





ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت
مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم
انرژیهای تجدیدپذیر با اولویت انرژی آبی

تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژیهای نو برای
ایجاد نیروگاههایی از قبیل بادی خورشیدی پیل های سوختی
و زمین گرمایی در کشور

فهرست مطالب

۲	پیشگفتار
۳	مقدمه:
۴	۱- زیست توده چیست؟
۵	۲- بیوگاز
۷	۳- منابع زیست توده
۸	۴- تاریخچه زیست توده
۹	۵- معرفی تکنولوژی های زیست توده
۱۵	۶- مزایا و معایب زیست توده
۱۷	۷- وضعیت بهره برداری از انرژی زیست توده در جهان و ایران
۲۵	۸- وضعیت فعلی و آتی تولید برق و حرارت از زباله های شهری در جهان
۳۳	۹- بحث پایانی

انگریزی زبانتونوڊه

پیشگفتار

توسعه شگرف علم و فن آوری در جهان امروز ظاهراً آسایش و رفاه زندگی بشر را موجب شده است. لیکن این توسعه یافتگی، مایه بروز مشکلات تازه‌ای نیز برای انسان‌ها شده است که از آن جمله می‌توان به آلودگی محیط زیست، تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین و غیره اشاره نمود.

به ویژه می‌دانیم که نفت و مشتقات آن از سرمایه‌های ارزشمند ملی و حیاتی کشور می‌باشند که مصرف غیربهبینه از آنها گاهی زیان‌های جبران ناپذیری را ایجاد می‌کند. از این رو صاحب نظران و کارشناسان به دنبال منابعی هستند که به تدریج جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند. سوخت‌های فسیلی آلودگی‌های زیست محیطی بی‌شماری را ایجاد می‌نمایند. به عبارت دیگر از یک طرف در نتیجه سوختن مواد فسیلی گازهای سمی وارد محیط می‌شود و تنفس انسان را دچار مشکل می‌نماید، محیط زیست را آلوده می‌نماید و از طرفی دیگر تراکم این گازها در جو زمین مانع خروج گرما از اطراف زمین می‌شود و باعث افزایش دمای هوا و تغییرات گسترده آب و هوایی در زمین

موسومند مستلزم مطالعات و تحقیقات فراوانی می‌باشد که قبل از استفاده باید انجام گیرند. مجموعه انرژی‌های تجدید پذیر روز به روز سهم بیشتری را در سیستم تامین انرژی جهان به عهده می‌گیرند. انرژی‌های تجدید پذیر به ویژه برای کشورهای در حال توسعه از جاذبه بیشتری برخوردار است، لذا در برنامه‌ها و سیاست‌های بین‌المللی از جمله در برنامه‌های سازمان ملل متحد در راستای توسعه پایدار جهانی نقش ویژه‌ای به منابع تجدید پذیر انرژی محول شده است. اما سازگار کردن این منابع انرژی با سیستم فعلی مصرف انرژی جهانی هنوز با مشکلاتی همراه است که بررسی و حال آنها حجم مهمی از تحقیقات علمی جهان را در دهه‌های اخیر به خود اختصاص داده است.

سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا) به عنوان متولی انرژی‌های نو در کشور فعالیت‌های وسیعی را در راستای ترویج، توسعه و اشاعه فرهنگ کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران آغاز نموده است و تاکنون به دستاوردهای مهمی نایل شده است و امید است با حمایت مسئولین و مقامات عالی کشور به توفیقات بیشتری دست یابد.

می‌گردد که اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود. چنانچه افزایش دمای هوا مطابق روند فعالی ادامه یابد بازگرداندن آن به وضعیت سابق تقریباً غیر ممکن خواهد بود، بهترین راه حلی که اکثر دانشمندان پیشنهاد کرده‌اند متوقف کردن روند رو به رشد این گازهای مضر است.

متخصصان بر این باورند که با استفاده از انرژی‌های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژن و ... به جای انرژی‌های حاصل از سوخت‌های فسیلی، از آلودگی‌های زیست محیطی و خطرات ناشی از آن جلوگیری خواهد شد. از سیوی دیگر انرژی‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال سنگ سرانجام روزی به پایان خواهند رسید و با پایان گرفتن آن تمدن بشری که بستگی مستقیم به انرژی دارد دچار چالش جدید و بزرگ خواهد شد. این امر سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی باجدیت هرچه تمام‌تر استفاده از سایر انرژی‌های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی‌های تجدید شونده را مورد توجه قرار دهند. استفاده از انرژی خورشید، باد و امواج، زمین گرمایی، هیدروژن، زیست توده و ... که به انرژی‌های تجدید پذیر

برای آگاهی عمومی با انرژی‌های نو، سازمان انرژی‌های نو ایران اقدام به انتشار کتابچه‌های آموزشی "از انرژی‌های نو چه می‌دانید؟" در پنج بخش انرژی‌های تجدید پذیر که عبارتند از انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی، انرژی باد، انرژی زیست توده و هیدروژن و پیل سوختی به منظور آشناسازی دانش پژوهان علاقه‌مند نموده است. امید است با مطالعه این کتاب اطلاعات کلی و عمومی در مورد کاربردهای انرژی‌های نو فراهم آید.

مقدمه:

بخش اعظمی از سهم انرژی زیست توده در تامین انرژی اولیه مصرفی جهان به کاربردهای حرارتی و احتراق مستقیم بویژه در کشورهای در حال توسعه اختصاص دارد.

سوخت های زیستی (بیو فیول ها) شامل بیواتانول، بیومتانول و بیودیزل در کشورهای زیادی مورد توجه واقع شده و برزیل بخش اعظمی از مصارف بنزین خود را با سوخت های تجدیدپذیر جایگزین نموده است. همچنین در ایالات متحده آمریکا، بخش هائی از اروپا، آمریکا و آفریقا و اخیراً آسیا نیز از این نوع سوخت ها بعنوان جایگزین بنزین، گازوئیل و MTBE (ماده افزودنی به بنزین بعنوان جایگزین سرب برای بهسوزی و ... بنزین) استفاده می شود و پیش بینی می شود که سهم آن در تامین انرژی بخش حمل و نقل روزبه روز افزایش یابد. تولید سالانه بیواتانول در سال ۲۰۰۵ در سطح جهان از ۳۳ میلیارد لیتر فراتر رفته که سهم آمریکا و برزیل هر یک ۱۵ میلیارد لیتر بوده است. همچنین در سال مذکور ۳/۹ میلیارد لیتر بیودیزل تولید شده که سهم کشور آلمان به تنهایی ۱/۹ میلیارد لیتر بوده است. استفاده از زیست توده بعنوان یک منبع انرژی نه تنها بدلائل اقتصادی بلکه به دلیل توسعه اقتصادی و زیست

فناپذیری سوخت های فسیلی، تنوع بخشی به منابع انرژی، توسعه پایدار و ایجاد امنیت انرژی، مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف انرژی فسیلی از یک طرف و پاک و تجدیدپذیر بودن منابع انرژی های نو نظیر خورشید، باد، زیست توده (بیوماس) از طرف دیگر باعث توجه جدی جهانیان به توسعه و گسترش استفاده از انرژی های تجدیدپذیر و افزایش سهم این منابع در سبد انرژی جهانی شده است. امروزه ما شاهد افزایش چشم گیر فعالیت ها و بودجه دولت ها و شرکت ها در امر تحقیق، توسعه و عرضه سیستم های انرژی های تجدیدپذیر هستیم و این فعالیت ها و صرفه بودجه های مذکور در نهایت باعث کاهش قیمت تمام شده انرژی های تجدید پذیر و رقابت پذیری با سیستم های سنتی موجود می گردد. این امر در مورد انرژی باد و برخی کاربردهای انرژی زیست توده محقق شده و روند سریع کاهش قیمت ها در مورد سایر منابع انرژی های تجدید پذیر نیز در حال انجام است. بر اساس آمارهای موجود، ۱۳/۳٪ از انرژی اولیه جهان در سال ۲۰۰۵ از انواع منابع انرژیهای تجدیدپذیر تامین شده

است که سهم منابع مختلف بشرح زیر بوده است:

* انرژی زیست توده ۷/۷۹٪،

* انرژی برق آبی حدود ۵/۱۶٪،

* انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال) با ۱/۳٪،

* انرژی خورشیدی با ۰/۲۹٪،

* انرژی بادی ۰/۴۸٪، و

* انرژی جزر و مد و امواج ناچیز

همچنین در سال مذکور انرژی های تجدید پذیر دومین منبع تامین کننده برق جهان با ۱۷/۹٪ سهم بوده است که ۱۶/۱٪ از برق جهان با برق آبی، ۱٪ با زیست توده و ۰/۸٪ توسط سایر منابع تجدیدپذیر (بجز برق آبی بزرگ) در سطح جهان تامین شده است. میزان برق تولیدی تجدیدپذیرها بجز برق آبی بزرگ بیش از ۶۲۵ تراوات ساعت (میلیارد کیلووات ساعت) بوده است.

در سال ۲۰۰۵ مجموع ظرفیت نصب شده انواع نیروگاه های زیست توده در سطح جهان به بیش از ۴۴،۰۰۰ مگاوات بالغ شده و برق تولیدی از این محل نیز به میزان بیش از ۲۵۰ تراوات ساعت رسیده است. شایان ذکر است که

محیطی نیز جذاب بوده و از طرفی آنرا عامل تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می دانند. سیستم هایی که زیست توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می کنند، می توانند در ظرفیت های کوچک به صورت ماژول بکار روند. صنایع کشاورزی، جنگلداری و فضولات دامی از ذخایر اصلی زیست توده هستند که فرصتهای اساسی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی و دورافتاده فراهم می کند. انرژی زیست توده شامل انرژی تولیدی از کلیه ضایعات و زایدات حاصل از موجودات زنده می باشد و بعد از انرژی خورشیدی بالاترین پتانسیل انرژی را دارا می باشد و در حال حاضر با توجه به مزایای ویژه ای نظیر مزایای اقتصادی، زیست محیطی، پراکندگی و دسترسی آسان، بالاترین سهم را در میان تجدیدپذیرها به خود اختصاص داده است. بکارگیری زیست توده برای تولید انرژی از بسیاری جهات حایز اهمیت است.

منابع انرژی زیست توده می تواند به شکل اصلی انرژی مانند برق و یا حاملهای انرژی چون سوخت های گازی و مایع، نیازهای بخش های مختلف در جامعه بشری را تأمین کند که این موضوع وجه تمایز مباحث انرژی زیست

توده و نسبت به سایر انرژی های نو می باشد. همچنین دامنه مصرف کنندگان زیست توده بسیار گسترده است به عنوان مثال از خانوارهای کوچک به خصوص در نواحی روستایی و رستورانها شروع شده تا واحدهای کوچک، متوسط و بزرگ صنعتی و تجاری ادامه پیدا می کند. به عنوان مثال کشور هند از منابع زیست توده در پخت و پز، گرمایش گرفته تا در کوره های آجرپزی و واحدهای چای خشک کنی و دودی کردن ماهی و تولید برق به کار گرفته اند.

امروزه منابع انرژی های سنتی، سوخت های فسیلی و برق هسته ای عملاً بر سیستم عرضه انرژی در جهان تسلط دارند ولی وابستگی شدید جوامع صنعتی به منابع انرژی فسیلی و بکارگیری و مصرف بی رویه آنها ممکن است منابع عظیمی را که طی قرون متمادی در لایه های زیرین زمین تشکیل شده است، تخلیه نماید. با توجه به اینکه منابع انرژی فسیلی با سرعت فوق العاده ای مصرف می شوند و در آینده ای نه چندان دور چیزی از آنها باقی نخواهد ماند، نسل فعلی وظیفه دارد به آن دسته از منابع انرژی که دارای عمر و پتانسیل زیادی بوده و اساساً تجدیدپذیر هستند روی آورده و دانش خود را برای بهره برداری از آنها گسترش دهد.

بعد از کشف و مهار آتش، حرارت حاصل از سوزاندن چوب و خار و خاشاک تنها منبع تامین انرژی بشر بوده و سپس بشر با رام کردن حیوانات بخش دیگر از احتیاجات خود را بر طرف ساخته است. این امر تا دستیابی انسان به منابع سوخت های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز توانست قدرت فنی و مادی خویش را به صورت بی سابقه ای افزایش دهد.

در این مجلد تلاش شده تا علاوه بر ارائه تصویری از اهمیت، وضعیت عمومی و نقش زیست توده، کاربرد و استفاده از آن در کشورهای مختلف نیز مورد توجه قرار گرفته و برنامه های آتی آنها نیز توضیح داده شود.

۱- زیست توده چیست؟

زیست توده ترجمه لغت انگلیسی بیوماس (Biomass) می باشد. برای زیست توده تعاریف مختلف و متنوعی در جهان مطرح می باشد. بعنوان یک تعریف ساده میتوان گفت:

* زیست توده شامل کلیه موادی در طبیعت می شود که در

گذشته نزدیک جاندار بوده، از موجودات زنده بعمل آمده و یا زائدات، ضایعات و یا فضولات آنها می باشند. زیست توده در مقابل منابع فسیلی مطرح می باشد. میدانیم که منشاء منابع فسیلی نیز منابع زیست توده می باشد ولی تفاوت آنها در این است که منابع فسیلی از منابع زیست توده که در گذشته بسیار دور زنده بوده اند (دهها میلیون سال پیش) و تحت شرایط فشار و دمای خاص حاصل شده اند.

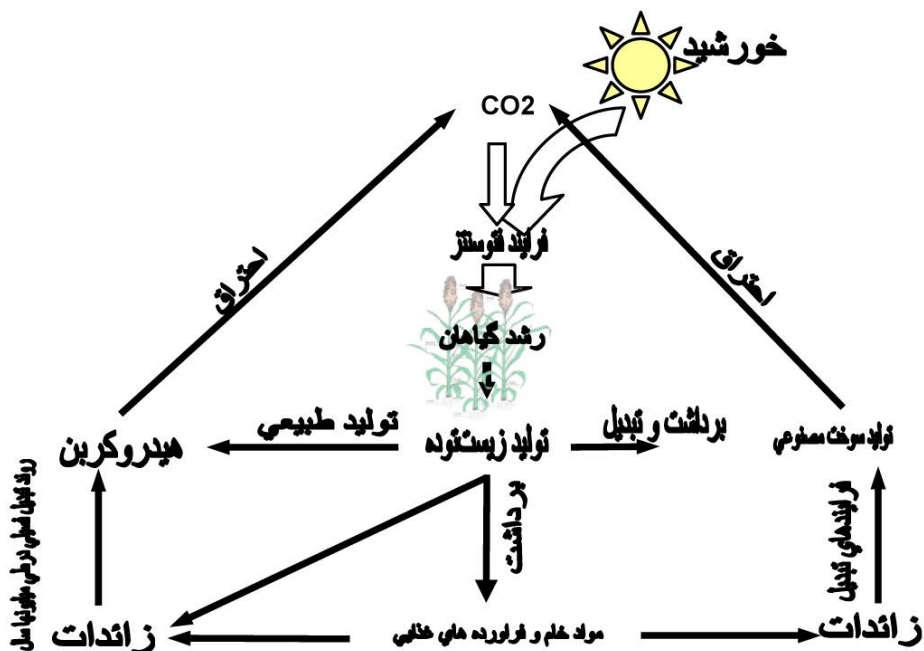
* بعنوان یک تعریف علمی، زیست توده اصطلاحی است در زمینه انرژی که برای توصیف یک رشته از محصولات که از فتوسنتز حاصل می شوند، بکار می رود. هر سال از طریق فتوسنتز معادل چندین برابر مصرف سالانه انرژی جهان انرژی خورشیدی در برگیهای درختان ذخیره می شود.

