واحد تهران – جنوب

عنوان پروژه :

بررسی کارآیی نیروگاههای انرژیهای تجدید پذیر در جهان

استاد راهنما:

جناب آقای مهندس شفیع زاده

نام دانشجو :

صمدخیری آبریز

فهرست:

- پیسگفتار ۲

- شورای جهانی انرژی world energy council ۵

بخش اول: دسته بندی انرژیهای نوین بهره برداری شده در جهان ۱۲

- مقدمه ۱۲
- قسمت اول: انرژی باد ۱۴

۱- انواع توربینها ۱۶

۲- گزارش WEC درباره نیروی باد ۱۸

:- تعاریف عملکرد نیروی باد ۱۹

:- رژیم باد مکانهای داده شده ۲۰

:- دسترسی فنی ۲۲

:-انضمام نیروی بادبه سیستمهای منبع(یک بررسی موردی از آلمان)۲۳

:- مقدار مورد انتظار از تولید سالیانه برق ۲۴

:- تفییرات در تغذیه نیروی باد ماهانه ۲۶

:- دوره فرونشستن باد ۲۷

:- نگاهی به حالت استفاده از نیرو در فواصل یک ساعت و پانزده

دقیقه ای ۲۹

۳- نیروگاه بادی و انواع توربین ۳۱

:- انواع توربین بادی ۳۲

۴- پروژه های غیر نیروگاهی ۳۳

:- توربینهای پر پره ۳۳

:- توربینهای مستقل از شبکه ۳۳

۵- طرحهای فنی ۳۴

۶- روند تحولات صنعتی ۳۷

- قسمت دوم: انرژی خورشیدی ۳۹

- کاربردهای انرژی خورشیدی ۴۱

۱- استفاده حرارتی از انرژی خورشید ۴۲

الف- کاربردهای نیروگاهی ۴۲

:- نیروگاه حرارتی خورشیدی از نوع سهموی خطی ۴۴

:- نیروگاه حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی ۴۶

:- نیروگاه حرارتی از نوع شلجمی بشقابی ۴۷

:- دودکشهای خورشیدی ۴۸

ب- کاربردهای غیر نیروگاهی ۴۹

:- آبگرمکن خورشیدی و حمام خورشیدی ۴۹

:- گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی ۵۰

:- آب شیرین کن خورشیدی ۵۱

:- خشک کن خورشیدی ۵۱

:- اجاقهای خورشیدی ۵۲

:- کوره خورشیدی ۵۲

:- خانه های خورشیدی ۵۳

۲- سیستمهای فتوولتاییک خورشیدی ۵۴

- مصارف و کاربردهای فتوولتاییک ۵۷
:- مصارف فضانوردی و تامین انرژی موردنیاز ماهواره ها ۵۷
:- روشنایی خورشیدی ۵۸
:- سیستمهای تغذیه کننده یک واحد مسکونی ۵۸
:- سیستمهای پمپاژ خورشیدی ۵۹
:- سیستمهای تغذیه کننده ایستگاههای مخابراتی و لرزه نگاری ۵۹
:- ماشین حساب ,رادیو ,ساعت, ضبط صوت و... ۵۹
:- نیروگاههای فتوولتاییک ۶۰
:- یخچالهای خورشیدی ۶۰
:- سیستمهای تغذیه قابل حمل ۶۱
- قسمت سوم: انرژی زیست توده ۶۲
- تاریخچه ۶۴
- بیوگاز ۶۵
- زباله کلانشهرها ۶۶
- زیست توده(بیوماس) ۶۷
- منابع زیست توده ۶۸
الف- سوختهای چوبی ۷۰
ب- ضایعات جنگلی, کشاورزی, باغبانی و صنایع غذایی ۷۱
ج- جامدات شهری ۷۳
د- ضایعات مایع ۷۴

ه- فضولات دامی ۷۵

و- ضایعات صنعتی ۷۵

- تکنولوژیهای تبدیل زیست توده ۷۵

۱- فرایندهای احتراق مستقیم ۷۶

۲- فرایندهای ترمو شیمیایی ۷۷

۳- فرایندهای بیو شیمیایی ۷۷

- اجزای سازنده بیو گاز ۷۸

- کاربردهای بیو گاز ۷۹

قسمت چهارم: انرژی زمین گرمایی ۸۲

- ناحیه تولید ۸۳

- نیروگاه ۸۴

- ظرفیت نصب شده ۸۴

- بار ماکزیمم ۸۵

- برق تولید شده سالیانه ۸۵

- شرایط طراحی ۸۵

- قطعی برنامه ریزی شده ۸۶

- قطعی اجباری ۸۷

- سقوط یکمرتبه تولید بخار/ آب شور ۸۷

- منبع بخار/ آب شور ۸۷

بخش دوم : حدود قدرت منصوبه از هر روش ۸۸

۱- "گزارش شورای جهانی انرژی درباره انرژی تجدید پذیر در جهان" ۸۸

-برق در جهان ۸۸

-انرژی تجدید پذیر در جهان ۸۹

۲- انرژی باد ۹۱

-انرژی باد در جهان ۹۱

- بازار امروزی ۹۲

-الگوی سرمایه گذاری نوعی برای پروژه های انرژی باد ۹۴

- ایران ۹۷

۳- انرژی خورشیدی ۹۸

- آمار و ارقام ۹۸

۴- انرژی زیست توده ۱۰۱

-ارقام و واقعیت هایی درباره انرژی زیست توده ۱۰۲

:- زیست توده در جهان ۱۰۳

-زیست توده در ایران ۱۰۴

۵- انرژی زمین گرمایی ۱۰۵

بخش سوم : متوسط کارایی و ضریب عملکرد انرژیهای نوین و مقایسه نیروگاهها از

دید کارایی ۱۱۰

قسمت اول : انرژی باد ۱۱۰

-توجیه اقتصادی نیروگاههای بادی در ایران ۱۱۳

-چشم انداز جهانی مزارع بادی ۱۱۴

-پیشرفت فن آوری توربین بادی ۱۱۶

-"منحنی تجربی در آلمان"-تهیه شده توسط ISET , آلمان- ۱۱۸

:-خصوصیات آماری منابع نیروی باد توزیع شده ۱۲۰

قسمت دوم : انرژی خورشیدی ۱۲۵

-انرژی فتوولتاییک خورشیدی ۱۲۶

-تعریف شاخصهای عملکرد برای انرژی فتوولتاییک ۱۲۶

-مثالهایی از شاخصهای عملکرد ۱۲۸

-برخی پیامدها و مسایل بالقوه در بکارگیری انرژی خورشیدی ۱۳۱

قسمت سوم : انرژی زیست توده ۱۳۲

-برخی پیامدهای استفاده از زیست توده ۱۳۴

-"شاخصهای عملکرد برای زیست توده" – EPRI ,آمریکا- ۱۳۵

قسمت چهارم : انرژی زمین گرمایی ۱۴۲

-تعاریف شاخصهای عملکرد پیشنهاد شده برای انرژی

زمین گرمایی ۱۴۲

-کاربردهای نمونه ۱۴۶

-مزیت های انرژی زمین گرمایی ۱۴۸

-سخن آخر ۱۵۰

-منابع ۱۵۰

هدف پروژه : گردآوری اطلاعات و دسته بندی نیروگاههای انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای عضو شورای جهان انرژی.

نیروگاههای انرژیهای تجدیدپذیر به عنوان نیروگاههای پیشرفته و نوین در حال توسعه بوده و بسرعت با افزایش میزان قدرت منصوبه و کاهش قیمت روبرو می باشد. بهره برداری از تجربیات کشورهای توسعه یافته منجر به استفاده از انرژیهای نوین در کشورهای در حال توسعه خواهد شد.

پیشگفتار :

محدودیت انرژیهای فسیلی و رشد روز افزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم شدن کره زمین و در نهایت مشکلات زیست محیطی سبب گردیده تا هر روز شاهد پیشرفتهایی در فن آوری و استفاده از انرژیهای نو باشیم.

رشد و توسعه جوامع انسانی همواره موازی با تولید و مصرف انرژی بوده است. طبق آمارهای به ثبت رسیده، طی ۳۰ سال گذشته احتیاجات انرژی جهان به مقدار قابل توجهی افزایش یافته است. در سال ۱۹۶۰ مصرف انرژی جهان GTO_e ۳/۳ بود، در سال ۱۹۹۰ این رقم به GTO_e ۸/۸ بالغ گردید که دارای رشد متوسط سالیانه ۳/۳ درصد می باشد و در مجموع ۱۶۶ درصد افزایش نشان می دهد. در حال حاضر مصرف انرژی جهان GTO_e۱۰ بوده و پیش بینی می شود که این رقم در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ به GTO_e ۱۲ الی ۱۴ افزایش یابد، این ارقام نشان می دهند که میزان مصرف انرژی جهان در قرن حاضر بالا باشد و بالطبع این سوال مهم مطرح است که آیا منابع انرژیهای فسیلی در قرنهای آینده، جوابگوی نیاز انرژی جهان برای بقاء تکامل و توسعه خواهند بود، یا نه؟

حداقل به دو دلیل عمده جواب این سوال منفی است و باید منابع جدید انرژی را جایگزین منابع قدیم نمود. این دلایل عبارتند از :

۱- محدودیت و در عین حال مرغوبیت انرژیهای فسیلی، چراکه این سوختها از نوع انرژی شیمیایی متمرکز بوده و مسلماً کاربردهایی بهتر از احتراق دارند.

۲- مسایل و مشکلات زیست محیطی، به طوری که امروزه حفظ سلامت اتمسفر از مهمترین پیش شرطهای توسعه اقتصادی پایدار جهانی به شمار می آید. از این رو است

که دهه های آینده به عنوان سالهای تلاش مشترک جامعه انسانی برای کنترل انتشار کربن، کنترل محیط زیست و در واقع تلاش برای تداوم حضور انسان در کره زمین خواهد بود.

بنابراین، استفاده از منابع جدید انرژی به جای منابع فسیلی امری الزامی است. سیستمهای جدید انرژی در آینده باید متکی به تغییرات ساختاری و بنیادی باشد که در آن منابع انرژی بدون کربن، نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی و کربن خنثی مانند انرژی بیوماس مورد استفاده قرار می گیرند. بدون تردید، انرژیهای تجدیدپذیر با توجه به سادگی فن آوریشان، در مقابل فن آوری انرژی هسته ای از یک طرف و نیز به دلیل عدم ایجاد مشکلاتی نظیر زباله های اتمی از طرف دیگر ، نقش مهمی در سیستمهای جدید انرژی در جهان ایفا می نمایند. در هر حال باید اذعان داشت که در عمل عوامل متعددی ، بویژه، هزینه اولیه و قیمت تمام شده بالا، عدم سرمایه گذاری کافی برای بومی نمودن و بهبود کارآیی تکنولوژیهای مربوطه، به حساب نیامدن هزینه های خارجی در معادلات اقتصادی، نبود سیاستهای حمایتی در سطح جهانی، منطقه ای و محلی، نفوذ و توسعه انرژیهای نو را بسیار کند و محدود ساخته است، ولی پژوهشگران و صنعتگران همواره تلاش خود را جهت رفع این مشکلات مبذول می دارند.

فناپذیری و آلایندگی انرژیهای فسیلی موجب توجه اکثر کشورهای جهان به انرژیهای نو شده است. در کشور ما نیز، بدلیل مسایل فوق و برخوردار بودن از پتانسیلهای بسیار غنی، منابع مختلف انرژی از جمله : خورشیدی، باد، زمین گرمایی و ... و موضوع تنوع بخشی در انرژی کشور، بعنوان یک سیاست کلی مورد تأکید است.

« شورای جهانی انرژی WEC (WORLD ENERGY COUNCIL)»

ماموریت شورای جهانی انرژی ترویج منابع قابل تحمل و به کار بردن انرژِی به منظور بزرگترین فایده آن می باشد. این موضوع شامل :

- حفاظت و نگهداری از منابع انرژی
- حفاظت از محیط زیست
- برنامه ریزی برای آینده
- رسیدگی به برنامه ریزی توسعه کشورها در تلاشهای آن به منظور یافتن احتیاجات انرژی خودشان

در بخش الکتریسیته، این موضوع می تواند به منظور مدیریت مطالبه انرژی و پیشرفت انرژی تجدیدنظر انجام شود.

کمیته شورای جهانی انرژی برای عملکرد نیروگاهها (PGP)، با این چارچوب، ۳۰ سال قبل بنا نهاده شده بود و در طول این سالها، کارهای زیادی برای نیروگاههای سوخت فسیلی و هسته ای در سرتاسر جهان انجام داده است. به ویژه، شاخصهای عملکرد بطور دقیق تری توسعه یافته اند، اطلاعات عملکرد جمع آوری شده و تجزیه و تحلیل شده است، و پایگاههای داده بزرگی نصب شده است.

این کمیته عملکرد نیروگاهها، کشورها و تولیدکنندگان برق را قادر ساخته بود تا خودشان را در دوره های عملکرد قرار دهند تا نقصهای احتمالی شان را پیدا کنند، و از تلاشهای موفقیت آمیز بهسازی عملکرد تولیدکنندگان دیگر تجربه کسب کنند.

اکنون انرژِی تجدیدپذیر به سرعت توسعه می یابد، و از این موضوع گذشته است که زمان آن رسیده بود که همین کار را روی تجدیدپذیرها آغاز کنند. اولین کوشش فقط

روی انرژی باد متمرکز شده بود، که در هفدهمین کنگره WEC در هوستون در سال ۱۹۹۸ ارایه شده بود. این موضوع با ایجاد گروه کاری ۲ در سال ۱۹۹۹ ادامه یافت.

هدف گروه کاری ، فراهم کردن اطلاعات و ارزیابی انرژی تجدید پذیر بود، که این کار میتواند موجب بهبود کارآیی و طراحی پروژه های جدید شود و آنها را قادر بسازد تا استقرار یافته و خودشان را در شرایط عملکرد فنی مقایسه کنند. هدف اصلی بالا بردن پیشرفت مؤثر انرژی های تجدیدپذیر در سرتاسر جهان، و اصلاح عملکردشان می باشد، همچنین عملکردهای اقتصادی و زیست محیطی در آینده می تواند آزمایش شود.

اصلاحات در عملکرد نیروگاهها فواید مستقیم بسیاری در پی دارد، مانند :

- قابلیت تولید افزایش یافته
- زمانهای قطع برق کمتر و کوتاهتر
- اقتصاد بهتر نیروگاه

این فواید مستقیم، فواید ثانویه دیگری با همان اندازه اهمیت تولید می کند : اعتماد بهتر به فن آوریهای جدید RES (منابع انرژی تجدیدپذیر)، استفاده مؤثرتر از ظرفیت تولیدی موجود، ساختار معوق یا کاهش یافته ظرفیت تولیدی جدید، و هزینه های کلی تولید کمتر، فواید ارزیابی شده دیگری می تواند در طی فرآیند مدیریت اصلاح شده بدست بیاید که اغلب پاسخ این سوال است که چرا تاسیسات فن آوری، پتانسیل عملکرد ممتاز ذاتی‌شان را نمی توانند تحقق ببخشند.

سه مرحله اصلی برای کار مشخص شده است تا کامل شود :

الف- تعریف شاخصهای مناسب، که می تواند به شکل کامل و کافی عملکرد انرژیهای تجدیدپذیر را توصیف کند. اولین مرحله در حقیقت یک مرحله بحرانی برای پیگیری تحقیقات و همچنین یکی از مراحل سخت می باشد، از آنجا که :

- در یک سو، عملکرد منابع انرژیهای تجدیدپذیر، مخصوصاً برای انرژیهای باد و خورشید به شدت به شرایط طبیعی (و تصادفی) و آب و هوایی بستگی دارد، و انرژی تولید شده، بسته به زمان در دسترس بودن آن می تواند مفید باشد یا نباشد؛ این پارامترها باید تا اندازه ای که امکان دارد در تعریف شاخصها به حساب آورده شوند.
- از سوی دیگر، شاخصهای متناظر باید تا اندازه ای که امکان دارد توسط جامعه بین‌المللی پذیرفته شود، که این موضوع می تواند سخت تر از « فناوریهای جدید انرژی» که به شکل مداوم رشد می کنند، انجام شود. عقاید پدید آمده جدید اغلب با برخی مشکلات در گردآوری اجماع در شروع کار روبر می شوند.

برای باد، کارهای مقدماتی انجام شده توسط Legerto AL ۱۹۹۹)) (WEC یک نقطه شروع تا تحقیقات امروزی را بوجود آورده است، اگرچه با توجه به پیشرفتهای جدید زیاد در گزارش برای زیست توده، این اطلاعات برای شاخصهای تعیین شده بوسیله WEC-PGP برای نیروگاههای سوخت فسیلی مفید بوده اند. همانطور که مسایل بسیار مشابهی می تواند مطرح شود.

ب- آزمایش شاخصهای جدید روی تعداد محدودی از موارد موجود واقعی، به منظور بازبینی کفایت آنها و اعتبار بخشیدن به اصول کار.

پ- تجزیه و تحلیل بررسیهای موردی، بررسیهای محک زنی و پروژه های هم سنجی به منظور تشخیص مسایلی که به عملکرد زیر استاندارد متنهی می شود و پیشنهاد راه‌حلهایی برای این مسایل. سرانجام ، پایگاههای داده می تواند توسط سازمانها و کشورهای شرکت کننده نصب شده و باقی بمانند، همانطور که برای نیروگاههای سوخت فسیلی و هسته ای انجام شده است .

پرسشنامه ای در پایان سال ۱۹۹۹ برای تعداد زیادی از متخصصان RES درسرتاسر جهان به منظور تعریف دقیق تر مفاد و منظور گروه کاری ، فرستاده شده بود و متخصصان مایل به همکاری شدند. تماس های بسیار دیگری برقرار شده است، که نهایتاً منجر به ثبت تقریبا ۶۰ متخصص از ۲۰ کشور مختلف شد، کسانی که قبول کرده اند و مقداری از زمان خود را روی این پروژه گذاشتند توجه ویژه ای برای پیدا کردن متخصصانی از سرتاسر جهان شده است که در انجمن RES به خوبی شناخته شده باشند و در سازمانهای بین‌المللی درگیر کار باشند، تا این اطمینان حاصل شود که نتایج بدست آمده توسط گروه کاری ۲ تا اندازه ای که ممکن است مورد قبول واقع شود.

