
[۱] Liquid organic effluents
[۲] Biogas
[۳] Anaerobic digestion
[۴] Biodiesel

محصولات چوبی با تناوب زراعی کوتاه[۱] در زمین‌های تخریب یافته و حاشیه‌ای نیز می‌تواند بهره‌وری زمین را بهبود بخشد.

سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد باید تضمین کند که زیست‌توده و مواد اولیه زیستی از نظر کاهش گازهای گلخانه‌ای و تنوع زیستی، سایر جنبه‌های زیست‌محیطی و ملاحظات اجتماعی و اقتصادی پایدار هستند. پایداری انرژی زیستی در قسمت بعدی با جزئیات بیشتر توضیح داده می‌شود (IRENA, 2022).

پایداری انرژی زیستی

پایداری انرژی زیستی موضوع پیچیده‌ای است. در اصل، استفاده از انرژی زیستی می‌تواند مزایای مختلفی مانند اجتناب از انتشار گازهای گلخانه‌ای را با جایگزینی سوخت‌های فسیلی در تولید برق، گرمایش، حمل‌ونقل و صنعت فراهم کند. همچنین می‌تواند مزایای زیست‌محیطی و اجتماعی‌اقتصادی مانند ترمیم زمین و ایجاد شغل و بهبود سلامت از پخت‌وپز تمیز را به همراه داشته باشد. بااین‌حال، این مزایا تنها تحت شرایط خاص تحقق می‌یابند. اگر به درستی مدیریت نشود، زنجیره‌های تأمین انرژی زیستی و استفاده از آن به دلیل تعاملات قوی با تعدادی از بخش‌های مهم مانند کشاورزی، جنگلداری، توسعه روستایی و مدیریت پسماند می‌توانند اثرات منفی زیست‌محیطی، اجتماعی یا اقتصادی بر بخش انرژی وارد آورند. همچنین انرژی زیستی می‌تواند انتشار گازهای گلخانه‌ای را از طریق جایگزین شدن به‌جای سوخت‌های فسیلی در تولید برق و مصارف نهایی کاهش دهد (شکل ۹) (IRENA, 2022).

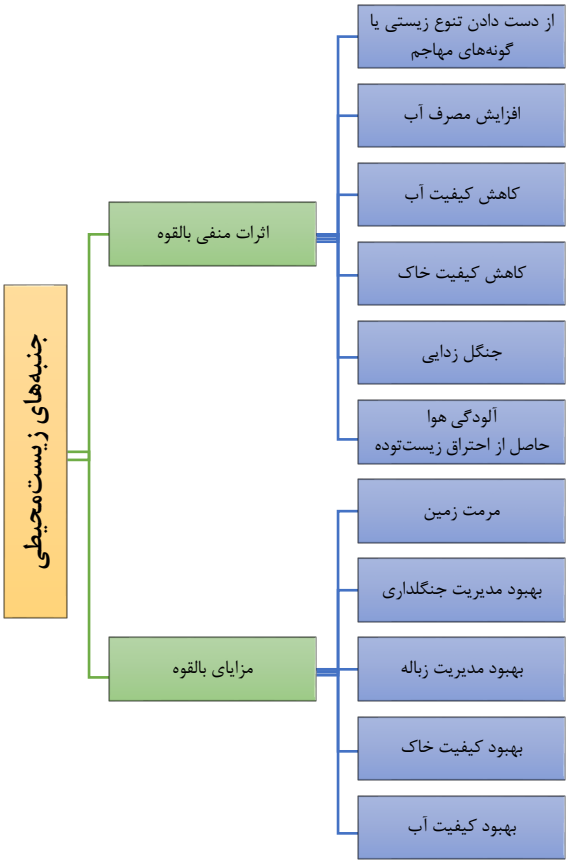


شکل ۹. جنبه‌های بالقوه مرتبط با پایداری زیست انرژی مربوط به بخش انتشار گازهای گلخانه‌ای (IRENA, 2022)

[۱] Short - rotation woody crops

محصولات چوبی با تناوب زراعی کوتاه، گونه‌های درختی چوبی هستند که به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که نرخ رشد بسیار بالایی داشته باشند، که امکان برداشت آن‌ها را پس از یک دوره رشد کوتاه فراهم می‌کند. آن‌ها یک جزء خوراک ایده آل برای زنجیره تأمین زیست‌توده هستند.