* اتحادیه اروپا مطابق ابلاغیه EC ۲۰۰۱۷۷۱ جهت توسعه استفاده از زیست توده در تولید برق در بازار داخلی اروپا تعریف زیست توده را به شکل زیر مطرح نمود: زیست توده کلیه اجزاء قابل تجزیه زیستی از محصولات، فاضلابها و زایدات کشاورزی (شامل مواد گیاهی و حیوانی)، صنایع جنگلی و سایر صنایع مرتبط، فاضلابها و زباله های شهری و صنعتی می باشد.

* چرخه زیست توده در طبیعت:

بخشی از تشعشع خورشید که به اتمسفر زمین می رسد، بواسطه فرآیند فتوسنتز در گیاهان جذب و ذخیره می شود. ماکزیمم راندمان تبدیل انرژی خورشیدی در این فرآیند بین ۵ تا ۶ درصد است. گیاهان بعنوان منابع ذخیره کربن هستند و CO_2 را از هوا جذب کرده و بصورت کربن ذخیره می نمایند. وقتی گیاهی توسط جانوری خورده می شود، بخشی از کربن موجود در گیاه خورده شده به انرژی تبدیل می شود و بخشی دیگر در بافت های زنده ذخیره می گردد. بخش سوم نیز با فضولات حیوانی دفع می گردد. در صورتیکه چوب یا گیاهان سوزانده شوند، علاوه بر انرژی، بخش اعظمی از کربن ذخیره شده بصورت CO_2 آزاد می شود و بخشی نیز در خاکستر باقی می ماند.

* جالب است بدانید که میزان انرژی که سالانه توسط فتوسنتز ذخیره می شود، چندین برابر بیشتر از کل مصرف معمولی انرژی جهان و حدوداً ۲۰۰ برابر مصرف انرژی



* بیوگاز چیست:

منابع زیست توده حاوی ترکیبات آلی با مولکول های درشت زنجیر می باشد که در طی فرآیندهای هضم (مدفون در زمین، داخل مخازن مخصوص و یا رها شده در طبیعت)، مولکولهای مذکور شکسته شده و به مولکولهای ساده تر تبدیل می گردند. حاصل نهایی این فرآیند گازی است قابل اشتعال، که بیوگاز نام دارد. به بیوگاز، گاز مرداب نیز گفته می شود. این گاز شامل دو جزء عمده متان (و اندکی سایر هیدروکربورها) و دی اکسید کربن به همراه مقادیر جزئی ناخالصی نظیر H_2S ، بخار آب، N_2 و ... می باشد. این مخلوط گازی با ارزش حرارتی ۲۵-۱۵ مگاژول به ازاء هر مترمکعب بوده (۴۰ تا ۷۰ درصد ارزش حرارتی گاز طبیعی) و در صورت تبدیل به برق با استفاده از موتورهای بیوگازسوز موجود میتوان ۲/۲-۱/۵ کیلووات ساعت برق از هر متر مکعب آن به دست آورد(از هر متر مکعب گاز طبیعی ۳ کیلووات ساعت برق حاصل می شود). این گاز بوی قابل تشخیص مانند تخم مرغ گندیده دارد و از هوا سبک تر می باشد.

غذایی معمولی کل جهان است. و نیز توجه به این نکته جالب توجه است ذخایر انرژی زیست توده در درختان معادل ذخائر سوخته های فسیلی قابل استخراج و به ثبت رسیده می باشد. مطالعات FAO نشان می دهد که زیست توده می تواند سه برابر انرژی مورد تقاضای جهان را تأمین کند و بیواتانول بالقوه حاصل از زیست توده به تنهایی معادل ۳/۱ میلیارد تن معادل نفت خام در سال می باشد که حدود ۳۷٪ مصرف نفت جهان در سال ۱۹۹۸ است.

۲- بیوگاز

از آنجا که بیوگاز یکی از عمده ترین حامل های انرژی ناشی از فرآوری منابع زیست توده بوده و اخیراً بسطت مورد توجه کشورهای جهان، بویژه کشورهای پیشرفته قرار گرفته است، بصورت جداگانه به آن پرداخته شده است. محصول هضم بیهواری گازی با ارزش حرارتی متوسط بنام بیوگاز می باشد.

مکانیسم تولید بیوگاز:

مکانیسم تولید بیوگاز در فرآیند هضم بیهوازی نسبتاً پیچیده و تحت تأثیر عوامل شیمیایی و بیوشیمیایی متنوعی می باشد، این مکانیسم به طور کلی به ۳ مرحله (در برخی مراجع ۴ مرحله) تقسیم می گردد:

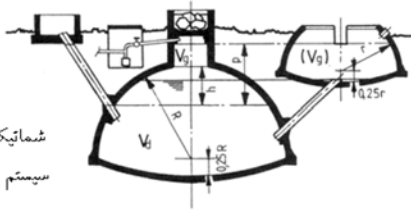
مرحله اول: هیدرولیز مواد آلی پیچیده و نامحلول و تبدیل این مواد به ترکیبات محلول

مرحله دوم: ترکیبات آلی حاصل از مرحله اول به وسیله باکتریهای اسیدساز شکسته شده و اسیدهای آلی تولید می شود. معمولاً هیدروکربن های پنج و شش کربنی در آب حل شده و توسط باکتریهای اسیدساز مصرف گردیده و به ترکیباتی از قبیل هیدروژن، فورمات، استات، پروپیونات و گاز کربنیک تبدیل می گردند.

مرحله سوم: تمام ترکیبات آلی و اسیدهای تولید شده در مرحله اسیدسازی توسط باکتریهای متان ساز به بیوگاز تبدیل می گردند .

عمل هضم بیهوازی در محدوده دمایی نسبتاً وسیع ۶۰-۱۰ سلسیوس صورت می گیرد. مناسبترین درجه حرارت برای تولید بیوگاز از نظر فنی و اقتصادی حدود ۳۷ درجه سلسیوس می باشد.

بیوگاز طیف وسیعی از کاربردها از سنتی تا مدرن را در بر می گیرد، بعنوان نمونه در شکل زیر نمونه ای از هاضم



شماتیک یک
سیستم هاضم

شکل (۱) شماتیکی از سیستم تولید بیوگاز روستائی که با فضولات دامی و انسانی کار می کند.

بیهوازی که با فضولات انسانی و دامی در مناطق روستائی و دورافتاده کاربرد دارد، نشان داده شده است. در حال حاضر بیش از ۲۱ میلیون واحد از این سیستم ها در جهان نصب شده است.

در حال حاضر سایت تحقیقاتی و توسعه کاربرد انرژی زیست توده ساوه متعلق به سازمان انرژیهای نو ایران بصورت تخصصی بر روی روشها و فرآیندهای تولید بیوگاز و بهینه سازی آن فعالیت می نماید.



۳- منابع زیست توده:

تقسیم بندی ها و دسته بندی های مختلفی نیز برای منابع زیست توده وجود دارد. یک دسته بندی ساده، دسته بندی ارائه شده در مطالعه پتانسیل زیست توده در وزارت نیرو (۸۰-۱۳۷۹) می باشد. مطابق نتایج مطالعه مذکور منابع زیست توده به شکل زیر دسته بندی شده اند:

- زایدات و ضایعات کشاورزی و جنگلی

- فضولات دامی

- زباله های شهری

- فضالابه های شهری

- فضالابها و پسماندهای صنعتی (عمدتاً صنایع غذایی)

دسته بندی دیگر توسط وزارت انرژی آمریکا در کتاب داده های انرژی زیست توده (Biomass Data book, ۲۰۰۶) ارائه شده است. در کتاب مذکور منابع زیست توده به سه دسته مواد اولیه، ثانویه و ثالثیه به شرح زیر دسته بندی شده است:

- مواد اولیه: کلیه گیاهان زمینی که از فتوسنتز بعمل می آیند و در خشکی ها و آب ها وجود دارند.

- مواد ثانویه: کلیه زایدات، ضایعات و محصولات جنبی صنایع غذایی، چوبی، جنگلی و فضولات دامی را شامل می شود.

- مواد ثالثیه: کلیه ضایعات، زباله ها و زایدات پس از مصرف نظیر چربی ها، روغن ها، زباله های جامد شهری، نخاله های چوبی محیط های شهری، زباله های بسته بندی، فضالابها و گاز دنگاه را شامل می شود.

همچنین آزمایشگاه ملی انرژی تجدیدپذیر آمریکا (NREL) در سال ۲۰۰۵ در راستای مطالعه ای که جهت تعیین پتانسیل منابع زیست توده انجام داده است، دسته بندی زیر را انجام داده است:

- زایدات کشاورزی شامل زایدات زراعی و متان حاصل از فضولات دامی

- زایدات چوبی شامل زایدات جنگلی، صنایع چوبی و ضایعات چوبی شهری (باغچه ها، سرشاخه ها و نخاله های چوبی)

- پسماندهای شهری شامل گاز دنگاه، گاز فضالاب

- گیاهان انرژی زا

حال توضیح مختصری در خصوص منابع زیست توده ارائه می گردد:

* پسماند های جامد شهری: شامل مواد زائد جامدی

هستند که از مراکز تجاری، اداری، خانگی و برخی صنایع حاصل میشود. این مواد یک منبع مناسب برای تولید انرژی می باشند. فرآیندهای تبدیل و تولید مواد و انرژی از زباله در دنیا توسعه یافته و پروژه های زیادی در زمینه تولید انرژی (برق - حرارت) از زباله در دنیا مورد بهره برداری قرار گرفته اند. توجه به این امر می تواند علاوه بر حفظ محیط زیست و جلوگیری از انتشار گازهای سمی و آلاینده نقشی مهمی در تأمین انرژی داشته باشد.

* **زائدات کشاورزی و جنگلی:** چوب یا همان سوخت های چوبی اصطلاحی است، شامل انواع سوخته های حاصل از جنگل کاری، ضایعات حاصل از بهره برداری منابع جنگلی، ضایعات حاصل از صنایع تبدیلی چوب، صنایع چوب و کاغذ و تأسیسات پردازشی مجاور مناطق جنگلی که میتواند به عنوان یک ماده اولیه جهت احداث نیروگاه برای تأمین انرژی همان صنایع یا صنایع دیگر مورد استفاده قرار گیرد. زائدات کشاورزی نیز مواد سرشار از انرژی بوده که ارزش غذایی برای انسان ندارند. سالانه میزان زیادی از زائدات کشاورزی نظیر کاه و کلش غلات، شاخه و برگ انواع

گیاهان و محصولات باغی در مراحل مختلف کشاورزی تولید می گردد که می تواند در فرایند تولید انرژی مورد استفاده قرار بگیرد.

* **فضولات حیوانی:** فضولات حاصل از دام و طیور سرشار از مواد آلی بوده و در فرآیند تولید انرژی می تواند بعنوان یک ماده اولیه مناسب در نیروگاه های زیست توده مورد استفاده قرار گیرد.

* **پسماندهای صنایع غذایی و کشاورزی:** در فرآیندهای تولید و تبدیل در صنایع غذایی و کشاورزی سالانه مقدار زیادی پسماندهای آلی جامد و مایع تولید می گردد که میتواند ماده اولیه مناسبی برای نیروگاههای زیست توده باشد. انرژی حاصل از این پسماندها میتواند در همان صنایع و یا صنایع دیگر مورد استفاده قرار گیرد. استفاده از این ضایعات در فرآیند تولید انرژی واحداث نیروگاههای زیست توده میتواند در راستای توسعه پایدار در صنعت کشاورزی مد نظر قرار گیرد.

*** فاضلابهای شهری:** سالانه میلیونها تن لجن در فرآیند تصفیه فاضلاب در تصفیه خانه های شهرها و صنایع مختلف تولید می گردد که دارای پتانسیل مناسبی برای تولید انرژی می باشد. در حالیکه دفع و دفن این لجن ها از معضلات اساسی تصفیه خانه ها بوده و هزینه های گزافی در این زمینه صرف میگردد. با بهره گیری از فناوریهای مناسب میتوان ضمن حل معضل این پسماندهای آلی به تولید انرژی پاک اقدام نمود.

*** محصولات انرژی زا:** در حال حاضر با توجه به اقتصادی بودن تولید انرژی و نیز برق از درختان در اروپا و آمریکای شمالی، کشاورزان بخش هایی از زمین های کشاورزی خود را به کشت درختان سریع الرشد و انرژی زا اختصاص می دهند. از انواع مختلف محصولات انرژی زا میتوان به کشت درختان سریع الرشد نظیر اکالیپتوس، کشت محصولات کشاورزی (گیاهان) انرژی زا (مثل سورگوم و نیشکر)، کشت گیاهان روغنی با محتوی انرژی بالا مثل سویا و شلغم روغنی و درخت نخل اشاره کرد. این محصولات می توانند به عنوان سوخت امن و بی خطر در

نیروگاه های زیست توده مورد استفاده قرار گیرند. توجه به این محصولات میتواند ضمن تأمین آسان و پایدار قسمتی از انرژی مورد نیاز و امنیت تأمین انرژی با ایجاد درآمد برای کشاورزان از جهت اختصاص ظرفیت های خالی و زمین های غیر قابل استفاده در بخش کشاورزی به این امر همراه باشد.

۴- تاریخچه زیست توده:

به جرأت میتوان گفت که بهره برداری از انرژی زیست توده شامل چوب، خارو خاشاک به دوران کشف آتش باز می گردد. منابع زیست توده بویژه چوب تا زمان کشف و بهره برداری از منابع فسیلی همواره نقش غالب و بلامنزاعی در تأمین انرژی جامعه بشری عهده دار بوده اند و این نقش تا اوایل قرن بیستم نیز ادامه داشته است.