با توجه به نتایج پرسشنامه، با تصمیمات زیر در همایش WEC PGP در شهر ریودرآوریل سال ۲۰۰۰ موافقت به عمل آمد

الف- محدود کردن تحقیقات به نیروگاههای متصل به شبکه، تا جاییکه امکان دارد؛

ب- متمرکز شدن فقط روی انرژی باد، PV خورشیدی(فتوولتاییک)، زیست توده و زمین گرمایی؛

پ- ایجاد یک گروه کاری جدید در مورد نیروی آبی (بزرگ و کوچک، دربرگیرنده ایستگاههای تلمبه ای)، این گروه کاری (WG ۴) توسط ESKOM / آفریقای جنوبی اداره خواهد شد؛

ت- تقسیم تحقیقات به « زیرگروهها» که هر کدام روی یکی از انواع RES (باد، PV خورشیدی، زیست توده و زمین گرمایی) کار خواهند کرد؛

ث- هر زیر گروه توسط یک متخصص برجسته اداره شود، تا اطمینان حاصل شود که نتایج به عنوان « استانداردهای» سازگار توسط جامعه بین‌المللی پذیرفته شوند(بخصوص IEA ، IGA ، Euroelectric و ...) به خاطر احتراز از تکراری شدن پروژه ها .

وظیفه هر کدام از « رهبران RES» پیشنهاد کردن شاخصهای ویژه برایب RES مخصوص خودشان می باشد که آنها را در جامعه RES خودشان معتبر می سازد و پیدا کردن تعدادی از نیروگاههایی که اجازه آزمایش کردن و فراهم کردن مقادیر واقعی و اولیه را برای این شاخصها بدهند.

بخش اول :

دسته بندی انرژیهای نوین بهره برداری شده در جهان

مقدمه :

به منظور درک موقعیت انرژیهای تجدیدپذیر، لازم است تا نگاهی به تقاضای برق موجود بیاندازیم. امروزه یک سوم جهان (بیش از دو میلیارد نفر) هیچگونه دسترسی به برق ندارند (و یک میلیارد نفر دیگر کمتر از ۵ ساعت در روز برق دارند) و شکاف بین کشورهای صنعتی و کشورهای در حال توسعه به شکل باور نکردنی در حال افزایش است. نگرانی های زیست محیطی، تغییرات جدی را در رفتارها برای یک تحول واقعی بسوی « پیشرفت قابل تحمل» و بنابراین، بسوی پیشرفت انرژیهای تجدیدپذیر طلب می کند.

آمار ، نیاز به توسعه انرژیهای تجدیدپذیر و تمیز را به دلایل زیر مشخص می نماید :

- فراهم کردن برق برای کشورهای در حال توسعه، مخصوصاً در مناطق دوردست و در جاهاییکه باد، خورشید ، زیست توده و انرژی زمین گرمایی به وسعت در دسترس می‌باشد؛
- محافظت از محیط زیست، مخصوصاً در دوره های دفع کم آلوده کننده ها، گازهای گلخانه ای، بویژه در زمینه تغییرات آب و هوایی ؛
- حفظ منابع انرژی فسیلی؛

در این رابطه ، کشورهای به اصطلاح « توسعه یافته»، که همزمان بزرگترین مصرف کننده برق و بزرگترین آلوده کننده می باشند، این مسئولیت را دارند که طلایه دار پیشرفت انرژیهای ارزان و تمیز باشند.

اگرچه منابع انرژی تجدیدپذیر (RES) در تولید جهانی نسبتاً حاشیه ای هستند (بجز زیست توده و برق آبی، که اینجا مورد بررسی نیستند) ، توسعه آنها برای انرژی باد و **PV** خورشیدی مهم است، بخاطر اینکه میانگین نرخ رشد سالیانه آنها تقریباً ۲۵ تا ۳۰ درصد است. ایالت متحده آمریکا، ژاپن و اروپا (بویژه آلمان، ایتالیا و دانمارک) کشورهای پیشرو هستند، اما کشورهای در حال توسعه نظیر هند، مکزیک و برزیل تلاش مهمی در توسعه منابع انرژیهای نو (RES) انجام می دهند.

تذکر مهم : اسامی و تعاریف تعدادی از شاخصها می تواند معانی مختلفی داشته باشد، تعاریفی نظیر : « فاکتور ظرفیت» ، « فاکتور قابلیت» ، « فاکتور بار» و ...

قسمت ۱-۱- انرژی باد

تابش نامساوی خورشید در عرضهای مختلف جغرافیایی به سطح ناهموار زمین باعث تغییر دما و فشار شده و در نتیجه باد تولید می گردد. بعلاوه، اتمسفر کره زمین به دلیل چرخش، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می دهد که این امر نیز باعث بوجود آمدن باد می شود. انرژی باد طبیعتی نوسانی و متناوب داشته و وزش دایمی ندارد. باد یکی از صورتهای مختلف انرژی خورشیدی می باشد که دارای یک الگوی جهانی نیمه پیوسته است.

تغییرات سرعت باد ساعتی، روزانه و فصلی بوده و متاثر از هوا و توپوگرافی سطح زمین می‌باشد. بیشتر منابع انرژی بادی در نواحی ساحلی و کوهستانی واقع شده است. با توجه به اقلیم متنوع مناطق بادخیز در سراسر کشور، بستر مناسبی برای بهره برداری از توربینهای مولد برق و پمپ توربینهای بادی بویژه در مناطق دور از شبکه برق سراسری فراهم می باشد. با توجه به رایگان بودن انرژی باد و توسعه نگرشهای زیست محیطی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره برداری از منابع تجدیدناپذیر، انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی مورد استفاده در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. توربینهای بادی مولد برق جایگزین مناسبی برای نیروگاههای گازی و بخاری رایج به شمار می رود.

کشورهای باستانی نظیر مصر و عربستان در استفاده از انرژی بادی پیشقدم بوده اند، مصریها جزو اولین کشورهایی بوده اند که از انرژی باد استفاده کرده اند و روی رودخانه نیل با قایقهای بادبانی رفت و آمد کرده اند؛ در ضمن دانمارکیها اولین ملتی بوده اند که در زمینه تولید الکتریسیته از انرژی باد اقدام نموده اند. البته طراحی و ساخت توربینهای بادی امروزی بر اساس اندیشه های جدید صورت می گیرد.

با محاسبات دقیق طراحی و تکنولوژی پیشرفته و استفاده از اطلاعات صنعت هواپیمایی، آیرودینامیک و الکترونیک بدست آمده در سالهای اخیر، ساخت توربینهای بادی توسعه یافته است. در توربینهای بادی، انرژی جنبشی باد به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد. استفاده فنی از انرژی باد وقتی ممکن است که متوسط سرعت باد در محدوده ۰/۵ الی ۰/۲۵ باشد.

- انواع توربینها از نظر اندازه

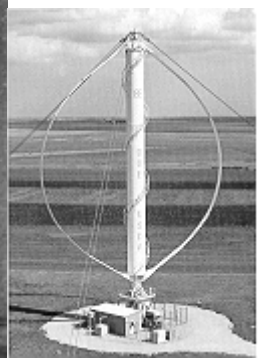
الف- توربینهای بادی کوچک : از این توربینها جهت تأمین برق جزیره های مصرف و یا مناطقی که تأمین برق از طریق شبکه سراسری برق بسیار مشکل می باشد استفاده می‌شود، این توربینها تا قدرت ۱۰ کیلووات توان تولید برق را دارا می باشند.

ب- توربینهای بادی متوسط : توان این توربینها، عموماً ۲۵۰-۱۰ کیلووات است. از این توربینها جهت تأمین مصارف مسکونی، تجاری، صنعتی و یا کشاورزی استفاده می شود.

پ- توربینهای بادی بزرگ (مزارع بادی) : این نوع توربینها معمولاً شامل چند توربین بادی متمرکز با توان تولیدی از ۲۵۰ کیلووات به بالا می باشند که به صورت متصل به شبکه و یا جدا از شبکه طراحی می گردند.

در ضمن دو روش برای استفاده از انرژی باد وجود دارد که یک روش آن استفاده از توربینهای بادی با محور قائم می باشد که بوسیله رانش باد می چرخند و از محور قائم آن نیرو گرفته می شود و مزیت آن وابسته نبودنش به جهت باد می باشد ؛ روش دوم توربینهای بادی با محور افقی می باشند که در این توربینها، باد بوسیله عمل آیرودینامیی که بالابر نامیده می شود، نیروی خود را به مبدل های بادی می دهد. در این توربینها باد عمود بر سطح چرخش پره ها واراد می شود، لذا نیروی باد بر تمام پره ها بطور یکسان اثر می کند.

ولی در مورد توربینهای بادی با محور قائم، چون سطح ایجاد شده بوسیله چرخش پره ها تقریبا یک سطح کرویست و زوایای پره ها مرتباً نسبت به باد تغییر وضع می دهند، نیروی رانش مرتباً کم و زیاد می شود. پس توربینهای نوع افقی بدلیل بازده بالاتر امروزه بیشتر رایج بوده که متداولترین آنها نوع سه پره می باشد.



« گزارش WEC درباره عملکرد نیروی باد»

برای هزاران سال باد در سرتاسر جهان هم به عنوان منبع انرژی برای انجام دادن کار مکانیکی و هم برای حمل و نقل بکار برده می شد. کاربرد انرژی باد برای تولید برق، بهرحال تاریخ نسبتاً کوتاهی دارد. در مقایسه با منابع دیگر انرژی مانند ذغال سنگ و نفت، انرژی باد تا سال ۱۹۸۰ به شکل وسیعی به رسمیت شناخته نشده بود. امروزه استفاده از باد به شکل تجربی، ترقی قابل توجهی را کسب کرده است.

از نظر محدود بودن منابع سوختهای فسیلی، و تغییرات آب و هوای جهانی بخاطر انتشار دی اکسید کربن و دیگر گازهای گلخانه ای، کاربرد انرژی باد امکان اجرای همکاریهای قابل توجه بسوی حفظ منابع و تولید انرژی سازگار با محیط زیست را عرضه می نماید.

بطور کلی، می توان اظهار داشت که پیشرفتهای بزرگی در فن آوری و کاربرد انرژی باد در طی دو دهه گذشته بدست آمده است. تلاشهایی در زمینه تحقیقات و توسعه به همراه اقدامات تحریک کننده بازار، مانند مدلهای قیمت با جایزه انجام شده است تا یک فن آوری انرژی باد معتبر و تضمین شده که امروزه به شکل گسترده در دسترس می باشد حاصل شود.

بر این اساس، پتانسیل گسترده جهانی، مخصوصاً در کشورهای در حال توسعه و در کشورهایی با اقتصادهای آشکار می تواند به منظور همکاری برای یک منبع آینده انرژی مستعد و سازگار با محیط بومی عنوان شود.

- **تعاریف علمکرد نیروی باد :**

منحنی توان = [p=f(v)]

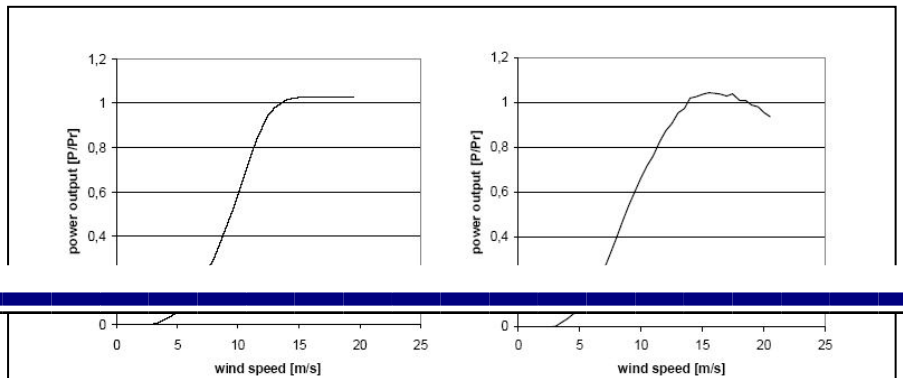
توان خروجی توربیهای بادی به موارد زیر بستگی دارد :

الف- شرایط جوی، به ویژه سرعت باد و فشار هوا؛

ب- طراحی سیستم، مخصوصاً توان مجاز، قطر روتور و ارتفاع مرکز توربین؛

پ – شرایط مکانی، مانند تلاطم هوا (توربولانس)؛

به منظور قابل مقایسه ساختن توان خروجی توربینهای مختلف، عملکرد آنها باید اندازه‌گیری شده و تحت استانداردهای متحدالشکل بین المللی (IEC)، توسط آزمایشگاهای معتبر ملاک قرار داده شود .



تصویر۱- : منحنی توان اندازه گیری شده توربین با کنترل پلکانی و سرعت متغیر (a) و کنترل ثابت و سرعت ثابت (b) .

- رژیم باد و مکانهای داده شده :

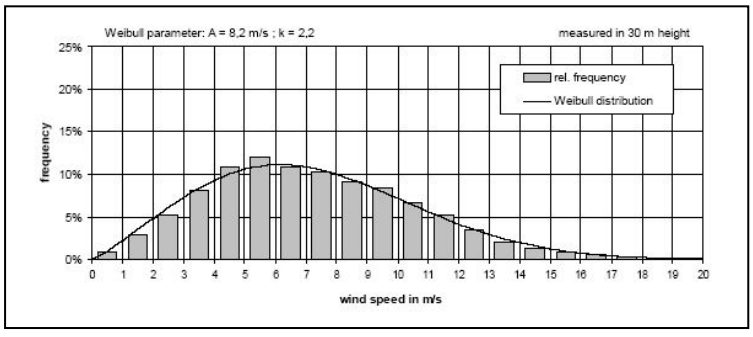
اندازه گیریهای باد باید با کوچکترین نرخ نمونه برداری ۱ هرتز (روش BIN) انجام شود و با رعایت استانداردهای بین المللی (IEC) و با استفاده از پارامترهای ذیل ملاک قرار داده شود :

a) سرعت متوسط باد

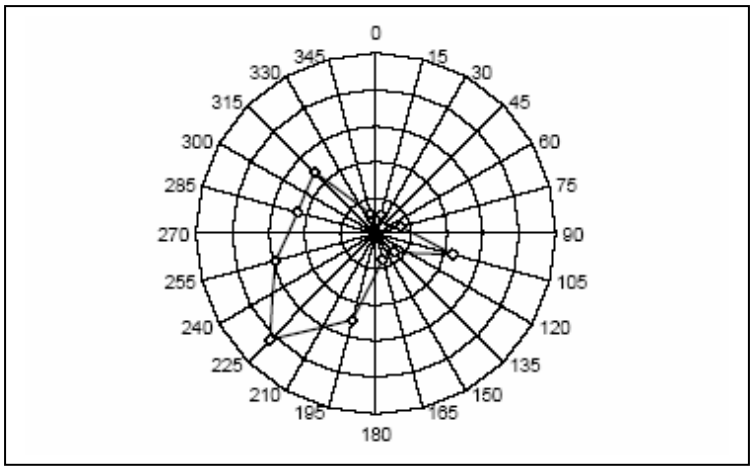
b) توزیع **Weibull**

c) توزیع هدایتی انرژی باد

d) شدت توربولانس ماهانه (نسبت بین انحراف استاندارد و مقدار متوسط)



تصویر ۲۰ : توزیع **Weibull** و منحنی سرعت – فرکانس باد



تصویر ۳۰ : توزیع انرژی باد بر اساس توزیع فرکانس سنگین فعال جهت باد در ۱۲ ناحیه تولید برق.

a) مجموع تولید انرژی [kwh] تحویلی به شبکه در نقطه اتصال ، در طول دوره بررسی (اغلب یک سال)

b) تولید انرژی ویژه، که عبارتست از نسبت بین مجموع انرژی تولیدی در طول یک سال و ناحیه جاروب شده توسط روتور (داده شده به صورت $kw\,h/m$)

c) ساعتهای باد کامل معادل، عبارتست از تولید انرژی سالیانه در ارتباط با توان مجاز توربین ($\{h\}$ dim).

d) فاکتور ظرفیت، عبارتست از نسبت بین مجموع انرژی تولیدی در طول یکسال و تولید انرژی به شکل پتانیسل – بالقوه – (توان مجاز × ۸۷۶۰ ساعت) ، (dim $\{1\}$).

دسترسی فنی

به نظر می رسد این اصطلاح مؤثرتر از « دسترسی مطلق» باشد. بطوریکه هیچ نوع اندازه‌گیری باد لازم نیست. تعاریف زیر بر پایه « تعریف اصطلاحات در صنعت انرژی» نوشته شده و توسط VDEW آورده شده است :

« پریود نامی» (Nominal Pweiod) : دوره کاملی است که توسط گزارش پوشش داده شده است ، (اغلب یک سال).

- « دوره غیرقابل دسترس بودن » (period of non-availability) :

دوره ای است که در طول آن یک نیروگاه کارکرد ندارد. این دوره می تواند خاموشی برنامه‌ریزی شده (تعمیر و نگهداری) و یا خاموشی برنامه ریزی نشده (بد عمل کردن، خرابی) باشد.

- « دسترس فنی » (Technical availability) :

دوره ای از دسترسی است که فوق دوره نامی می باشد، (به شکل درصد).

- « میانگین عدم دسترسی فنی» (Aerage technical non-availability) :

مجموع دوره عدم دسترسی را بر تعداد توربینهای مطرح شده تقسیم می کند.