تولید و مصرف انرژی زیستی ممکن است به روش‌های مختلفی بر محیط‌زیست تأثیر بگذارد. در صورت اجرای پایدار، تولید و مصرف انرژی زیستی می‌تواند زمین‌های تخریب یافته را بهبود بخشد، از تنوع زیستی سود ببرد و خاک را از طریق محصولات جانبی تولید انرژی زیستی بهبود بخشد. با این حال، اثرات منفی از جمله کاهش تنوع زیستی ناشی از تک‌کشتی[۱]،گونه‌های مهاجم از انبارهای غذایی رشد یافته برای اهداف سوخت زیستی، مصرف بالای آب، کاهش کیفیت خاک و آلودگی هوا نیز وجود دارد (IRENA, 2022).



شکل ۱۰. جنبه‌های بالقوه مرتبط با پایداری انرژی زیستی مربوط به بخش زیست‌محیطی (IRENA, 2022)

نحوه اجرای طرح‌های انرژی زیستی پایدار

آژانس بین‌المللی انرژی[۲] یکی از اندیشکده‌هایی است که به سیاست‌گذاران در مورد چگونگی تغییر سیستم‌های انرژی خود مشاوره می‌دهد. در نسخه ۲۰۲۰ چشم‌انداز فناوری انرژی آژانس بین‌المللی انرژی، تحلیلگران آژانس بین‌المللی انرژی به دولت‌ها توصیه می‌کنند که چشم‌اندازی برای آینده انرژی پایدار ایجاد کنند،

[۱] Monocultural
[۲] IEA

مسیرهایی را برای رسیدن به این چشم‌انداز تعریف کنند، پیشرفت را به سمت اهداف اعلام‌شده پیگیری کنند، همکاری‌های بین‌المللی را تقویت کنند، از فناوری‌ها در تمام مراحل چرخه نوآوری حمایت کنند (شامل تحقیق، توسعه، نمایش و استقرار) و سازوکارهای سیاست، مالی و بازار را برای حمایت از مدل‌های تجاری جدید تطبیق دهند.

مطابق با این چشم‌انداز ابزارهای سیاستی مؤثر باید حول پنج حوزه اصلی ساخته شوند؛

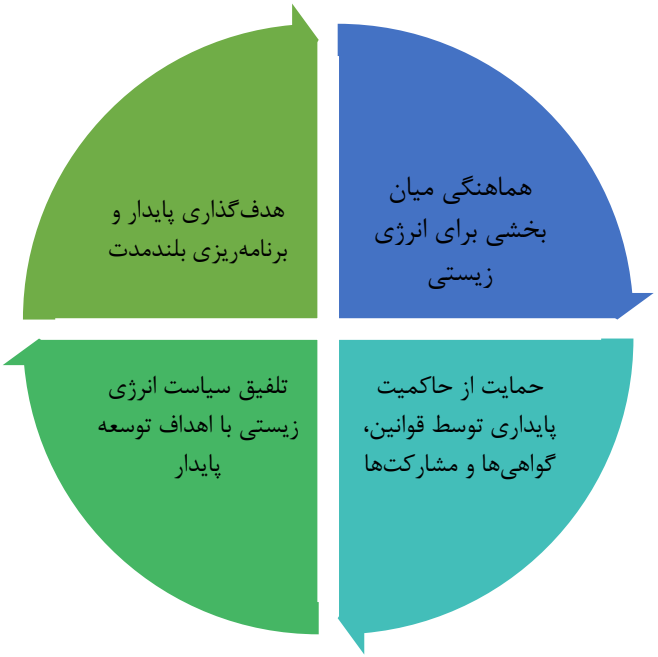
- مقابله با انتشار گازهای گلخانه‌ای از دارایی‌های موجود،
- تقویت بازارهای فناوری در مراحل اولیه پذیرش،
- توسعه و ارتقاء زیرساخت‌هایی که امکان استقرار فناوری را فراهم می‌کند،
- تقویت حمایت از تحقیق، توسعه و نمایش،
- گسترش همکاری‌های بین‌المللی در زمینه فناوری.

