بسم الله الرحمن الرحیم

گزارش اول:	انرژی خورشیدی ۱
گزارش دوم:	انرژی زمین گرمایی ۱
گزارش سوم:	انرژی باد ۱
✔ گزارش چهارم:	انرژی زیست توده ۱
گزارش پنجم:	انرژی هیدروژن و پیل سوختی ۱
گزارش ششم:	انرژی خورشیدی ۲
گزارش هفتم:	انرژی زمین گرمایی ۲
گزارش هشتم:	انرژی باد ۲

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

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

انرژی زیست توده

پیشگفتار

توسعه شگرف علم و فن آوری در جهان امروز ظاهرا 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 غیربهینه 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 می‌گردد که اثر گلخانه‌ای نامیده می‌شود. چنانچه افزایش دمای هوا مطابق روند فعالی ادامه یابد بازگرداندن آن به وضعیت سابق تقریبا 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 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.

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.

مقدمـــه:

فناپذیری سوخت‌های فسیلی، تنوع بخشی به منابع انرژی، توسـعه پایـدار و ایجاد امنیت انرژی، مشـکلات زیسـت محیطـی ناشـی از مصرف انرژی فسـیلی از یک طرف و پاک و تجدیدپذیر بودن منابع انرژی‌های نو نظیر خورشید، باد، زیسـت توده (بیوماس) ,,,,,. از طرف دیگر باعث توجه جدی جهانیان به توسـعه و گسترش استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و افزایش سهم این منابع در سبد انرژی جهانی شده است. امروزه ما شـاهد افزایش چشم‌گیر فعالیت‌ها و بودجه دولت‌ها و شرکت‌ها در امر تحقیق، توسعه و عرضه سیستم‌های انرژی‌های تجدیدپذیر هستیم و این فعالیت‌ها و صرفـه بودجه‌های مذکور در نهایت باعث کاهش قیمت تمـام شـده انرژی‌های تجدیـد پذیر و رقابـت پذیری با سیستم‌های سنتی موجود می‌گردد. این امر در مورد انرژی باد و برخی کاربردهای انرژی زیسـت توده محقق شده و روند سریع کاهش قیمت‌ها در مورد سایر منابع انرژی‌های 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 ۷۹/۷٪ ،
- انرژی برق آبی حدود ۱۶/۵٪ ،
- انرژی زمین گرمایی(ژئوترمال) با ۳/۱٪ ،
- انرژی خورشیدی با ۰/۲۹٪ ،
- انرژی بادی ۰/۴۸٪، و
- انرژی جزر و مد و امواج ناچیز

همچنین در سـال مذکور انرژی های تجدید پذیر دومین منبع تامین‌کننده برق جهان با ۱۷/۹٪ سـهم بوده اسـت که ۱۶/۱٪از برق جهان با برق آبی ،۱٪ با زیسـت توده و ۰/۸٪توسط سـایر منابع تجدیدپذیر (بجز برق آبی بزرگ) در سـطح جهان تامین شـده اسـت. میزان بـرق تولیدی تجدیدپذیرها بجـز برق آبی بزرگ بیـش از ۶۲۵ تراوات ساعت(میلیارد کیلووات ساعت) بوده است.

در سال۲۰۰۵ مجموع ظرفیت نصب شده انواع نیروگاه‌های زیسـت توده در سـطح جهان به بیش از ۴۴,۰۰۰ مگاوات بالغ شـده و برق تولیدی از این محـل نیز به میزان بیش از ۲۵۰ تراوات سـاعت رسیده اسـت. شایان ذکر است که بخش اعظمی از سـهم انرژی زیست توده در تامین انرژی اولیه مصرفی جهان به کاربردهای حرارتی و احتراق مستقیم بویژه در کشورهای در حال توسعه اختصاص دارد.

سـوخت های زیسـتی(بیو فیـول هـا) شـامل بیواتانول، بیومتانول و بیودیزل در کشـورهای زیادی مورد توجه واقع شـده و برزیل بخـش اعظمی از مصارف بنزیـن خود را با سوخت های تجدیدپذیر جایگزین نموده است. همچنین در ایالات متحـده آمریکا، بخش هائی از اروپا، آمریکا و آفریقا و اخیراً آسـیا نیز از این نوع سـوخت ها بعنـوان جایگزین بنزین، گازوئیل و MTBE (ماده افزودنی به بنزین بعنوان جایگزین سـرب برای بهسوزی و ... بنزین)استفاده می شود و پیش‌بینـی می‌شـود که سـهم آن در تامین انرژی بخش حمـل و نقل روزبه‌روز افزایش یابد. تولید سـالانه بیواتانول در سـال ۲۰۰۵ در سطح جهان از ۳۳ میلیارد لیتر فراتر رفته که سـهم آمریکا و برزیل هریک 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. اسـتفاده از زیسـت توده بعنـوان یک منبع انـرژی نه تنها بدلایل اقتصادی بلکه به دلیل توسـعه اقتصادی و زیسـت محیطـی نیز جذاب بـوده و از طرفی آنرا عامل تسـریع در رسیدن به توسـعه پایدار می دانند. سیستم‌هایی که زیست تـوده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت هـای کوچک به صورت ماژول بـکار روند. صنایع کشـاورزی، جنگلـداری و فضولات دامـی از ذخایر اصلی زیسـت توده هستند که فرصتهای اساسـی را برای توسعه اقتصادی مناطق روستایی و دورافتاده فراهم می‌کند. انرژی زیسـت توده شامل انرژی تولیدی از کلیه ضایعات و زایدات حاصل از موجودات زنده می باشد و بعد از انرژی خورشیدی بالاترین پتانسـیل انرژی را دارا می‌باشـد و در حال حاضر بـا توجه به مزایای ویژه‌ای نظیر مزایای اقتصادی، زیسـت محیطی، پراکندگی و دسترسـی آسان، بالاترین سهم را در میان تجدیدپذیرها به خود اختصاص داده اسـت. بکارگیری زیست توده برای تولید انرژی از بسیاری جهات حایز اهمیت است.

منابـع انرژی زیسـت توده می‌تواند به شـکل اصلی انرژی مانند بـرق و یا حاملهای انرژی چون سـوخت های گازی و مایـع، نیازهـای بخش های مختلف در جامعه بشـری را تأمین کند که این موضوع وجه تمایز مباحث انرژی زیسـت

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

امروزه منابع انرژی های ســنتی، سوخت های فسیلی و برق هسته‌ای عملاً بر سیستم عرضه انرژی در جهان تسلط دارند ولی وابســتگی شدید جوامع صنعتی به منابع انرژی فسیلی و بکارگیری و مصرف بی رویهٔ آنها ممکن است منابع عظیمی را که طی قرون متمادی در لایه های زیرین زمین تشــکیل شده است، تخلیه نماید. با توجه به اینکه منابع انرژی فسیلی با ســرعت 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 دســته از منابع انرژی که دارای عمر و پتانســیل زیادی بوده و اساساً تجدیدپذیر هستند روی آورده و دانش خود را برای بهره برداری از آنها گسترش دهد.

بعد از کشــف و مهار آتش، حرارت حاصل از سوزاندن چوب و خار و خاشــاک تنها منبع تامین انرژی بشر بوده و سپس بشــر با رام کردن حیوانات بخش دیگر از احتیاجات خود را بر طرف ســاخته است. این امر تا دســتیابی انسان به منابع ســوخت های فسیلی مانند زغال سنگ، نفت و گاز توانست قــدرت فنــی و مادی خویــش را به صورت بی ســابقه ای افزایش دهد.

در ایــن مجلد تلاش شــده تــا علاوه بر ارائــه تصویری از اهمیــت، وضعیت عمومی و نقش زیســت تــوده، کاربرد و اســتفاده از آن در کشــورهای مختلف نیز مــورد توجه قرار گرفته و برنامه های آتی آنها نیز توضیح داده شود.

۱- زیســت توده چیســت؟

زیســت توده ترجمه لغت انگلیسی بیوماس(Biomass) می باشد. برای زیست توده تعاریف مختلف و متنوعی در جهان مطرح می باشــد. 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 فســیلی مطرح می باشد. میدانیم که منشاء منابع فســیلی نیز منابع زیست توده می باشد ولی تفاوت آنها در این اســت که منابع فسیلی از منابع زیست توده که در گذشــته بسیار دور زنده بوده اند(دهها میلیون ســال پیش) و تحت شــرایط 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 خورشــیدی در برگهای درختان ذخیره می شود.

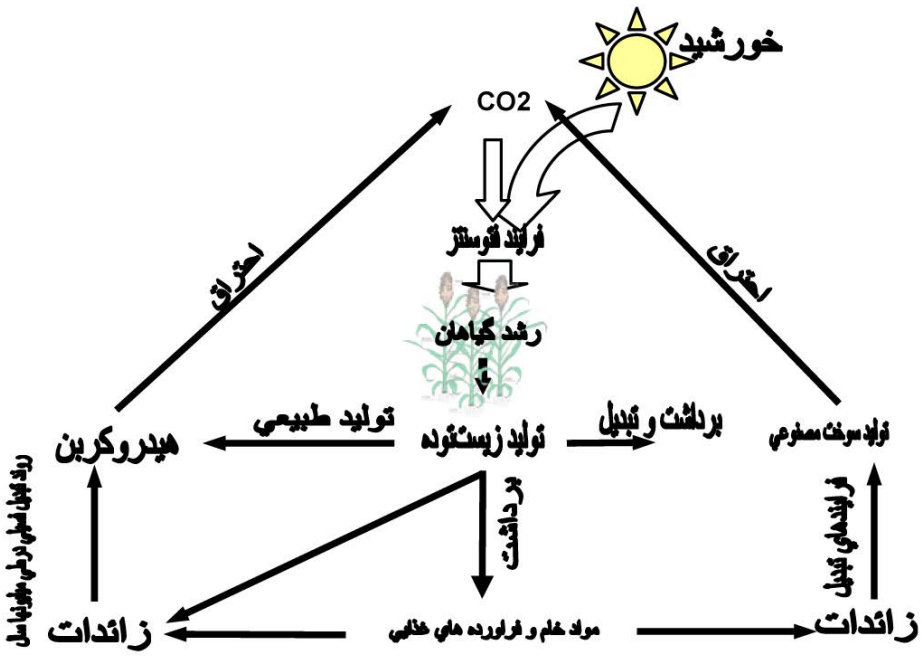
* اتحادیه اروپا مطابــق ابلاغیه EC۲۰۰۱۱۷۷۱ جهت توسعه استفاده از زیست توده در تولید برق در بازار داخلی اروپا تعریف زیست توده را به شکل زیر مطرح نمود:

زیست توده کلیه اجزاء قابل تجزیه زیستی از محصولات، فاضلابها و زایدات کشــاورزی (شــامل مــواد گیاهی و حیوانــی)، صنایع جنگلی و ســایر صنایع مرتبط، فاضلابها و زباله های شهری و صنعتی می باشد.