نکته : اصطلاحات زیر توسط دیگر متخصصان بکار برده می شود :

۱. دوره زمانی مناسب به جای دوره نامی
۲. عامل عدم دستری – UAF- به جای دوره غیرقابل دسترس بودن

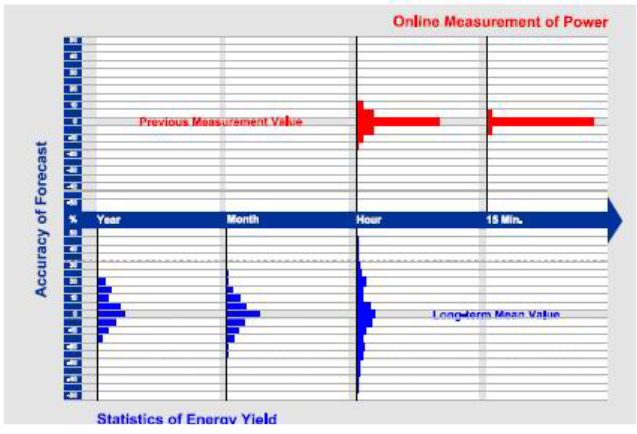
۳. عامل دستری (AF=۱-UAF) بجای دسترسی فنی

- انضمام نیروی باد به سیستم های منبع (یک بررسی مورد از آلمان)

یک پیش نیاز مهم برای انضمام انرژی باد به سیستمهای تأمین انرژی، کسب بیشترین پیش بینی کامل ممکن از انرژی و مقادیر توان می باشد. در تصویر ۴، دو رویه متفاوت برای تعیین مقادیر مورد انتظار از این پیش بینی ها نمایش داده شده است. در هر کدام از نمودارهای تصویر ۲، برای حمایت از توزیع فرکانس نموداری، اندازه ای که انرژی واقعی و مقادیر توان از مقادیر مورد انتظار اختلاف دارند، می تواند ملاحظه شود.

پیش بینی های انرژی برای سالها، ماهها و ساعتها که در ناحیه پایین تر نمایش داده شده است، فقط می تواند برای میانگین های آماری اساس قرار داده شود. مقادیر یک ساعت و ۱۵ دقیقه ای توان خروجی توربین، در نیمه بالایی نمودار، نسبت به مقادیر مورد انتظار، مقادیر توان قدیمی تری دارند.

اعداد دقیق برای توزیع نموداری فرکانس در این بررسی می تواند در پاراگرافهای ذیل، از آزمایش گردآوری شده در آلمان بدست بیاید.



تصویر۴- : صحت پیش بینی های تغذیه باد در چارچوبهای زمانی جدول تولید نیروگاه.

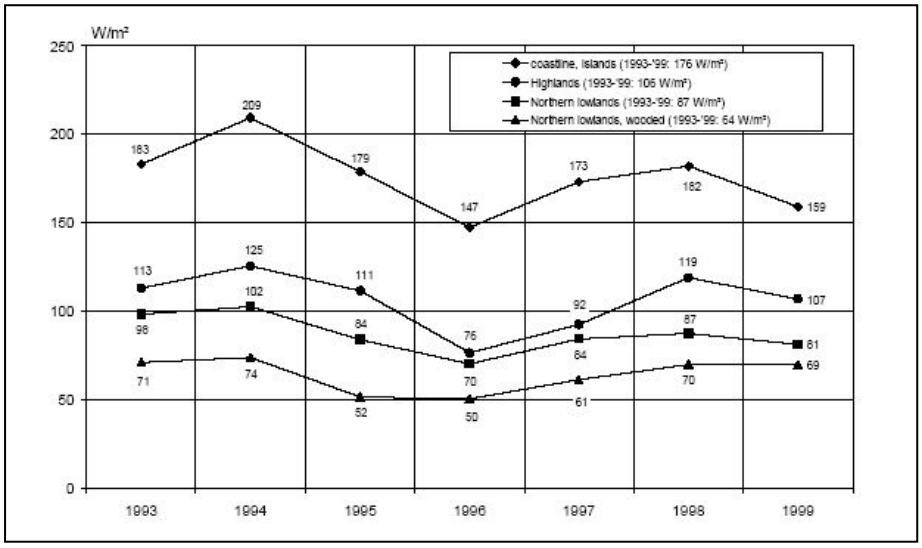
- مقدار مورد انتظار از تولید سالانه برق

تولید سالیانه برق از تولید غیرمتمرکز نیروی باد به واسطه باد در دسترس، و به واسطه رفتار مؤثر مدلهای تک نیروگاهی تعیین می شود. پارامترهای مهم در این رابطه، ارتفاع مرکز فعالیت نیروگاه و همچنین قابلیت استفاده فنی بدست آمده در عملیات می باشد. اطلاعات وسیع درباره قابلیت استفاده فنی ازم دلهای قابل عرضه انرژی باد، به واسطه تعدادی از برنامه های اندازه گیری فراهم شده است. نیروگاههای مدرن مقادیری به طور میانگین بین ۹۸ و ۹۹ درصد را به شکلی منظم کسب کرده اند. بهرحال، مدلهای توربین که در مرحله ابتدایی هستند . در اولین سالهای بهره برداری عملیاتی مقادیر ۹۵٪ را کسب کرده بودند.

ارتفاع توپی توربینهایی که جدیداً نصب شده اند، ادامه می یابد تا پیشرفت آشکاری بسوی افزایش در مجومع بازده (در ساعات بار کامل همه تاسیسات) سوق داده شود، بهرحال، به شکل بزرگی توسط تاسیسات توسعه یافته در موقعیتهای با دسترسی باد کمتر جبران می‌شود.

به عنوان یک راهنمایی برای نتایج تولید در آلمان، مکانهای ساحلی به طور میانگین تقریبا ۲۴۰۰-۲۲۰۰ ساعت بار کامل را تأمین می کنند و مکانهای داخل کشور به طور میانگین، تقریبا ۱۵۰۰-۱۳۰۰ ساعت بار کامل را پوشش می دهند.

دوره زمانی ارایه شده، ۱۹۹۸-۱۹۹۳، از لحاظ هواشناسی برای شکل دادن واقعیات بنیادی بسیار کوتاه می باشد. با این حال، در حقیقت یک نتیجه مهم باقی می ماند که ، عمده انرژی باد در دسترس در طول یک سال تقویمی، تا بیش از ۱۵٪ نسبت به مقدار میانگین درازمدت، انحراف خواهد داشت (تصویر ۵ را ببینید).

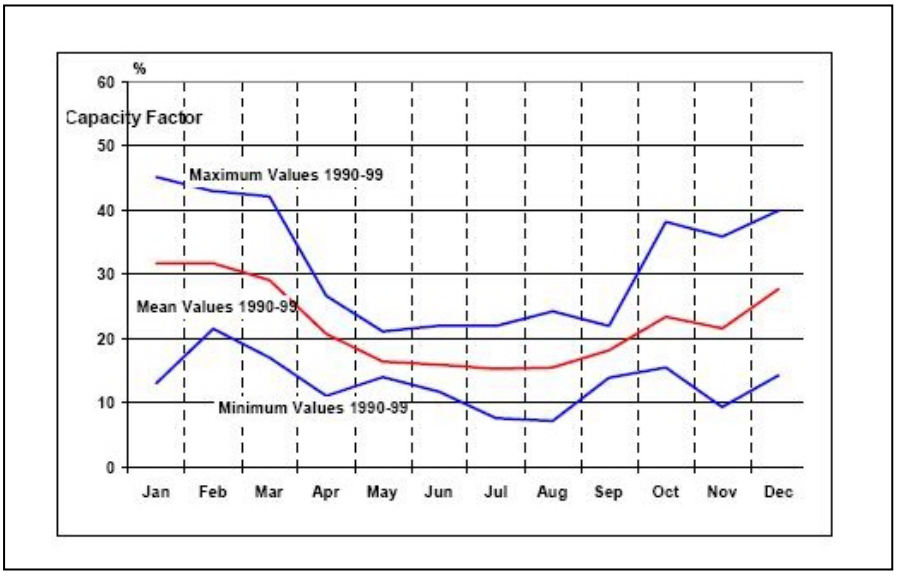


تصویر۵- : منابع عمده انرژی باد درطول سالها

- تغییرات در تغذیه نیروی باد ماهانه

به منظور تعیین مقادیر مورد انتظار آماری برای تولید نیروی باد در ماههای مشخص، اطلاعات تحویل انرژی از نیروگاهها، که در آلمان ثبت شده است بکار رفته و « عامل ظرفیت» نیز در تصویر ۶ ارایه شده است. تحویل انرژی واقعی ماهانه بدست آمده توسط همه نیروگاههای مشاهده شده، بدین ترتیب به حداکثر مجموع تولید ماهانه از لحاظ نظری (تئوریک) با بارکامل مداوم، مربوط شده است؛ که به موجب آن، ۱۲۵۰۰۰ گزارش تحویل انرژی ماهانه از سالهای ۱۹۹۸-۱۹۹۰ در دسترس می باشد.

مقادیر میانگین از ماههای مشخص (و بهمین خاطر مقادیر مورد انتظار) از ۱۵٪ در ماه جولای تا ۳۲٪ در ماه ژانویه سیر و حرکت داشته است. مطابق با وضعیت هوای کلی و باد در دسترس سالیانه، انحرافاتی می تواند ملاحظه شود که از کمترین مقدار در آگوست ۱۹۹۷ با ۷٪ عامل ظرفیت تا بیشترین مقدار با ۴۵٪ در ژانویه ۱۹۹۳ سیر و حرکت داشته است.



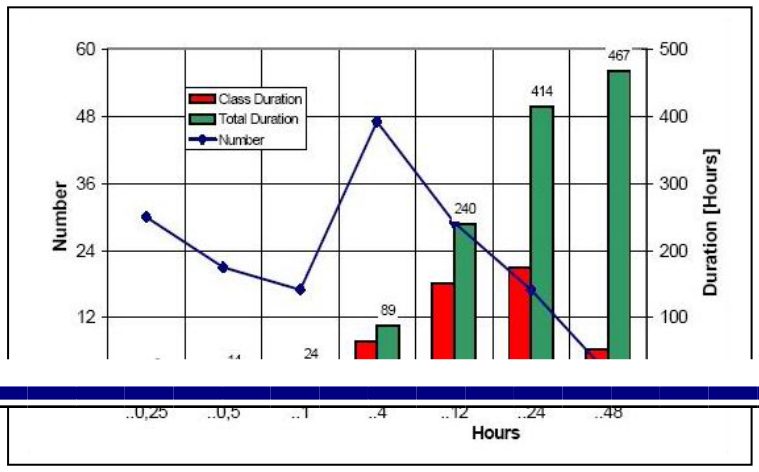
تصویر۶- : عامل ظرفیت ماهانه توربینهای بادی در اندازه گیری عملی و برنامه ارزیابی ISET (WMEP) ، ۱۹۹۹-۱۹۹۰ .

- دوره فرونشستن باد

از نظر ارزیابی اطلاعات نیرو، یک مقدار آستانه ای از مجموع نیروی خروجی در اندازه کمتری تعریف می شود، چونکه دوره « سکون باد» می تواند برقرار شود. برای تجزیه و تحلیلهای امروزی باد، این مقدار، ۲ درصد از مجموع توان نصب شده توربین بادی در نظر گرفته شده است.

همترازی فرکانس و در ازای دوره های زمانی، هنگامیکه هیچ تغذیه ای از طرف توربینهای بادی ثبت نمی شود، توسط بسط فضایی موقعیتهای غیر متمرکز تعیین می شود. در مورد نواحی تأمین کننده مشاهده شده در اینجا – با وسعتی نزدیک به ۸۰۰ کیلومتر از شمال تا جنوب- ۴۷۶ ساعت « سکون باد» در سال بادی ۱۹۹۸ (مخصوصاً خوب) ثبت شده بود. نتایج کامل تجزیه و تحلیلهای سکون باد در تصویر ۷ ارایه شده است.

محدوده « سکون باد ۴-۱ ساعته» ، بالاترین فرکانس با ۴۷ رویداد، مطابق با نتایج را منعکس می کند. محدوده « ۲۴-۱۲ ساعته» بزرگترین بخش از مجموع دوره سکون باد را با زمان تقریباً ۱۸۰ ساعت منعکس می کند.



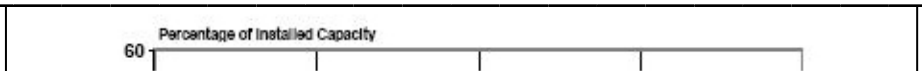
تصویر۷- : تجزیه و تحلیل سکون باد در سال ۱۹۹۸

- نگاهی به حالت استفاده از نیرو در فواصل یک ساعت و پانزده دقیقه ای

در کنار مقادیر متوسط آماری برای ماهها و سالها، مسلماً جزئیات قابل مقایسه ای را میتوان برای مقادیر ساعتی محاسبه کرد. اصطلاح « دوره های نوعی روزانه» همانطور که در دوره های روزانه خروجی در ژانویه و جولای نشان داده شده است- که در تصویر ۸ نمایش داده شد- فقط زمینه های این دوره ها را منعکس می کند. محاسبات این منحنی‌ها با وجود تشکیل مقادیر اصلی برای همه مقادیر ساعتی با همان زمان در طول ماه؛، مثلاً ژانویه یا جولای در سالهای ۱۹۹۸-۱۹۹۰ کامل می شد. همانطور که از محاسبات تحویل ماهانه انرژی می توان انتظار داشت، درجه توان ماه جولای به شکل آشکار از ماه ژانویه پایین تر آمده است. همچنین، این موضوع را می توان خاطرنشان کرد که فرآیند گرم شدن قوی هوا در نیمروز(با توجه به تفاوت ساعت تابستانی روی نمودار انتقال یافته است) به شکل مکرر باعث افزایش در سرعت باد می شود.

این میانگین های آماری را نمی توان با اطمینان کامل، برای پیش بینی های مقادیر ساعتی ویژه از توان خروجی کل به کار برد. بنابراین، فواصل ساعتی، محدودیت امکانات و اطلاعات درازمدت را در تعیین مقدار مورد انتظار نشان می دهند.

به منظور تعیین درجه توان جاری « پارک نیروگاه بادی» انتقال اطلاعات را اندازه گیری فنی لازم است. همچنین، به خاطر اینکه هر کدام از توربین های بادی به اندازه گیری فنی مجهز نشده اند. یک الگوی برون یابی مورد نیاز است.



تصویر۸- : مقایسه نوعی جریان روزانه تغذیه انرژی باد در تابستان/ زمستان (ISET شبکه اندازه گیری از راه دور ۱۹۹۸-۱۹۹۳)

بدین ترتیب، یک اندازه یک ساعت و ۱۵ دقیقه ای رایج، از تغذیه کل شناخته می شود، که می تواند به عنوان مقدار مورد نظر برای مقادیر توان بعدی بکار رود.

در مورد این به اصطلاح چشم داشت مداوم (مقدار رایج به عنوان ثابت در نظر گرفته شده است)، شیب مقدار توان خروجی کل در فواصل ۱۵ دقیقه ای باید مورد نظر باشد، به خاطر اینکه، حداکثر به ۱۰ درصد از توان نصب شده می رسد (و این موضوع فقط در چند مورد در طول سال بوجود می آید). به خاطر اثرات موازنه مقیاس باز، در حدود دو سوم از کل مقدار توان خروجی کل فقط به اندازه ۲ درصد از توان نصب شده تغییر می کند.

بعد از دوره زمانی یکساعته، مقادیر توان خروجی کل- که در تصویر ۸ ثبت شده است- بیشترین تفاوت را که تقریباً ۳۰ ٪ از توان نصب شده در فواصل ۱۵ دقیقه ای است را کسب می کنند. این گستره که میل دارد تا قادر به پیش بینی توان بادی خروجی کل

باشد، بعد از چندین ساعت، اندازه های پیش بینی شده ای را نیاز دارد که شامل پیش‌بینی وضع هوا هم می باشد.

« نیروگاه بادی و انواع توربین»

یک توربین بادی دستگاهی است که دارای تعدادی پره می باشد که این پره ها قابلیت در یافت انرژی از باد و تبدیل آنرا از طریق یک محور به انرژی مکانیکی دارا می باشد. این انرژی مکانیکی در غالب موارد به یک ماشین الکتریکی منتقل می شود و در نهایت انرژی الکتریکی تولید می گردد.

- انواع توربین بادی :

توربینهای بادی با توجه به جهت چرخش و زاویه آن به دو دسته بزرگ تقیسیم می شوند :

- توربینهایی با محور عمودی : پره های این توربین در اثر وزش باد بر روی سطح استوانه ای فرضی به مرکزیت محور می چرخند. مهمترین مزیت آنها اینست که مستقل از جهت باد می چرخند و عملکرد آنها در اثر تغییر جهت باد دستخوش تغییر نمی شود. اما بدلیل پایین بودن راندمان کار این توربینها از آنها در حجم زیاد برای ایجاد مزارع استفاده نمی شود.
- توربینهایی با محور افقی : این توربینها بسیار پر کاربرد بود، چرا که پره های آن مستقیماً در معرض باد هستند و نیروی باد بر روی سطح تمام پره ها بطور یکسان تأثیر می گذارد. این توربینها به دو دسته بزرگ تقسیم می شوند ، ۱) توربینهای کم سرعت ۲) توربینهای پرسرعت.

مهمترین عامل در تعیین سرعت توربینهای محور افقی، تعداد پره ها می باشد. هرچه تعداد پره ها بیشتر باشد سرعت کمتر است و گشتاور بیشتری تولید می کند. پرطرفدارترین این توربینها سه پره می باشد. چرا که در نوع با پره بیشتر بدلیل پیچیدگی شکل توپی، صرفه اقتصادی ندارند.

« پروژه های غیرنیروگاهی»

- توربینهای پرپره :

با قرار دادن تعدادی پره حول محور گردان بطور متقارن، با اشکال و مواد مختلف، توربین پرپره شکل می گیرد. این توربینها از انرژی باد جهت پمپاژ آب در روستاهایی که امکان اتصال به شبکه سراسری وجود ندارد به کار برده می شوند، و یا در محلی که استفاده از برق اصلی بسیار پر هزینه خواهد بود.