به طور خاص برای انرژی زیستی، تحلیلگران انرژی آژانس بین‌المللی انرژی، رهنگاشت انرژی زیستی را منتشر کرده‌اند که چندین اقدام کلیدی سیاستی را مشخص می‌کند. اول از همه، اقداماتی لازم است که زمین بازی را هموار کند مانند خلاص شدن از شر یارانه سوخت‌های فسیلی، قیمت‌گذاری بر اثرات خارجی ناشی از استفاده از سوخت فسیلی و رفع موانع در سیستم مالیاتی. سپس باید یک محیط سیاستی مطلوب برای فناوری‌های انرژی زیستی و انرژی‌های تجدیدپذیر ایجاد شود، مانند یک چارچوب سیاست پایدار بلندمدت که بازارها و اهداف استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را تأیید می‌کند، اطمینان حاصل می‌کند که تولیدکنندگان به بازارها دسترسی دارند و مکانیسم‌های جبران‌کننده مانند تعیین پاداش برای کاهش تولید انرژی فسیلی وجود دارد. اقدامات بیشتر باید به طور خاص از فناوری‌های انرژی زیستی پشتیبانی کند، مانند رژیم‌های حاکمیت پایدار، استانداردهای انتشار و اقداماتی برای کسب درآمد از انعطاف‌پذیری افزایش‌یافته‌ای که انرژی زیستی می‌تواند ارائه دهد. در نهایت، حمایت ویژه باید از فناوری‌های جدید، مانند تعهدات برای استقرار سوخت‌های زیستی پایدار در سطح آمادگی فناوری پایین‌تر، مکانیسم‌های مالی اختصاصی برای تسهیل نمایش این فناوری‌ها و حمایت از تحقیق و توسعه مرتبط انجام شود (IEA, 2023).

چارچوب سیاستی برای تضمین نقش انرژی زیستی در دستیابی به هدف ۱.۵ درجه سانتی‌گراد

از آنجا که پایداری انرژی زیستی پیچیده و بسیار خاص است، یک چارچوب سیاستی برای تضمین نقش انرژی زیستی در دستیابی مؤثر و مناسب به هدف ۱.۵ درجه سانتی‌گراد ضروری است. چارچوب سیاست باید شامل تعیین اهداف پایدار و برنامه‌ریزی بلندمدت، هماهنگی بین بخش انرژی زیستی و حاکمیت پایداری تحت

حمایت مقررات و طرح‌های صدور گواهی و همچنین ادغام سیاست انرژی زیستی با اهداف توسعه پایدار[۱] باشد (شکل ۱۱) (IRENA, 2022).



شکل ۱۱. چارچوب سیاستی برای توسعه پایدار انرژی زیستی (IRENA, 2022)

موانع استقرار انرژی زیستی

تعدادی از موانع (شکل ۱۲) مانع گسترش انرژی زیستی می‌شوند. در سطح جهانی، موانع اصلی شامل هزینه بالاتر انرژی زیستی در مقایسه با گزینه‌های سوخت فسیلی و بازار مخدوش انرژی زیستی به دلیل عوارض خارجی استفاده از سوخت‌های فسیلی است. علاوه بر این، زنجیره‌های تأمین ضعیف قادر به تأمین مواد اولیه پایدار نیستند، وضعیتی که در صورت عدم اتخاذ تدابیر سیاستی، به طور قابل‌توجهی مانع توسعه صنعت انرژی زیستی خواهد شد. آمادگی فناوری مانع دیگری است، به ویژه برای فناوری‌های پیشرفته مانند سوخت‌های زیستی مایع برای هوانوردی و مواد زیستی مورد استفاده در صنایع شیمیایی. این فناوری‌ها ممکن است نقش مهمی در دستیابی به سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد ایفا کنند؛ اما در حال حاضر در مراحل اولیه خود باقی‌مانده‌اند. برخی از موانع نیز مانند عدم قطعیت سیاست و مشکل در جذب سرمایه به یکدیگر مرتبط می‌شوند. زنجیره تأمین ضعیف همچنین می‌تواند دلیلی برای هزینه‌های بالای تولید باشد که تحت تأثیر هزینه‌های مواد اولیه است (IRENA, 2022).