بشر از زمان های دور آتش سوزی خودبخودی در محل تجمع منابع زیست توده نظیر مرداب ها، فضولات و پسماندها را مشاهده می کرده ولی از دلایل آن آگاهی نداشته است. قدیمی ترین مورد خروج گاز و اشتعال ناقص آن ناشی از دفن زباله در طبقات زیرین زمین توسط پیلی

نی روسی گزارش شده است. وی خروج گاه به گاه گاز و اشتعال ناقص آن را از طبقات زیرین زمین مشاهده کرد. ولی وان هلمونت در سال ۱۶۳۰ شناسائی و اشتعال این گاز را رسماً اعلام کرد. در سال ۱۶۶۷ دانشمندی به نام شرلی گاز مرداب (متان بیوگاز) را کشف نمود ولی از نظر علمی و عملی شناسائی گاز متان به عنوان ترکیب اصلی بیوگاز از مواد تخمیر شده توسط ولتا و در سال ۱۷۷۶ صورت گرفته است. وی پس از مطالعات زیاد دریافت که مقدار گاز متان تولید شده بستگی به میزان خاک و برگ پوسیده گیاهان دارد که در طبقات زیرین زمین دفن شده اند. وی همچنین دریافت که در صورتی که نسبت معینی از گاز متان با هوا ترکیب شود تولید انفجار می نماید. اولین تجزیه شیمیایی گاز متان نیز به وسیله نامبرده صورت گرفته است.

شروع تحقیقات عمده در زمینه تخمیر بیهوازی و کاربرد آن را به شخصی به نام دیوی و در سال ۱۸۰۸ نسبت داده اند. در سال ۱۸۸۴ فردی به نام گابن طرحی را به اجرا در آورد که به وسیله بیوگاز حاصل از انرژی زیست توده روشنائی خیابانهای شهر پاریس را تأمین نمود. در ایران نیز استفاده از زیست توده سابقه ای قدیمی دارد.

محمدبن حسین عاملی معروف به شیخ بهائی (۱۰۳۱ ۹۳۵ هجری قمری) جزء نخستین کسانی بوده که از بیوگاز حاصل از زیست توده (فاضلاب حمام) استفاده کرده و آن را به عنوان سوخت یک حمام در اصفهان به کار برده است. متأسفانه این تجربه بصورت بین المللی انعکاسی نیافته است.

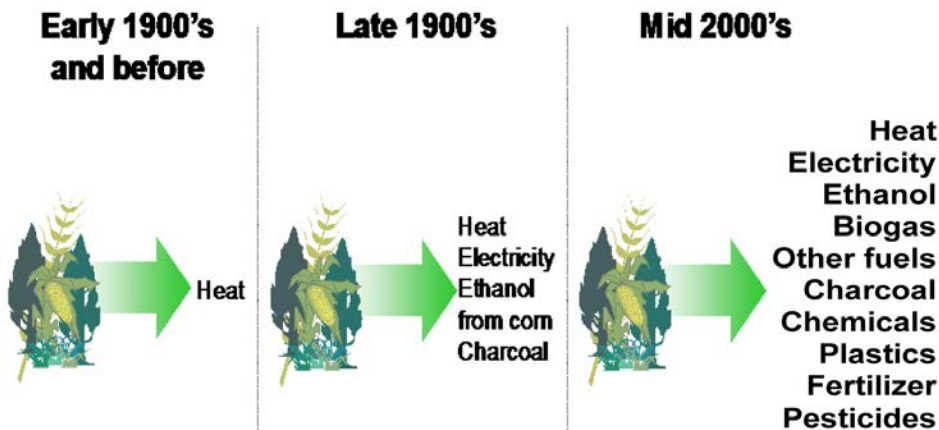
قبل و بعد از انقلاب اسلامی ایران، فعالیت های پراکنده ای در خصوص تولید و استفاده از بیوگاز صورت گرفته است. اولین هاضم تولید گاز متان در ایران در روستاهای نیاز آباد لرستان در سال ۱۳۵۴ ساخته شده است. این دستگاه به گنجایش ۵ متر مکعب فضولات گاوی روستا را مورد استفاده قرار داده و بیوگاز مصرفی حمام مجاور را تأمین می نموده است.

در سال ۱۳۵۹ دو واحد کوچک آزمایشی در دانشگاه بوعلی سینا همدان احداث گردید که با فضولات کشتارگاه و کودگاو تغذیه می گردید. دانشگاه صنعتی شریف نیز در سال ۱۳۶۱ یک واحد ۳ متر مکعب را به صورت آزمایشی مورد مطالعه قرار داد که با فضولات گاوی بارگیری می شد.

در ایران تاکنون به صورت عمده تأسیسات استخراج بیوگاز از دفن‌گاه زباله در سه شهر شیراز، مشهد و اصفهان به اجرا در آمده است و در دو نیروگاه از نوع لندفیل در دو شهر مشهد و شیراز به ظرفیت های ۶۵۰ کیلووات و ۱ مگاوات در سال ۱۳۸۸ به بهره برداری رسید .

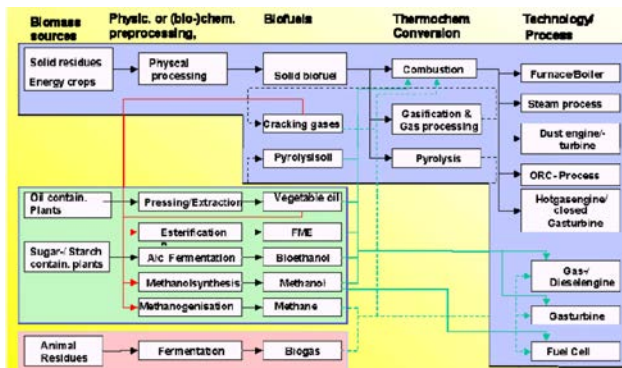
۵ - معرفی تکنولوژی های زیست توده

امروزه برای منابع مختلف زیست توده و کاربردهای گوناگون آن، تکنولوژی های زیادی توسعه یافته و یا در حال توسعه می باشند. روند توسعه تکنولوژی ها و محصولات نیز در طی سالیان طولانی جالب توجه بوده است. در شکل زیر روند توسعه محصولات زیست توده در سه مقطع زمانی ارائه شده است.



شکل (۳) روند تکامل محصولات زیست توده

در یک دسته بندی کلی، تکنولوژی های مطرح در این زمینه برحسب محصول در شکل زیر ارائه شده است:

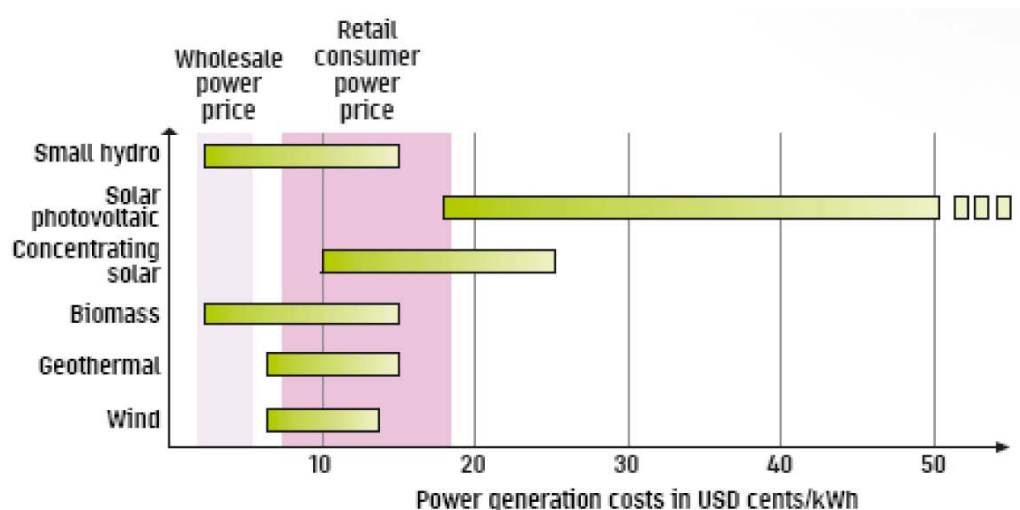


شکل (۴) تکنولوژی های تبدیل زیست توده به انرژی اولیه و نهایی

همچنین تکنولوژی های مختلف زیست توده در مراحل مختلف توسعه و معرفی به بازار قرار دارند و طیف وسیعی از توسعه آزمایشگاهی و نمونه سازی تا کاملاً تجاری شده را در بر می گیرند. در جدول زیر وضعیت فعلی و آتی برخی از تکنولوژی ها نمایش داده شده است.

فرآیند	مرحله پیشرفت	گام آتی
احتراق	کاملاً تجاری	تجاری کردن برای تولید توان
گازسازی	غیر اقتصادی ولی توسعه یافته	تجاری کردن برای تولید توان
کربنیزه کردن	کاملاً تجاری	-
پیرولیز	توسعه یافته تا سطح عرضه	تجاری کردن
هضم بیهوایی	از نظر تکنیکی کاملاً پیشرفته	اشاعه تکنولوژی
تخمیر اتانول	از نظر تکنیکی کاملاً پیشرفته	تعیین منابع ارزانتر

جدول (۱) وضعیت تکنولوژی های مختلف



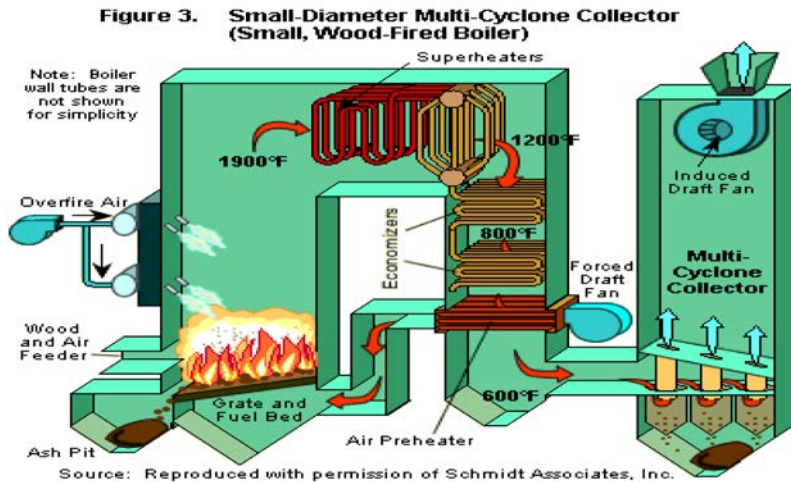
Source: Renewable Energy: RD&D Priorities, OECD/IEA 2006.

شکل (۵) وضعیت قیمت تمام شده تجدیدپذیرها و رقابت آنها با منابع فسیلی

حال در این بخش به تشریح تعدادی از تکنولوژی های مطرح پرداخته می شود:

۵-۱- فرآیندهای ترموشیمیایی: این فرآیندها شامل پیرولیز (آرام تا بسیار سریع)، گازی کردن در دمای معمولی (Gasification)، گازی کردن در دمای بسیار بالا (پلازما)، کربنیزه کردن و مایع ساز کاتالیستی می باشد. ***احتراق مستقیم:** در این فناوری، منابع جامد زیست توده نظیر زائدات جنگلی کشاورزی، زائدات صنایع غذایی و زباله های

شهری مستقیماً در بویلرهای خاصی سوزانده شده و از حرارت حاصل برای تولید برق، حرارت و یا برق و حرارت استفاده می شود. مهمترین تکنولوژی تولید برق در این گروه زباله سوزها و چوب سوزها می باشند.

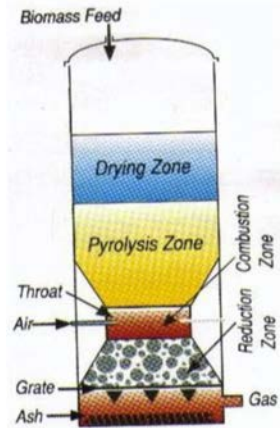


شکل (۶) شماتیکی از بویلر چوب سوز



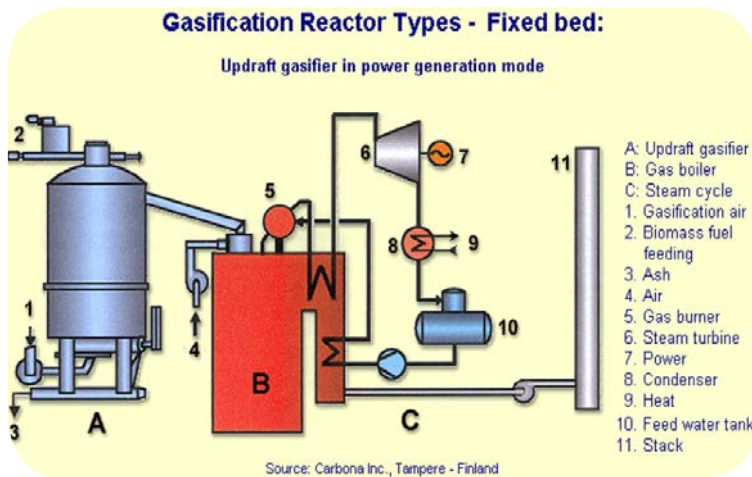
شکل (۷) نیروگاه چوب سوز ۴۹ مگاواتی در اندرسون کالیفرنیا، تاریخ بهره برداری ۱۹۹۶

* احتراق زیست توده با ذغال سنگ یا سایر منابع فسیلی در بویلرهای مدرن (Cofiring): در این تکنولوژی منابع مختلف زیست توده با منابع فسیلی بصورت مستقیم، بستر سیال، سیکلون و ... محترق می شوند. این تکنولوژی بشدت مورد توجه آمریکا (برنامه ذغال پاک) و اروپا (احتراق با سایر منابع زیست توده، ذغال سنگ و سایر سوخت های فسیلی) واقع شده است. * پیرولیز (Pyrolysis): پیرولیز، واکنش منابع زیست توده در دمای بالا و بدون حضور هوا که منجر به تجزیه آنها می شود را می نامند. محصولات نهائی پیرولیز بفرم جامد (ذغال)، مایع (روغنهای اکسیژنه) و گاز (متان، مونواکسید و دی اکسید کربن) می باشد.



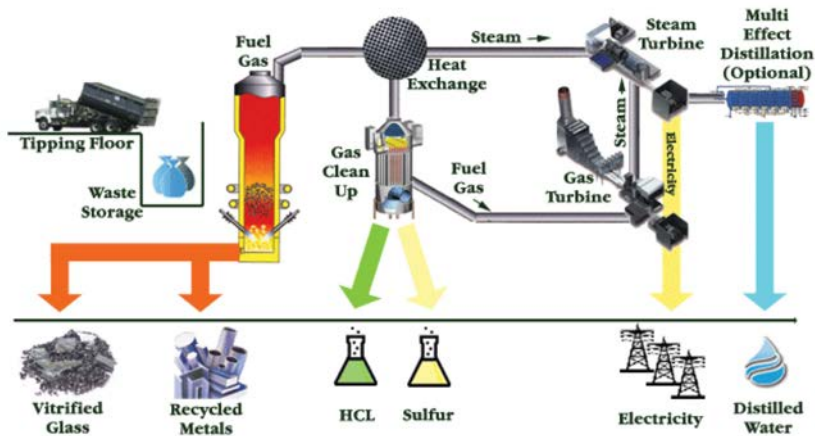
شکل (۸) شماتیکی از راکتور پیرولیز زیست توده

*گازی کردن در دمای پایین (Gasification): این تکنولوژی اساساً تجزیه به کمک گرما می باشد. در این تکنولوژی، ضمن حرارت دادن به منابع زیست توده و در حضور هوای بسیار کم، گازهای متان، دی و مونو اکسیدکربن و هیدروژن تولید می شود.