* چرخه زیست توده در طبیعت:

بخشی از تشعشع خورشــید که به اتمسفر زمین می رسد، بواسطه فرآیند فتوسنتز در گیاهان جذب و ذخیره می‌شود. ماکزیمم راندمان تبدیل انرژی خورشــیدی در این فرآیند بین ۵ تا ۶ درصد اســت. گیاهان بعنوان منابع ذخیره کربن هســتند و CO_2 را از هــوا جذب کــرده و بصورت کربن ذخیره می نمایند. وقتی گیاهی توســط جانوری خورده می شــود، بخشی از کربن موجود در گیاه خورده شده به انرژی تبدیل می شود و بخشــی دیگر در بافت های زنده ذخیره مــی گردد. بخش ســوم نیز با فضــولات حیوانی دفع می گردد. در صورتیکه چوب یا گیاهان ســوزانده شوند، علاوه بــر انرژی، بخش اعظمــی از کربن ذخیره شــده بصورت CO_2 آزاد می شــود و بخشــی نیز در خاکســتر باقی می ماند.

* جالب اســت بدانیدکه میزان انرژی که ســالانه توسط فتوسنتز ذخیره می شود، چندین برابر بیشتر از کل مصرف معمولــی انرژی جهان و حــدوداً ۲۰۰ برابر مصرف انرژی



غذایی معمولی کل جهان اســت. و نیز توجه به این نکته جالب توجه اســت ذخایر انرژی زیســت تــوده در درختان معادل ذخائر ســوختهای فســیلی قابل استخراج و به ثبت رسیده می‌باشد. مطالعات FAO نشان می‌دهد که زیست توده می‌تواند سه برابر انرژی مورد تقاضای جهان را تأمین کند و بیواتانول بالقوه حاصل از زیســت تــوده به تنهایی معادل ۳/۱ میلیارد تن معادل نفت خام در ســال می‌باشــد که حدود ۳۷٪ مصرف نفت جهان در سال ۱۹۹۸ است.

۲- بیوگاز

از آنجا که بیــوگاز یکی از عمده ترین حامل های انرژی ناشــی از فرآوری منابع زیســت توده بوده و اخیراً بشدت مورد توجه کشــورهای جهان، بویژه کشــورهای پیشرفته قــرار گرفته اســت، بصورت جداگانه به آن پرداخته شــده اســت. محصول هضــم بیهوازی گازی بــا ارزش حرارتی متوسط بنام بیوگاز می باشد.

* بیوگاز چیست:

منابــع زیســت توده حــاوی ترکیبات آلی بــا 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 شکســته شــده و به مولکولهای ساده تر تبدیل می گردند. حاصل نهایی این فرآیند گازی است قابل اشــتعال، که بیوگاز نام دارد. به بیوگاز، گاز مرداب نیز گفته می شــود. این گاز شامل دو جزء عمده متان(و اندکی سایر هیدروکربورها) و دی اکســیدکربن به همــراه مقادیر جزئی ناخالصی نظیر H_2S , بخارآب , N_2 و ... می باشــد. 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 اســتفاده از موتورهای بیوگازسوز موجود میتــوان ۲/۲-۱/۵ کیلووات ســاعت برق از هر متر مکعــب آن به دســت آورد(از هر متر مکعــب گاز طبیعی ۳ کیلووات ســاعت برق حاصل می شــود). این گاز بوی قابل تشــخیص مانند تخــم مرغ گندیده دارد و از هوا ســبک تر می باشد.

مکانیسم تولید بیوگاز:

مکانیسم تولید بیوگاز در فرآیند هضم بیهوازی نسبتاً پیچیده و تحت تأثیر عوامل شـیمیایی و بیوشـیمیایی متنوعی می باشـد، این مکانیسـم به طور کلی بـه ۳ مرحله(در برخی مراجع ۴ مرحله) تقسیم می گردد:

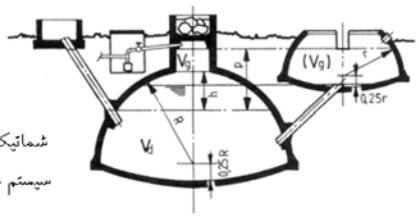
مرحلـه اوّل: هیدرولیز مواد آلی پیچیده و نامحلول و تبدیل این مواد به ترکیبات محلول

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

مرحله سـوّم: تمام ترکیبات آلی و اسـیدهای تولید شده در مرحله اسیدسـازی توسـط باکتریهای متان ساز به بیوگاز تبدیل می گردند .

عمل هضم بیهوازی در محدوده دمایی نسـبتاً وسیع۶۰-۱۰ سلسـیوس صـورت می گیرد. مناسـبترین درجـه حرارت برای تولید بیـوگاز از نظر فنی و اقتصادی حدود ۳۷ درجه سلسیوس می باشد.

بیوگاز طیف وسـیعی از کاربردها از سنتی تا مدرن را در بر می گیرد. بعنوان نمونه در شـکل زیـر 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، نشـان داده شـده اسـت. در حال حاضر بیش از ۲۱ میلیون واحد از این سیسـتم ها در جهان نصب شده است.

در حـال حاضر سـایت تحقیقاتی و توسـعه کاربرد انرژی زیسـت توده سـاوه متعلق به سـازمان انرژیهای نو ایران بصورت تخصصی برروی روشها و فرآیندهای تولید بیوگاز و بهینه سازی آن فعالیت می نماید.

POWEREN.IR

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 شـده در مطالعه پتانسیل زیسـت توده در وزارت نیرو (۸۰ -۱۳۷۹) می باشـد. 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
- فاضلابهای شهری
- فاضلابها وپسماندهای صنعتی(عمدتاً صنایع غذایی)

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

- مواد اولیه: کلیه گیاهان زمینی که از فتوسـنتز بعمل می آیند و در خشکی ها و آب ها وجود دارند.
- مـواد ثانویه: کلیه زایـدات، ضایعات و محصولات جنبی صنایع غذایی، چوبی، جنگلی و فضولات دامی را شامل می شود.
- مـواد ثالثیه: کلیـه ضایعات، زباله هـا و زایدات پس از مصرف نظیر چربی ها، روغن ها، زباله های جامد شهری، نخاله های چوبی محیط های شـهری، زباله های بسـته بندی، فاضلابها و گاز دفنگاه را شامل می شود.

همچنیـن آزمایشـگاه ملـی انـرژی تجدیدپذیـر آمریکا(NREL) در سال ۲۰۰۵ در راستای مطالعه ای که جهت تعیین پتانسـیل منابع زیست توده انجام داده است، دسته بندی زیر را انجام داده است:

- زایدات کشـاورزی شـامل زایدات زراعی و متان حاصل از فضولات دامی
- زایـدات چوبی شـامل زایدات جنگلـی، صنایع چوبی و ضایعات چوبی شهری(باغچه ها، سرشاخه ها و نخاله های چوبی)
- پسماندهای شهری شامل گاز دفنگاه، گاز فاضلاب
- گیاهان انرژی زا

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

* پسـماند های جامد شـهری: شـامل مواد زائد جامدی هسـتند 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 توسـعه 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 زیسـت و جلوگیری از انتشـار گازهای سمی و آلاینده نقشی مهمی در تأمین انرژی داشته باشد.

* زائدات کشـاورزی و جنگلی: چوب یا همان سوخت های چوبی اصطلاحی اسـت، شامل انواع سـوختهای حاصل از جنگل کاری، ضایعات حاصل از بهره برداری منابع جنگلی، ضایعات حاصل از صنایع تبدیلی چوب، صنایع چوب و کاغذ و تأسیسـات پردازشـی مجاور مناطق جنگلی که میتواند به عنـوان یک ماده اولیـه جهت احداث نیـروگاه برای تأمین انرژی همان صنایع یا صنایع دیگر مورد اسـتفاده قرار گیرد. زائدات کشـاورزی نیز مواد سرشـار از انرژی بوده که ارزش غذایی برای انسـان ندارند. سـالانه میزان زیادی از زائدات کشـاورزی نظیـر کاه و کلش غلات، شـاخه و بـرگ انواع گیاهـان و محصولات باغی در مراحل مختلف کشـاورزی تولیـد می گردد کـه می تواند در فراینـد تولید انرژی مورد استفاده قرار بگیرد.

* فضولات حیوانی: فضولات حاصل از دام و طیور سرشـار از مـواد آلی بوده و در فرآیند تولیـد انرژی می تواند بعنوان یک ماده اولیه مناسـب در نیروگاه های زیسـت توده مورد استفاده قرار گیرد.

* پسـماندهای صنایع غذایی و کشـاورزی: در فرآیندهای تولید و تبدیل در صنایع غذایی و کشـاورزی سـالانه مقدار زیادی پسـماندهای آلـی جامد و مایع تولیـد می گردد که میتواند ماده اولیه مناسـبی برای نیروگاههای زیسـت توده باشد. انرژی حاصل از این پسماندها میتواند در همان صنایع و یـا صنایع دیگر مورد اسـتفاده قرار گیرد. اسـتفاده از این ضایعات در فرآیند تولید انرژی واحداث نیروگاههای زیسـت توده میتواند در راسـتای توسـعه 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 بلامنازعی 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 درسال 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 تجزیهٔ شیمیایی گاز متان نیز به وسیله نامبرده صورت گرفته است.