[۱] Sustainable Development Goal

شکل ۱۳. موانع متقابل برای استقرار انرژی زیستی (IRENA, 2022)

موانع سیاسی و نهادی؛ عدم قطعیت‌های سیاسی ممکن است مانع از سرمایه‌گذاری در زنجیره‌های تأمین انرژی زیستی و زیرساخت‌های مربوطه شود که به زمان طولانی برای بازگشت سرمایه نیاز دارند.

ساختارهای نهادی پیچیده و ناهماهنگی در برخورد با مسائل بین بخشی در حوزه‌های مختلف سیاستی موانع بیشتری ایجاد می‌کند. تضمین پایداری انرژی زیستی مستلزم مشارکت بخش‌ها و سیاست‌های مرتبط است. اولویت‌ها و اهداف سیاست در این بخش‌ها، همیشه پیوند یا همسویی مناسب با سیاست‌گذاری انرژی زیستی ندارند و بنابراین نگرانی‌هایی را در مورد پایداری ایجاد می‌کنند (IRENA, 2022).

موانع مالی و اقتصادی؛ در غیاب اقداماتی (مانند مالیات بر کربن) که هزینه‌های اثرات منفی زیست‌محیطی و اجتماعی ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی را بر کشورها تحمیل می‌کند، بیشتر گزینه‌های انرژی زیستی هزینه بیشتری نسبت به سوخت‌های فسیلی دارند. فقدان دسترسی به منابع مالی مقرون به‌صرفه یکی دیگر از چالش‌های اصلی برای استقرار انرژی زیستی پایدار است. معمولا تأمین مالی برای پروژه‌ها، برنامه‌ها و سرمایه‌گذاری‌های انرژی زیستی با نرخ‌های معقول دشوار است (IRENA, 2022).

موانع فنی و زیرساخت؛ آمادگی فناوری سطح پایین همچنان یک مانع فوری برای استقرار سوخت‌های زیستی مایع پیشرفته‌تر است.

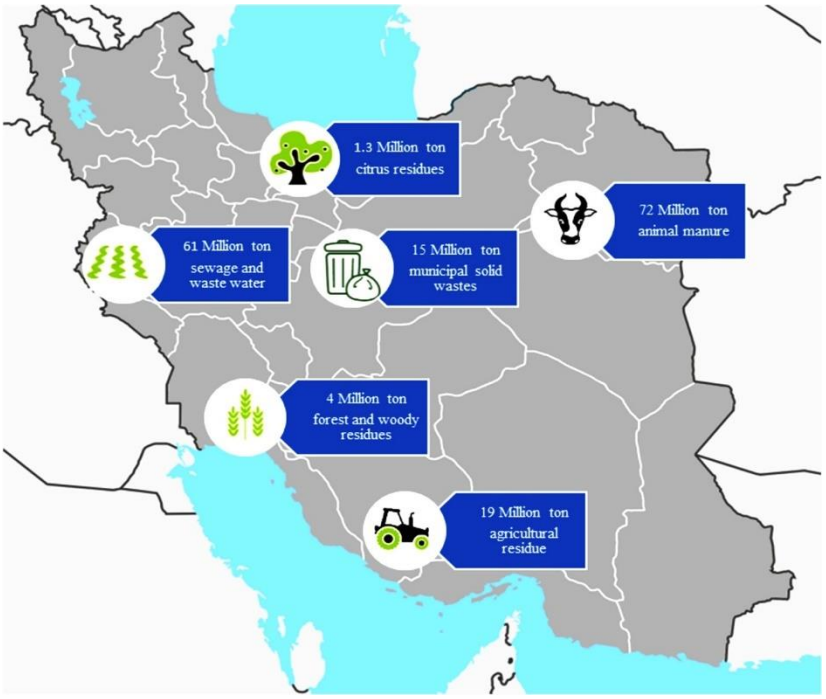
همین مسئله همچنین استفاده از زیست‌توده را برای فرآیندهای صنعتی با دمای بالا کند می‌کند. فقدان زیرساخت نیز افزایش استفاده از انرژی زیستی را محدود می‌کند (IRENA, 2022).