- توربینهای مستقل از شبکه :

در جهت استفاده از انرژی باد برای تأمین برق مصرف کننده های کوچک و دور افتاده از شبکه، از توربینهای با قدرت زیر ده کیلووات استفاده می شود. این توربینها با کاربردهای بسیار متنوع و با قدرتهای مختلف از ۵۰۰ وات تا ۵ کیلووات بسیار ساده و آسان نصب میشود و چند نمونه از موارد استفاده این توربینها را می توان بدین صورت دسته بندی کرد:

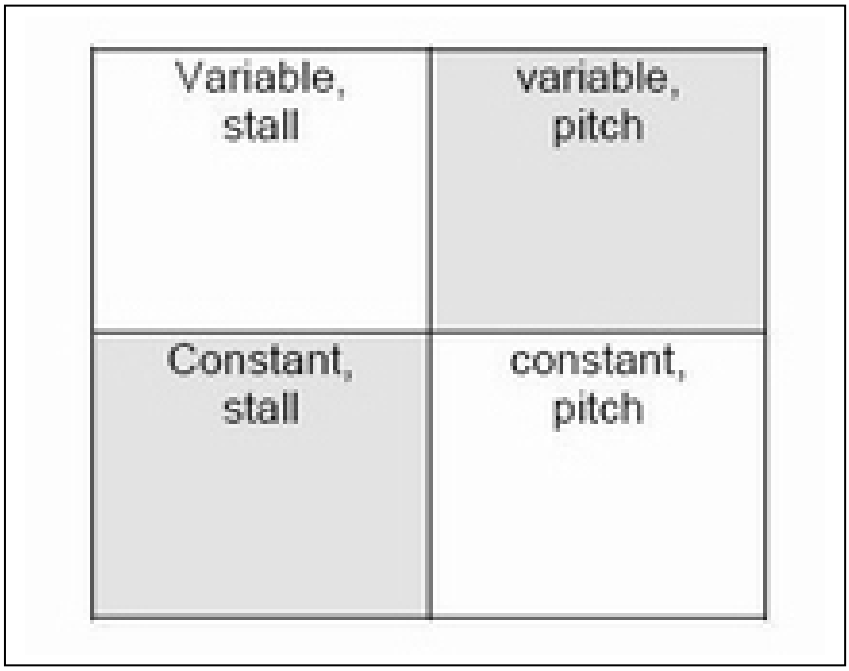
الف- شارژ باطری

ب- تولید قدرت در نقاط دور افتاده با قابلیت اعتماد بالا

پ- تأمین برق مورد نیاز قایقهای تفریحی و تحقیقی

« طرحهای فنی»

طرحهای تکنولوژیکی، توربینهای بادی مدرن را می توان توسط دو مشخصه اصلی «محدودیت توان» و « سرعت روتور» تمیز داد. طرتح محدودیت توان می تواند پلکانی فعال و یا تابع بسته باشد. سرعت روتور می تواند به شکل ثابت و یا متغیر طراحی شود. ترکیب این روشهای طراحی همانطور که در تصویر A.۲ نشان داده شده است، ممکن می‌باشد.



تصویر A.۲ : روشهای اساسی طراحی توربین

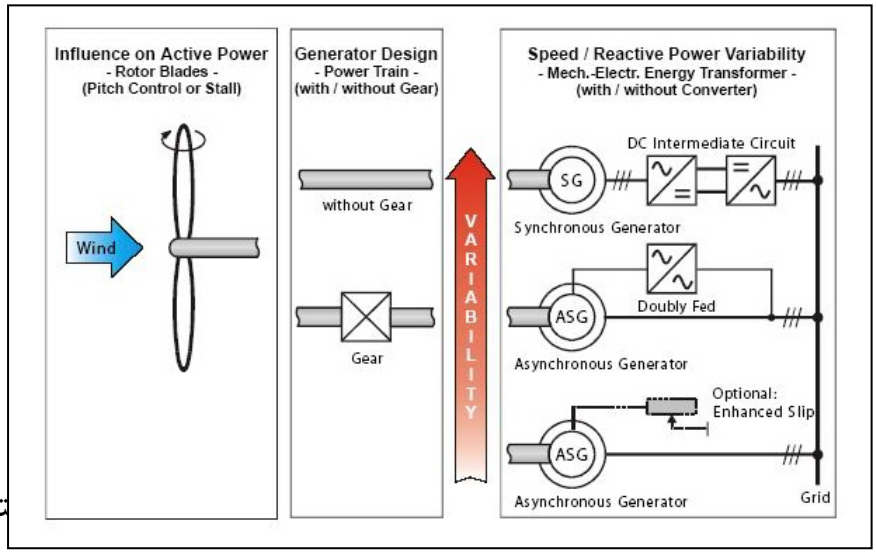
روشهای مختلف برای کنترل توان اکتیو و راکتیو بعلاوه سرعت دورانی برای حرکت مؤثر توربینها و قابلیت انضمام آنها به سیستم های تأمین انرژی، بسیار حیاتی می باشند.

طرحهای مختلف فنی در تصویر A.۳ نشان داده شده است. یک راه برای محدود کردن توان اکتیو بوسیله نصب تیغه های روتور در محور طولی شان انجام می شود.

بدون نصب پره های فعال روتور، توان اکتیو می تواند بوسیله عملکرد پایدار محدود شود. بهر جهت، این طرح اجازه یک کنترل دایمی مانند روشن نصب پره های قابل تنظیم را نمی‌دهد.

اگر سرعت روتور بوسیله یک جعبه دنده منتقل نمی شود، ژنراتور باید قطر بزرگی داشته و در روی آن تعداد زیادی قطبهای آهنربای دایم یا الکتریکی وجود داشته باشد، تا نیازهای یک ماشین القایی را برآورده کند. همچنین باید به شکل بزرگ و سنگینی ساخته شود.

در صورتیکه مجبور باشیم سرعت روتور را بوسیله یک شبکه فرکانسی ثابت تجزیه کرده و نیروگاه را با سرعت متغیر بکار بیاندازیم (مثلا برای تساوی توان یا کاهش بارهای مکانیکی)، یک پیوند الکترونیکی بین ژنراتورو شبکه لازم است. دو روش بسیار معمول در بالا و وسط تصویر A.۳ نشان داده شده است.



تصویر A.۳ : تیو ...

- ژنراتور سنکرون با یک یکسوساز dc در سمت دستگاه و یک متناوب کننده در سمت شبکه که « مدار واسط dc» یا « پیوند dc» خوانده می شود. این سیستم با رنج بزرگ سرعت روتور مشخص می شود.

- ژنراتور القایی با منبع فرکانس متغیر روتور در داخل یک مبدل فرکانس، این طرح با توربینهای با سایر MW در سالهای ۱۹۸۰ ساخته شده بود. رنج سرعت روتور این طرح، در مقایسه با طرح « پیوند dc» بسیار کوچکتر است. بهرجهت، هر دو سیستم قادر به کنترل توان راکتیو بوده و همچنین می توانند به منظور تثبیت ولتاژ استفاده شوند.
- در روش سوم (تصویر A.۳ ، پایین، راست) ، توربین به همراه ژنراتور القایی که مستقیماً با محور آن کوپل شده است، اتصال سرعت تقریباً ثابت با شبکه دارد. هرگاه یک مقاوت خارجی به قسمت روتور ژنراتور ، به منظور بزرگترین کردن خطای آن اضافه شود، کاهش بار دینامیکی، اجزای دینامیکی، باعث تغییرات سرعت روتور در طول تندبادها می شود. بهرحال، این نوع از اتصال شبکه، از نظر زمانی، اجازه کنترل توان راکتیو و یا القای ولتاژ را نمی دهد.

« روند تحولات صنعتی»

بزرگترین شرکتهای سازنده توربین بادی جهان در حال حاضر شرکت وستاس، شرکت انرکون و شرکت ام ای جی مایکن هستند، که به ترتیب ۲۳/۳ ، ۱۴۷/۶، ۱۲/۴ درصد از بازار جهان را در اختیار دارند.

برخی اطلاعات که از بررسی بازار تکنولوژی باد آلمان، به عنوان پیشتاز صنعت باد جهان بدست آمده، بیانگر روند تحولات در سالهای اخیر در این صنعت می باشد؛ و لذا توجه به آنها در پیش بینی آینده سودمند خواهد بود.

میانگین ظرفیت توربینهای بادی نصب شده در آلمان در حدود ۹۰۰ کیلو وات است، اما اگر فقط توربینهای نصب شده در نیمه سال ۲۰۰۳ را در نظر بگیریم، میانگین ظرفیت توربینهای جدید در حدود ۱۵۶۰ کیلووات می باشد. لذا روند آشکاری از افزایش سایز توربینهای بادی مدرن قابل مشاهده است.

در بازار ۵۸ مدل توربین وجود دارد که از این ۵۸ مدل فقط ۴ مدل آن بدون گیربکس هستند که روی سایزهای متوسط و بزرگ آزمایش شده اند. اما ۵۴ مدل دیگر شامل سایزهای متوسط، بزرگ و خیلی بزرگ هنوز از گیربکس استفاده می کنند. بنابراین، توربینهای بدون گیربکس هنوز در ابتدای راه هستند و وضعیت آنها پس از سالها تجربه و بهره برداری روشن خواهد شد.

اغلب توربینهای بزرگ از نوع pitch control هستند؛ یعنی، هر چه توربینها بزرگتر شوند از تعداد مدلهای stall control کاسته و به مدلهای pitch control افزوده می شود، در توربینهای خیلی بزرگ، یعنی بالاتر از ۳۰۰۰ کیلووات، اصلاً سیستم استال کنترل وجود ندارد. قابل ذکر است که پره های استال کنترل بزرگتر و سنگین تر از انواع پیچ کنترل می‌باشند. لازم به اشاره است که در سیستم پیچ کنترل، پره ها حول محور طولی خود می‌توانند بچرخند و تغییر زاویه بدهند، اما در سیستم استال کنترل، پره ها توسط پیچ به توپی بسته می شوند و قابلیت گردش حول محور طولی را ندارند.

در گذشته، توربینهای بادی با یک سرعت دورانی ثابت دور روتور کار می کردند، اما سیستمهای امروزی تقریباً سیستم یک سرعته را کنار گذاشته و به سیسمتهای دو سرعته یا سرعت متغیر روی آورده اند. از میان ۵۸ مدل موجود در بازار فقط دو مدل از نوع یک سرعته هستند و ۲۳ مدل دو سرعته و ۳۴ مدل با سرعت متغیر دیده می شوند.

۲-۱- انرژی خورشیدی

خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سر آغاز حیات و منشاء تمام انرژیهای دیگر است. طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد این گوی آتشین می گذرد و در هر ثانیه ۴/۲ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار به ابر وزن زمین است، این کره نورانی را می توان بعنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد.

قطر خورشید $۱/۳۹ \times ۱۰^{۶}$ کیلومتر است و از گازهایی نظیر هیدروژن (۸۶/۸ درصد)، هلیوم (۳ درصد) و ۶۳ عنصر دیگر که مهمترین آنها اکسیژن- کربن – نئون و نیتروژن است، تشکیل شده است. میزان دما در مرکز خورشید حدود ۱۰ تا ۱۴ میلیون درجه سانتیگراد می باشد که از سطح آن با حرارتی نزدیک به ۵۶۰۰ درجه و به صورت امواج الکترومغناطیسی در فضا منتشر می شود.

زمین در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید واقع است و ۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد؛ بنابراین، سهم زمین در دریافت انرژی از خورشید حدود $\frac{}{}$ از کل انرژی تابشی آن می باشد. سوختهای فسیلی ذخیره شده

در اعماق زمین، انرژیهای باد و آبشار و امواج دریاها و بسیاری موارد دیگر از جمله نتایج همین مقدار انرژی دریافتی زمین از خورشید می باشد.

شناخت انرژی خورشید و استفاده از آن برای منظورهای مختلف به زمان ماقبل تاریخ باز می گردد. شاید به دوران سفالگری، در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جامهای بزرگ طلایی صیقل داده شده و اشعه خورشید، آتشدانهای محرابها را روشن می کردند. یکی از فراغه مصر بعدی ساخته بود که با طلوع خورشید درب آن باز و با غروب خورشید درب بسته می شد. ولی مهمترین روایتی که درباره استفاده از خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترغ بزرگ یونان قدیم می باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید. گفته می شود که ارشمیدس با نصب تعداد زیادی آیینهه های کوچک مربع شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته است، اشعه خورشید را از راه دور روی کشتیهای رومیان متمرکز ساخته و به این ترتیب آنها را به آتش کشیده بود. در ایران نیز معماری سنتی ایرانیان باستان نشان دهنده توجه خاص آنان در استفاده مؤثر از انرژی خورشید در زمان های قدیم بوده است.

با وجود آنکه انرژی خورشید و مزایای آن در قرون گذشته به خوبی شناخته شده بود ولی بالا بودن هزینه اولیه چنین سیستمهایی از یک طرف و عرضه نفت و گاز ارزان از طرف دیگر، سه راه پیشرفت این سیستمها شده بود . تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسأله تولید انرژی از راههای دیگر(غیر از استفاده از سوختهای فسیلی) توجه جدی تری نمایند.

« کاربردهای انرژی خورشید»

در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستمهای مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره گیری می شود که عبارتند از :

۱- استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی

۲- تبدیل مستقیم پرتوهای خورشید به الکتریسیته بوسیله تجهیزاتی بنام فتوولتایک

- استفاده از انرژی حرارتی خورشید :

این بخش از کاربردهای انرژی خورشیدی شامل دو گروه نیروگاهی و غیرنیروگاهی می‌باشد.

الف- کاربردهای نیروگاهی : تاسیساتی که با استفاده از آنها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می شود، نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می شود. این تاسیسات بر اساس انواع متمرکز کننده های موجود و برحسب اشکال هندسی متمرکز کننده ها به سه دسته تقسیم می شوند :

الف-۱) نیروگاههایی که گیرنده آنها آینه های سهموی ناودانی هستند (شلجمی باز)

الف-۲) نیروگاههایی که گیرنده آنها در یک برج قرار دارد و نور خورشید توسط آینه‌های بزرگی بنام هلیوستات به آن منعکس می شود (دریافت کننده مرکزی)

الف-۳) نیروگاههایی که گیرنده آنها بشقابی سهموی (دیش) می باشد، (شلجمی بشقابی)

قبل از توضیح در خصوص نیروگاه خورشیدی بهتر است شرح مختصری از نحوه کارکرد نیروگاههای تولید الکتریسته داده شود. در هر نیروگاهی اعم از نیروگاههای آبی، نیروگاههای بخاری و نیروگاههای گازی برای تولید برق از ژنراتورهای الکتریکی استفاده

می شود، که با چرخیدن این ژنراتورها برق تولید می شود. این ژنراتورهای الکتریکی، انرژی دورانی خود را از دستگاههای بنام توربین تأمین می کنند.

توربینهای انواع مختلف دارند، در نیروگاههای بخاری توربینهایی وجود دارند که بخار با فشار و دمای بسیار بالا وارد آنها شده و موجب به گردش درآمدن پره های توربین می‌گردد. در نیروگاههای آبی که روی سدها نصب می شوند، انرژی پتانسیل موجود در آب موجب به گردش درآمدن پره های توربین می شود. در نیروگاههای حرارتی، بر اثر سوختن سوختهای فسیلی مانند مازوت، آب موجود در سیستم بسته نیروگاه داخل دیگ بخار به بخار تبدیل می شود و بدین ترتیب انرژی حرارتی به جنبشی و سپس به الکتریکی تبدیل می شود. در نیروگاههای گازی توربینهایی وجود دارد که بطور مستقیم بر اثر سوختن گاز به حرکت درآمده و ژنراتور را می گرداند و انرژی حرارتی به جنبش و سپس به الکتریکی تبدیل می شود.

در نیروگاههای حرارتی خورشیدی وظیفه اصلی بخشهای خورشیدی، تولید بخار مورد نیاز برای تغذیه توربینها است، به عبارت دیگر می توان گفت که این نوع نیروگاهها شامل دو قسمت هستند :

- سیستم خورشیدی که پرتوهای خورشید را جذب کرده و با استفاده از حرارت جذب شده تولید بخار می نماید.
- سیستمی موسوم به سیستم سنتی که همانند دیگر نیروگاههای حرارتی، بخار تولید شده را توسط توربین و ژنراتور به الکتریسیته تبدیل می کند.

- نیروگاههای حرارتی خورشیدی از نوع سهوی خطی

در این نیروگاهها، از منعکس کننده هایی که به صورت سهوی خطی می باشند جهت تمرکز پرتوهای خورید در خط کانونی آنها استفاده می شود و گیرنده به صورت لوله ای در خط کانونی منعکس کننده ها قرار دارد. در داخل این لوله، روغن مخصوصی در جریان است که بر اثر حرارت پرتوهای خورشیدی گرم و داغ می گردد. این روغن داخل از مبدل حرارتی عبور کرده و آب را به بخار تبدیل می کند؛ این سیستم آب و بخار به مدلرهای مرسوم دو نیروگاههای حرارتی انتقال داده می شود تا به کمک توربین بخار و ژنراتور به توان الکتریکی تبدیل گردد.

برای بهره گیری بیشتر و افزایش بازدهی لوله دریافت کننده، سطح آن را با اکسید فلزی که ضریب بالایی دارد پوشش می دهند و همچنین در محیط اطراف آن لوله شیشه ای به صورت لفاف پوشیده می شود تا از تلفات گرمایی و افت تشعشعی جلوگیری گردد و نیز از لوله دریافت کننده محافظت به عمل آید. ضمناً بین این دو لوله خلأ بوجود می آورند تا پرتوهای تابشی خورشید در تمام طول روز به صورت مستقیم به لوله دریافت کننده برسد.

در این نیروگاهها یک سیستم ردیاب خورشید نیز وجود دارد که بوسیله آن آینه های شلجمی دایماً خورشید را دنبال می کنند و پرتوهای آن را روی لوله دریافت کننده متمرکز می نمایند.

تغییرات تابش خورشید در این نیروگاهها توسط منبع ذخیره و گرم کن سوخت فسیلی جبران می شود. در چند کشور نظیر، ایالات متحده آمریکا، اسپانیا، مصر، مکزیک، هند و مراکش از نیروگاههای سهوی خطی استفاده شده است که این نیروگاهها یا در مرحله ساخت و یا در مرحله بهره برداری قرار دارند.