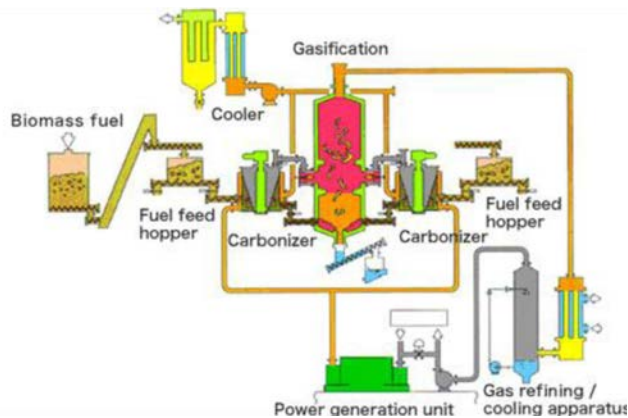
شکل (۹) سیستم تولید برق و راکتور گازساز بستر ثابت زیست توده

*گازی کردن در دمای بسیار بالا (Plasma): این تکنولوژی اساساً تجزیه به کمک گاز یونیزه دما بالا (حالت چهارم ماده پلاسما) می باشد. در این تکنولوژی، ضمن حرارت دادن به منابع زیست توده با ایجاد دمای بسیار بالا (۳۵۰۰ تا ۲۰,۰۰۰ درجه سلسیوس)، در حضور هوای بسیار کم، گازهای متان، دی و مونو اکسیدکربن و هیدروژن تولید می شود.



شکل (۱۰) شماتیک سیستم تولید برق با تکنولوژی پلاسما

***کربنیزه کردن:** این تکنولوژی جزو قدیمی ترین تکنولوژی ها می باشد و محصول نهائی آن ذغال چوب، برق و حرارت می باشد. اخیراً نمونه های موفق از آن در کانادا جهت تولید برق یا ذغال (قابل استفاده در صنایعی نظیر سیمان) راه اندازی شده و مورد بهره برداری قرار گرفته است.



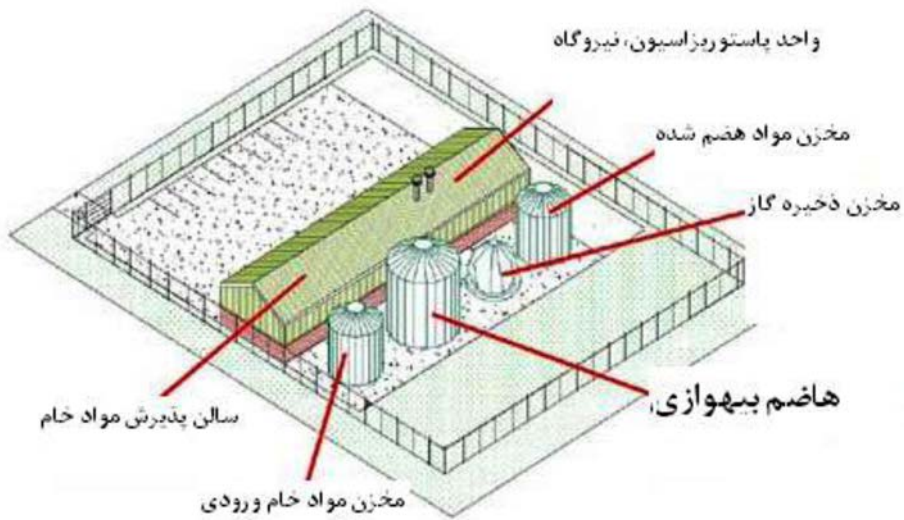
شکل (۱۱) شماتیکی از سیستم کربنیزاسیون بیوماس و زباله های شهری

* **مایع سازی کاتالیستی:** در این تکنولوژی، منابع زیست توده در دمای پائین و فشار بالا قرار می گیرند و محصول نهائی مایعی با ارزش حرارتی نسبتاً بالاست.

۵-۲- فرآیندهای بیوشیمیائی: هضم (تخمیر بیهوازی)، هضم هوازی و تخمیر الکلی در این رده بندی می گنجد. همانگونه که قبلاً نیز گفته شد، محصول تخمیر بیهوازی بعنوان بیوگاز معروف است.

* **هضم بیهوازی:** فرآیند تجزیه منابع زیست توده توسط باکتریها در عدم حضور هوا بوده و در آن متان و محصولات جنبی با ارزش حرارتی متوسط (بیوگاز) تولید می شود. بارزترین نمونه این فرآیند در لندفیل هاست. اخیراً نیز هاضم های مخزنی بشدت مورد توجه قرار گرفته اند.

واحد بیوگاز ۵۰۰۰ تن در سال



شکل (۱۲) شماتیک نیروگاه بیوگاز ۵۰۰۰ تنی

- * **هضم هوازی:** تخمیر هوازی در منابع زیست توده مایع کاربرد دارد. در این روش نیز باکتری های خاصی عمل تخمیر را انجام می دهند. محصول خروجی حرارت، دی اکسید کربن و نیز مقدار کمی بیوگاز می باشد.
- * **تخمیر الکلی:** این تکنولوژی جهت تولید سوخت های تجدیدپذیر کاربرد دارد. محصول نهائی بیواتانول، بیودیزل و انواع روغن ها می باشد.

۶- مزایا و معایب زیست توده

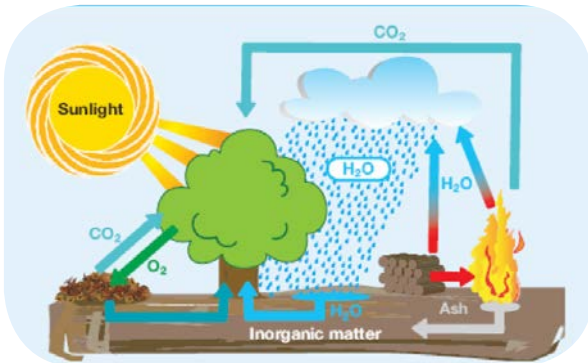
استفاده از زیست توده بعنوان یک منبع انرژی نه تنها بدلائل اقتصادی بلکه به دلیل توسعه اقتصادی و زیست محیطی نیز جذاب است و از طرفی آنرا عامل تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می‌داند. سیستم‌هایی که زیست توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک به صورت ماژول و ظرفیت‌های متوسط و بالا بکار روند. صنایع کشاورزی و جنگلداری از ذخایر اصلی زیست توده هستند که فرصت‌های اساسی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی و دورافتاده فراهم می‌کند.

میزان نشر مواد آلاینده ناشی از احتراق زیست توده، معمولاً کمتر از سوخت‌های فسیلی است. بعلاوه استفاده و بهره برداری تجاری از زیست توده می‌تواند مشکلات مربوط به انهدام ضایعات و زباله در سایر صنایع از جمله جنگلداری و تولیدات چوب، فرآوری مواد غذایی و بخصوص ضایعات جامد شهری در مراکز شهری را حذف و یا کاهش دهد.

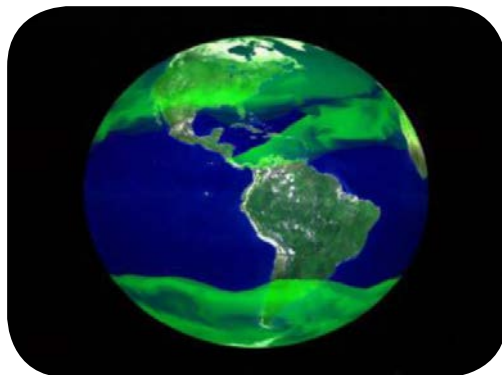
از موارد شایان توجه در مورد این منبع انرژی می‌توان به قابلیت عرضه آن در سه شکل گازی، مایع و جامد و

نیز قابلیت ذخیره‌سازی گسترده، رفع آلودگی‌های مضاعف (رهاسازی منابع زیست توده در طبیعت باعث تولید گازهای آلاینده می‌گردد و استفاده از این منابع بعنوان منبع انرژی ضمن رفع مشکل مزبور، آلودگی کمتری نسبت به منابع سنتی انرژی تولید می‌کند) و گستردگی کاربردها نظیر کاربردهای نیروگاهی، حمل و نقل، CHP و تولید حرارت اشاره نمود. ضمناً این منبع تنها منبع انرژی تجدیدپذیر است که در کنار هیدروژن می‌تواند بعنوان سوخت در خودروها نیز استفاده شود.

همانگونه که ذکر شد، عدم بهره برداری از منابع زیست توده یکی از مهمترین عوامل انباشت گازهای گلخانه‌ای بویژه متان در اتمسفر می‌باشد. در شکل زیر عکسبرداری ماهواره ای از جو زمین و تمرکز متان به نمایش گذاشته شده است. در آمریکا حدود نیمی از گاز متان منتشره از منابع زیست توده رهاسازی شده در طبیعت ناشی می‌شود. علاوه بر مزایای فراوان ذکر شده، اشتغال ایجاد شده از محل بهره برداری از انرژی زیست توده حتی در مقایسه با سایر منابع تجدیدپذیر انرژی بسیار چشمگیر است و لذا بصورت جداگانه به آن پرداخته می‌شود.



شکل (۱۳) سیکل کربن خنثی برای انرژی زیست توده



شکل (۱۴) تمرکز متان در اتمسفر ناسا

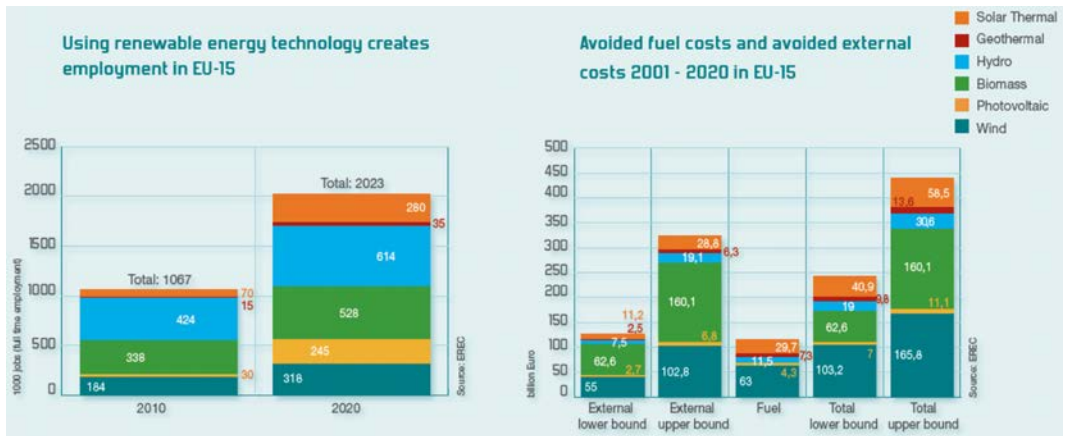
*اشتغال زائی زیست توده

بر اساس بررسی های صورت گرفته توسط سازمانهای مختلف، منابع انرژی های نو در مقایسه با منابع فسیلی اشتغال بیشتری را ایجاد می کنند. در جدول (۲) میزان اشتغال زائی منابع انرژی های نو در دوره احداث و بهره برداری ارائه شده است. با فرض کارکرد سالانه ۷۵۰۰ ساعت، برای هر MW نیروگاه زیست توده، به ترتیب ۳۳/۷۵ و ۱۰۱/۲۵ نفر سال در طی دوره احداث و بهره برداری ۲۰ ساله اشتغال ایجاد می شود. همچنین جامعه اروپا در خصوص میزان اشتغال حاصل از منابع تجدیدپذیر انرژی و میزان صرفه جوئی در مصرف سوخت های فسیلی و هزینه های اجتماعی آن گزارشی را منتشر ساخته است که در شکل (۱۵) نتایج حاصله ارائه شده است.

Technology	Employment during Construction [Person-Years]	Employment during Operation in 20 Years [Person-Years]
Wind Power	14	11
Photovoltaic	19	26
Biomass	9	27
Micro-Hydropower	32	16
Large Hydropower	9	8
Geothermal	8	4
Solar Thermal Power	20	20

Table 6-1: Specific Employment Effects of different renewable energy technologies normalised to an annual production of 2 GWh / BEI 2003/

جدول (۲) میزان اشتغال زائی زیست توده در مقایسه با سایر منابع انرژی های نو



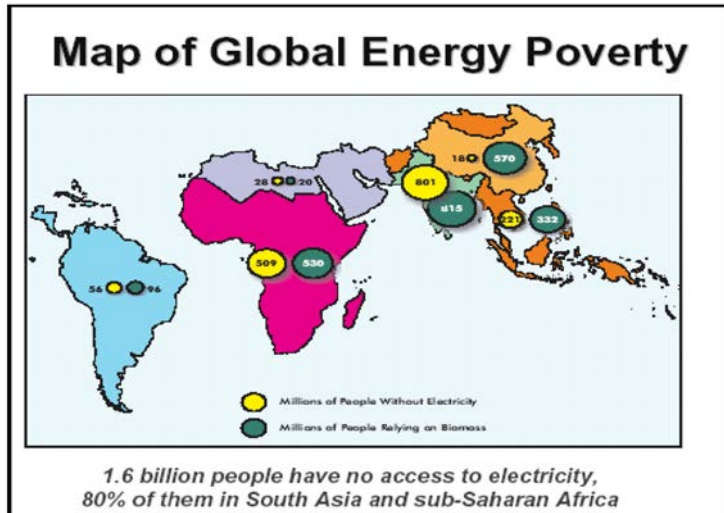
شکل (۱۵) میزان اشتغال ایجاد شده توسط منابع مختلف تجدیدپذیر (سمت چپ) و هزینه های سوخت و اجتماعی صرفه جوئی شده بواسطه انرژی های تجدیدپذیر (سمت چپ) برای جامعه اروپا

از شکل بالا معلوم می شود که بالاترین میزان اشتغال پیش بینی شده برای جامعه اروپا به انرژی زیست توده اختصاص خواهد داشت.