شروع تحقیقات عمده در زمینهٔ تخمیر بیهوازی و کاربرد آن را به شخصی به نام دیوی و در سال ۱۸۰۸ نسبت داده اند. در سال ۱۸۸۴ فردی به نام گاین طرحی را به اجراء 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. متاسفانه این تجربه بصورت بین المللی انعکاسی نیافته است.

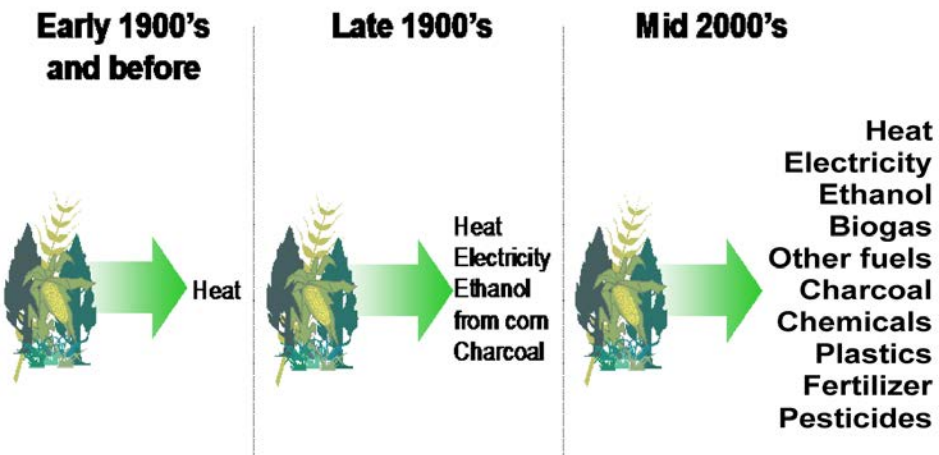
قبل و بعد از انقلاب اسلامی ایران، فعالیت های پراکنده ای در خصوص تولید و استفاده از بیوگاز صورت گرفته است. اولین هاضم تولید گاز متان در ایران در روستاهای نیاز آباد لرستان در سال ۱۳۵۴ ساخته شده است. این دستگاه به گنجایش ۵ متر مکعب فضولات گاوی روستا را مورد استفاده قرار داده و بیوگاز مصرفی حمام مجاور را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

در سال ۱۳۵۹ دو واحد کوچک آزمایشی در دانشگاه بوعلی سینا همدان احداث گردید که با فضولات کشتارگاه و کودگاوی 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 می‌شد.

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

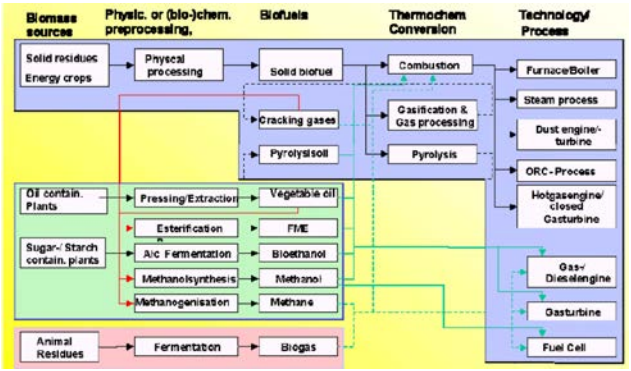
۵ – معرفی تکنولوژی های زیست توده

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 ارایه شده است:

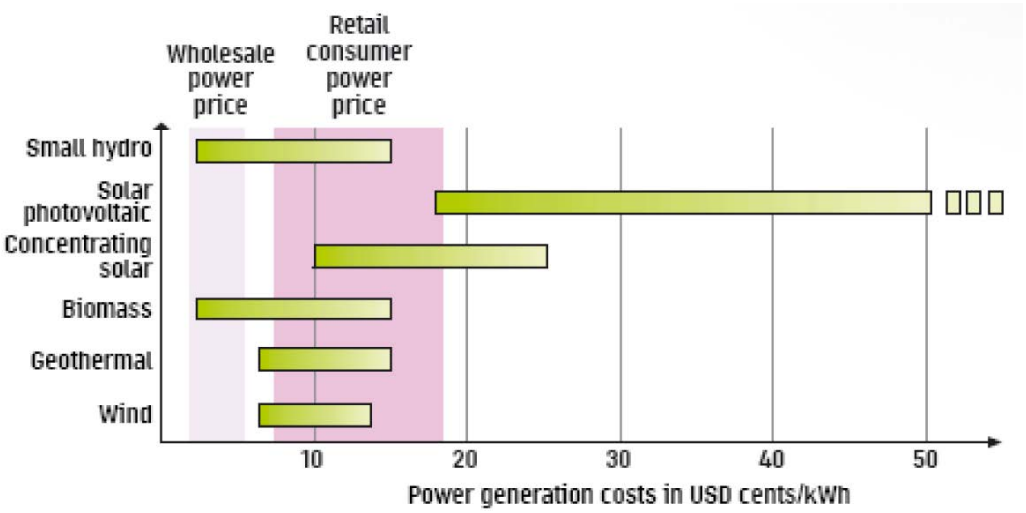


شکل (۴) تکنولوژی های تبدیل زیست توده به انرژی اولیه و نهائی

همچنین تکنولوژی های مختلف زیســت توده در مراحل مختلف توســعه و معرفی به بازار قرار دارند و طیف وسیعی از توسعه آزمایشــگاهی و نمونه ســازی 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 بیهوازی	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.

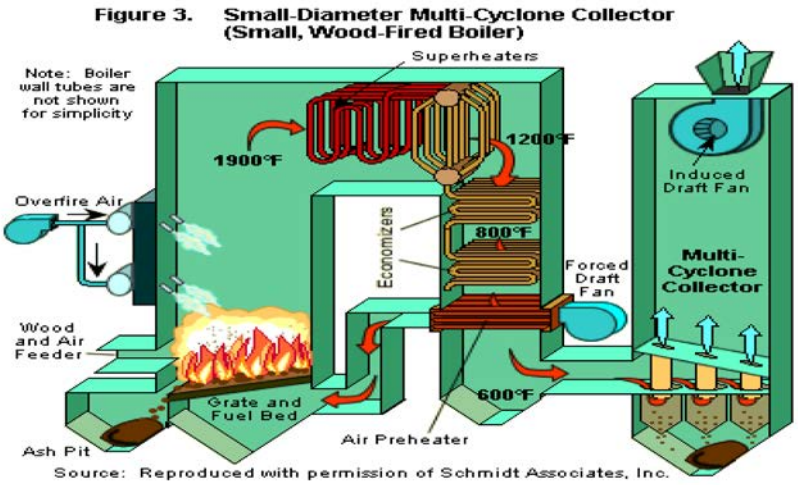
شکل(۵) وضعیت قیمت تمام شده تجدیدپذیرها و رقابت آنها با منابع فسیلی

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(پلاسما)، کربنیزه کردن و مایع ساز کاتالیستی می باشد.

*احتراق مستقیم: در این فناوری ، منابع جامد زیست توده نظیر زائدات جنگلی کشاورزی، زائدات صنایع غذائی و زباله های

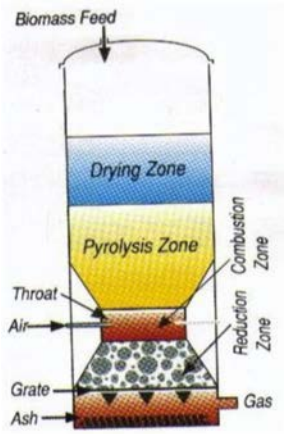
شهری مستقیماً در بویلرهای خاصی سوزانده شده و از حرارت حاصل برای تولید برق، حرارت و یا برق و حرارت استفاده می شود. مهمترین تکنولوژی تولید برق در این گروه زباله سوزها و چوب سوزها می باشند.



شکل(۶) شماتیکی از بویلر چوب سوز

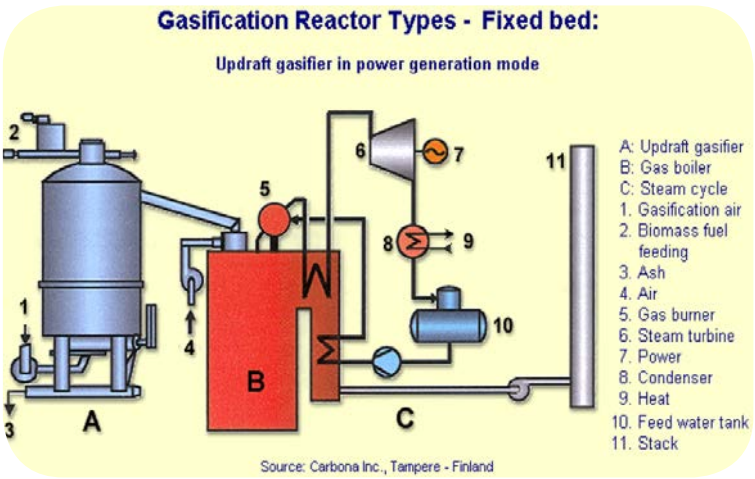
شکل(۷) نیروگاه چوب سوز ۴۹ مگاواتی در اندرسون کالیفرنیا، تاریخ بهره برداری ۱۹۹۶

* احتراق زیست توده با ذغال سنگ یا سایر منابع فسیلی در بویلرهای مدرن(Cofiring): در این تکنولوژی منابع مختلف زیســت توده با منابع فســیلی 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.
* پیرولیــز(Pyrolysis): پیرولیز، واکنش منابع زیســت توده در دمای بــالا 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.