در ایران نیز تحقیقات و مطالعاتی در زمینه این نیروگاهها انجام شده و پروژه یک نیروگاه تحقیقاتی با ظرفیت ۲۵۰ کیلووات توسط سازمان انرژیهای نو ایران در شیراز در حال انجام است. کلیه مراحل طراحی و ساخت این نیروگاه به طور کامل توسط مهندسان ایرانی انجام می پذیرد.

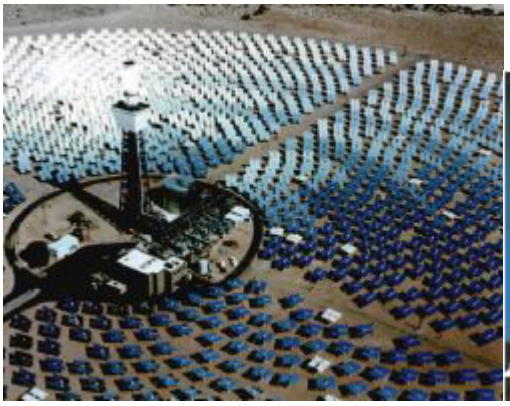
- نیروگاههای حرارتی از نوع دریافت کننده مرکزی

در این نیروگاهها، پرتوهای خورشیدی توسط مزرعه ای متشکل از تعداد زیادی آینه منعکس کننده به نام هلیوستات بر روی یک دریافت کننده که در بالای برج نسبتاً بلندی استقرار یافته است متمرکز می گردد، در نتیجه روی محل تمرکز پرتوها، انرژی گرمایی زیادی بدست می آید که این انرژی بوسیله سیال عامل که داخل دریافت کننده در حرکت است جذب می شود و بوسیله مبدل حرارتی به سیستم آب و بخار مرسوم در نیروگاههای سنتی منتقل شده و بخار فوق گرم در فشار و دمای طراحی شده برای استفاده در توربین ژنراتور تولید می گردد.

این سیال عامل در مبدلهای حرارتی در کنار آب قرار گرفته و موجب تبدیل آن به بخار با فشار و حرارت بالا می گردد. در برخی سیستم ها سیال عامل آب است و مستقیماً در داخل دریافت کننده به بخار تبدیل می شود. برای استفاده دایمی از این نوع نیروگاه در زمانی که تابش خورشید وجود ندارد، مثلاً ساعات ابری و شبها از سیستم های ذخیره

کننده حرارت و یا احیاناً از تجهیزات پشتیبانی که ممکن است از سوخت فسیلی استفاده کنند جهت ایجاد بخار کمک گرفته می شود.

مطالعات و تحقیقات در زمینه فناوری و سیستمهای این نیروگاهها ادامه دارد و آزمایشگاهها و موسسات متعددی در سراسر دنیا در این زمینه فعالیت می کنند.



- نیروگاههای حرارتی از نوع شلجمی بشقابی

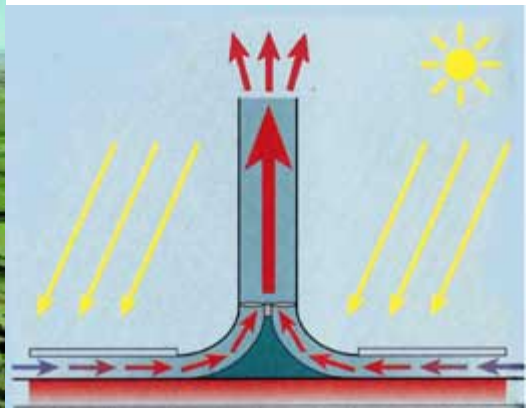
در این نیروگاهها از منعکس کننده هایی که به صورت شلجمی بشقابی می باشد جهت تمرکز نقطه ای پرتوهای خورشید استفاده می گردد و گیرنده هایی که در کانون نصب شده اند به کمک سیال جاری در آن انرژی گرمایی را جذب نموده و به کمک یک مایشن حرارتی و ژنراتور آن را به توان مکانیکی و الکتریکی تبدیل می نمایند.

- دودکشهای خورشیدی

روش دیگر برای تولید الکتریسیته از انرژی خورشید، استفاده از برج نیرو یا دودکشهای خورشیدی می باشد. در این سیستم از خاصیت دودکشها استفاده می شود به این

صورت که با استفاده از یک برج بلند به ارتفاع حدود ۲۰۰ متر و تعداد زیادی گرم خانه های خورشیدی که در اطراف آن است، هوای گرمی که بوسیله انرژی خورشیدی در یک گرمخانه تولید می شود به طرف دودکش یا برج که در مرکز گرمخانه قرار دارد، هدایت می‌شود.

این هوای گرم بعلت ارتفاع زیاد برج با سرعت زیاد صعود کرده و باعث چرخیدن پروانه و ژنراتوری که در پایان برج نصب شده است می گردد و بوسیله این ژنراتور برق تولید می‌شود. هم اکنون یک نمونه از این سیستم در ۱۶۰ کیلومتری جنوب مادرید احداث گردیده که ارتفاع برج آن به ۲۰۰ متر می رسد.



ب- کاربرهای غیر نیروگاهی : کاربردهای غیر نیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می باشد که اهم آن عبارتند از : آبگرمکن و حمام خورشیدی- سرمایش و گرمایش خورشیدی- آب شیرین کن خورشیدی- خشک کن خورشیدی- اجاق خورشیدی- کوره های خورشیدی و خانه های خورشیدی.

۱- آبگرمکن خورشیدی و حمام خورشیدی : تولید آب گرم مصرفی ساختمانها، اقتصادی‌ترین روش استفاده از انرژی خورشیدی است. می توان از انرژی حرارتی خورشید جهت تهیه آب گرم بهداشتی در منازل و اماکن عمومی، به خصوص در

مکانهایی که مشکل سوخت رسانی وجود دارد استفاده کرد. چنانچه ظرفیت این سیستمها افزایش یابد می توان از آنها در حمامهای خورشیدی نیز استفاده نمود، تاکنون با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران تعداد زیادی آبگرمکن خورشیدی و چندین دستگاه حمام خورشیدی در نقاط مختلف کشور نصب و راه اندازی شده است.

۲- گرمایش و سرمایش ساختمان و تهویه مطبوع خورشیدی : گرمایش و سرمایش ساختمانها با استفاده از انرژی خورشید، ایده تازه ای بود که در سالهای ۱۹۳۰ مطرح شد و در کمتر از یک دهه به پیشرفتهای قابل توجهی رسید . با افزودن سیستمی معروف به سیستم جذبی به سیستمهای خورشیدی می توان علاوه بر تهیه آب گرم مصرفی و گرمایش از این سیستمها در فصول گرم برای سرمایش ساختمان نیز استفاده کرد.

۳- آب شیرین کن خورشیدی : هنگامی که حرارت دریافت شده از خورشید با درجه حرارت کم روی آب شور اثر کند، تنها آب تبخیر شده و املاح باقی می مانند. پس با استفاده از روشهای مختلف می توان آب تبخیر شده را تقطیر کرده و به این ترتیب آب

شیرین تهیه کرد. با این روش می توان آب بهداشتی مورد نیاز در نقاطی که دسترسی به آ شیرین ندارد مانند جزایر را تأمین کرد. آب شیرین کن خورشیدی در دو اندازه خانگی و صنعتی ساخته می شود. در نوع صنعتی با حجم بالا می توان برای استفاده شهرها آب شیرین تولید کرد.

۴- خشک کن خورشیدی : خشک کردن مواد غذایی برای نگهداری آنها از زمانهای بسیار قدیم مرسوم بوده است. خشک کردن عبارتست از گرفتن قسمتی از آب موجود در مواد غذایی که باعث افزایش عمر انباری محصول و جلوگیری از رشد باکتریها می شود. در خشک کن های خورشیدی بطور مستقیم و یا غیرمستقیم از انرژی خورشیدی جهت خشک نمودن مواد استفاده می شود و هوا نیز به صورت طبیعی یا اجباری جریان یافته و باعث تسریع عمل خشک شدن محصول می گردد.

۵- اجاقهای خورشیدی : اصول کار اجاق خورشیدی، جمع آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می باشد. امروزه طرحهای متنوعی از این سیستمها وجود دارد که این طرحها در مکانهای مختلفی از جمله آفریقای جنوبی آزمایش شده و به نتایج خوبی نیز رسیده اند.

۶- کوره خورشیدی : در قرن هیجدهم نوتو را اولین کوره خورشیدی را در فرانسه ساخت و بوسیله آن یک تله چوبی را در فاصله ۶۰ متری آتش زد. بسمر پدر فولاد جهان نیز حرارت مورد نیاز کوره خود را از انرژی خورشیدی تأمین می کرد. متداولترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از دو آینه، یکی تخت و دیگری کروی می باشد. نور خورشید به آینه تخت رسیده و توسط این آینه به آینه کروی بازتابیده می شود. طبق قوانین اپتیک هرگاه دسته پرتو موازی محور آینه با آن برخورد ند، در محل کانون متمرکز می شوند؛ به این ترتیب انرژی حرارتی خورشید در یک نقطه جمع می شود که این نقطه به دماهای بالایی می رسد.

۷- خانه های خورشیدی : ایرانیان باستان از انرژی خورشیدی برای کاهش مصرف چوب در گرم کردن خانه های خود در زمستان استفاده می کردند. آنان ساختمانها را

به ترتیبی بنا می کردند که در زمستان نور خورشید به داخل اتاقهای نشمین می تابید ولی در روزهای گرم تابستان فضای اتاق در سایه قرار داشت.

در اغلب فرهنگ های دیگر دنیا نیز می توان نمونه هایی از این قبیل طرحها را مشاهده نمود، در سالهای بین دو جنگ جهانی در اروپا و ایالت متحده، طرحهای فراوانی در زمینه خانه های خورشیدی مطرح و آزمایش شد. از آن زمان به بعد تحول خاصی در این زمینه صورت نگرفت. حدود چند سالی است که معماران بطور جدی ساخت خانه های خورشیدی را آغاز کرده اند و به دنبال تحول و پیشرفت این تکنولوژی به نتایج مفیدی نیز دست یافته‌اند، مثلاً در ایالت متحده در سال ۱۹۹۰ به تنهایی حدود ۱۰ تا ۲۰ هزار خانه خورشیدی ساخته شده است. در این گونه خانه ها سعی می شود از انرژی خورشید برای روشنایی، تهیه آب گرم بهداشتی، سرمایش و گرمایش ساختمان استفاده شود و با بکار بردن مصالح ساختمانی مفید از اتلاف گرما و انرژی جلوگیری شود.

« سیستم های فتوولتاییک خورشیدی»

به پدیده ای که در اثر تابش نور، بدون استفاده از مکانیزم های متحرک، الکتریسیته تولید کند، پدیده فتوولتاییک (pv) و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند، سیستم فتوولتاییک گویند. سیستمهای فتوولتاییک یکی از پر مصرف ترین کاربردهای انرژیهای نوع می باشند و تاکنون سیستمهای گوناگونی با ظرفیت های مختلف (۰/۵

وات تا چند مگاوات) در سراسر جهان نصب و راه اندازی شده است و با توجه به قابلیت اطمینان و عملکرد این سیستمها، هر روزه به تعداد متقاضیان آنها افزوده می شود.

از سری و موازی کردن سلولهای فتوولتاییک خورشیدی می توان به جریان و ولتاژ قابل قبولی دست یافت. باتریهای خورشیدی قطعات نازکی از سیلیکون یا دیگر مواد نیمه هادی می باشند که وقتی نور خورشید به ماده نیمه هادی می خورد یک جریان الکتریکی ایجاد می کند. وقتی که چند باطری خورشیدی روی یک صفحه نصب شده و به شکل سری به یکدیگر متصل شوند، یک مدول خورشیدی، یعنی بلوک ساختمانی یک سیستم فتوولتاییک (pv) ساخته می شود. همچنین به یک مجموعه از سلولهای سری و موازی شده پنل (panel) فتوولتاییک می گویند.

چون ماده این سلولها عموماً سیلسیم است و سیلسیم مورد نیاز هم از شن و ماسه تهیه می‌شود که در مناطق کویری کشور به فراوانی یافت می شود، بنابراین، از نظر تأمین مواد اولیه این سلولها هیچگونه کمبودی در ایران وجود ندارد.

سیستم های فتوولتاییک را می توان بطور کلی به سه بخش اصلی تقسیم نمود که به طور خلاصه به توضیح آنها می پردازیم :

۱- پنلهای خورشیدی : این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی می باشد. لازم به ذکر است، جریان و ولتاژ خروجی از این پنلها DC می باشد.

۲- تولید توان مطلوب یا بخش کنترل : این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده و توان ورودی پنلها را طبق طراحی انجام شده و نیاز مصرف کننده به بار یا باتری تزریق یا کنترل می کند. لازم به ذکر است که در این بخش مشخصات و

عناصر تشکیل دهنده با توجه به نیازهای بار الکتیریکی و مصرف کننده و نیز شرایط آب و هوایی محلی تغییر می ند.

۳- مصرف کننده یا بار الکتریکی : با توجه به خروجی DC پنلهای فتوولتاییک، مصرف کننده می تواند دو نوع DC یا AC باشد. همچنین با آرایشهای مختلف پنلهای فتوولتاییک می توان نیاز مصرف کنندگان مختلف را با توانهای متفاوت تأمین نمود.

با توجه به کاهش روز افزون ذخایر سوخت فسیلی و خطرات ناشی از بکارگیری نیروگاههای اتمی، گمان قوی وجود دارد که در آینده ای نه چندان دور، سلولهای خورشیدی با تبدیل مستقیم انرژی خورشیدی به انرژی برق به عنوان جایگزین مناسب و بی خطر برای سوختهای فسیلی و نیروگاههای اتمی توسط بشر بکار گرفته شود.

مصارف و کاربردهای فتوولتاییک

الف- مصارف فضانوردی و تأمین انرژِ مورد نیاز ماههواره ها جهت ارسال پیام :

تقریبا تنها راه تأمین انرژی مورد نیاز ماهواره و سفینه های بدون سرنشین و تجهیزاتی که به کرات و نقاطر مختلف فضا فرستاده می شوند، استفاده از انرژی فتوولتاییک می باشد. در فضاپیماها و ایستگاههای فضایی نیز، پس از عبور از جو انرژی مورد نیاز قسمتهای مختلف فضاپیما و ایستگاه توسط پنلهای فتوولتاییک تأمین می شود و فضاپیماها در فضا از موتورهای خود فقط برای ایستادن و تغییر جهت استفاده می کنند. لازم به ذکر است که پنلهای استفاده شده در تجهیزات فضایی بسیار بسیار گران قیمت تر از انواع معمولی می‌باشد ولی در عوض بازدهی و عمر بسیار بیشتری دارند. در صورت پیشرفت تکنولوژی و ارزان شدن قیمت پنلهای خورشیدی، این نحوه تولید

انرژی قابل رقابت با انرژیهای دیگر می شود. قیمت پنلهای فضایی چند هزار برابر انواع معمولی می باشد.

ب- روشنایی خورشیدی :

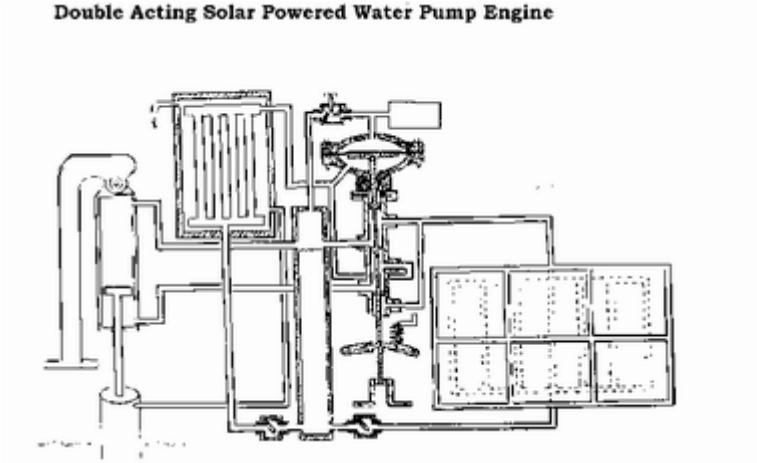
در حال حاضر روشنایی خورشیدی بالاترین میزان کاربرد سیستم های فتوولتاییک را در سراسر جهان دارد و سالانه دهها هزار نمونه از این سیستم در سراسر جهان نصب و راه‌اندازی می گردد. مانند تأمین برق جاده ها و تونلها بخصوص در مناطقی که به شبکه برق دسترسی ندارند، تأمین برق پاسگاههای مرزی که دور از شبکه برق هستند، تأمین برق مناطق شکاربانی و مناطق حفاظت شده، نظیر جزیره های دورافتاده که جنبه نظامی دارند.

- سیستم های تغذیه کننده یک واحد مسکونی :

انرژی مورد نیاز کلیه لوازم برقی منازل (شهری و روستایی) و مراکز تجاری را میتوان با استفاده از پنلهای فتوولتاییک و سیستم های ذخیره کننده و کنترل نسبتاً ساده ، تامین نمود.

ت- سیستم پمپاژ خورشیدی :

سیستم پمپهای فتوولتاییک قابلیت استحصال آب از چاهها، قنوات، چشمه ها، رودخانه ها و ... را جهت مصارف عمومی دارا می باشد.



ث- سیستم تغذیه کننده ایستگاههای مخابراتی و زلزله نگاری :

اغلب ایستگاههای مخابراتی و یا لرزه نگاری در مکانهای فاقد شبکه سراسری و صعب العبور و یا در محلی که احداث پست فشار قوی به فشار ضعیف و تامین توان الکتریکی ایستگاه مذکور صرفه اقتصادی و حفاظت الکتریکی ندارد، نصب شده اند.

ج- ماشین حساب، رادیو، ساعت، ضبط صوت و وسایل بازی کودکانه یا هر وسیله ای که تاکنون با باطری خشک کار می کرده است، یکی دیگر از کاربردهای این سیستم می باشد:

مثلاً کشور ژاپن در سال ۱۹۸۳ حدود ۳۰ میلیون ماشین حساب خورشیدی تولید کرده است که سلولهای خورشیدی بکار رفته در آنها مساحتی حدود ۲۰/۰۰۰ مترمربع و توان الکتریکی معادل ۵۰۰ کیلووات داشته اند.