موانع مرتبط با زنجیره تأمین؛ زنجیره‌های تأمین انرژی زیستی ضعیف، ازجمله کشت، برداشت و جمع‌آوری مواد اولیه، پیش‌تصفیه یا ارتقاء، بزرگ‌ترین مانع برای توسعه انرژی زیستی، به ویژه برای نیروگاه‌ها یا پروژه‌های بزرگ بوده است. سیستم‌های انرژی زیستی به منابع قابل‌اعتماد و ثابت مواد اولیه نیاز دارند. علاوه بر این، سیستم‌های انرژی زیستی باید به‌دقت برنامه‌ریزی، طراحی، نصب، بهره‌برداری و نگهداری شوند تا از عملکرد کارآمد اطمینان حاصل شود و از سطوح بالای انتشار در هوا و آب جلوگیری شود. توسعه زنجیره‌های تأمین انرژی زیستی نیازمند مشارکت فعال در بخش‌های جنگل‌داری، کشاورزی و مدیریت پسماند است که بیشتر آن‌ها ممکن است با صنعت انرژی زیستی ناآشنا باشند و مایل به تغییر شیوه‌های فعلی نباشند (IRENA, 2022).

موانع مربوط به اطلاعات و آگاهی عمومی؛ اطلاعات محدود در مورد محصولات انرژی زیستی و مزایای آن‌ها ممکن است بر مشارکت سهامداران (مانند کاربران بالقوه یا ارائه‌دهندگان مواد اولیه) در طول زنجیره تأمین تأثیر بگذارد. علاوه بر این، اگر اطلاعات قابل‌اعتمادی در دسترس نباشد، سیاست‌گذاران ممکن است به دلیل نگرانی در مورد پایداری، در مشارکت در انرژی زیستی تردید کنند (IRENA, 2022).