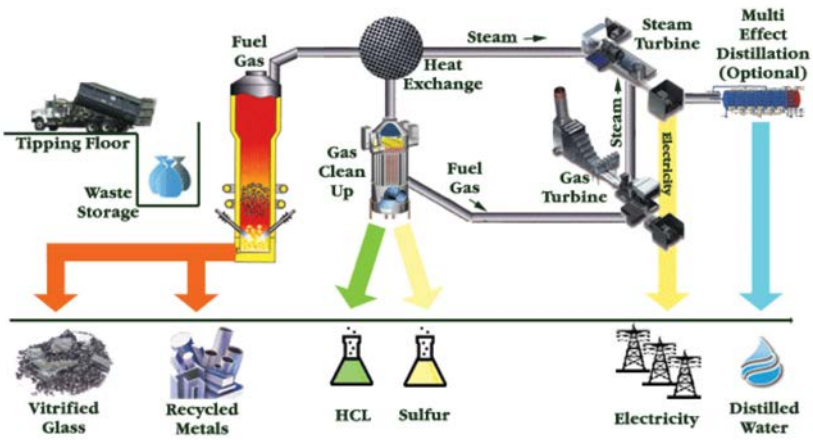
شکل (۸) شماتیکی از راکتور پیرولیز زیست توده

* 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.



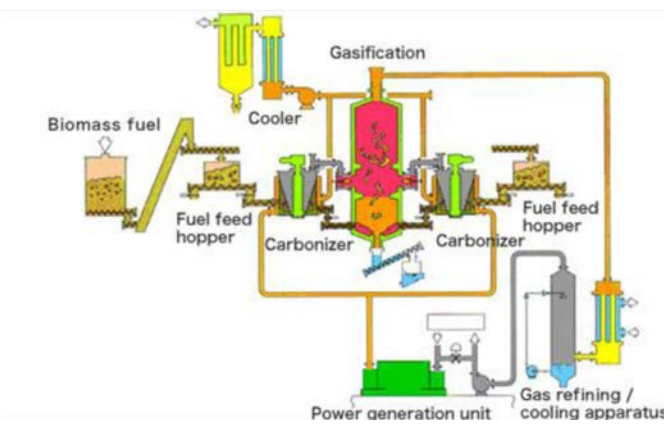
شکل (۹) سیستم تولید برق و راکتور گازساز بستر ثابت زیست توده

*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 مونواکسیدکربن و هیدروژن تولید می شود.



شکل (۱۰) شماتیک سیستم تولید برق با تکنولوژی پلاسما

*کربنیـــزه کـــردن: این تکنولوژی جزو قدیمی ترین تکنولوژی ها می باشـــد و محصول نهائی آن ذغال چوب، برق و حرارت می باشد. اخیراً نمونه های موفقی 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.

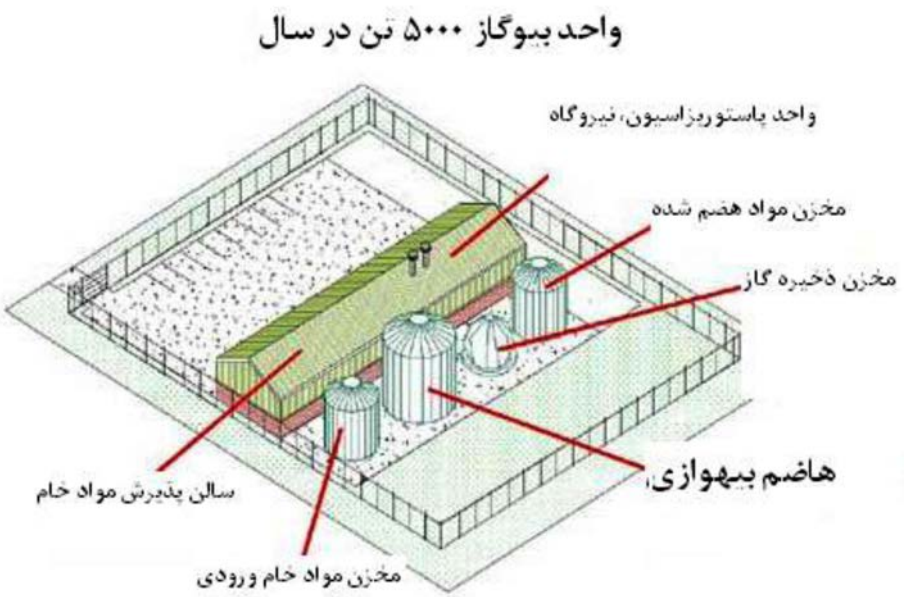


شکل(۱۱) شماتیکی از سیستم کربنیزاسیون بیوماس و زباله های شهری

* مایع ســـازی کاتالیســـتی: 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- فرآیندهـــای بیوشـــیمیائی: هضم(تخمیر بیهوازی)، هضم هوازی و تخمیـــر الکلی در این رده بندی می گنجند. 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 متوســـط(بیوگاز) تولید می شـــود. بارزترین نمونه این فرآیند در لندفیل هاست. اخیراً نیز هاضم های مخزنی بشدت مورد توجه قرار گرفته اند.



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 سـوخت های تجدیدپذیر کاربرد دارد. محصول نهائی بیواتانول، بیودیزل و انواع روغن ها می باشد.

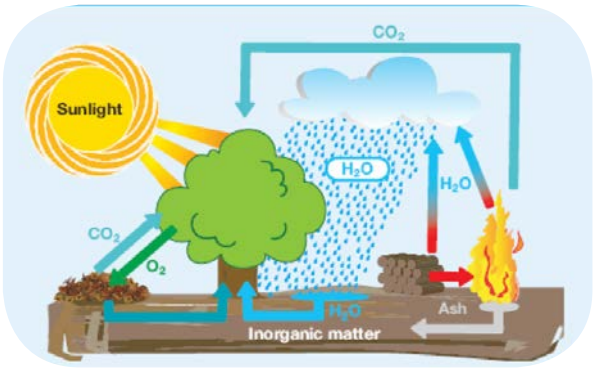
۶ -مزایا و معایب زیست توده

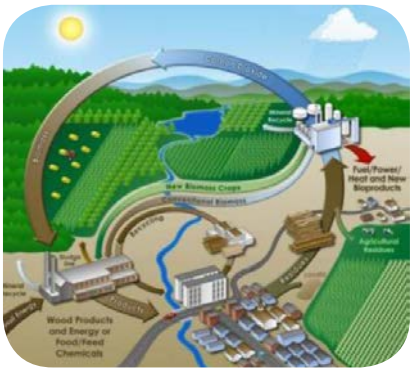
استفاده از زیست توده بعنوان یک منبع انرژی نه تنها بدلایل اقتصادی بلکه به دلیل توسعه اقتصادی و زیست محیطی نیز جذاب است و از طرفی آنرا عامل تسریع در رسیدن به توسعه پایدار می دانند. سیستم‌هایی که زیست توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می‌کنند، می‌توانند در ظرفیت‌های کوچک به صورت ماژول و ظرفیت های متوسط و 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.

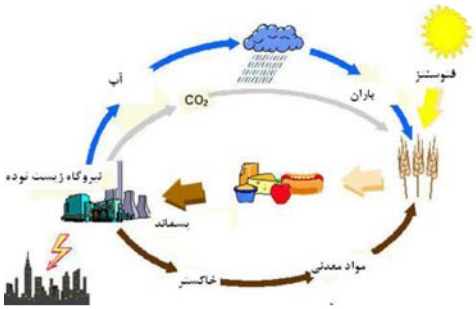
میزان نشر مواد آلاینده ناشی از احتراق زیست توده، معمولاً کمتر از سوخت‌های فسیلی است. بعلاوه استفاده و بهره برداری تجاری از زیست توده می‌تواند مشکلات مربوط به انهدام ضایعات و زباله در سایر صنایع از جمله جنگلداری و تولیدات چوب، فرآوری مواد غذایی و بخصوص ضایعات جامد شهری در مراکز شهری را حذف و یا کاهش دهد.

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 آلودگی های 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.

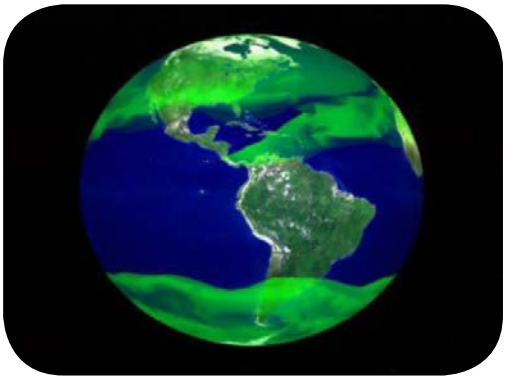
همانگونه که ذکر شد، عدم بهره برداری از منابع زیست توده یکی از مهمترین عوامل انباشت گازهای گلخانه ای بویژه متان در اتمسفر می باشد. در شکل زیر عکسبرداری ماهواره ای از جو زمین و تمرکز متان به نمایش گذاشته شده است. در آمریکا حدود نیمی از گاز متان منتشره از منابع زیست توده رهاسازی شده در طبیعت ناشی می شود. 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 می شود.