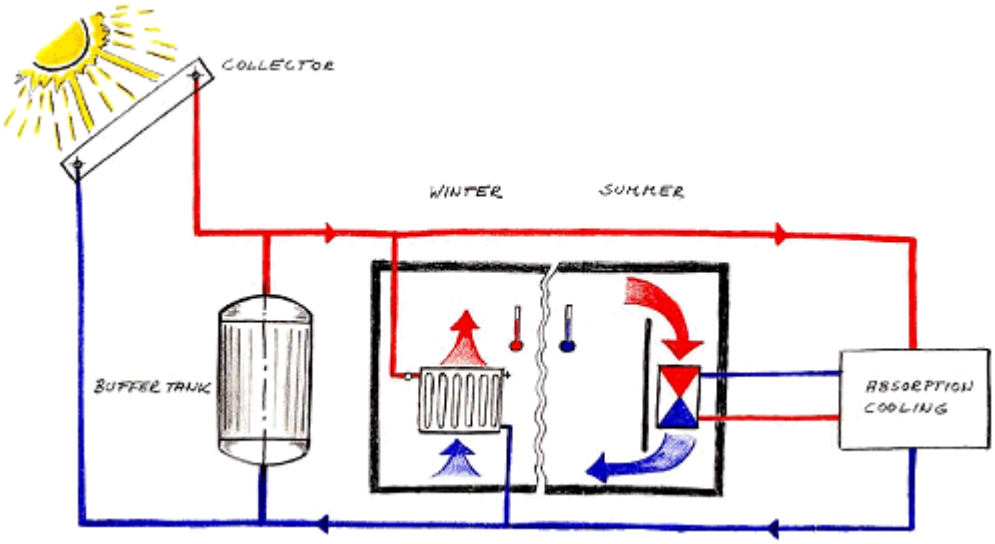
چ- نیروگاههای فتوولتاییک :

همزمان با استفاده از سیستم های فتوولتاییک در بخش انرژی الکتریکی مورد نیاز ساختمانها، اطلاعات و تجربیات کافی جهت احداث واحدهای بزرگتر حاصل گردید و

هم‌اکنون در بسیاری از کشورهای جهان، نیروگاه فتوولتاییک در واحدهای کوچک و بزرگ و به صورت متصل به شکبکه و یا مستقل از شبکه نصب و راه اندازی شده است. ولی این تاسیسات دارای هزینه ساخت، راه اندازی و نگهداری می باشند که فعلاً مقرون به صرفه و اقتصادی نیست.

ح- یخچالهای خورشیدی :

از یخچالهای خورشیدی جهت سرویس دهی و ارایه خدمات بهداشتی و تغذیه ای در مناطق دور افتاده و صعب العبور استفاده می گردد. بهمین منظور ، طی ۵ سال گذشته بیش از ۱۰۰۰۰ یخچال خورشیدی برای کاربردهای بهداشتی و درمانی در سراسر آفریقا راه اندازی شده است.



خ- سیستم های تغذیه پرتابل یا قابل حمل :

قابلیت حمل و نقل و سهولت در نصب و راه اندازی از جمله مزایای این سیستمها می باشد. بازده توان این سیستمها از ۱۰۰ وات الی یک کیلووات می باشد. از جمله کاربردهای آن تامین برق اضطراری در مواقع بروز حوادث غیرمترقبه، سیستم تغذیه کننده یک چادر عشایری و کمپ های جنگلی می باشد.

قسمت ۳-۱- انرژی زیست توده

یکی از مناسبترین منابع انرژی تجدید شونده مناسب، زیست توده یا بیوماس می باشد که علاوه بر خاصیت تجدیدپذیر بودن ، دوستدار محیط زیست نیز می باشد. این انرژی یکی از بهترین و پر استفاده ترین نوع انرژی هایی است که از گذشته دور نیز مورد توجه بشر قرار داشته است.

منابع انرژی های زیست توده می توانند به شکل تبدیل شده انرژی مانند الکتریسیته و یا حاملهای انرژی چون گازی و مایع، نیازهای بخشهای مختلف در جامعه بشری را تأمین کنند که این موضوع وجه تمایز مباحث انرژِ زیست توده نسبت به سایر انرژی های نو می‌باشد.

منابع فراوان زیست توده در طبیعت، اعم از گیاهی، زایدات کشاورزی، زباله ها، فاضلابهای شهری، صنایع غذایی و فضولات دامی منابعی هستند که رها شدن آنها در طبیعت موجب بروز مشکلات زیست محیطی فراوانی می شود و مدیریت این منابع علاوه بر کنترل آلودگیها، منجر به تولید انرژی فراوانی می گردد که در حال حاضر در

بسیاری از کشورهای توسعه یافته از منابع زیست توده جهت تولید انرژی الکتریکی در سطح نیروگاهی استفاده می شود.

امروزه وجود زباله ها در کلانشهرهای کشور یکی از معضلات عمده برای شهرداریها محسوب می شود؛ در ضمن دفن غیر اصولی زباله ها در کشور و تولید شیرابه های سمی در محل دفن زباله ها، از خطرات بزرگ زیست محیطی است که در صورت حل نکردن این معضل، خسارات جبران ناپذیری در بر خواهد داشت که کنترل آن نیز هزینه های زیادی را می طلبد، از طرفی جمع آوری صحیح زباله ها و دفن اصولی آنها علاوه بر کنترل آلودگیهای ناشی از زباله ها ، پتانسیل فراوانی از انرژی را بهمراه دارد که جهت احداث نیروگاههای تولید برق از زباله ها در محل دفن می توان استفاه نمود.

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، کشورهای هندوستان و بنگلادش فن آوری زیست توده را در کوره های آجرپزی و واحدهای چای خشک کنی و دودی کردن ماهی و غیره به کار گرفته اند.

زیست توده عمدتاً در کشورهای در حال توسعه مصرف می شود و نقش مهمی را در سبد انرژی خانوارهای این کشورها، مخصوصاً خانوارهای روستایی بازی می کند.

- تاریخچه :

از نقطه نظر تاریخی، استفاده از انرژی بیوماس (زیست توده) به آغازی ترین دوره های تاریخ باز می گردد، از زمانی که آتش شناخته شد، انسان نخستین همواره چوب و برگ خشک گیاهان را به عنوان سوخت استفاده می کرد و این چرخه تا قرن حاضر نیز ادامه پیدا کرده است.

قدیمی ترین مورد خروج گاز و اشتعال ناقص آن به وسیله دفن زباله در طبقات زیر زمین، توسط پیلی نی روس گزارش شده است. وی خروج گانه گاه گاز طبیعی و اشتعال آن را از طبقات زیرین زمین مشاهده کرد. ولی وان هلمونت در سال ۱۶۳۰ شناسایی و اشتعال این گاز را رسماً اعلام کرد. در سال ۱۶۶۷ دانشمندی به نام شرلی، گاز مرداب را کشف نمود ولی اصلی ترین تاریخچه عملی گاز متان به عنوان ترکیب اصلی بیوگاز حاصل از مواد تخمیر شده توسط ولتاو در سال ۱۷۷۶ شروع شده است.

شروع تحقیقات عمده در زمینه تخمیر غیر هوازی و کاربرد آن در کشاورزی را به شخصی به نام دیوی و در سال ۱۸۰۸ نسبت داده اند. در سال ۱۸۸۴ طرحی به اجرا درآمد که به وسیله انرژی بیوماس روشنایی خیابانهای شهر زیبای پاریس را تأمین می نمود.

امروزه منابع مفید و کاربردی بیوماس تنها به چوب و برگ خشک محدود نمی شود و طیف وسیعی از مواد، از جمله ضایعات جامد و مایع شهری و ضایعات صنعتی و غیره را نیز در بر می گیرد. به عنوان مثال در طول سالهای ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۰ میانگین مصرف سالانه انرژی بیوماس در جهان عادل ۱۴ کوادریلیون بوده است.

- بیوگاز

از اعمال مجموعه ای متنوع از فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیست محیطی بر روی منابع مختلف زیست توده، مانند: تجزیه، تخمیر و ... در یک محفظه، گازی بدست می آید که اصطلاحاً بیوگاز نام دارد. پس از اعمال یک سری فرآیندهای تصفیه ای مطابق استانداردهای جهانی و زیست محیطی بر روی این گاز می توان آن را به عنوان یک حامل انرژی در نظر گرفت.

این حامل انرژی را می توان به عنوان سوخت اولیه در نیروگاهها بکار برد. با سوخت این گاز ژنراتورها و توربین ها حرکت کرده و مشابه سیل سنتی رایج در تمام نیروگاههای موجود، برق تولید می کنند؛ با این تفاوت که این بار نه تنها سوخت مورد نیاز جهت بویلر از دل زمین بیرون کشیده نشده، بله با کاربرد بهینه از آلودگی محیط زیست انسانی نیز جلوگیری به عمل آمده است.

با بکار بردن مستقیم این گاز می توان طیف وسیعی از صنایع و سیستمهای موجود را راه‌اندازی کرد و موجب ذخیره سازی منابع با ارزش سوختهای فسیلی نظیر نفت و گاز و غیره شد.

- زباله کلانشهرها

ایران از دیرباز درگیر مشکلات زیست محیطی شده است که بسیاری از آنها در حال حاضر به نقطه اوج خود رسیده است و کم‌کم باعث احساس خطر شده است.

مثلاً در مورد شهر بزرگی مثل تهران، حجم بالای زباله های تولید شده و فاضلابهای شهری و صنتی در چند سال آینده جایی برای زندگی بشر باقی نخواهد گذاشت. اگر آلودگی هوا توسط اتومبیلهای بنزین سوز و اتوبوسهای گازوییل سوز را به آن اضافه کنیم، به اهمیت استفاده از زیست توده در کلان شهرها و در آینده نه چندان دور، استفاده از اتومبیلهای بیوگاز سوز پی خواهیم برد. با توجه به وجود منابع عظیم طبیعی سرشار و منحصر به فرد در ایران، می توان امید داشت که با افزایش میزان تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر و به خصوص زیست توده و نیز اتخاذ سیاست های صحیح جنگلداری و حفظ منابع طبیعی، بتوان بخشی از این مشکلات را حل نمود.

- زیست توده (بیوماس)

قبل از هر مطلبیی بهتر است که مفهوم کلی بیوماس را در ابتدا مورد بررسی قرار دهیم. هر ارگانیسم زنده ای که انرژی خورشید را جذب نموده و بصورت کلروفیل در خود ذخیره می نماید بویماس نامیده می شود . بیوماس اصطلاحی است که در زمینه

انرژی به جهت توصیف رشته ای از محصولاتی که حاصل عمل فتومنشر هستند به کار می رود.

هر ساله از طریق فتومنتشر معادل چندین برابر مصرف سالانه انرژی جهان، انرژی خورشیدی در برگها، تنه و شاخه های درختان ذخیره می شود. لذا در میان منابع انرژی‌های تجدیدپذیر بیوماس از جهت ذخیره ردن انرژی خورشیدی منحصر به فرد می‌باشد. به علاوه زیست توده تنها منبع تجدیدپذیر کربن بوده و می تواند به سوختهای جامد، مایع و گازی تبدیل شود.

حتی می توان با اعمال مجموعه ای از عملیتهای شیمیایی به روی بیوگاز حاصل از زیست توده به هیدروژن که یکی از فرآورده های مهم و حیاتی در بخش انرژی می باشد، رسید.

زیست توده به شکل چوب، قدیمی ترین شکل این انرژی برای بشر است که به عنوان سوخت در مصارف خانگی و صنعتی مورد استفاده قرار می گرفته است که در ابتدا با استفاده از روش احتراق مستقیم بود.

استفاده از زیست توده به عنوان یک منبع انرژی نه تنها به دلایل اقتصادی، بلکه به دلایل توسعه اجتماعی و اقتصادی و مسایل زیست محیطی نیز مهم می باشد.

- منابع زیست توده

بخشی از تشعشع خورشید که به اتمسفر زمین می رسد، به دلیل فرایند فتوسنتز در گیاهان جذب می شود. ماکزیمم راندمان تبدیل انرژی خورشیدی بین ۵ تا ۶ درصد است که در عمل برای بهترین روشها به حدود ۰/۵ تا ۱ درصد رسیده است.

میزان انرژی ای که سالانه توسط فتوسنتز ذخیره می شود، چندین برابر بیشتر از کل مصرف معمولی انرژی جهان و حدوداً ۲۰۰ برابر مصرف انرژی غذایی معمولی کل جهان است. حدود ۹۰ درصد این انرژی که در درختان ذخیره می شود، معادل ذخایر سوختهای فسیلی قابل استخراج و به ثبت رسیده می باشد.

منابع زیست توده ای که برای تولید انرژی مناسب هستند ، طیف وسیعی از مواد را شامل می شوند که به صورت عمده به شش گروه تقسیم بندی می گردند :

۱- سوختهای چوبی

۲- زایدات جنگلی، کشاورزی، باغداری و صنایع غذایی

۳- ضایعات جامد زباله های شهری

۴- فضولات دامی

۵- فاضلابهای شهری

۶- فاضلابها، پس ماندها و زایدات آلی صنعتی

تمام این مواد دارای مواد، آلی هستند و توانایی سوختن دارند. بنابراین، برای هر کدام می‌توان ارزش حرارتی مشخصی را تعیین نمود. ارزش حرارتی بنا به تعریف، مقدار گرمایی است که از واحد جرم ماده سوختنی آزاد می شود و این مقدار گرما می تواند بر اساس واحد جرم ماده مرطوب یا ماده خشک بیان گردد.

طبق واکنش کلی زیر از ترکیب هر ماده سوختنی آلی با اکسیژن، دی اکسید کربن و آب به انضمام مقداری زیادی انرژی گرمایی آزاد می شود :

سایرگازها + خاکستر + انرژی گرمایی + $H_2O+CO_2=O_2$ + ماده سوختنی

الف - سوختهای چوبی : سوخت چوبی منبع اصلی انرژی زیست توده است که قرنهاست توسط بشر نه تنها در مصارف خانگی بلکه در محدوده وسیعی از فعالیتهای صنعتی مصرف می شود. در حالیکه هیزم در تأمین انرژی برای مصارف شهری در کشورهای در حال توسعه اهمیت خود را حفظ کرده است، ولی سوختهای چوبی هنوز منبع عمده انرژی جهت مصارف خانگی و صنایع کوچک، متوسط و بزرگ در مناطق روستایی و شهری کشورهای در حال توسعه می باشد. مصارفی نظیر صنایع پخت نان، دود دادن ماهی، فرآوری شکر، چای، قهوه ، نارگیل و کاکائو، آهک پزی و آجرپزی می باشد.

اگرچه سوختهای متعارف در بسیاری از مناطق روستایی در دسترس می باشد ، ولی ارزش آنها بر حسب واحد انرژی مفید معمولاً خیلی بالاتر از ارزش سوختهای چوبی است.

این مساله با کمیاب شدن سوختهایی نظیر چوب تغییر می کند، ولی تاکنون تعداد کمی از مصرف کنندگان صنعتی، هزینه های اقتصادی مربوط به جانشینی سوختهای چوبی را پرداخته اند، لذا اندزاه گیری جهت جایگزینی وجود ندارد. از دیگر منابع متعارف چوب میتوان چوب مازاد به نیاز صنایع چوب سنتی را نام برد.

این منابع را از الوارهای بریده شده و یا از اراه کاری هایی که به منظور تهیه الوارهای بهتر صورت می گیرد بدست می آورند. این منابع اگر به طور مناسبی اداره شود، بخصوص اگر شامل پتانسیل موجود در زمینهای بایر نیز باشند، می توانند منابع بسیار بزرگی برای مصارف انرژی به حساب آید.

ب- ضایعات جنگلی ، کشاورزی، باغداری و صنایع غذایی : ضایعات کشاورزی که ممکن است برای تولید زیست توده مفید باشد، شامل تمامی انواع ضایعات محصولات کشاورزی میتواند باشد. سالانه مقدار زیادی ضایعات کشاورزی تولید می شود و این در حالی است ه بسیاری از اینها به صورت کامل مورد استفاده و بهره برداری قرار نمی گیرد.

وزن واقعی ضایعاتی که در هر محل معین و مشخص تولید می شود به عواملی چون آب و هوا، شرایط خاک و تکنیکهای کشاورزی به کار برده شده ، بستگی دارد.

اگرچه ممکن است استفاده از ضایعات کشاورزی برای تولید انرژی، به دلیل راندمان و یا صرفه اقتصادی جالب به نظر آید ولی باید با پتانسیلهای محلی موجود کشاورزی نیز مطابقت داشته باشد.

یکی دیگر از عوامل مهم در استفاده از ضایعات، ارزش اقتصادی آنهاست. سوزاندن ضایعات همچنین می تواند در تضمین عناصر اصلی خاک مهم باشد. در ایران برای استفاده از ضایعات بخش کشاورزی، مطالعاتی صورت پذیرفته است که به عنوان مثال می توان به طرح آرتیما در دریاچه ارومیه اشاره نمود که در این طرح قرار است این جاندار تک سلولی به عنوان ماده زیست توده مورد استفاه قرار گیرد.چ

در مراحل کاشت، داشت و برداشت محصولات کشاورزی، باغداری و جنگلداری به غیر از محصول اصلی موادی نیز به دستی می آیند که با نام زایدات کشاورزی شناخته می شوند؛ مانند : برگ، ساقه، پوست، غلاف میوه، سبوس، شاخه های فرعی و ... علاوه بر اینها در جریان فرآیندهای پردازشی و تبدیلی که ممکن است روی محصول اصلی انجام بگیرد، مواد بدون استفاده دیگری نیز به دست می آیند که از آنها به نام ضایعات

محصول تولیدی یاد می شود، مانند : تفاله های میوه ها، سبوس دانه ها، پوست و تراشه های چوب، خاک اره و غیره .

تمام این مواد از فرآیند فتوسنتز بدست می آید و دارای مواد آلی می باشد که در خود مقادیر زیادی انرژی ذخیره نموده اند که این انرژی می تواند به انرژی های دیگری مانند : گرمایی، شیمیایی ، برق یا انرژی مکانیکی تبدیل گردد.