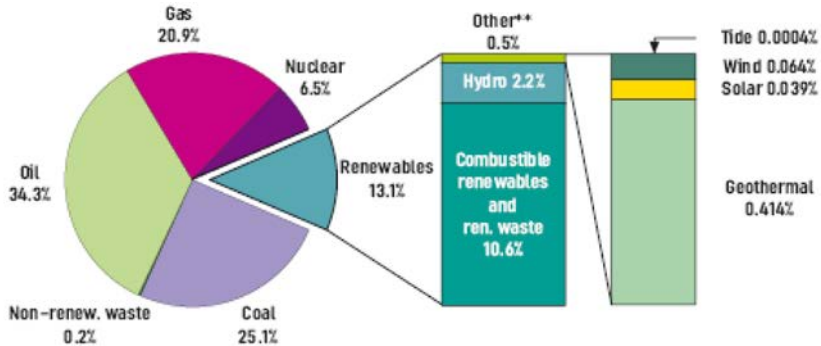
از مقادیر قابل توجهی بیوانرژی در دهه ۹۰ استفاده می نموده اند، مثلاً فنلاند ۱۵٪ سوئد ۹٪، امریکا ۴٪ و روسیه ۳۴٪، ولی سهم زیست توده در تأمین انرژی اولیه برای کشورهای صنعتی بیش از ۳٪ نمی باشد. در سال ۱۹۸۷ بین ۱۳ تا ۱۴٪ از تأمین انرژی اولیه جهان از طریق زیست توده بوده است. درصد سهم مذکور در چند کشور منفرد از این رقم بالاتر بوده است. کشور نپال بیش از ۹۵٪ کنیا ۷۵٪ هند ۵۰٪ چین ۲۲٪ برزیل ۲۵٪ و مصر و مراکش ۲۰٪ از کل انرژی خود را در آن سال از زیست توده تأمین می کرده اند. در شکل زیر نقشه بهره برداری از انرژی زیست توده بصورت سنتی ارائه شده است. در آخر سال ۲۰۰۵ وضعیت بهره برداری از زیست توده در سطح جهان شرح زیر بوده است:

۷- وضعیت بهره برداری از انرژی زیست توده در جهان و ایران

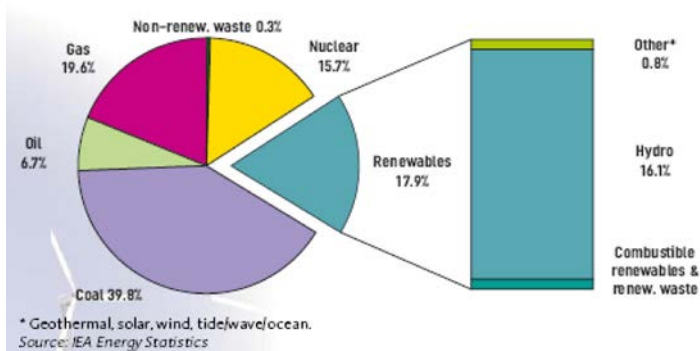
زیست توده به شکل سنتی آن (چوب) قدیمی ترین شکل انرژی برای بشر بوده و تقریباً از بدو کشف آتش کاربرد آن نیز شروع شده است. در سال های گذشته از چوب در مصارف خانگی و صنعتی استفاده می شده است و در حال حاضر نیز در بخش هایی از جهان، حامل انرژی اساسی همان چوب می باشد. زیست توده بعنوان یک منبع انرژی پراکنده، کاربر و زمین بر توصیف می شود. از نظر تاریخی با افزایش فعالیت های صنعتی، رشد تقاضا برای انرژی و سهولت کاربرد و ارزانی منابع فسیلی باعث کاهش سهم زیست توده شد. با اینکه بسیاری از کشورهای پیشرفته



شکل (۱۶) نقشه استفاده از زیست توده سنتی در دنیا



شکل (۱۷) سهم انواع منابع انرژی در تامین انرژی اولیه جهان، سال ۲۰۰۴



شکل (۱۸) سهم انواع منابع انرژی در تولید برق جهان، سال ۲۰۰۴

منبع تجدیدپذیر	سهم تجدیدپذیرها		قاره/منطقه/کشور	
	زیست توده	انرژی اولیه		
بادی، خورشیدی، زمین گرمایی و ...				
0.4	2.6	97.1	49	آفریقا
1.4	36.1	62.4	28.9	آمریکای لاتین
3.6	4	92.4	31.8	آسیا ¹
0	12.1	87.9	15.4	چین ²
2.5	43.2	54.3	10.6	اروپای غیر OECD
1.2	71.4	27.3	3	جمهوریهای شوروی سابق
24.4	43.4	32.2	0.7	خاورمیانه
1.2	34.6	53.4	5.7	کشورهای OECD
4	16.7	79.4	13.1	کل جهان

جدول (۳) سهم تجدیدپذیرها از انرژی اولیه جهان و سهم منابع مختلف تجدیدپذیر سال ۲۰۰۴

۷-۱- بهره برداری نیروگاهی

و احتراق مستقیم بویژه در کشورهای در حال توسعه اختصاص دارد. عمده ترین کاربرد منابع زیست توده در تامین حرارت و پخت و پز می باشد.

* در سال ۲۰۰۵، بیش از ۸۰۰ میلیون خانوار در سطح جهان برای گرمایش و پخت و پز از منابع زیست توده استفاده می نموده اند.

* بر اساس آمارهای موجود در سال ۲۰۰۴ بمیزان ۲۲۰,۰۰۰ مگاوات حرارتی ظرفیت نصب شده زیست توده مدرن تولید حرارت بوده است (۶۲,۱ میلیون تن معادل نفت).
* ۱۰۱۰ میلیون تن معادل نفت خام نیز استفاده های سنتی زیست توده می باشد.

* در حال حاضر بیش از ۲۱ میلیون هاضم روستائی عمدتاً در چین و هند برای تولید گاز نیز در حال بهره برداری می باشد.

* هزینه تولید حرارت از زیست توده ۱ تا ۵ سنت بر کیلوواتساعت حرارتی می باشد.

* متوسط نرخ رشد سالانه کاربردهای حرارتی ۲/۱٪ در سال طی سالهای ۲۰۰۵-۲۰۰۰ بوده است.



شکل (۱۹) بخاری چوب سوز راندمان بالا

* در سطح جهان انواع نیروگاههای زیست توده جمعاً به ظرفیت ۴۴,۰۰۰ مگاوات نصب شده است. در سال ۲۰۰۴ این رقم ۳۹,۰۰۰ مگاوات بوده است.
* این میزان نیروگاه معادل ۲۳/۳٪ کل نیروگاه های تجدیدپذیر بااستثناء برق آبی بزرگ می باشد.
* نیروگاه های زیست توده ۱٪ ظرفیت نصب شده برق دنیا می باشد.

* متوسط نرخ رشد سالانه نیروگاه های زیست توده در طی سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۰ بمیزان ۳٪ بوده است. این نرخ در سال ۲۰۰۵ بیش از ۱۲/۹٪ بوده است.

* تولید برق نیروگاه های زیست توده به میزان ۱۷۰ تراوات ساعت (۱۴/۶ میلیون تن معادل نفت خام) بوده است. این میزان برق معادل ۴۶۹ تراوات ساعت (۴۰/۴ میلیون تن معادل نفت خام) انرژی اولیه مورد نیاز برای نیروگاه های فسیلی می باشد.

* هزینه سرمایه گذاری نیروگاه های زیست توده ۵۰۰ تا ۴۰۰۰ دلار بر کیلووات و قیمت تمام شده برق آنها از ۲ تا ۱۵ سنت بر کیلووات ساعت متغیر می باشد.

۷-۲- مصارف غیر نیروگاهی زیست توده

بخش اعظمی از سهم انرژی زیست توده در تامین انرژی اولیه مصرفی جهان به کاربردهای حرارتی

سال ۱۳۷۵ بیش از ۱۰٪ خانوارهای روستائی برای گرمایش (خانه و آب) و بیش از ۵٪ خانوارهای روستائی برای پخت و پز از چوب و ذغال چوب استفاده می کنند و همچنین تعدادی نیز برای مصارف حرارتی خود از فضولات خشک شده دامی استفاده می نمایند. همچنین تاکنون هیچگونه کاربرد مدرن از منابع زیست توده در ایران ثبت نشده است. در سالهای اخیر وزارت نیرو با توجه به اهمیت موضوع در وهله اول تعیین پتانسیل پنج منبع عمده زیست توده را در دستور کار خود قرار داد و نتایج این مطالعه در سال ۱۳۸۰ نهائی گردید.

* تعیین پتانسیل کلی ایران

کشور ایران دارای منابع غنی زیست توده و پتانسیل قابل توجهی در این زمینه می باشد. پتانسیل کشور شامل ۵ منبع عمده مورد مطالعه (آمارهای منابع مربوط به سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ می باشد)، PJ ۸۴۱ (۱۳۲,۵ میلیون بشکه معادل نفت خام) برآورد شده است. این رقم ۱۷٪ از عرضه نهائی انرژی کشور در سال ۸۲ می باشد

در این پروژه در مرحله اول منابع مختلف زیست توده بشرح ذیل تقسیم بندی گردید و پتانسیل های ذیل تشخیص داده شد:

- ۱- زائادات کشاورزی و جنگلی جمعاً ۷۴ میلیون بشکه معادل نفت خام
- ۲- ضایعات جامد و زباله ها جمعاً ۱۵ میلیون بشکه معادل نفت خام
- ۳- فضولات دامی جمعاً ۳۶ میلیون بشکه معادل نفت خام
- ۴- فاضلابهای شهری جمعاً ۲ میلیون بشکه معادل نفت خام
- ۵- فاضلابهای صنعتی جمعاً ۵,۵ میلیون بشکه معادل نفت خام

* در سال ۲۰۰۵ جمعاً ۳۳ میلیارد لیتر بیواتانول (برزیل و آمریکا هریک با ۱۵ میلیارد لیتر رتبه اول) با نرخ رشد سالانه ۸٪ در جهان تولید شده است. این میزان بیواتانول برابر با ۱۷/۸ میلیون تن معادل نفت خام می باشد.

* در سال ۲۰۰۵ جمعاً ۳/۹ میلیارد لیتر بیودیزل (آلمان با ۱/۹ میلیارد لیتر رتبه اول و فرانسه با ۰/۶ میلیارد لیتر رتبه دوم) با نرخ رشد ۸,۵٪ در جهان تولید شده است. این میزان بیودیزل برابر با ۳/۵ میلیون تن معادل نفت خام می باشد.

۷-۳- تجربیات چند کشور پیشرو در خصوص زیست توده

در ادامه چندین تجربه که در کشورهای جهان در زمینه زیست توده صورت گرفته ارائه شده است:

- در برزیل برنامه تولید الکل تحت عنوان " پرو الکل " یکی از موفق ترین طرحها می باشد. در این کشور ۶۲٪ سوخت خودروها از الکل تأمین می شود. مخلوط ۲۲ درصدی اتانول با بنزین در ۸ میلیون ماشین این کشور استفاده می شود. همچنین ۴ میلیون خودرو نیز با مصرف اتانول هیدراته کار می کنند. کشورهای دیگر نظیر آمریکا، کشورهای جامعه اروپا، کشورهای آسیای جنوب شرقی، زیمباوه و مالاوی نیز برنامه تولید اتانول را اجرا کرده اند.

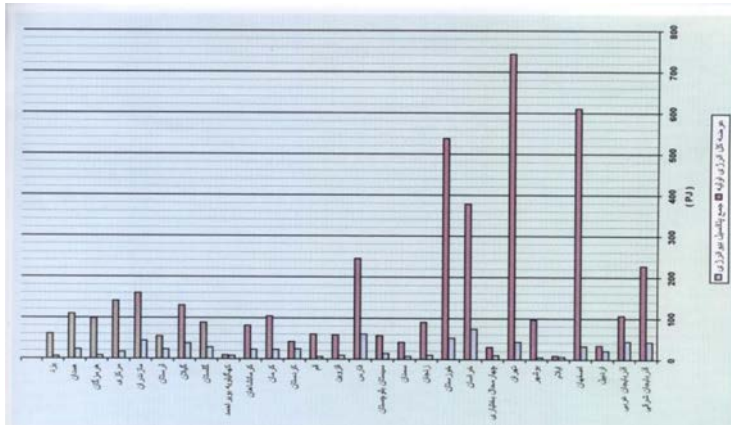
- آمریکا بیش از ۱۰ هزار مگاوات نیروگاه زیست توده با تکنولوژی های بیوگاز، گازساز، زباله سوز و لندفیل نصب نموده و ۲۵٪ کل نیروگاه های زیست توده که در جهان نصب شده در آمریکا می باشد.

- چین بیش از ۵۰ سال بر روی بیوگاز کار کرده و در حال حاضر بیش از ۱۵ میلیون هاضم خانگی و بیش از ۱۵,۰۰۰ هاضم بزرگ و متوسط در کارخانه ها و پرورشگاه های بزرگ حیوانات اهلی کار می کنند.

- نیروگاهی با توان ۲۴ MWe که توان تولید و تحویل آبگرم مصرفی برای جمعیت ۸۰۰,۰۰۰ نفری دارد در سپتامبر ۱۹۹۵ در ژاپن راه اندازی شده که بازا هر تن زباله های شهری ۷۲۰ کیلووات ساعت انرژی تولید می کند و راندمان بویلرهای آن ۲۰/۶٪ می باشد.

۷-۴- وضعیت بهره برداری از زیست توده در ایران

استفاده سنتی از زیست توده از سال های دور در ایران مرسوم بوده و در حال حاضر هم به شکل سنتی از آن استفاده می شود. طبق آمارهای موجود و مطابق سرشماری



شکل (۲۰) مصرف انرژی اولیه و پتانسیل استانی زیست توده

در ادامه بصورت نمونه نتیجه مطالعه انرژی از زباله های شهری برای شهرهای با جمعیت بالاتر از ۱۰۰,۰۰۰ نفر و مطابق آمار زباله تولیدی سال ۱۳۷۵ ارایه شده است. مطابق آمارهای آن سال، ۱۱ میلیون تن زباله در شهرهای مذکور تولید شده که پتانسیل انرژی بمیزان ۱۵ میلیون بشکه معادل نفت خام را دارا بوده و سایر مشخصات آن بصورت خلاصه در جدول زیر نمایش داده شده است.

مقدار	واحد	شرح
11	میلیون تن	حجم زباله های شهری (شهرهای بالاتر از 100000 نفر)
15	10^6 بشکه معادل نفت خام	انرژی ناخالص کل
1.92	%	درصد از انرژی نهایی کشور در سال 1382
725.3	10^6 مترمکعب	مندان قابل تولید
3	%	% از گاز طبیعی مصرفی نیروگاه های کشور در 1382 ¹
1305	10^6 Kwh	برق قابل تولید با راندمان 18٪ معادل 220 Mw نیروگاه فسیلی ²
1810	10^6 Kwh	برق قابل تولید با راندمان 25٪ معادل 305 Mw نیروگاه فسیلی ²
2540	10^6 Kwh	برق قابل تولید با راندمان 35٪ معادل 430 Mw نیروگاه فسیلی ²
7.200.000	Ton	کاهش در انتشار گازهای گلخانه ای - معادل CO ₂ (سالانه) ³
1200	Ton	کاهش در آلودگی زیست محیطی - SO ₂ ³

برق قابل تولید با راندمان های 18، 25 و 35٪ به ترتیب 1.2، 1.7، و 2.4٪ از برق مصرفی کشور در سال 1380 می باشد.