شکل(۱۳) سیکل کربن خنثی برای انرژی زیست توده



شکل(۱۴) تمرکز متان در اتمسفر ناسا

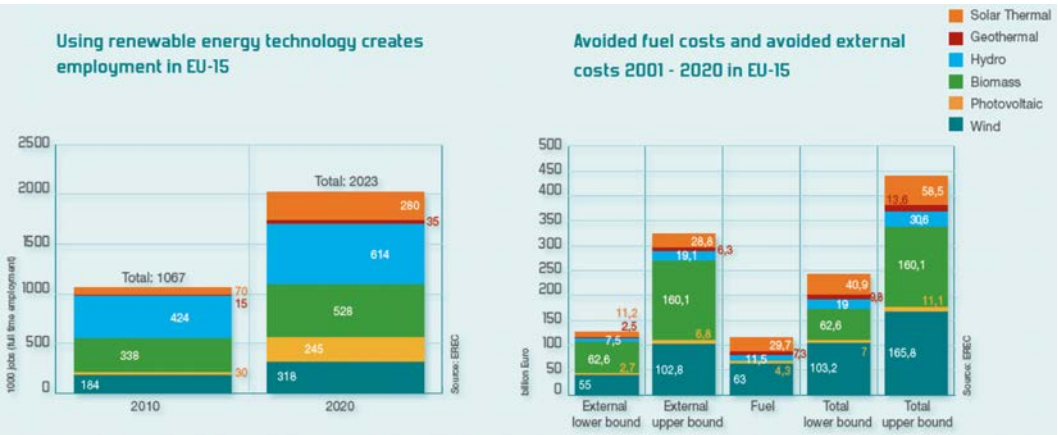
*اشتغال زائی زیست توده

بر اســاس بررســی های صورت گرفته توسط ســازمانهای مختلف، منابع انرژی های نو در مقایســه با منابع فسیلی اشتغال بیشــتری را ایجاد می کنند. در جدول (۲) میزان اشــتغال زائی منابع انرژی های نو در دوره احداث و بهره برداری ارائه شــده اســت. با فرض کارکرد سالانه ۷۵۰۰ ســاعت، برای هر Mw نیروگاه زیست توده، به ترتیب ۳۳/۷۵ و ۱۰۱/۲۵ نفر سال در طی دوره احداث و بهره برداری ۲۰ ســاله اشــتغال ایجاد می شود. همچنین جامعه اروپا در خصوص میزان اشتغال حاصل از منابع تجدیدپذیر انرژی و میزان صرفه جوئی در مصرف ســوخت های فســیلی 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



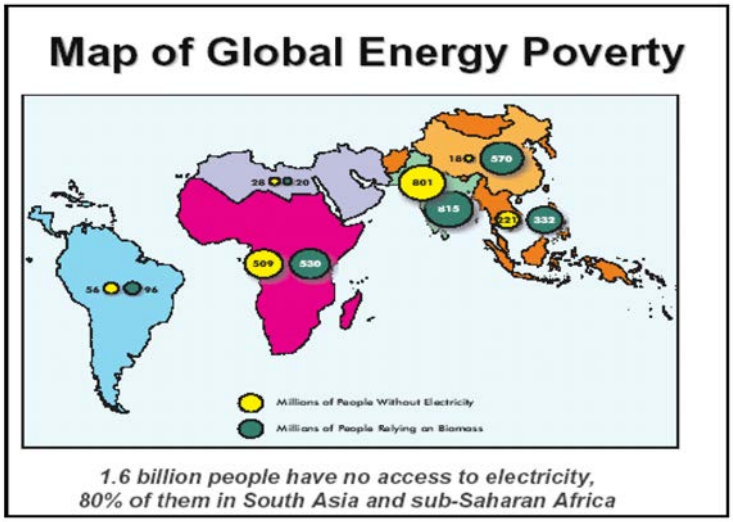
شکل(۱۵) میزان اشتغال ایجاد شده توسط منابع مختلف تجدیدپذیر(سمت چپ) و هزینه های سوخت و اجتماعی صرفه جوئی شده بواسطه انرژی های تجدیدپذیر (سمت چپ) برای جامعه اروپا

از شـکل بالا معلوم می شـود که بالاترین میزان اشتغال پیش بینی شـده برای جامعه اروپا به انرژی زیسـت توده اختصاص خواهد داشت.

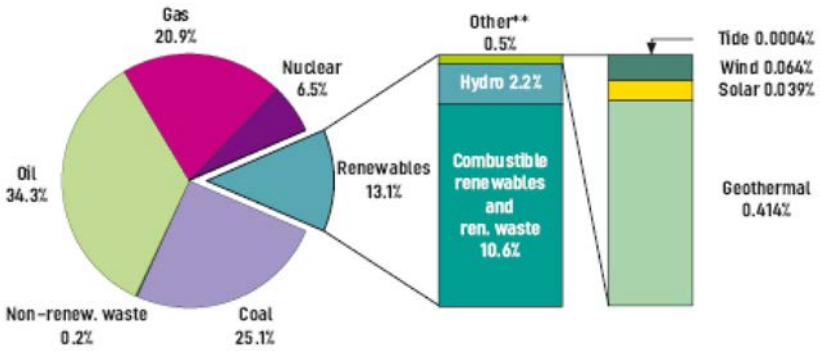
۷- وضعیت بهره برداری از انرژی زیسـت توده در جهان و ایران

زیسـت توده به شکل سنتی آن (چوب) قدیمی‌ترین شکل انرژی برای بشـر بوده و تقریباً از بدو کشـف آتش کاربرد آن نیز شروع شده اسـت. در سال‌های گذشته از چوب در مصارف خانگی و صنعتی اسـتفاده می‌شده است و در حال حاضـر نیز در بخش هائی از جهان، حامل انرژی اساسـی همان چوب می‌باشـد. زیست توده بعنوان یک منبع انرژی پراکنده، کاربر و زمین‌بر توصیف می‌شـود. از نظر تاریخی با افزایش فعالیت‌های صنعتی، رشـد تقاضا برای انرژی و سـهولت کاربرد و ارزانی منابع فسیلی باعث کاهش سهم زیسـت توده شد. با اینکه بسـیاری از کشورهای پیشرفته از مقادیـر قابـل توجهـی بیوانرژی در دهه ۹۰ اسـتفاده می‌نموده‌اند، مثـلاً فنلاند ۱۵٪ سـوئد ۹٪، امریکا ۴٪ و روسیه ۳ ۴٪ ، ولی سهم زیست توده در تأمین انرژی اولیه برای کشـورهای صنعتی بیش از ۳٪ نمی‌باشـد. در سال ۱۹۸۷ بین ۱۳ تا ۱۴٪ از تأمین انرژی اولیه جهان از طریق زیست توده بوده اسـت. درصد سهم مذکور در چند کشور منفـرد از این رقم بالاتر بوده اسـت. کشـور نپال بیش از ۹۵٪ کنیا ۷۵٪ هند ۵۰٪ چین ۲۲٪ برزیل ۲۵٪ و مصر و مراکش ۲۰٪ از کل انرژی خود را در آن سـال از زیست توده تأمین می‌کرده‌اند. در شکل زیر نقشه بهره برداری از انرژی زیست توده بصورت سنتی ارایه شده است.

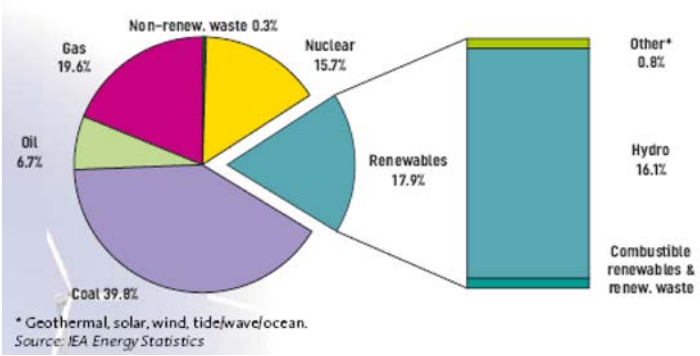
در آخر سال ۲۰۰۵ وضعیت بهره برداری از زیست توده در سطح جهان بشرح زیر بوده است:



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



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



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

قاره/منطقه/کشور	سهم تجدیدپذیرها از انرژی اولیه	منبع تجدیدپذیر		
		زیست توده	آبی	بادی، خورشیدی، زمین گرمائی و ...
آفریقا	49	97/1	2/6	0/4
آمریکای لاتین	28/9	62/4	36/1	1/4
آسیا [1]	31/8	92/4	4	3/6
چین [2]	15/4	87/9	12/1	0
اروپای غیر OECD	10/6	54/3	43/2	2/5
جمهوریهای شوری سابق	3	27/3	71/4	1/2
خاورمیانه	0/7	32/2	43/4	24/4
کشورهای OECD	5/7	53/4	34/6	12
کل جهان	13/1	79/4	16/7	4

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

۷ -۱- بهره برداری نیروگاهی

* 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 باستثناء 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 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 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 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 ۸۵٪ 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 موفق‌ترین طرحها می‌باشد. در این کشور۶۲٪ سوخت خودروها از الکل تأمین می‌شود. مخلوط ۲۲ درصدی اتانول با بنزین در ۸ میلیون ماشین این کشور استفاده می‌شود. همچنین ۴ میلیون خودرو نیز با مصرف اتانول هیدراته کار می‌کنند. کشورهای دیگر نظیر آمریکا، کشورهای جامعه اروپا، کشورهای آسیای جنوب شرقی، زیمباوه و مالاوی نیز برنامه تولید اتانول را اجرا کرده‌اند.

–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 کارخانه‌ها و پرورشگاه‌های بزرگ حیوانات اهلی کار می‌کنند.

–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 بازاء هر تن زباله‌های شهری ۷۲۰ کیلووات ساعت انرژی تولید می‌کند و راندمان بویلرهای آن ۲۰/۶٪ می‌باشد.