- جامدات شهری : مواد زاید جامد شهری یا زباله ها (MSW) در برگیرنده انواع مختلفی از اشکال زیست توده از قبیل مقوا، کاغذ، نخاله های ساختمانی و زباله های ناشی از عملیات تجاری ، اداری و خانگی و صنایع می باشد.

در زباله های شهری انواع و اقسام مواد سوختنی و غیرسوختنی همراه با برخی ترکیبات سمی یافت می شود. زباله های شهری به هر دو صورت پردازش شده و یا خام می توانند تبدیل به انرژی شوند.

از آنجائیکه احتراق سوختهای جامد ممکن است سبب آلودگی اتمسفر شوند، باید بعضی از آلایندهای تولید شده به دقت خاصی بررسی شوند؛ بخاطر اینکه به علت تنوع مواد موجود در جریان ضایعات، آلاینده های تولید شده حاوی مشتقات گوگرد، کلر، فلوئر، ازت، هیدروکربنهای کلری و مواد سنگین می باشند.

با روشها و تکنیکهای موجود، با دفن این ضایعات در زیرزمین نیز توانسته اند به بیوگاز دست یابند، که با تصفیه گاز حاصل می توان این گاز را در تمام صنایع و بخصوص به عنوان سوخت بویلر در نیروگاهها به کار برد.

د- ضایعات مایع : فاضلابهای ناشی از زیستگاههای انسانی دارای انرژی قابل ملاحظه‌ای است و همانند فضولات حیوانی می تواند به روش غیر هوازی تخمیر یافته و گاز متان تولید کنند. تخمیر غیرهوازی فاضلاب، سالهاست که به اجرا درآمده است.

در گذشته، بخش اصلی از گاز تولید شده در تأمین انرژی برای روشنایی خیابانها مورد استفاده قرار می گرفت. در اکثر نقاط جهان، از گاز تولید شده برای فراهم آوردن انرژی مورد نیاز جهت گرمایش مورد نیاز در تاسیسات عمل آوری استفاده می شود. یا اینکه میتوان از آن برای به حرکت درآوردن موتوریک ژنراتور جهت تولید الکتریسیته مورد نیاز تاسیسات نیز استفاده کرد.

هـ- فضولات دامی : فضولات دامی بر اساس تخمیر بی هوازی می تواند به بیوگاز تبدیل گردد هرچند که در جوامع سنتی، فضولات دامی مستقیماً سوزانده می شوند، ولی در جوامع علمی و فنی کمتر اشاره ای به احتراق مستقیم فضولات دامی شده است. از بیوگاز حاصل از فضولات دامی نیز می توان مانند تمام موارد ذکر شده قبلی جهت تأمین انرژی‌های مورد نیاز در بخشهای مختلف صنعت استفاده کرد.

و – زایدات صنعتی : علاوه بر بخش کشاورزی و جنگلها، سایر صنایع نیز می توانند به عنوان منبع عظیم برای انرژی زیست توده مورد استفاده قرار گیرند. محصولات جانبی حاصل از تولید صابون، مواد شوینده، الکل، مواد غذایی، غلات، منسوجات گیاهی و ... از جمله منابع بالقوه برای تولید انرژی زیست توده به حساب می آیند.

Biomass Power Plant - Photo credit: U.S. Department of Energy.

- تکنولوژیهای تبدیل انرژی زیست توده

فناوریهایی که برای تبدیل زیست توده به انرژی به کار برده می شوند از سیستم بخاریهای باز ساده که در جهان در حال توسعه برای پخت و پز مورد استفاده قرار می گیرند تا واحدهای پرولیز پیشرفته تولید کننده سوختهای جامد، مایع و گازی را شامل می شوند. تکنولوژیهای تبدیل زیست توده می تواند به سه دسته اساسی تقسیم شود : فرآیندهای احتراق مستقیم، فرآیندهای شیمیایی و فرآیندهای بیوشیمایی.

۱- فرآیندهای احتراق مستقیم :

احتراق مستقیم یک فرایند اساسی است که معمولاً برای تبدیل زیست توده به انرژی مفید مورد استفاده قرار می گیرد. حرارت یا بخار تولید شده برای تولید الکتریسیته و یا فراهم کردن حرارت مورد نیاز برای مصارفی نظیر فرآیندهای صنعتی، گرمایش فضا، پخت و پز و یا گرمایش فضاهای عمومی مصرف می شود.

مصرف در مقیاس کوچک نظیر پخت و پز خانگی و گرمایش فضا، معمولاً بسیار بی فایده است و تلاشهایی در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه برای ارایه و ترویج بخاریهای کاراتر و با سیستم های جدیدتر انجام گرفته است.

در صنایع بزرگ، کوره و دیگهای بخار را جهت سوزاندن انواع زیست توده از جمله چوب، ضایعات چوبی، لیکور سیاه حاصل از عملیات تهیه خمیر کاغذ، ضایعات صنایع غذایی و ضایعات جامد شهری بهبود داده اند. این واحدها بسیار کارآمد می باشند و تقریباً میتوانند با کارایی کوره های سوخت فسیلی نیز رقابت داشته باشند.

۲- فرآیندهای ترموشیمیایی :

پیرولیز از اساسی ترین فرآیندهای مجموعه روشهای ترموشیمیایی در تبدیل زیست توده به محصولات با ارزش و مناسب است. محصولات تولید شده عبارتند از یک مخلوط گازی، یک مایع نفت مانند و چیزی شبیه زغال کربنی خالص. مقدار این محصولات به میزان و حجم ذخیره، دما و فشار واکنش و نیز مدت زمان حضور گاز در محل احتراق و نرخ گرمایش بستگی دارد.

پیرولیز دما بالا (۱۰۰۰ c) مقدار تولید گاز را ماکزیمم می کند و پیرولیز دما پایین (کمتر ۶۰۰ c) قرنها برای تولید زغال چوب مورد استفاده قرار می گرفته است.

۳- فرآیندهای بیوشیمیایی :

این نوع فرآیندها در بیوشیمی مواد خام و فعالیت متابولیک ارگانیزمهای میکربی جهت تولید سوختهای گازی و سوختهای مایع کاربرد دارد.

- اجزاء سازنده بیوگاز

بیوگاز تولید شده به صورت خام از ترکیبات متان (CH_4) ، گاز کربنیک (CO_2) ، همراه با مقادیر اندکی از سولفید هیدروژن (H_2S) و آمونیاک (NH_3) تشکیل شده است.

غلظتهای بسیار اندک از هیدروژن، نیتروژن و اکسیژن نیز ممکن است در بیوگاز یافت شود. ویژگی گازهای اصلی بیوگاز را می توان به صورت زیر بیان کرد.

متان : یک سوخت با ارزش است. غیرسمی و سبکتر از هوا است. که پس از سوختن به گاز کربنیک و بخار آب با وزن مولی هم ارز تبدیل می شود.

گاز کربنیک : یک گاز بی اثر، بدون رنگ و بو و با چگالی سنگین تر از هوا است. اثر سمی متوسط دارد. خفه کننده بوده و هرچه درصد آن در بیوگاز بیشتر باشد، ارزش حرارتی بیوگاز حاصل کمتر می شود.

سولفید هیدروژن : گازی بی رنگ، سمی و سنگین تر از هواست. این گاز علاوه بر خطرناک و سمی بودن، خورنده هم می باشد و می تواند در طول احتراق بیوگاز، مشکلاتی را برای تجهیزات احتراقی پدید آورد. گاز سولفید هیدروژن پس از احتراق به So_2 تبدیل می شود که آن نیز یک گاز سمی است و توان ایجاد واکنش اسید سازی را دارد.

آمونیاک : گازی تند و اشک آور و سبکتر از هواست. این گاز در هنگام سوختن در مشعل یا موتور احتراقی، ترکیبات No_2 پدید می آورد. غلظت آمونیاک در بیوگاز اغلب اندک است.

بخار آب : هرچند بخار آب خود یک ترکیب بی زیان است، اما پس از آمیزش با آمونیاک، گاز کربنیک و بویژه سولفید هیدروژن، خاصیت خورندگی پیدا می کند. حداکثر میزان بخار آب موجود در بیوگاز با دمای بیوگاز تغییر می کند. زمانیکه بیوگاز اشباع از بخار آب، تخمیر کننده را ترک می کند با خنک کردن آن، بخار آب متراکم شده و معیان می شود.

- کاربردهای بیوگاز

از بیوگاز می توان استفاده های گوناگون رد که هر یک نیازهای جداگانه ای را طلب می‌کند و البته در تمام حالات نصب سیستم، لوله های انتقال، شیرآلات کنترل و کنتورهای اندازه گیری ضرورت دارند. از انواع کاربردهای بیوگاز می توان به اجاقهای گاز، لامپهای بیوگاز، بخاریهای تابشی، آبگرمکنهای بیوگاز سوز، یخچال و موتورهای بیوگاز سوز اشاره نمود.

A- اجاقهای بیوگاز سوز :

این اجاقها و سایر خوراک پزهای استفاده کننده از بیوگاز به دلایل سادگی طرح و قیمت مناسب دارای پایه و بدنه فلزی معمولی می باشد، ولی شعله پخش کن و پستانک آنها باید از فلزات مقاوم در مقابل خوردگی ساخته شود.

B- لامپهای بیوگاز :

این لامپها دارای بازدهی کمی هستند و به دلیل حرارت بالا امکان آتش سوزی نیز دارند. با کمک بیوگاز می توان روشنایی شهرها را تأمین کرد و بدین وسیله در مصرف سوختهای فسیلی که ماده اولیه مورد نیاز در نیروگاهها هستند صرفه جویی نمود.

C- بخاریهای تابشی :

بخاریهای مادون قرمز همراه با تهویه مطبوع برای پرورش و نگهداری از حیوانات مثلا در مرغداریها و دامداریها بکار می روند. این بخاریها دارای بدنه سرامیکی بوده که به وسیله شعله های بیوگاز تا ۶۰۰ الی ۸۰۰ درجه سانتیگراد گرم می شوند. استفاده از این بخاریها نیز نیازمند به مراقبت و نگهداری ویژه است.

D - آبگرمکنهای بیوگاز سوز :

این دستگاهها از بیوگاز به عنوان سوخت استفاده می کنند و برای گرمایش خانگی و فضاهای مختلف اداری، تجاری و صنعتی بکار می روند.

E- یخچال :

یخچالهای نوع جذبی که با آمونیاک و آب کار می کنند، می توانند از بیوگاز به عنوان سوخت استفاده کنند. در اینجا نیز رعایت نکات ایمنی از جمله پیلوت ایمنی ضرورت اساسی دارد. بسته به دمای محیط، یک یخچال ۱۰۰ لیتری، روزانه ۲۰۰۰ لیتر بیوگاز مصرف می کند.

F- موتورهای بیوگاز سوز :

از بیوگاز حاصل از زیست توده به عنوان سوخت می توان در انواع موتورهای موجود اعم از دیزلی و چرخه ای و نوع تبدیل و یا چهار زمانه استفاده نمود و این موتورها را به حرکت واداشت. امروزه طرحها و سیستم های متنوعی در رابهط با مصارف زیست توده در جهان موجود می باشند و لابراتورهای فراوانی در این زمینه مشغول به کار هستند که می توان جهت دریافت اطلاعات بیشتر و کاملتر و فنی تر از آنها بهره گرفت.

قسمت ۴-۱- انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی یک منبع تمیز انرژی تجدیدپذیر می باشد که می تواند با روشهای حمایتی مورد بهره برداری قرار بگیرد. اجزای اصلی یک مرکز تولید انرژی زمین گرمایی عبارتند از :

الف- تعدادی چاه برای بهره برداری از حرارت زمینی موجود در زیرزمین توسط یک حامل مایع (بخار و یا آب گرم و یا آب شور گرم)

ب- سیستم گردآوری برای چنین مایعی

پ- یک نیروگاه برای استفاده از حرارت حامل مایع برای تولید برق

ت- یک سیستم برای تزریق دوباره آب غلیظ شده ، یا آب باقیمانده یا شوراب جدا شده خروجی برق خالص واقعی نیروگاه از تقابل بین این اجزاء حاصل می شود. در حالت کلی، داریم :

نیروگاه + ناحیه تولید= ملزومات انرژی زمین گرمایی

- ناحیه تولید :

در حالت کلی، ناحیه تولید یک میدان زمین گرمایی، با شرایط مساعد برای تولید انرژی برق، اغلب بدین شکل است :

۱- تعدادی چاه برای تولید و تزریق دوباره

۲- تاسیسات تفکیک آب از بخار یا آب شور از بخار

۳- تاسیسات گردآوری بخار، آب / بخار یا آب شور / بخار

۴- سیستم تزریق دوباره بخار مایع شده، آب باقیمانده، یا آب شور جدا شده

۵- سیستم تخلیه بخار برای مقابله با وضعیت های اضطراری

۶- تجهیزات کنترل مربوط به هر کدام از این اجزاء که برای فعالیت ناحیه تولید در شرایط ایمنی و مناسب لازم است

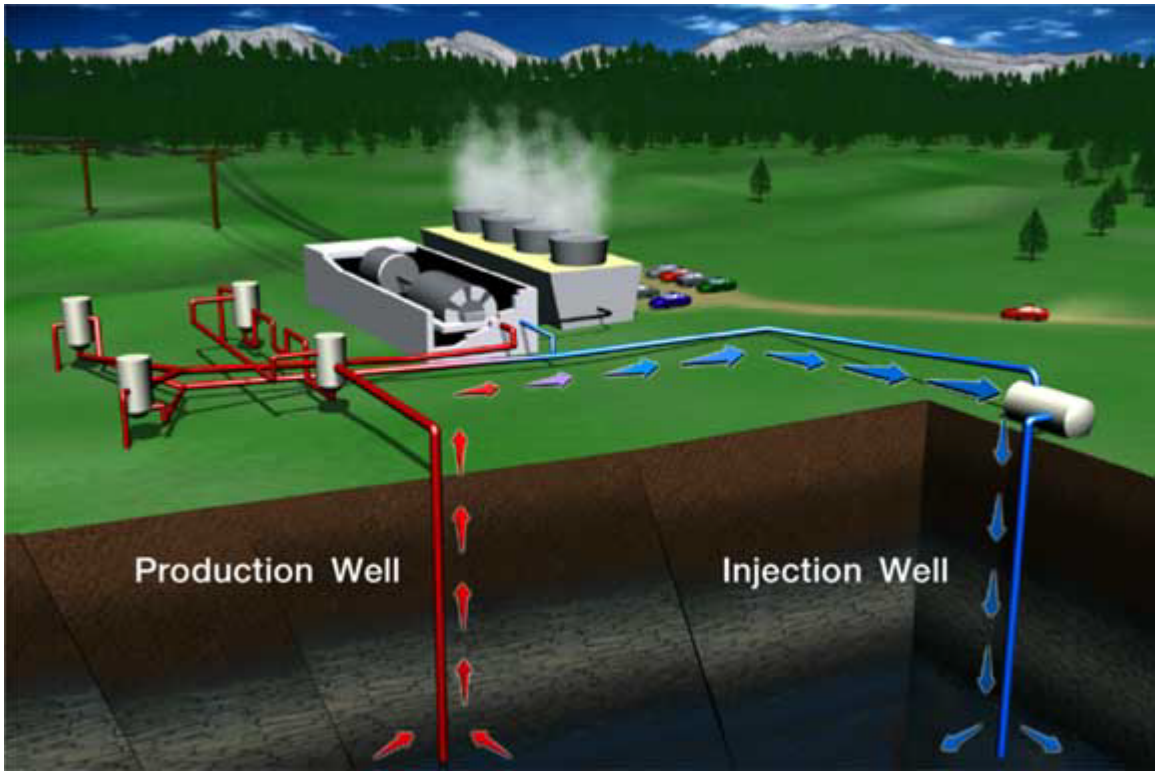
یک ناحیه تولید زمانی کامل است که قابلیت دریافت سیال حامل را با اندازه و کیفیتی که لازم است داشته باشد، تا نیروگاه وابسته به آن را با حداکثر خروجی تأمین کند. همه سیال باقیمانده دوباره به زیرزمین برای گرم شدن دوباره توسط جریان حرارتی زمین و تولید دوباره بخار تزریق می شود یا به یک روش بی خطر زیست محیطی دفع می شود.

- نیروگاه :

نیروگاه عبارتست از واحدهای تکی یا چندتایی تولیدی که شامل : توربین بخار یا دوگانه، ژنراتور، کندانسور (متراکم کننده- مایع کننده)، سیستم خنک کننده،

ترانسفورماتور، سیستم استخراج گاز و همه تجهیزات کنترل الکتریکی وابسته می باشد.

این نیروگاه به سیستم تأمین کننده آب شور/ بخار زمین گرمایی متصل است.



- ظرفیت نصب شده :

ظرفیت نصب شده (برحسب MW_e) ، مقداری مرجع برای نیروگاه است، که توسط سازنده، وقتیکه نیروگاه در شرایط طراحی شده اش کار می کند تنظیم شده است. اگر احتمالاً واحدهای ذتیره ای وجود داشته باشد، نباید به عنوان ظرفیت نصب شده مطرح شوند؛ اما می توانند در یک فهرست جداگانه به حساب بیایند.

- باراماکزیمم (بار حداکثر) :

بار ماکزیمم (برحسب MW_e) بالاترین مقدار متوسط برای مدت بیشتر از یکساعت است که از ترمینالهای ولتاژ ژنراتور اندازه گیری می شود، در شرایطی که نیروگاه در شرایط طراحی شده اش و یا شرایط تنظیم نقطه ای کار کند.