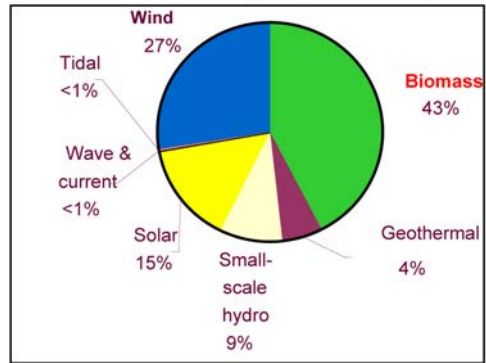
- با فرض 7500 ساعت کارکرد، به ترتیب معادل 330، 480 و 630 مگاوات نیروگاه تبدیل و یا 450، 315 و 450 مگاوات نیروگاه فسیلی خواهد بود.
- نیروگاه پلاسما: 8250 Gwh معادل 1100 Mw نیروگاه پلاسما و یا 1440 Mw نیروگاه فسیلی
- زباله سوز: 2400 Gwh معادل 320 Mw نیروگاه زباله سوز و یا 430 Mw نیروگاه فسیلی

1 - ترانزله انرژی ایران، 1382
2 - ترانزله انرژی و آمار تفصیلی صنعت برق ایران، 1382
3 - سلسله گزارش های EPA آمریکا

جدول (۴) برآورد تولید برق از زباله های شهری در شهرهای بالای ۱۰۰ هزار نفر جمعیت

۷-۵ چشم انداز و رویکرد جهانی در خصوص زیست توده

زیست توده در میان تجدیدپذیرها بالاترین سهم را در تامین انرژی اولیه جهان دارد و برنامه های کشورهای جهان، شرکت های معتبر و سازمان ها نیز بیانگر اقبال عمومی در جهت توسعه بیشتر بهره برداری از زیست توده بویژه نوع مدرن آن می باشد. در شکل (۲۱) پیش بینی سهم زیست توده از سرمایه گذاری جهانی در توسعه انرژی های نو در جهان در طی سالهای ۲۰۱۰-۲۰۱۱ ارایه شده است. همانگونه که از شکل نیز برمی آید جمعا ۲۷۲ میلیارد دلار برای توسعه تجدیدپذیرها در طی سال های مذکور پیش بینی سرمایه گذاری شده است که در این میان، ۴۳٪ از کل سرمایه گذاری بر روی توسعه انرژی های نو به زیست توده اختصاص خواهد داشت.



شکل (۲۱) سهم زیست توده از کل سرمایه گذاری بر روی تجدیدپذیرها، ۲۰۱۰-۲۰۱۱

نخواهد بود. از قرائن چنین برمی آید که منابع انرژیهای تجدیدپذیر نقش قابل توجهی در آینده تامین انرژی جهان بازی خواهند کرد. در درازمدت، انرژیهای تجدیدپذیر نقش غالب را در سیستم تامین انرژی خواهند داشت. دلیل این امر ساده و حتمی است:

اینجا هیچ گزینه دیگری برای بشر مطرح نمی باشد. نوع بشر نمی تواند بی حد و اندازه منابع پایان پذیر و محدود را مصرف نماید.

در این بخش نتایج پیش بینی ها برای زیست توده ارائه می شود:

۷-۵-۱- سناریو سیاست های پیشرفته بین المللی (API)

* زیست توده، منبع انرژی تجدیدپذیر با بالاترین میزان استفاده در حال و آینده - نرخ رشد در طول پیش بینی نسبتاً کم است. اما بدلیل استفاده های مختلف گرمائی، برقی و سوختی رو به هم رفته مهمترین منبع تامین انرژی آینده خواهد بود. برای این منبع کاربردهای فراوانی در سیستم های غیرمتمرکز کوچک بعد از سال ۲۰۱۰ فرض شده است.

پیش بینی وضعیت بهره برداری از انواع منابع انرژی در سالهای آتی توسط سازمان ها و مراجع معتبری صورت گرفته و همگی بر نقش چشمگیر انرژی های نو در سبب انرژی آینده جهان تاکید دارند. در این میان نقش زیست توده نیز انکارناپذیر خواهد بود. براساس سناریوهای مختلفی که تاکنون انتشار یافته، زیست توده همچنان نقش غالب را در میان تجدیدپذیرها در تامین انرژی اولیه خواهد داشت و در تامین برق نیز شانه به شانه برق آبی و باد خواهد بود.

۷-۵-۱- پیش بینی وضعیت انرژی زیست توده تا سال ۲۰۴۰

بر اساس سناریوهای سیاست های پیشرفته بین المللی و سیاست های جاری که توسط انجمن انرژیهای نو جامعه اروپا (EREC) انتشار یافته، در خوشبینانه ترین حالت نصف انرژی جهانی در سال ۲۰۴۰ از انرژی های نو قابل تامین است و این نسبت در بدبینانه ترین حالت کمتر از ۲۷٪ است.

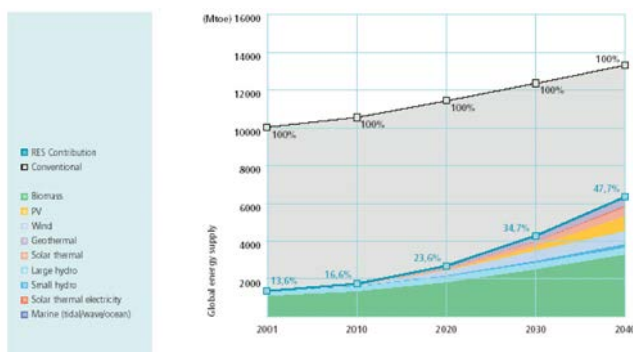
سال	2001-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040
نرخ رشد مطابق سناریو	2.2%	3.1%	3.3%	2.8%

جدول (۵) رشد سالانه زیست توده تا سال ۲۰۴۰

در جدول زیر نیز بر اساس سناریو سیاست پیشرفته بین‌المللی نتیجه می‌شود رشد فن‌آوریهای تجدیدپذیر با هم تا سال ۲۰۴۰ باعث خواهد شد تا نزدیک به ۵۰٪ مصرف انرژی از تجدیدپذیرها قابل تامین شود و در این میان سهم زیست توده بالاتر از سایر منابع تجدیدپذیر خواهد بود.

	2001	2010	2020	2030	2040
Total Consumption in Mtoe (IIASA)	10038,3	10549	11425	12352	13310
Biomass	1080	1313	1791	2483	3271
Large hydro	222,7	266	309	341	358
Small hydro	9,5	19	49	106	189
Wind	4,7	44	266	542	688
PV	0,2	2	24	221	784
Solar thermal	4,1	15	66	244	480
Solar thermal electricity	0,1	0,4	3	16	68
Geothermal	43,2	86	186	333	493
Marine (tidal/wave/ocean)	0,05	0,1	0,4	3	20
Total RES	1364,5	1745,5	2694,4	4289	6351
RES Contribution	13,6%	16,6%	23,6%	34,7%	47,7%

جدول (۶) و شکل (۲۲) سهم انرژی‌های نو از تامین انرژی جهان مطابق سناریوی AIP



۲۱۵۷ سناریو سیاستهای پویای جاری (DCP)

۷-۱-۲-سناریو سیاستهای پویای جاری (DCP)

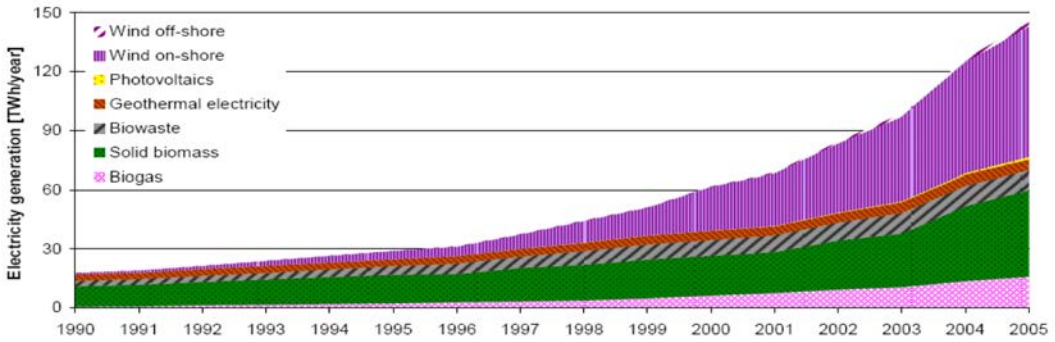
بر طبق جدول زیر اگر اقدامات مهم بین‌المللی در ارتقاء تجدیدپذیرها و کاهش فقر و تغییرات آب و هوایی از طریق تجدیدپذیرها افزایش نیابد، تا سال ۲۰۴۰ سهم منابع انرژیهای تجدیدپذیر از تامین نیاز انرژی جهانی ۲۷٪ تخمین زده شده است. این نرخ، حداقل سهم تجدیدپذیرهاست. نرخ رشد زیست توده در هر سناریو بسیار بهم نزدیک خواهد بود.

	2001	2010	2020	2030	2040
World Primary Energy Consumption (Mtoe)	10038,3	11752	13553	15547	17690
Biomass	1080	1291	1653	2221	2843
Large Hydro	222,7	255	281	296	308
Small Hydro	9,5	16	34	62	91
Wind	4,7	35	167	395	584
PV	0,2	1	15	110	445
Solar Thermal	4,1	11	41	127	274
Solar Thermal Power	0,1	0,4	2	9	29
Geothermal	43,2	73	131	194	261
Marine (tidal/wave/ocean)	0,05	0,1	0,4	2	9
TOTAL RES	1364,5	1682,5	2324,4	3416	4844
RES Contribution	13,6%	14,3%	17,1%	22,0%	27,4%

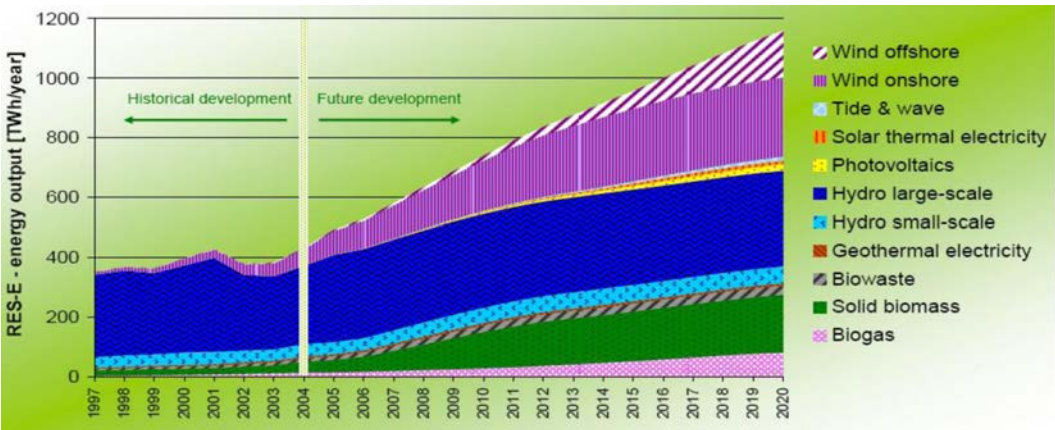
جدول (۷) سهم انواع منابع انرژی در تامین انرژی جهان مطابق سناریوی DCP

۷-۵-۲- پیش بینی جامعه اروپا

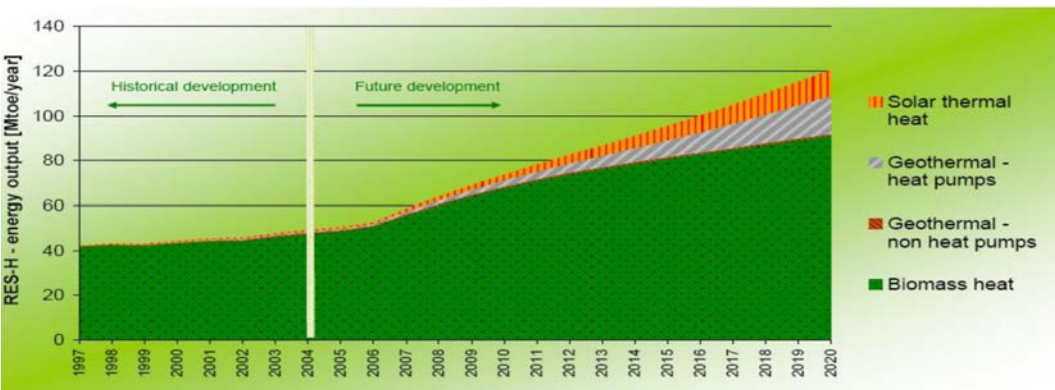
جامعه اروپا در گزارشی که در سال ۲۰۰۷ منتشر ساخته است، پیش بینی میزان و سهم انواع تجدیدپذیرها در تامین برق آن جامعه را تا سال ۲۰۲۰ ارایه نموده است.



شکل (۲۳) وضعیت فعلی تولید برق از تجدیدپذیرها در جامعه اروپا { ۵۰٪ زیست توده ۶۰ تراواتساعت }



شکل (۲۴) پیش بینی وضعیت تولید برق از تجدیدپذیرها در جامعه اروپا تا سال ۲۰۲۰ { ۳۰٪ زیست توده ۳۵۰ تراواتساعت }



شکل (۲۵) پیش بینی وضعیت تولید حرارت از تجدیدپذیرها در جامعه اروپا تا سال ۲۰۲۰ { ۷۵٪ زیست توده ۹۰ میلیون تن معادل نفت خام }

علاوه بر سناریوهای مختلف که توسط موسسات معتبر ارائه شده است، کشورهای مختلف نیز برنامه های رشد و توسعه تجدیدپذیرها را ارائه نموده اند. در ادامه نمونه هایی از این برنامه ها ارائه شده است.

۱. جامعه اروپا، ۲۳/۲٪ از برق تجدیدپذیر خود را در سال ۲۰۲۰ از زیست توده تامین خواهد نمود.
۲. ایالات متحده آمریکا، تولید برق از زیست توده در هر ۱۰ سال ۲ برابر خواهد شد و از ۴٪ بازار برق و صنعت در سال ۲۰۱۰ به ۵٪ در سال ۲۰۳۰ بالغ خواهد شد. سوخت حمل و نقل از ۵٪/۰ سال ۲۰۰۱ به ۴٪ در ۲۰۱۰، ۱۰٪ در ۲۰۲۰ و ۲۰٪ در ۲۰۳۰ بالغ خواهد شد.
۳. ایتالیا، سال ۱۹۷۳ به میزان ۱/۵٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۱۰ به ۰/۷٪ خواهد رسید.
۴. کانادا، سال ۱۹۷۳ به میزان ۵/۷٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۱۰ به ۸/۵٪ خواهد رسید.
۵. فرانسه، سال ۱۹۷۳ به میزان ۱/۲٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۱۰ به ۲/۸٪ خواهد رسید.
۶. ژاپن، سال ۱۹۷۳ به میزان ۰٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۱۰ به ۲/۳٪ خواهد رسید.
۷. نروژ، سال ۱۹۷۳ به میزان ۰٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۰۰ به ۶/۱٪ خواهد رسید.
۸. اسپانیا، سال ۱۹۷۳ به میزان ۰٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۰۰ به ۳/۴٪ رسید.
۹. دانمارک، سال ۱۹۷۳ به میزان ۳٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۱۰ به ۴/۳٪ خواهد رسید.
۱۰. یونان، سال ۱۹۷۳ به میزان ۴/۹٪ از مصرف نهائی به زیست توده اختصاص داشته و در سال ۲۰۱۰ به ۲/۲٪ خواهد رسید.
۱۱. چین، ظرفیت نیروگاه های زیست توده خود را به ۳۰۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۰ و ۱۰ تا ۱۵ هزار مگاوات در سال ۲۰۲۰ خواهد رساند.