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

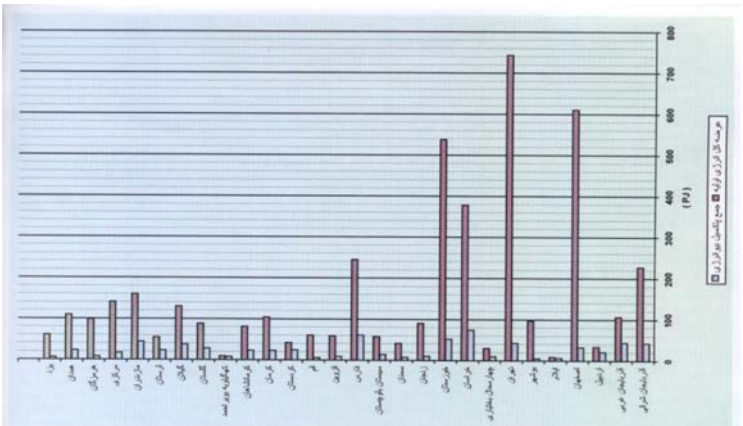
استفاده سنتی از زیست توده از سال های دور در ایران مرسوم بوده و در حال حاضر هم به شکل سنتی از آن استفاده می شود. طبق آمارهای موجود و مطابق سرشماری سال ۱۳۷۵ بیش از ۱۰٪ خانوارهای روستائی برای گرمایش (خانه و آب) و بیش از ۵٪ خانوارهای روستائی برای پخت و پز از چوب و ذغال چوب استفاده می کنند و همچنین تعدادی 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 می‌باشد. پتانسیل کشور شامل ۵ منبع عمده مورد مطالعه (آمارهای منابع مربوط به سال های ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ می باشد)، ۸۴۱ PJ (۱۳۲,۵ میلیون بشکه معادل نفت خام) برآورد شده است. این رقم ۱۷٪ از عرضه نهائی انرژی کشور در سال ۸۲ می‌باشد

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

۱–زائدات 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



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

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

شرح	واحد	مقدار
حجم زباله های شهری(شهرهای بالاتر از 100000نفر)	میلیون تن	11
انرژی ناخالص کل	10^6 بشکه معادل نفت خام	15
درصد از انرژی نهائی کشور در سال 1382	٪	1.92
متان قابل تولید	10^6 مترمکعب	725.3
٪ از گاز طبیعی مصرفی نیروگاه های کشور در 1382 [1]	٪	3
برق قابل تولید با راندمان 18٪ معادل 220 Mw نیروگاه فسیلی [2]	10^6 Kwh	1305
برق قابل تولید با راندمان 25٪ معادل 305 Mw نیروگاه فسیلی [2]	10^6 Kwh	1810
برق قابل تولید با راندمان 35٪ معادل 430 Mw نیروگاه فسیلی [2]	10^6 Kwh	2540
کاهش در انتشار گازهای گلخانه‌ای- معادل CO_2 (سالانه) [3]	Ton	7.200.000
کاهش در آلودگی زیست محیطی- SO_2 [3]	Ton	1200

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 240، 330 و 480 مگاوات نیروگاه لندفیل و یا 315، 450 و 630 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 - ترازنامه انرژی ایران، 1382

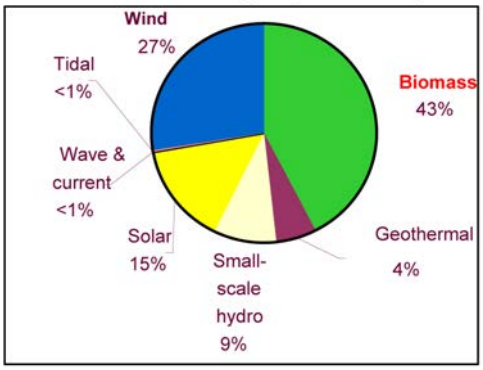
2 - ترازنامه انرژی و آمار تفصیلی صنعت برق ایران، 1382

3 - سلسله گزارش‌های 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 ســـازمان ها نیز بیانگر اقبال عمومی در جهت توســـعه بیشـــتر بهره برداری از زیســـت توده بویژه نوع مدرن آن می باشـــد. در شـــکل (۲۱) پیش بینی سهم زیست توده از ســـرمایه گذاری جهانی در توسعه انرژی های نو در جهان در طی سالهای ۲۰۱۰-۲۰۰۱ ارایه شده است. همانگونه که از شکل نیز برمی آید جمعاً ۲۷۲ میلیارد دلار برای توسعه تجدیدپذیرها در طی ســـال های مذکور پیش بینی ســـرمایه گذاری شـــده 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 برروی تجدیدپذیرها، ۲۰۱۰ ۲۰۰۱

پیش بینـی وضعیت بهره برداری از انـواع منابع انرژی در سـالهای آتی توسط سـازمان ها و مراجع معتبری صورت گرفته و همگی بر نقش چشـمگیر انرژی های نو در سـبد انـرژی آینده جهان تاکید دارند. در این میان نقش زیسـت توده نیز انکارناپذیر خواهد بود. براساس سناریوهای مختلفی که تاکنون انتشـار 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- پیش‌بینـی و ضعیـت انرژی زیسـت توده تا سـال ۲۰۴۰

بر اساس سناریوهای سیاسـت های پیشرفته بین المللی و سیاست های جاری که توسـط انجمن انرژیهای نو جامعه اروپا(EREC) انتشار یافته، در خوشبینانه ترین حالت نصف انرژی جهانی در سـال ۲۰۴۰ از انرژی های نو قابل تامین اسـت و این نسـبت در بدبینانه ترین حالـت کمتر از ۲۷٪ نخواهد بـود. از قرائن چنین برمی‌آید کـه منابع انرژیهای تجدیدپذیر نقش قابل توجهی در آینده تامین انرژی جهان بازی خواهند کرد. در درازمدت، انرژیهای تجدیدپذیر نقش غالب را در سیسـتم تامین انرژی خواهند داشت. دلیل این امر ساده و حتمی است:

اینجـا هیـچ گزینـه دیگری بـرای بشـر مطرح نمی‌باشـد. نـوع بشـر نمی‌تواند بی‌حـد و اندازه منابع پایان‌پذیر و محدود را مصرف نماید.

در ایـن بخش نتایـج پیش‌بینی‌ها برای زیسـت توده ارائه می‌شود:

۷-۵-۱-۱-سناریویسیاست‌های پیشرفته بین‌المللی(API)

* زیسـت توده، منبع انرژی تجدیدپذیر با بالاترین میزان اسـتفاده در حـال و آینده ـ نرخ رشـد در طول پیش بینی نسبتاً کم اسـت. اما بدلیل اسـتفاده‌های مختلف گرمائی، برقی و سـوختی رویهم رفته مهمترین منبع تامین انرژی آینـده خواهد بـود. برای این منبع کاربردهـای فراوانی در سیسـتم‌های غیرمتمرکز کوچک بعد از سال ۲۰۱۰ فرض شده است.

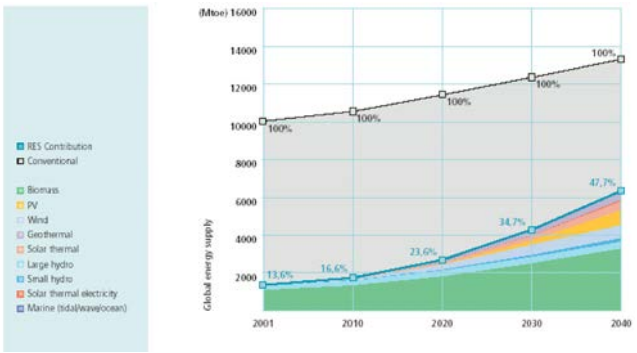
سال	2001–2010	2010–2020	2020–2030	2030–2040
نرخ رشد مطابق سناریو	2.2%	3.1%	3.3%	2.8%

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 شـد تا نزدیک به ۵۰٪ مصرف انرژی از تجدیدپذیرها قابل تامین شـود 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 انرژی های نو از تامین انرژی جهان مطابق سناریوی AIP



۲۱۵۷ سناریو سیاستهای پویای جاری (DCP)

۷-۵-۱-۲-سناریو سیاستهای پویای جاری(DCP)

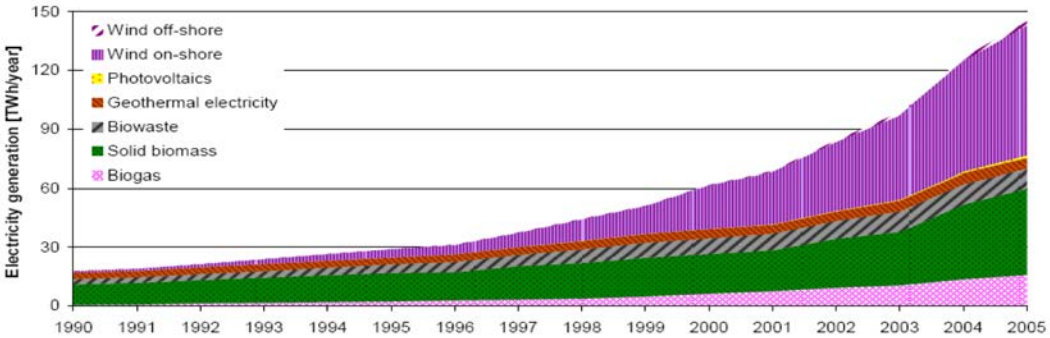
بـر طبـق جدول زیر اگـر اقدامات مهم بین‌المللـی در ارتقاء تجدیدپذیرهـا و کاهش فقر و تغییـرات آب و هوائی از طریق تجدیدپذیرها افزایش نیابد، تا سال ۲۰۴۰ سهم منابع انرژیهای تجدیدپذیر از تامین نیاز انرژی جهانی ۲۷٪ تخمین زده شده است. این نرخ، حداقل سهم تجدیدپذیرهاست. نرخ رشد زیست توده در هر سناریو بسیار بهم 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%

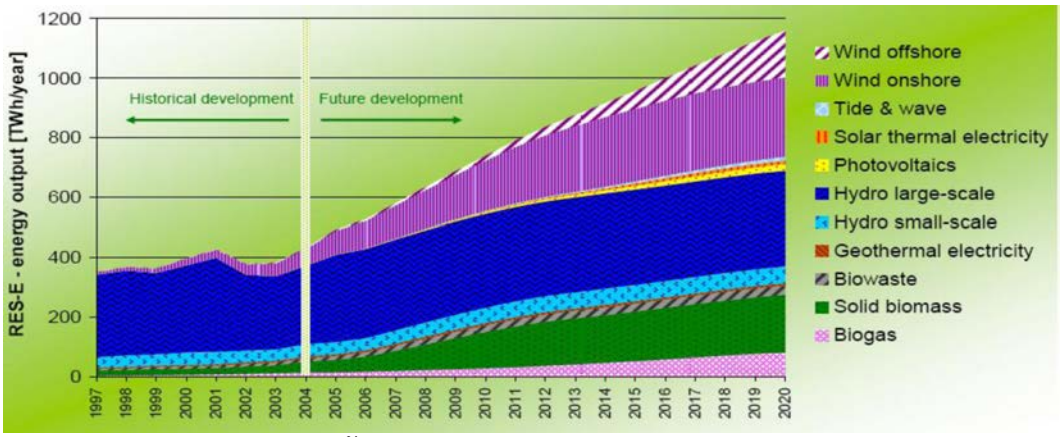
جدول(۷) سهم انواع منابع انرژی در تامین انرژی جهان مطابق سناریوی DCP