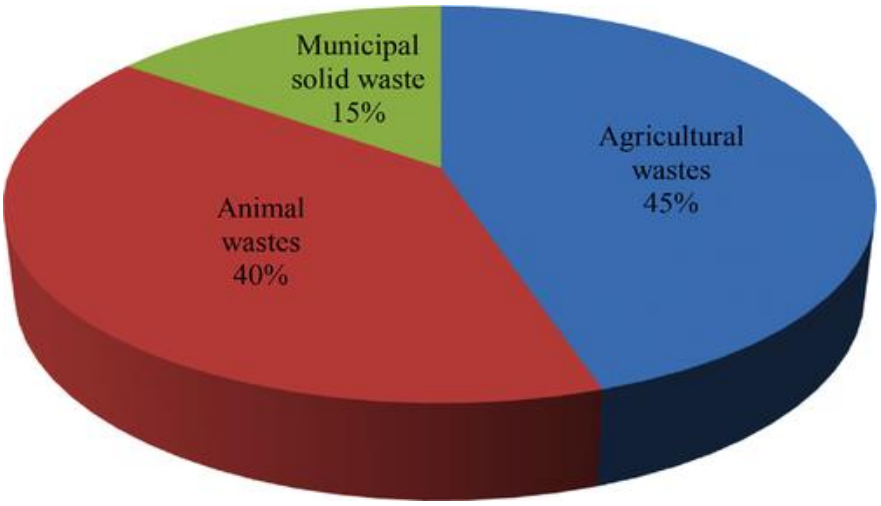
پتانسیل انرژی زیستی ایران

با توجه به شکل ۱۳ که پتانسیل انرژی زیستی ایران را نشان می‌دهد، زیست‌توده منبع اصلی انرژی زیستی ایران است. پتانسیل انرژی زیست‌توده ایران حدود ۲۰۰ تراوات ساعت تخمین زده می‌شود؛ اما ظرفیت کلی نصب‌شده انرژی زیستی در کشور حدود ۱۴ مگاوات است. دو منبع مهم انرژی زیستی در ایران زیست‌توده و سوخت زیستی هستند.



شکل ۱۳. پتانسیل انرژی زیستی در ایران (Mahdavi et al., 2022)

سالانه تقریبا ۱۹.۶ میلیون تن پسماند در کشور تولید و عمدتا سوزانده می‌شود. طبق شکل ۱۴، پتانسیل ایران برای تولید انرژی از زباله‌های زیست‌توده، ۹ میلیون تن از ضایعات کشاورزی، ۸ میلیون تن از زباله‌های حیوانی و ۳ میلیون تن از زباله‌های جامد شهری است.



شکل ۱۴. پتانسیل ایران برای تولید انرژی از زباله‌های زیست‌توده (Mahdavi et al., 2022)

ضایعات کشاورزی در مراحل مختلف فرآیند کشاورزی تولید می‌شود، که منظور علف‌های هرز، برگ گیاهان، یونجه، باقی‌مانده غلات و محصولات باغی است. همه این بقایا می‌توانند به عنوان منابع انرژی سبز در ایران مورداستفاده قرار گیرند (Mahdavi et al., 2022).

جمع‌بندی و تحلیل

در این مطالعه دیدبانی، وضعیت فعلی استقرار انرژی زیستی، سهم آن در ترکیب انرژی و رشد پایدار استفاده از سوخت زیستی در سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ و رشد استفاده از سوخت‌های زیستی بررسی شد. همان‌طور که اشاره شد، کل تقاضای جهانی سوخت زیستی به میزان ۳۵۰۰۰ میلیون لیتر در سال یا ۲۲ درصد طی سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۲۷ افزایش می‌یابد. ایالات متحده، کانادا، برزیل، اندونزی و هند ۸۰ درصد از سهم گسترش جهانی استفاده از سوخت زیستی را به خود اختصاص داده‌اند؛ زیرا هر پنج کشور بسته‌های سیاستی جامعی دارند که از رشد آن حمایت می‌کند. انتظار می‌رود که تولید و مصرف دیزل تجدیدپذیر برای اولین بار به طور عمده در جهان گسترش یابد؛ چرا که رشد آن توسط سیاست‌های طراحی‌شده برای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در اقتصادهای پیشرفته هدایت می‌شود. همچنین تقاضای سوخت بایوجت به طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد. مشوق‌های مالیاتی اخیرِ ایالات متحده و هدف اتحادیه اروپا باعث رشد بیشتر بایوجت‌های زیستی می‌شود. در همین حال، افزایش مصرف اتانول و بیودیزل تقریباً به طور کامل در اقتصادهای نوظهور اتفاق می‌افتد؛ زیرا هدف آن‌ها کاهش واردات نفت و درعین‌حال سودمندی اقتصاد محلی با استفاده از منابع بومی است.

طبق گزارش‌های هر دو نهاد مورد بررسی در این مطالعه، رشد استفاده از مواد زیست‌توده جزء ضروری گذار انرژی به سمت انتشار صفر است. بنابراین سهم انرژی زیستی مدرن در تحقق تقاضای انرژی در تمام مصارف نهایی و به عنوان مواد اولیه شیمیایی در دهه‌های بعدی باید افزایش یابد.