در سال ۲۰۳۰ حدود ۲/۶ میلیارد نفر از مردم جهان از زیست توده سنتی برای پخت و پز و گرمایش استفاده خواهند نمود و در کشورهای در حال توسعه همچنان ۶۰٪ خانوارها از این منبع انرژی استفاده خواهند کرد. این نسبت نزد خانوارهای کشورهای در حال توسعه در سال ۲۰۰۰ بمیزان ۷۲٪ بوده است.

۷-۵-۳-پیش بینی DLR برای ایران

موسسه DLR، یک موسسه دولتی در آلمان می باشد که نقش قابل توجهی در توسعه انرژی های تجدید پذیر در آلمان دارد. موسسه مذکور برای کشورهای جنوب آسیا ، خاورمیانه و جنوب شرق اروپا مورد مطالعه قرار داده و پتانسیل منبع، فنی و اقتصادی انواع منابع انرژیهای تجدیدپذیر را تعیین کرده است. براساس مطالعه مذکور برای ایران، کل پتانسیل اقتصادی زیست توده (زائدات کشاورزی و جنگلی و زباله های شهری) در سال ۲۰۵۰ بمیزان ۷/۲۳ Twh (معادل ۳۳۹۰ MW ظرفیت نیروگاهی) خواهد بود. در این میان پتانسیل اقتصادی تولید برق از زباله های شهری در سالهای ۲۰۱۰، ۲۰۲۰، ۲۰۳۰، ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ به ترتیب ۷/۴۴، ۹/۳۳، ۱۱/۴۶، ۱۳/۰۳، ۱۴/۶۹ و ۱۵/۹۴ تراواتساعت در سال که به ترتیب معادل ۱۰۶۰، ۱۳۳۰، ۱۶۳۰، ۱۸۵۵، ۲۰۹۰ و ۲۲۶۰ مگاوات ظرفیت معادل نیروگاهی می باشد. از جدول زیر پتانسیل قابل توجه منابع زیست توده، بویژه زباله های شهری معلوم می گردد.

زباله های شهری						زائدات جنگلی	زائدات کشاورزی	جمع کل
2050	2040	2030	2020	2010	2000	2050		
15/94	14/69	13/03	11/46	9/33	7/44	7/3	0/46	23/7

جدول (۸) پیش بینی پتانسیل اقتصادی تولید برق از منابع زیست توده در ایران، ۲۰۵۰-۲۰۰۰ Twh/yr

۸- وضعیت فعلی و آتی تولید برق و حرارت از زباله های شهری در جهان

تولید انرژی از زباله های شهری جذاب ترین مقوله ها از نظر فنی، اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی در میان منابع

۳۰٪ آنها به واحد تولید برق مجهزند. ظرفیت تولید برق ژاپن از زباله های شهری در حال حاضر بیش از ۱۶۰۰ مگاوات می باشد.

با توجه به اینکه سهم بسیار بالایی از سموم منتشره نظیر دیوکسین از زباله سوزها ناشی می شود، استانداردهای اروپا، آمریکا و ژاپن بسیار سخت گیر می باشند و این سخت گیری بحدی رسیده که هزینه سرمایه گذاری اولیه سیستم های تصفیه و پالایش دود از کل مجموعه نیروگاه بالاتر می باشد. در اوتال سال ۲۰۰۶ استانداردهای اروپایی و EPA آمریکا تغییر یافته و سخت گیرتر شده و باعث شده تا تعداد زیادی از زباله سوزهای موجود قابلیت ادامه فعالیت را نداشته و از فعالیت آنها ممانعت بعمل می آید.

۸-۱- تکنولوژی های مورد استفاده برای تولید انرژی (برق/ حرارت) از زباله های شهری

در حال حاضر تکنولوژی ها و روشهای مختلفی برای مدیریت زباله و تولید انرژی مطرح می باشد. در برخی از این تکنولوژی ها تولید انرژی اولویت اول را دارد و برخی

دیگر امحاء زباله در اولویت می باشد. بطور کلی در حال حاضر تکنولوژی های زیر در سطح جهان بصورت منفرد و ترکیبی با سایر تکنولوژی ها استفاده می شود:

- * زباله سوز شامل توده سوز، مدولار و RDF
- * دفنگاه زباله
- * روشهای مکانیکی MBT
- * گازساز زباله (Gasification)
- * هضم بیهوازی
- * پلاسما

در ادامه توضیح مختصری از برخی از تکنولوژی های مطرح در زمینه تولید انرژی از زباله های شهری داده می شود:

۸-۱-۱- تولید برق از دفنگاه زباله:

در صورت دفن زباله های خانگی و در حالت عدم حضور اکسیژن، بخش آلی زباله های مدفون تجزیه شده و ترکیبی از گازهای متان، دی اکسید کربن، هیدروژن، ازت و مقدار کمی ترکیبات کلر و فلوئور و رطوبت تولید می شود. معمولاً تولید گاز پس از دو ماه از دفن آغاز شده

زیست توده می باشد. در حال حاضر در سطح جهان توجه خاصی به بحث تولید انرژی از زباله های شهری می شود و ظرفیت تولید برق اروپا از این منبع در طی سه سال گذشته به بیش از دو برابر افزایش یافته است و اغلب طرح های CDM (مکانیزم توسعه پاک تحت پروتکل کیوتو) نیز حامی پروژه های تولید انرژی از زباله های شهری است. پیش بینی می شود که سهم زیست توده سنتی در تامین انرژی جهانی کاهش یابد که بدلیل افزایش شدید تقاضای جهانی و ثروتمندتر شدن کشورهای جهان سوم و گرایش به سمت مصرف سوخت های مدرن نظیر سوخت های فسیلی در بخش خانگی می باشد. این روند در مورد زباله های شهری برعکس خواهد بود. زیرا سیاست اغلب کشورهای پیشرفته از امحاء زباله به تولید انرژی از زباله پرخش یافته است.

بر اساس آمار و اطلاعات کتاب «Renewables Information, ۲۰۰۳» که توسط آژانس بین المللی انرژی (IEA) انتشار یافته، سهم زیست توده در تامین انرژی اولیه در این سال در سطح جهان به ۱۰٫۸٪ رسیده که معادل ۷۹٫۹٪ سهم کل تجدیدپذیرها می باشد. در

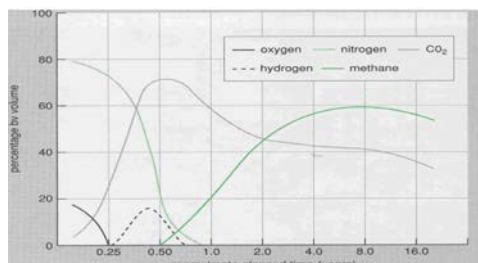
این میان سهم زباله های شهری ۱٫۲٪ کل تجدیدپذیرها (۱۶٫۲۲ میلیون تن معادل نفت خام) می باشد که این رقم ۱/۵ برابر سهم باد و ۴ برابر سهم مجموع انرژی های خورشیدی و دریایی در آن سال است. از همینجا اهمیت بحث زباله های شهری و جایگاه آن در تامین انرژی اولیه جهان معلوم می شود. همچنین بخش تولید انرژی از زباله های شهری از سال ۱۹۹۰ تاکنون رشد متوسط سالانه ۷٫۶٪ را داشته و این در حالی است که رشد کل تجدیدپذیرها در این دوره ۱٫۷٪ و رشد مصرف انرژی اولیه ۱٫۴٪ بوده است. این منبع انرژی بعد از انرژی باد بالاترین رشد را بخود اختصاص داده است.

در حال حاضر هزاران مگاوات نیروگاه زباله (بیش از ۱۰۰۰۰ مگاوات) در سطح جهان نصب شده و آمریکا تا سال ۲۰۱۱، ظرفیت این نوع نیروگاهها را به بیش از ۹۰۰۰ مگاوات خواهد رساند. ژاپن نیز برنامه نصب نیروگاههای زباله خود را تا سال ۲۰۱۰ بمیزان ۴۷۱۰ مگاوات اعلام نموده است. در حال حاضر بیش از ۱۹۰۰ زبالهسوز، ۷۷٪ زباله های ژاپن را می سوزانند (۴۰ میلیون تن) و فقط

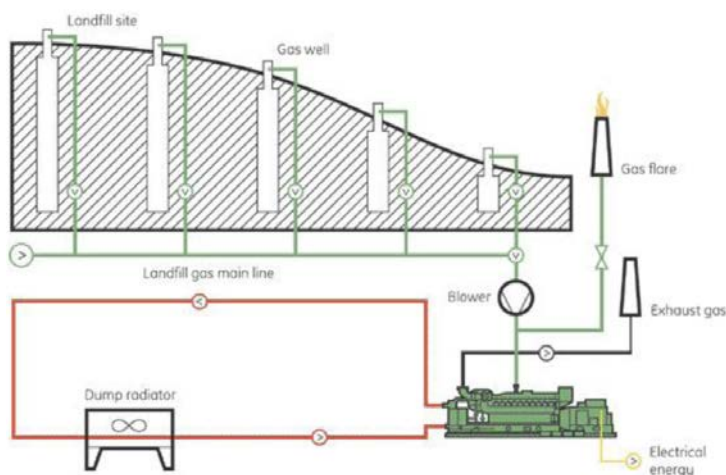
و تا ۱۰۰ سال نیز ادامه می یابد. در این روش، چاههای استحصال گاز با فواصل مختلف نسبت بهم حفر گردیده و لوله های پلی اتیلنی سوراخدار در درون چاه قرار گرفته و دور آن نیز با شن پر می شود. سپس سر چاه با محیط بیرون کاملاً Seal شده و سیستم جمع آوری گاز (شیر و متعلقات آن) روی آن نصب می گردد. لوله های جمع آوری و انتقال گاز به شیرهای مذکور متصل شده و گاز تولیدی پس از عبور از سیستم رطوبت گیر و حذف گازهای خورنده وارد سیستم تولید برق می شود. سیستم تولید برق می تواند دیزل ژنراتور (Gas Engine)، توربین گازی (Gas Turbine) و یا میکرو توربین باشد. همچنین استفاده مستقیم (تولید حرارت و بخار) در بویلرها با سوزاندن گاز لندفیل و یا تزریق به شبکه گاز طبیعی محلی نیز قابل انجام است.



شکل (۲۷) تصویری از چاه واقعی استحصال گاز لندفیل



شکل (۲۶) دیاگرام تولید گاز در دفنگاه زباله

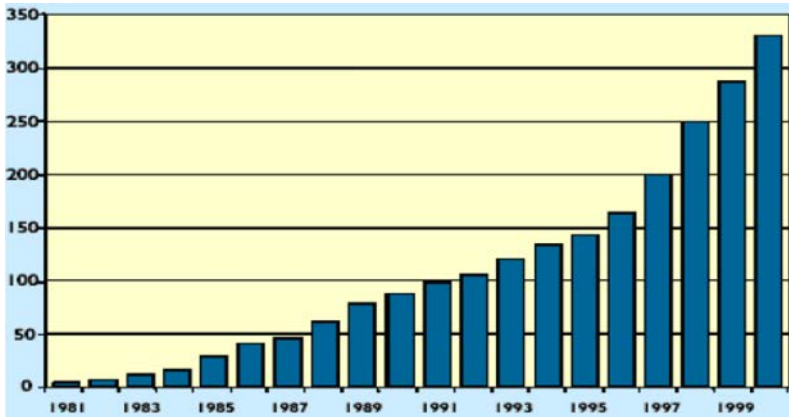


شکل (۲۸) دیاگرام جمع آوری، تصفیه و پالایش گاز و تولید برق از دفنگاه زباله

* وضعیت استفاده از گاز لندفیل (LFG) در آمریکا

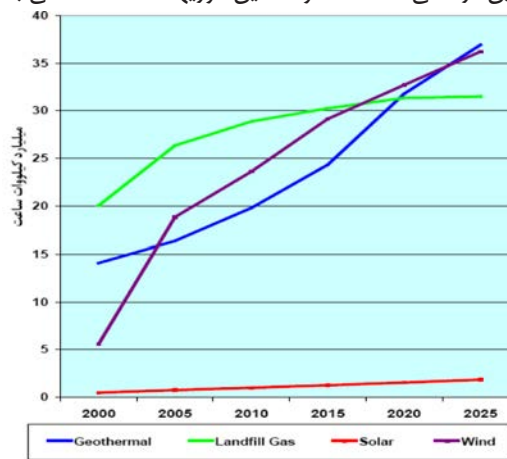
به دلیل حمایت‌های دولت آمریکا از طرحهای LFG، این نوع طرحها با رشد قابل توجهی توأم بوده است. همانطور که در شکل ذیل نیز مشخص می‌باشد تعداد واحدهای استحصال گاز لندفیل از ابتدای ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۰۱ از رشد چشمگیری داشته است.

تعداد طرحهای LFG در آمریکا از رشد بسیاری برخوردار بوده است به نحوی که این کشور در زمره کشورهایی است بیشترین میزان تولید انرژی از LFG را به خود اختصاص داده است. نکته حائز اهمیت دیگر در این رابطه مقایسه پیش‌بینی رشد استحصال انرژی از LFG در آمریکا و مقایسه آن با دیگر



شکل (۲۹) تعداد تجمعی طرحهای در حال بهره‌برداری در آمریکا

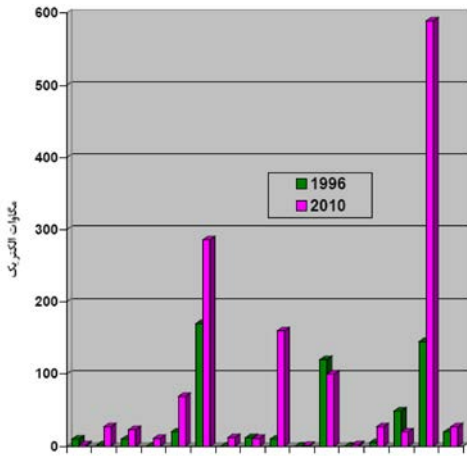
انواع انرژیهای تجدیدپذیر نظیر انرژی باد، ژئوترمال و خورشیدی است. این مقایسه در شکل (۳۰) نشان داده شده است. با مشاهده نمودار یاد شده چنین برمی‌آید که طی دوره ۲۵ ساله از ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ رشد استفاده از LFG تقریباً با انرژی باد و زمین گرمایی مساوی بوده و این در حالی است که هر سه این انرژیها اختلاف فاحشی با انرژی خورشیدی خواهند داشت.