۷-۵-۲-پیش بینی جامعه اروپا

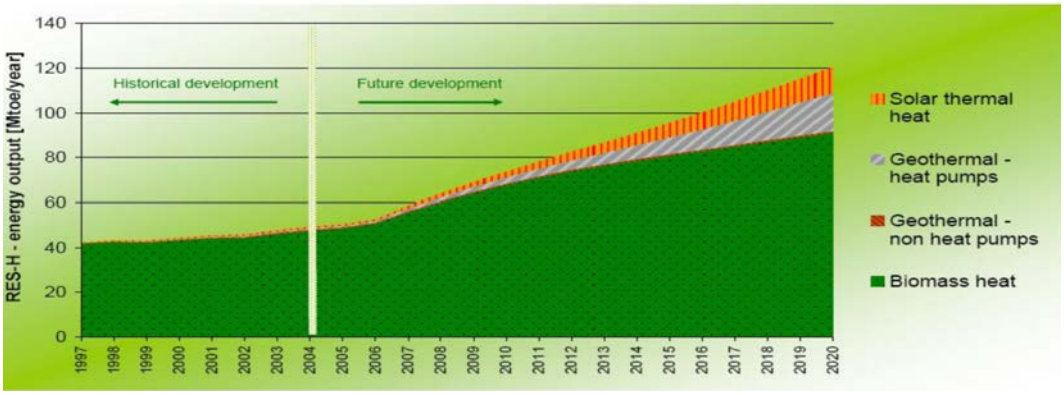
جامعه اروپا در گزارشی که در سال ۲۰۰۷ منتشر ساخته است، پیش بینی میزان و سهم انواع تجدیدپذیرها در تامین برق آن جامعه را تا سال ۲۰۲۰ ارایه نموده است.



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 هائی 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 ۰/۵٪ 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 ۲۰۰۰، 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.

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

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

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

زیســت توده می باشد. در حال حاضر در سطح جهان توجه خاصی به بحث تولید انرژی از زباله های شــهری می شود و ظرفیــت تولیــد برق اروپا از این منبع در طی ســه ســال گذشته به بیش از دو برابر افزایش یافته است و اغلب طرح های CDM(مکانیزم توسـعه پـاک تحت پروتکل کیوتو) نیز حامی پروژه های تولید انرژی از زباله های شهری است. پیش بینی می شــود که ســهم زیست توده سنتی در تامین انرژی جهانی کاهش یابد که بدلیل افزایش شــدید تقاضای جهانی و ثروتمندتر شدن کشورهای جهان سوم و گرایــش بــه ســمت مصــرف ســوخت‌های مــدرن نظیر ســوخت‌های فسیلی در بخش خانگی می‌باشد. این روند در مورد زباله های شــهری برعکس خواهد بود. زیرا سیاســت اغلب کشــورهای پیشــرفته از امحاء زباله به تولید انرژی از زباله چرخش یافته است.

بــر اســاس آمار و اطلاعــات کتــاب « Renewables Information, ۲۰۰۳ » که توســط آژانس بین المللی انرژی((IEA انتشــار یافته، ســهم زیســت توده در تامین انرژی اولیه در این ســال در سطح جهان به ۱۰,۸٪ رسیده کــه معادل ۷۹,۹٪ ســهم کل تجدیدپذیرها می باشــد. در این میان ســهم زباله های شهری ۱,۲٪ کل تجدیدپذیرها (۱۶,۲۲ میلیون تن معادل نفت خام) می باشــد که این رقم ۱/۵ برابر ســهم باد و ۴ برابر ســهم مجمــوع انرژی های خورشــیدی و دریائی درآن سال اســت. از همینجا اهمیت بحــث زباله هــای شــهری و جایــگاه آن در تامین انرژی اولیه جهان معلوم می شــود. همچنیــن بخش تولید انرژی از زباله های شــهری از ســال ۱۹۹۰ تاکنون رشد متوسط ســالانه ۷,۶٪ را داشــته 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 حــال حاضر هــزاران مگاوات نیــروگاه زباله (بیش از ۱۰۰۰۰ مگاوات) در ســطح جهان نصب شــده و آمریکا تا سال ۲۰۱۱، ظرفیت این نوع نیروگاهها را به بیش از ۹۰۰۰ مگاوات خواهد رســاند. ژاپن نیــز برنامه نصب نیروگاههای زباله خود را تا ســال ۲۰۱۰ بمیــزان ۴۷۱۰ مگاوات اعلام نموده اســت. در حال حاضر بیش از ۱۹۰۰ زبالهسوز، ۷۷٪ زبالــه هــای ژاپن را می ســوزانند(۴۰ میلیــون تن) و فقط ۳۰٪آنها به واحد تولید بــرق مجهزند. ظرفیت تولید برق ژاپن از زباله های شــهری در حــال حاضر بیش از ۱۶۰۰ مگاوات می باشد.

با توجه به اینکه ســهم بســیار بالائی از سموم منتشــره نظیر دیوکســین از زباله ســوزها ناشی می شود، اســتانداردهای اروپا، آمریکا و ژاپن بســیار سخت گیر می باشند و این سخت گیری بحدی رسیده که هزینه سرمایه گذاری اولیه سیســتم های تصفیــه و پالایش دود از کل مجموعه نیروگاه بالاتر می باشــد. در اوائل ســال ۲۰۰۶ استانداردهای اروپائی و EPA آمریکا تغییر یافته و سخت گیرتر شده و باعث شــده تا تعداد زیادی از زباله سوزهای موجــود قابلیت ادامــه فعالیت را نداشــته و از فعالیت آنها ممانعت بعمل می آید.

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

در حــال حاضر تکنولوژی ها و روشــهای مختلفی برای مدیریت زباله و تولید انرژی مطرح می باشــد. در برخی از ایــن تکنولوژی ها تولید انرژی اولویت اول را دارد و برخی دیگر امحاء زباله در اولویت می باشــد. بطور کلی در حال حاضر تکنولوژی های زیر در ســطح جهان بصورت منفرد و ترکیبی با سایر تکنولوژی ها استفاده می شود:

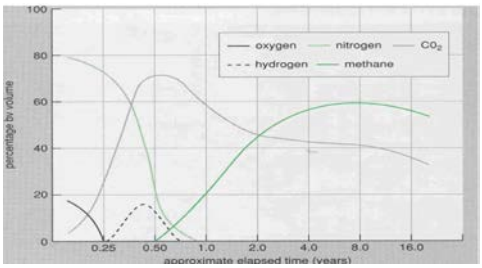
- زباله سوز شامل توده سوز، مدولار و RDF
- دفنگاه زباله
- روشهای مکانیکی MBT
- گازساز زباله (Gasification)
- هضم بیهوازی
- پلاسما

در ادامــه توضیح مختصــری از برخی از تکنولوژی های مطرح در زمینه تولید انرژی از زباله های شــهری داده می شود:

۸-۱-۱- تولید برق از دفنگاه زباله:

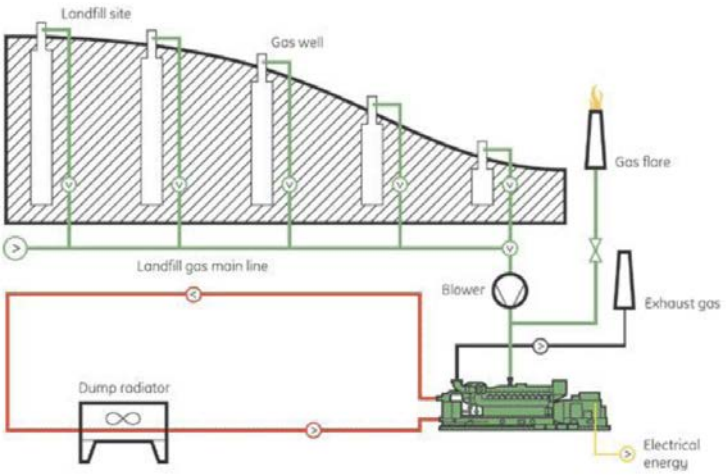
در صــورت دفن زباله های خانگی و در حالت عدم حضور اکســیژن، بخش آلی زبالــه های مدفون تجزیه شــده و ترکیبــی از گازهای متــان، دی اکســیدکربن، هیدروژن، ازت و مقــدار کمی ترکیبات کلــر و فلوئور و رطوبت تولید می شود. معمولاً تولید گاز پس از دو ماه از دفن آغاز شده

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 سـوراخدار در درون چاه قرار گرفته و دور آن نیز با شـن پر می شـود. سپس سر چاه با محیط بیرون کاملاً Seal شـده و سیسـتم جمع آوری گاز(شـیر و متعلقات آن) روی آن نصب می گردد. لوله های جمع آوری و انتقال گاز به شیرهای مذکور متصل شـده و گاز تولیدی پس از عبور از سیسـتم رطوبت گیر و حذف گازهای خورنده وارد سیسـتم تولید برق می شود. سیستم تولید برق می تواند دیزل ژنراتور(GasEngine)، 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(۲۶) دیاگرام تولید گاز در دفنگاه زباله