به منظور کاهش استفاده سنتی از زیست‌توده تا سال ۲۰۳۰، افزایش انرژی زیستی مدرن مورداستفاده برای گرم کردن ساختمان‌ها، استفاده بیشتر از انرژی زیستی در صنعت و سوخت‌های زیستی برای حمل‌ونقل (جاده، هوانوردی و کشتیرانی) مورد نیاز است. علاوه بر این، رشد چشمگیر در استفاده از زیست‌توده برای اهداف غیر انرژی، به ویژه جایگزینی زیست‌توده با مواد اولیه (سوخت فسیلی) برای تولید مواد شیمیایی، مورد نیاز است.

همچنین برای افزایش عرضه زیست‌توده، به شیوه‌های پایدار حکمرانی انرژی نیاز است. بهبود پایداری زنجیره تأمین انرژی زیستی و به حداقل رساندن تأثیرات منفی آن باید اولویت سیاست‌گذاری‌های در حوزه انرژی

زیستی باشد که دستیابی به آن مستلزم مشارکت کامل ذینعفان در همه بخش‌ها و بررسی دقیق عملیات در کل زنجیره تأمین است.

در کوتاه‌مدت، سهم انرژی زیستی مدرن باید در تمام مصارف نهایی تا سال ۲۰۳۰ افزایش یابد. تا زمانی که اقدامات سیاستی اتخاذ نشود، استقرار انرژی زیستی به سطوحی که با سناریوی ۱.۵ درجه سانتی‌گراد همسو است نخواهد رسید. ناگفته نماند که موانع اقتصادی و هزینه مهم‌ترین مانع‌ها است. هزینه سوخت‌های زیستی و مواد شیمیایی بیشتر از سوخت‌های فسیلی است. دسترسی به بازار همراه با سرمایه‌گذاری در زیرساخت‌ها و توسعه زنجیره‌های تأمین سازگار با الزامات پایداری دشوارتر است.

پیامدهای استفاده از انرژی زیستی برای جهان و ایران را می‌توان به عبارت زیر نام برد.

- **در شبکه برق؛** به دلیل ماهیت متناوب انرژی خورشیدی و بادی و تنوع و تفاوت الگوهای مصرف برق در بخش‌های گرمایش، پخت‌وپز، ماشین لباسشویی، شارژ وسایل نقلیه الکتریکی، سرورها و صنعت، و ایجاد سیستم‌های برق تجدیدپذیرِ انعطاف‌پذیر استفاده از انرژی زیستی ضروری است. چراکه در مقایسه با سوخت‌های مصنوعی، انرژی زیستی می‌تواند انعطاف‌پذیری طولانی‌مدت برای شبکه برق فراهم کند. حامل‌های انرژی زیستی واسطه[۱] همچون پلت‌های چوب، تراشه‌ها[۲] یا مایعات زیستی را می‌توان ذخیره کرد و به طور انعطاف‌پذیر به گرما و نیرو تبدیل کرد. به‌این‌ترتیب، انرژی زیستی می‌تواند مکمل گرمای حاصل از پمپ‌های حرارتی یا گرمای خورشیدی، به ویژه در ماه‌های زمستان باشد. کربن دی‌اکسید حاصل از احتراق[۳] یا گازهای حاصل از گازسازی یا هضم بی‌هوازی[۴] را می‌توان با هیدروژن از انرژی تجدیدپذیر متغیر به بیومتان ارتقا داد که می‌تواند در شبکه گاز منتقل و ذخیره شود (IEA, 2023).
- **کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای؛** استفاده از انرژی زیستی به عنوان جایگزینی برای سوخت‌های فسیلی و زغال‌سنگ می‌تواند بین ۷۴ تا ۹۸ درصد به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند. همچنین، انرژی زیستی کشاورزان را تشویق می‌کند تا پسماندهای بقایای محصول را جمع‌آوری کرده و به جای سوزاندن آن‌ها، در مناطق روستایی انرژی تولید کنند، عاملی که انتشار گازهای گلخانه‌ای را کاهش می‌دهد.