شکل (۳۰) مقایسه پیش‌بینی تولید برق از گاز لندفیل و چند منبع دیگر تا سال ۲۰۲۵ در آمریکا

* وضعیت LFG در بین کشورهای اتحادیه اروپایی

امروزه با توجه به اهمیت روزافزون مقوله محیط زیست و اجرای روشهایی که منجر به کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌گردد، جمع‌آوری و استفاده از گاز لندفیل در حال گسترش می‌باشد به نحوی که طی سه سال گذشته ظرفیت نصب شده سیستم‌های



شکل (۳۱) وضعیت لندفیل در اروپا و پیش بینی آن تا سال ۲۰۱۰

جمع‌آوری و استفاده از گاز لندفیل در اروپا دو برابر شده است. پس از جمع‌آوری گاز، اولین گزینه در رابطه با استفاده از گاز جمع‌آوری شده، سوزاندن آن است که در نتیجه با استفاده از انرژی حاصل از این فرآیند می‌توان برق تولید نمود. استفاده از LFG در بین کشورهای عضو اتحادیه اروپایی که در آنها مدیریت دفع زباله قانونمند بوده و جمع‌آوری و کنترل آن تابع قوانین و مقررات می‌باشد به تجربه‌ای موفق و در حال گسترش تبدیل شده است، به نحوی که تعداد این نوع سیستم‌های جمع‌آوری LFG از ۲۹۸ در سال ۱۹۹۵ به ۴۲۳ سیستم در سال ۱۹۹۷ افزایش یافت. در جدول (۹) ظرفیت نصب شده تجهیزات جمع‌آوری و استفاده از (LFG) برق تولیدی در کشورهای عضو اتحادیه اروپایی در سال ۱۹۹۶ و پیش‌بینی آن تا سال ۲۰۱۰ نشان داده شده است.

ردیف	نام کشور	ظرفیت بهره‌برداری از LFG در سال ۱۹۹۶ به MWe	پیش‌بینی ظرفیت بهره‌برداری از LFG در سال ۲۰۱۰ به MWe
1	اتریش	10	2
2	بلژیک	2	27
3	دانمارک	10	23
4	فنلاند	0	11
5	فرانسه	20	69
6	آلمان	170	286
7	یونان	0	12
8	ایرلند	12	11
9	ایتالیا	10	160
10	لوگزامبورگ	0	1
11	هلند	120	100
12	پرتغال	0	2
13	اسپانیا	5	27
14	سوئد	49	20
15	بریتانیا	145	589
16	نروژ	20	27
جمع کل		573	1366

جدول (۹) وضعیت لندفیل در اروپا و پیش‌بینی آن تا سال ۲۰۱۰

۸-۱-۲- زباله سوز

در بویلرهای RDF سوز استفاده شده و یا به همراه زغال سنگ و یا نفت در بویلرهای چندسوزخته سوزانده شود. همچنین در حال حاضر RDF در کوره سیمان بعنوان جانشین سوخت های فیسیلی تزریق می شود.

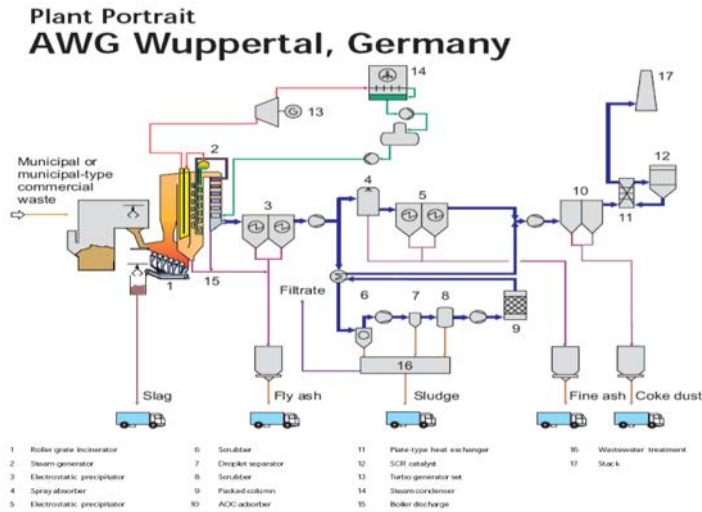
* وضعیت حال حاضر تکنولوژیهای زباله سوزی

عمده ترین تکنولوژی زباله سوزی که در حال حاضر بیشترین استفاده را دارد، توده سوز است، و این به دلیل سادگی و هزینه پایین اجرای آن است. هم اکنون ظرفیت زباله سوزی توده سوز شبکه ای نصب شده در سطح جهان با این روش بیش از ۶۵ میلیون تن می باشد. بعلاوه، با این روش توده سوزی وان رول (زوریخ سوئیس) نیز اجرا می شود و اکنون در دنیا ۳۲ میلیون تن زباله در سال به این روش سوزانده می شوند. سایر انواع توده سوز و RDF سوز (سوخته های مشتق شده از زباله) نیز استفاده می شوند که جمعاً بیش از ۴۰ میلیون تن زباله در سال با این تکنولوژیها سوزانده می شوند.

سوزاندن زباله ها راه حل دیگری برای دفع زباله ها می باشد که از سالها قبل در کشورهای پیشرفته صنعتی دنیا مرسوم بوده است. زمانی که بحث دفع زباله های خطرناک و بیمارستانی مطرح می گردد، نقش زباله سوزها بیشتر نمایان می گردد.

زباله سوزها به عنوان واحدهایی تعریف می گردند که توسط حرارت، مواد زائد را اکسید و مواد کربنی را کاهش می دهند. محصولات خروجی از زباله سوزها، دی اکسید کربن، آب، خاکستر و حرارت حاصل از احتراق می باشد. علاوه بر این، آلاینده های هوا نظیر ترکیبات سولفور و نیتروژن و هالوژنها و فلزات سنگین گوناگون (مانند کادمیم، جیوه و...) نیز از محصولات دیگر احتراق می باشند. در برخی موارد، سوزاندن زباله ها یکی از مناسب ترین شیوه های مدیریت زباله به شمار می رود.

* **زباله سوز با سوخت RDF:** سوخت های RDF از باقیمانده زباله های جامد شهری پس از جداسازی موادی از آن مانند شیشه ها و سایر ترکیباتی که نمی سوزند، تشکیل می شود. این سوخت می تواند به صورت یک سوخت جامد



شکل (۳۲) شماتیکی از یک نیروگاه زباله سوز در آلمان

* وضعیت زباله سوزی در بین کشورهای اروپایی و آمریکا

زباله سوزی یکی از روش‌های شناخته شده و مطرح در امحاء زباله است و در اروپا و آمریکا سالانه میلیونها تن زباله با این روش امحا می شود. در اروپا بیش از ۴۰ میلیون تن زباله در سال بیش از ۱۱,۳۲۲ میلیون کیلوواتساعت برق تولید می کنند و در آمریکا نیز سالانه بیش از ۲۵ میلیون تن زباله سوزانده شده و بیش از ۷۰۰۰ میلیون کیلوواتساعت برق تولید می کنند. همچنین در اروپا معادل ۶۰۰۰ مگاوات حرارتی نیز گرما تولید می شود. در جدول (۱۰) میزان زباله سوزی در اروپا به تفکیک کشورهای مختلف و در جدول (۱۱) ظرفیت زباله سوزی در آمریکا ارائه شده است.

کشور	تن در سال	کیلوگرم سرانه	حرارت تولیدی (گیگاژول)	برق تولید شده (گیگاژول)
اتریش	450000	56	3053000	131000
دانمارک	2562000	477	10543000	3472000
فرانسه	10984000	180	32303000	2164000
آلمان	12853000	157	27190000	12042000
مجارستان	352000	6	2000	399000
ایتالیا	2169000	137	3354000	2338000
هلند	4818000	482	-	9130000
نروژ	220000	49	1409000	27000
پرتغال	322000	32	1000	558000
اسپانیا	1039000	26	-	1934000
سوئد	2005000	225	22996000	4360000
سوئیس	1636000	164	8698000	2311000
انگلستان	1074000	18	1000	1895000
مجموع	40.484.000	145/5 (متوسط)	109.550.000	40,761,000 (معادل 2500 مگاوات نیروگاه)

جدول (۱۰) ظرفیت‌های زباله‌سوزی گزارش شده در اروپا

ایالت	تعداد نیروگاهها	ظرفیت (تن در روز)
کانکتیکات	6	6500
نیویورک	10	11100
نیوجرسی	5	6200
پنسیلووانیا	6	8400
ویرجینا	6	8300
فلوریدا	13	19300
مجموع	53	69600 (معادل 1500 مگاوات نیروگاه)

جدول (۱۱) عمده‌ترین استفاده‌کنندگان از WTE در آمریکا

۸-۳-۱- امحاء زباله و تولید انرژی به روش پلاسما

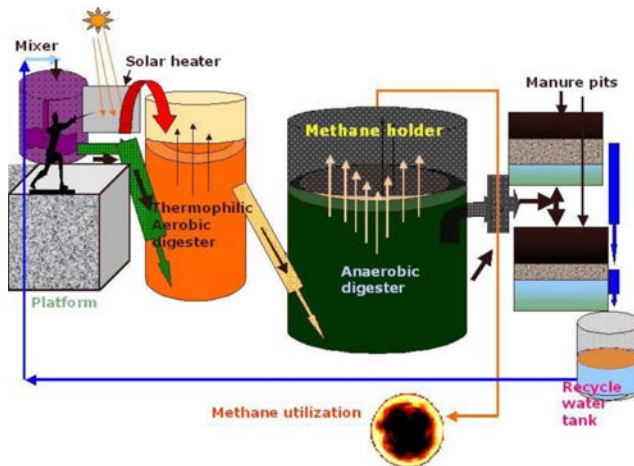
سیستم گازساز شیشه ای ساز پلاسما (PGV) راهی مؤثر برای تفکیک کامل همه اجزای (آلی و غیر آلی) و وصول به ترکیب اولیه آنها برای بازیافت می باشد. مهمترین جزء سیستم PGV، گازساز آن است که می تواند یک یا چند مشعل قوسی پلاسما را در خود جای دهد. با عبور یک جریان مستقیم بین کاتد و آند مشعل قوس پلاسما و عبور همزمان هوا در فضای حلقوی شکل، یک محیط با گرمای بسیار زیاد که بین $5,000$ و $10,000^{\circ}\text{C}$ است بوجود می آید. گاز سنتز تولید شده از گازی سازی مواد آلی عمدتاً شامل منواکسید کربن و هیدروژن می باشد. هالوژنها و مواد گوگردی که در مواد اولیه (زباله) موجود هستند به ترتیب به اسید کلریدریک (HCL)، اسید هیدروفلوریک (HF)، سولفید هیدروژن (H₂S) تبدیل می شوند. برای تکنیک های خنثی سازی این سه ماده روشهای تأیید شده ای بکار گرفته می شود. گاز سنتز تولیدی اغلب بعد از تصفیه از گاز طبیعی تمیزتر می باشد. ارزش گرمای آن بستگی به مواد اولیه (زباله) بکار گرفته دارد اما نوعاً گاز سنتز تولید شده ارزش حرارتی در حدود از $15-10 \text{ MJ/m}^3$ دارد.



شکل (۳۳) شماتیک راکتور گازساز پلاسما

۸-۴-۱- بیوگازهای زباله در هاضم های بزرگ

در این روش زباله پس از تفکیک، خرد شده و با شیرابه، لجن فاضلاب و ... مخلوط شده و در مخازنی در دمای بالاتر از محیط بصورت بیهوازی توسط باکتری های خاصی هضم شده و گاز تولیدی پس از پالایش به سیستم Gas Engine منتقل شده و سپس برق تولید می شود.



شکل (۳۴) شماتیکی از هاضم بیهوازی زباله های شهری

* هزینه سیستم های تولید برق از زباله در اروپا: در کشورهای اروپایی انواع مختلفی از سیستم های تولید برق از زباله کاربرد دارند که متوسط هزینه آنها بشرح جدول ذیل می باشد:

ردیف	تکنولوژی	هزینه سرمایه گذاری €/Kw	راندمان الکتریکی %
1	لندفیل + موتور	1000-1200	25-35
2	گازساز + موتور دیزل یا توربین 50 کیلووات تا 30 مگاواتی	1500-2500	20-30
3	گازساز سیکل ترکیبی 30 تا 100 مگاواتی	5000-6000	40-50
4	هاضم بیوماس تر + موتور یا توربین و پلاسما	2000-5000	25-35
5	زباله سوز 4-12 مگاواتی	4000-6000	30

مرجع: Renewable energy in Europe, 2004

جدول (۱۲) هزینه های سیستم های مختلف تولید برق از زباله های شهری در اروپا

۹- بحث پایانی

همانگونه که از مطالب ارائه شده در این مجلد نیز معلوم می گردد، منابع زیست توده بصورت مجتمع و نیز پراکنده در دسترس می باشد و منابع متعددی را شامل می شود. همچنین تکنولوژی های متعددی نیز برای توسعه کاربرد آن توسعه یافته است. از آنجا که رهاسازی این منابع در طبیعت باعث تولید آلاینده های آب، خاک و هوا می شود و گازهای گلخانه ای قابل توجهی نیز منتشر می سازد، و نیز انرژی تولیدی از آنها نیز پاک تر از انرژی فسیلی می باشد، لذا در سالهای اخیر توجه مضاعفی در سطح جهان و بویژه در کشورهای توسعه یافته به توسعه آن و افزایش سهم آن در تامین انرژی شده است. مزایای دیگری نظیر ایجاد اشتغال مولد، کمک به اقتصاد روستایی، بهبود شرایط زیستی و زیباسازی محیط، تحویل انرژی در محل مصرف (تولید پراکنده DG) و وجود پتانسیل مناسب در کشور و وقوع بحران های زیست محیطی در بخش های مختلف کشور از عواملی هستند که فعالیت مناسب و متناسب را در کشور توجیه می نمایند. این سازمان در حال حاضر پروژه های مطالعاتی متعددی را در دست اجرا دارد که امید است با استفاده از آنها بتوان برنامه ریزی مناسب برای توسعه انرژی زیست توده در کشور انجام داده و در آینده جایگاه مناسبی از سبد انرژی کشور را به این منبع اختصاص داد.

یادداشت

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

یادداشت

A series of horizontal dotted lines for writing notes.

یادداشت

A series of horizontal dotted lines for writing notes, spanning the width of the page.