شکل (۲۷) تصویری از چاه واقعی استحصال گاز لندفیل

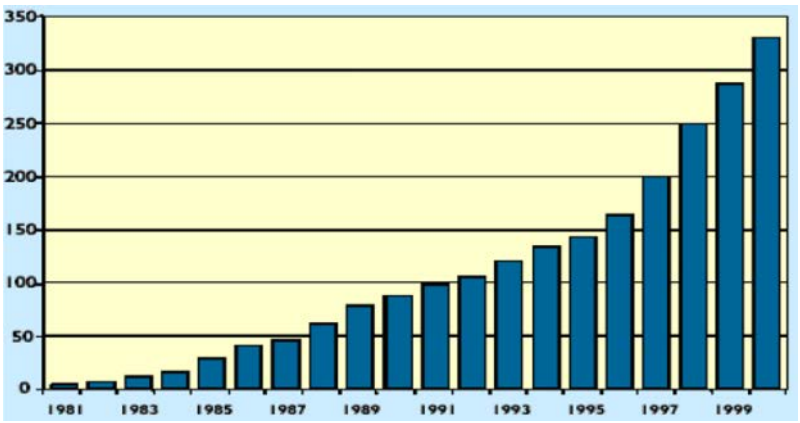


شکل(۲۸) دیاگرام جمع آوری، تصفیه و پالایش گاز و تولید برق از دفنگاه زباله

* وضعیت استفاده از گاز لندفیل(LFG) در آمریکا

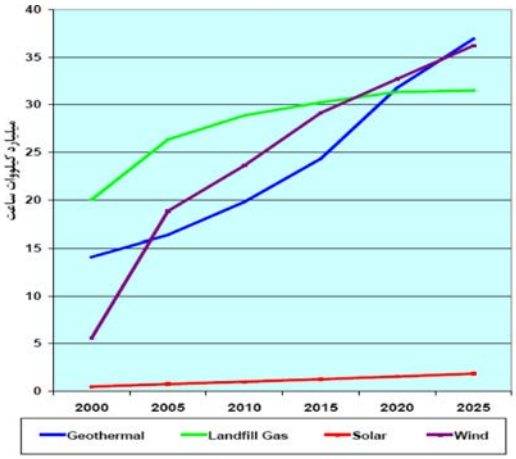
به دلیل حمایت‌های دولت آمریکا از طرحهای LFG، این نوع طرحها با رشـد قابل توجهی توام بوده اسـت. همانطور که در شکل ذیل نیز مشخص می‌باشد تعداد واحدهای استحصال گاز لندفیل از ابتدای ۱۹۷۰ تا سال ۲۰۰۱ از رشد چشمگیری داشته است.

تعداد طرحهای LFG در آمریکا از رشـد بسـیاری برخوردار بوده اسـت به نحوی که این کشـور در زمره کشورهایی است بیشترین میزان تولید انرژی از LFG را به خود اختصاص داده است.
نکته حائز اهمیت دیگر در این رابطه مقایسـه پیش‌بینی رشـد اسـتحصال انرژی از LFG در آمریکا و مقایسـه آن با دیگر



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

انواع انرژیهای تجدیدپذیر نظیر انرژی باد، ژئوترمال و خورشـیدی اسـت. این مقایسه در شکل (۳۰) نشان داده شده است. با مشـاهده نمودار یاد شـده چنین برمی‌آید که طی دوره ۲۵ سـاله 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.

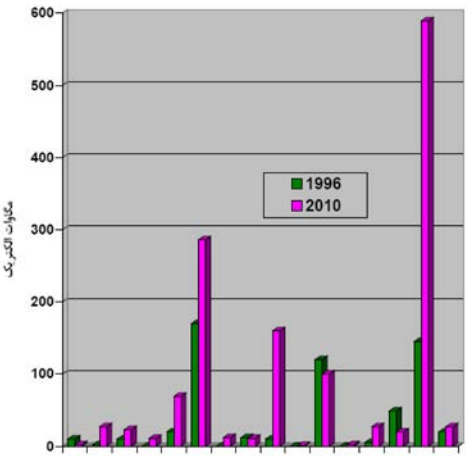


شکل (۳۰) مقایسه پیش بینی تولید برق از گاز لندفیل و چند منبع دیگر تا سال ۲۰۲۵ در آمریکا

* وضعیت LFG در بین کشورهای اتحادیه اروپایی

امروزه با توجه به اهمیت روزافزون مقوله محیط زیسـت 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

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



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

ردیف	نام کشور	ظرفیت بهره‌برداری از LFG در سال 1996 به MWe	پیش‌بینی ظرفیت بهره‌برداری از LFG در سال 2010 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 پیش بینی آن تا سال ۲۰۱۰

۸-۱-۲-زباله سوز

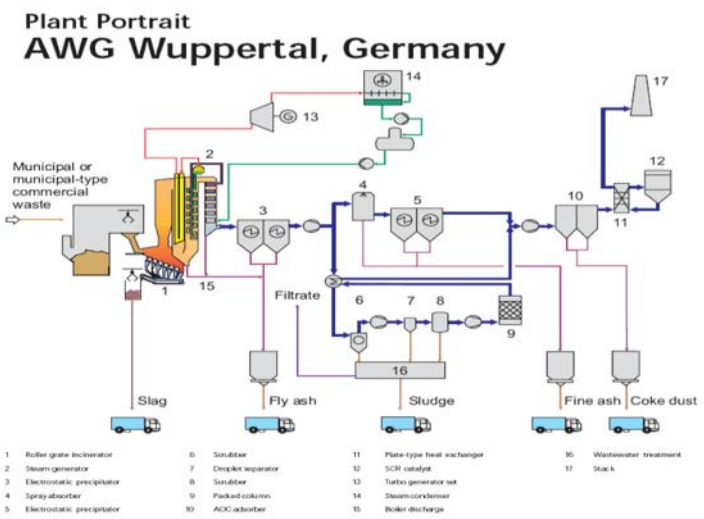
سوزاندن زباله ها راه حل دیگری برای دفع زباله‌ها می‌باشد که از سالها قبل در کشورهای پیشرفته صنعتی دنیا مرسوم بوده است. زمانی که بحث دفع زباله‌های خطرناک و بیمارستانی مطرح می‌گردد، نقش زباله‌سوزها بیشتر نمایان می‌گردد.

زباله‌سوزها به عنوان واحدهایی تعریف می‌گردند که توسط حرارت، مواد زائد را اکسید و مواد کربنی را کاهش می‌دهند. محصولات خروجی از زباله‌سوزها، دی‌اکسیدکربن، آب، خاکستر و حرارت حاصل از احتراق می‌باشد. علاوه بر این، آلاینده‌های هوا نظیر ترکیبات سولفور و نیتروژن و هالوژنها و فلزات سنگین گوناگون (مانند کادمیم، جیوه و...) نیز از محصولات دیگر احتراق می‌باشند. در برخی موارد، سوزاندن زباله ها یکی از مناسب‌ترین شیوه‌های مدیریت زباله به شمار می‌رود.

* زباله سوز با سوخت RDF: سوخت های RDF از باقیماندهٔ زباله‌های جامد شهری پس از جداسازی موادی از آن مانند شیشه‌ها و سایر ترکیباتی که نمی سوزند، تشکیل می‌شود. این سوخت می‌تواند به صورت یک سوخت جامد در بویلرهای RDF سوز استفاده شده و یا به همراه زغال سنگ و یا نفت در بویلرهای چندسوخته سوزانده شود. همچنین در حال حاضر RDF در کوره سیمان بعنوان جانشین سوخت های فسیلی تزریق می شود.

* وضعیت حال حاضر تکنولوژیهای زباله‌سوزی

عمده‌ترین تکنولوژی زباله‌سوزی که در حال حاضر بیشترین استفاده را دارد، توده‌سوز است، و این به دلیل سادگی و هزینهٔ پایین اجرای آن است. هم اکنون ظرفیت زباله‌سوزی توده سوز شبکه‌ای نصب شده در سطح جهان با این روش بیش از ۶۵ میلیون تن می‌باشد. بعلاوه، روش توده‌سوزی وان رول (زوریخ سوئیس) نیز اجرا می‌شود و اکنون در دنیا ۳۲ میلیون تن زباله در سال به این روش سوزانده می‌شوند. سایر انواع توده‌سوز و RDF سوز (سوختهای مشتق شده از زباله) نیز استفاده می‌شوند که جمعاً بیش از ۴۰ میلیون تن زباله در سال با این تکنولوژیها سوزانده می‌شوند.



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

❋ وضعیت زباله سوزی در بین کشورهای اروپایی و آمریکا

زباله سـوزی یکی از روشـهای شناخته شده و مطرح در امحاء زباله اسـت 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

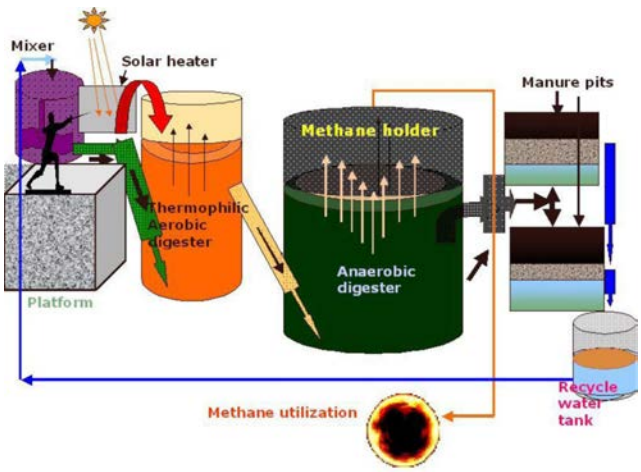
سیستم گازساز شیشه ای ساز پلاسما (PGV) راهی مؤثر برای تفکیک کامل همهٔ اجزای (آلی و غیر آلی) و وصول به ترکیب اولیه آنها برای بازیافت می باشد. مهمترین جزء سیستم PGV، گازساز آن است که می تواند یک یا چند مشعل قوسی پلاسما را در خود جای دهد. با عبور یک جریان مستقیم بین کاتد و آند مشعل قوس پلاسما و عبور همزمان هوا در فضای حلقوی شکل، یک محیط با گرمای بسیار زیاد که بین ۵،۰۰۰و۱۰،۰۰۰°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 اسیدکلریدریک (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 ۱۰-۱۵ 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 50کیلووات تا 30 مگاواتی	1500-2500	20-30
3	گازساز سیکل ترکیبی30 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 شرائط 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.

POWEREN.IR

یادداشت

POWEREN.IR

یادداشت

یادداشت

POWEREN.IR