[۱] Intermediary bioenergy carriers
[۲] Chips
[۳] Combustion
[۴] Anaerobic digestion

- **کاهش انتشار کربن**؛ بالاترین سطح انتشار کربنِ انرژی زیستی به ترتیب کمتر از یک پنجم و یک سومِ انتشارِ گازهای زغال‌سنگ و نیروگاه‌های گاز طبیعی است.
- **بهبود سلامت عمومی**؛ تأسیسات کشاورزی، شهری و صنعتی چندین میلیون تن زباله تولید می‌کنند و با کنترل و فرآوری این بقایا می‌توان سلامت عمومی را بهبود بخشید.
- **چرخه کربن خنثی**؛ استفاده از منابع انرژی زیستی باعث چرخه طبیعی کربن از طریق فتوسنتز و فرآیند احتراق می‌شود.
- **ایجاد شغل**: انرژی زیستی نسبت به سایر منابع انرژی در ایجاد شغل مؤثرتر است. ورودی‌های نیروی کار مستقیم زیست‌توده چوب بین دو تا سه برابر بیشتر از زغال‌سنگ در هر واحد انرژی است. علاوه بر این، زیست‌توده ۳۲ شغل ایجاد می‌کند، درحالی‌که نفت کوره سالانه ۱۵ نفر در هر مگاوات تولید را استخدام می‌کند.
- **تولید برق معین**؛ تولید انرژی زیست‌توده به عنوان قطعی در نظر گرفته می‌شود. سایر منابع تجدیدپذیر مانند انرژی‌های باد و خورشید نامشخص هستند و زمانی که بر شرایط آب و هوایی، مانند سرعت باد یا شدت نور خورشید (تابش) تکیه می‌کنند، نیاز به پیش‌بینی دارند.
- **ذخیره‌سازی**؛ برخلاف انرژی‌های باد و خورشید، زیست‌توده را می‌توان به گاز یا مایع تبدیل کرد، ذخیره کرد و در آینده برای تولید انرژی استفاده کرد.
- **تولید محلی**؛ نیروگاه‌های زیستی می‌توانند به عنوان نیروگاه‌های تولید پراکنده[1] در مناطق روستایی استفاده شوند که برای نیروگاه‌های سوخت فسیلی امکان‌پذیر نیست (Mahdavi et al., 2022).
- **آلودگی هوا**؛ تولید انرژی زیست‌توده به دلیل احتراق آن، انتشار هوای آلوده بیشتری نسبت به نیروگاه‌های خورشیدی و بادی دارد.
- **قابلیت تولید انرژی**؛ منابع انرژی زیستی قادر به تولید انرژی به اندازه نفت و گاز طبیعی نیستند.
- **قیمت**؛ انرژی زیستی نیازمند فرآیند تبدیل به سوخت‌های زیستی است که می‌تواند محلول را گران‌تر از سوخت‌های فسیلی کند (Mahdavi et al., 2022).

[1] Distributed generation

منابع

EIA, U.S. Energy Information Administration (2023). Biomass explained https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/

IRENA, International renewable energy agency (2022). Bioenergy for the energy transition Ensuring sustainability and overcoming barriers.

IEA, International energy agency, (2022a). Renewables 2022 Analysis and forecast to 2027.

IEA, International energy agency, (2022b). Demand for bioenergy production will increase, but must be achieved sustainably https://www.iea.org/fuels-and-technologies/bioenergy

IEA, International energy agency, (2023). How bioenergy contributes to a sustainable future.

Mahdavi, M., Schmitt, K., Ramos, R. A. V., & Alhelou, H. H. (2022). Role of hydrocarbons and renewable energies in Iran's energy matrix focusing on bioenergy: review. *IET Renewable Power Generation, 16*(15), 3384-3405. https://doi.org/https://doi.org/10.10/۴۹rpg2.12540

گزارش دیدبانی

چشم‌انداز انرژی‌های زیستی

تاریخ انتشار: خرداد ۱۴۰۲

شناسه یکتا: ETG-SMSD-1369

جمهوری اسلامی ایران
وزارت کشور

مرکز مطالعات راهبردی و آموزش وزارت کشور