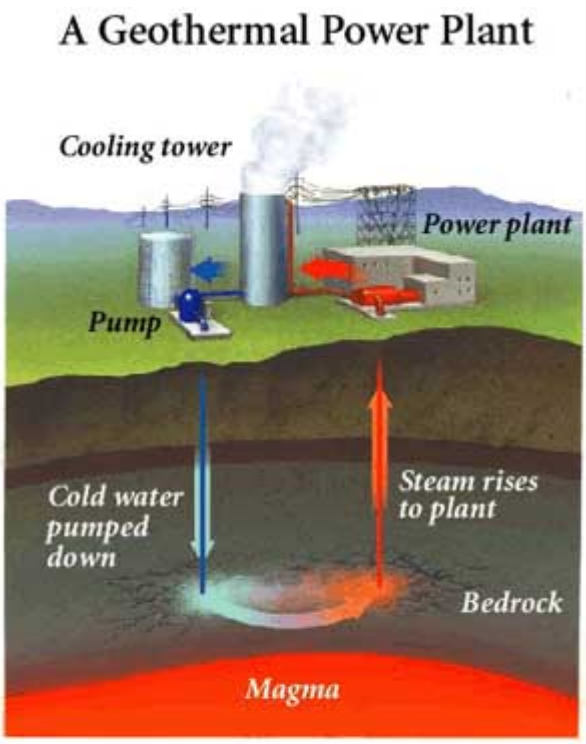
- برق تولید شده سالیانه :

برق تولید شده سالیانه، برقی است که سالیانه توسط نیروگاه، درطول زمان مشاهده، (برحسب MWh) تولید می شود. این برق خروجی در ترمینالهای ولتاژ ترانسفورماتور اندازه گیری می شود.

- شرایط طراحی :

نیروگاه برای محدوده مخصوصی از شرایط عملیاتی طراحی شده است. تغییرات طبیعی شرایط میان زمین گرمایی در مقادیر فشار، حرارت و حجم گاز، می تواند خروجی خالص نیروگاه را تغییر دهد.

ضریب توان، آب خنک کننده یا حرارت هوای محدود (تاثیرات فصلی)، همچنین از شرایط ویژه طراحی هستند و اغلب نیروگاه با این پارامترها کار می کند. خروجی برق باید اصلاح شود تا با انحرافات ذکر شده در بالا به حساب بیاید.



A geothermal power plant uses heat from Earth's interior as an energy source. Cold water is piped deep into the ground, where it is heated by magma. The resulting steam can be used for heat or to generate electricity.

- قطعی برنامه ریزی شده :

قطعی نیروگاه یا ناحیه تولید که قبلاً به خوبی زمان بندی شده است (حداقل از دو هفته قبل)، و در برنامه قطعی سالیانه نیروگاه قرار داده شده است.

- قطعی اجباری :

قطعی نیروگاه یا ناحیه تولید که لازم می دارد تا نیروگاه بلافاصله و یا قبل از قطعی برنامه‌ریزی شده قبلی، از سرویس خارج شود.

- سقوط یکمرتبه تولید بخار / آب شور :

وضعیتی که در آن ظرفیت تولید بخار/ آب شور چاههای زمین گرمایی قادر به تکاپوی مقدار بخار مورد نیاز نیروگاه نیست.

- منبع آب شور/ بخار :

منبع بخار/ آب شور، بخار متوسط بعلاوه حجم گاز غیرقابل مایع شدنی است که به جریان درآمده و به توربین و سیستم استخراج گاز تحویل داده می شود تا توربین را قادر سازد که ماکزیمم بار خود را بدست بیاورد.

بخش دوم :

حدود قدرت منصوبه از هر روش

« گزارش شورای جهان انرژی درباره انرژی تجدیدپذیر در جهان»

برق در جهان :

ارقام ذیل تولید الکتریسیته در جهان را نشان می دهد. برای مثال در سال ۱۹۹۸ :

- مصرف برق به ازای هر ساکن : ۴۴۰ kwh به ازای هر ده نفر در جنوب آسیا

۱۴۰۰۰ kwh به ازاری هر نفر در آمریکای شمالی

- مجموع تولید برق : ۱۴۳۱۷ Twh (Twh=۱۰۰۰ kwh =۱۰^{۱۲}wh) ، با یک رشد متوسط سالیانه ۲/۴ درصدی بین سالهای ۹۸-۱۹۹۳ می باشد، در حالیکه رشد سالانه جمعیت در این دوره ۱/۴ ٪ بود.

- ترکیب انرژیهای مختلف برای تولید برق :

فسیلی	٪ ۶۲/۷	۸۹۸۳ Twh
آبی	٪ ۱۸/۷	۲۶۷۴ Twh
هسته ای	٪۱۷/۱	۲۴۴۶ Twh
زیست توده	٪ ۱/۱	۱۵۵ Twh
زمین گرمایی	٪ ۰/۳	۴۲Twh
باد	٪ ۰/۱	۱۶/۴ Twh
خورشیدی	٪ ۰/۰۱	۱/۲ Twh

- مجموع منابع تجدیدپذیر (شامل برق آبی) : ۲۸۸۷ Twh (۲۰/۲٪) ، با نرخ رشد متوسط سالیانه ۲٪ ، بین سالهای ۱۹۹۳ و ۱۹۹۸ (این رقم برای انرژیهای با دو خورشیدی نسبت به زیست توده و زمین گرمایی بزرگتر می باشد، که بزرگترین ناحیه RES را نشان می‌دهد).

انرژی تجدیدپذیر در جهان

جدول A.۱ که در ذیل می آید، ارقام اصلی توسعه انرژی تجدیدپذیر را در انتهای سال ۱۹۹۹ شرح می دهد.

جدول A.۱ – انرژیهای تجدیدپذیر در جهان در پایان سال ۱۹۹۹ :

	Installed power	Forecast 2010	Installed in 1999	Annual growth rate (%)	Average cost / kWh	Top 5 countries	Observations
WIND	13 500 MW	70 000 MW (40 000 MW for Europe)	3.7 MW	~25 %	4 to 7 US cents	Germany 6.60 TWh USA 4.41 TWh Denmark 3.35 TWh India 2.5 TWh Spain 2.51 TWh	**Wind farms** : Buena Vista (USA) = 183 MW / Koudia (Morocco) = 50 MW / Helgoland (offshore project Germany) = 1200 MW **Turbine powers** : Average 500 - 750 kW / Max 2500kW (Germany) / Prototype 5MW (offshore)
SOLAR / PV	~600 MW	3 000 MW in Europe	45 MWc cells & modules produced	~29 %	up to ~1 US $	Japan 205 MWp USA 117 MWp Germany 70 MWp Australia 25 MWp Italy 19 MWp Switzerland 13 MWp Mexico 13 MWp	**Examples** : Carrisa Plains (USA) = 5 200 kWp / Napoli (Italy) = 3 300 kWp / Saijo (Japan) = 1 000 kWp / Munich (Germany) = 1 000 kWp / Toledo (Spain) = 1 000 kWp
BIOMASS	155.2 TWh produced in 1998			0.2 % (mean annual 1993-98)	~3 US cents	USA 63.1 TWh Japan 21.4 TWh Brazil 9.4 TWh Germany 7.5 TWh Russia 6.4 TWh	**Various types of biomass** : Wood energy / Industrial wastes / Domestic wastes / Landfill biogas **Size** : 2 to 100 MW (average ~20MW)
GEOTHERMAL	7 974 MW	between 21 GW and 32 GW (depending on scenarios)	1 137 Mwe	16.6 %	3 to 5.5 US cents	USA 2 228 Mwe Philippines 1 909 Mwe Italy 785 Mwe Mexico 755 Mwe Indonesia 590 Mwe	**Various types of technologies** : • Aquifers (180 to 350 °C) • Binary (90 to 150 °C)

در میان استانداردهای ملی و بین‌المللی و دستورالعملهای پیشنهادی برای توسعه RES، می توان ملاحظه کرد :

- در آمریکا، کمیسیون آیین نامه انرژی فدرال ، استفاده از حداقل ۵ ٪ RES را برای تولیدکنندگان برق اجباری می کند (به استثناء نیروگاههای آبی بزرگتر ۱۰ MW)

- در اتحادیه اروپا، یک پروژه اجباری تعیین کرده است که تا سال ۲۰۱۰ ، ۱۲٪ از مصرف انرژی باید بوسیله RES تأمین شود (انرژی بادی ، خورشیدی، زیست توده، زمین گرمایی و جزر و مدی).

متعاقباً اهداف مورد نظر می توانند به شکل زیر فرض شوند :

	۱۹۹۵	۲۰۱۰
زیست توده	۴۴/۸ Mote	۱۳۵ Mote
برق آبی کوچک	۹/۳ Gw	۱۳/۸ Gw
باد	۳/۵ Gw	۴۰ Gw
خورشیدی (حرارتی)	۶/۵ Mm^2	۱۰۰ Mm^2
خورشیدی (pv)	۰/۰۷۵ Gw	۳ Gw
زمین گرمایی (برق)	۰/۵ Gwe	۱ Gwe
زمین گرمایی (حرارت)	۰/۷۵ Gwe	۲/۵ Gwe
بقیه	۰	۱ Gw

« انرژی باد»

- انرژی باد در جهان : در پایان سالهای ۱۹۷۰ و در طول سالهای ۱۹۸۰، چند کشور اروپایی اولین برنامه های انرژی بادی خودشان را شروع کردند. بیشتر آنها سعی کردند تا توربینهای بادی بزرگ را در رنج مگاوات گسترش دهند، اما فقط به شکل محدودی موفق شدند. همچنین شرکتهای برق سراسری ترجیح داده اند تا سیستمهای بزرگ را در کلاس مگاوات مورد آزمایش قرار دهند، که البته همیشه آن مشکلات مراحل اولیه را با خود داشتند.

از سوی دیگر، مبدلهای کوچک در رنج ۱۰ تا ۵۰ کیلووات توسعه داده شده و در همین زمان نصب می شدند. بیشتر آنها در دانمارک ساخته شده بودند و توسط اپراتورهای کشاورزی مورد استفاهد قرار گرفته بودند.

مبدلهای کلاس ۵۰ کیلووات در شروع اولین جهش انرژی باد در کالیفرنیای آمریکا بر بازار تسلط یافتند. وفور آنها در بازار تا کلاس ۲۰۰ کیلووات ، چند سال بعد در اواسط دهه هشتاد اتفاق افتاد. در پایان سالهای دهه ۸۰ ، حدود ۱۶۰۰۰ مبدل با ظرفیت کلی ۱۵۰۰ مگاوات در آماریکا و بیشتر هم در کالیفرنیا نصب شده و کار می کردند.

در قاره اروپا، دانمارک سیاست موفق خود را در رشد تکاملی و الزام سیاسی صریح برای انرژی باد ادامه دارد. این کشور تا اوایل دهه نود به عنوان کشور پیشرو در نیروی باد باقی ماند. در همان زمان کلاس ۳۰۰ تا ۵۰۰ کیلووات به شکل موفقی در بازار اروپا مطرح شده بود، که شروع یک جهش مهم انرژی باد در آلمان را نشان می داد. در طول توسعه سریعش، صنعت باد آلمان به شکل موفقیت آمیزی در فناوری، مخصوصاً در

فناوریهای مبدلهای جدید، پیشرو شد؛ تا یکی از کشوشرهای عمده در بازار جهانی انرژی باد باشد.

نیمه هادی دهه ۹۰ ، توسعه و نصب تجهیزات ۱ تا ۱/۵ مگاوات را با خود داشت. این توسعه بوسیله بازارهای بسیار مطمئن و تعرفه های قانونی قابل توجه که در بسیاری از کشورها وجود داشت، ممکن شد، که اغلب شبکه ها را مجبور می کرد نیروی باد را در اندازه های بالاتر خریداری کنند.

بازار امروزی :

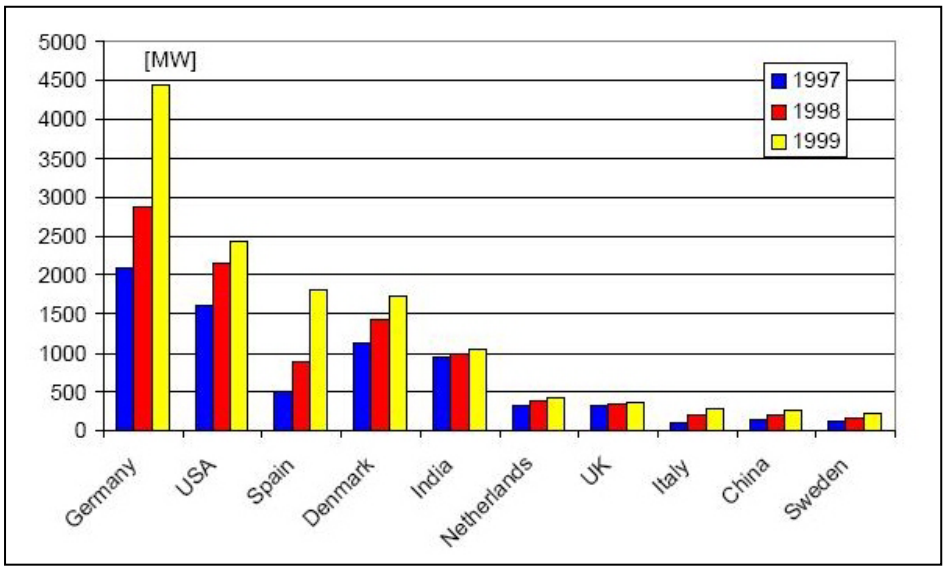
پیشرفت انرژی باد در سرتاسر جهان، در سالهای اخیر به شکل سازگاری تاثیرگذار شده است.

در پایان سال ۲۰۰۰ بیش از ۱۶۰۰۰ مگاوات از توربینهای بادی تولید کننده برق، در ۵۰ کشور در حال کار بودند. بیش از ۱۹۰۰ مگاوات از این توربینها در کشورهای اتحادیه اروپایی نصب شده بود . (۹۵۰۰ مگاوات در سال ۱۹۹۹).

سال ۱۹۹۹، یک سال بسیار برجسته با بیش از ۳۰۰۰ مگاوات تاسیسات جدید در کشورهای عضو اتحادیه اروپا بود. در طول هفت سال گذشته میانگین رشد سالیانه بازار در اروپا حدود ۴۰ درصد بود. این رقم با رشد در صنعت کامپیوتر و بخش ارتباطات برابر است. از سال ۱۹۹۳ ظرفیت نصب شده با نسبت هشت به یک افزایش یافت، در حالیکه ظرفیت ساخته شده در سال ۱۹۹۹ (۳۱۵۰ MW) در مقایسه با سال ۱۹۹۳ (۳۳۰ MW) تقریباً ده به یک بود.

چهار بازار بزرگ برای انرژی باد در سالهای دهه ۹۰ –آلمان ، آمریکا، دانمارک و اسپانیا- تقریباً ۸۰ درصد از فروش جهانی در سالهای ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ را به انجام رسانیده اند (تصویر A.۱ را ببینید)

در میان کشورهای در حال توسعه، هند تلاشهای قابل توجهی انجام داده است؛ تمام مقادیر قول داده شده توسط مسئولین هندی برای تحریک بازار و همچنین حمایت فعال بانک جهانی، به هنر اجازه می دهد تا جزو ۵ کشور برتر در بازار جهانی انرژی بادی شود. (در پایان سال ۲۰۰۰، ۱۱۵۰ MW نصب شده است).



تصویر A.۱ : ده بازار بزرگ جهان در پایان سال ۱۹۹۹ (مجموع مگاوات نصب شده)

ده سازنده برتر در سال ۱۹۹۹ ، ۹۵٪ از بازار را که فقط از چهار کشور : دانمارک، آمریکا، آلمان و اسپانیا ناشی می شود، نمایندگی می کنند.

الگوی سرمایه گذاری نوعی برای پروژه های انرژی باد (تجزیه هزینه ها در اروپا)

هزینه های سرمایه گذاری نوعی برای انرژی باد (جدول A.۲ را ببینید) که در ذیل می‌آید، از چهار کشور مختلف در اروپا گردآوری شده است. در وهله اول می توان دید که آلمان بالاترین هزینه توربین با رقم ۸۰۰ تا ۸۵۰ یورو به ازای هر کیلووات را دارد، در حالیکه بالاترین هزینه های اضافی در فرانسه یافت می شود (۳۶۰ یورو به ازای هر کیلووات، ای ۴۷٪ از هزینه توربین).

باید قبول کرد که پروژه های ارزیابی شده در فرانسه، نسبتاً کوچکتر از پروژه های آلمانی هستند؛ و در نتیجه به ازای هر پروژه، هزینه های ویژه اضافی بالاتری را رقم می زنند.

آشکار است که یک ارتباط مستقیم بین هزینه متوسط توربین به ازای هر کیلووات و تراز خالص تعرفه های تغذیه برای انرژیهای نو وجود دارد. از اینرو، آلمان با تجارب تعرفه ای بالا و مشوقهای شایان توجه بالاتر (در قیمت کارخانه ای محصولات) ، در مقایسه با دیگر کشورها، یک بازار با پیشرفت سریع و رقابت شدید بین سازندگان توربین و توسعه دهندگان پروژه را بوجود آورده است. با کاهش منابع زمینی در محلهای نصب تاسیسات توربینهای بادی، آلمان سریعترین گام را در رشد اندازه توربینها برداشته است، (اندازه میانگین توربینهای نصب شده در سال ۱۹۹۸، kw ۷۸۳ بود). بویژه، قیمت کارخانه ای محصولات برای توربینهای با کلاس مگاوات، به شکل مشخص، هنوز از توربینهای ۶۰۰ کیلوواتی که در سریهای بزرگ نصب شده و در اسپانیا یافت می شوند، بالاتر است.

از سوی دیگر، این گام سریع پیشرفت در آلمان – ۴/۳Mw ظرفیت جدید در هر روز در سال ۱۹۹۹- تأثیر کاهش در هزینه های اضافی برای اتصال به شبکه، امور

زیرساختی و ... را در پی داشته است. این موضوع آشکار شده است تا نتیجه ای برای تجارب انباشته شده در برنامه ریزی پروژه ، رویه های تاسیسات و ساخت فونداسیونها، جاده های دسترسی و ... باشد.

	Germany	Denmark	Spain	France
Wind turbine in Euro / kW	800 – 850	705	660	765
Additional Costs in Euro / kW	224 – 298	141 – 219	220	360
Total Project Costs	**1024 – 1148**	**846 - 924**	**880**	**1124**
in % of wind turbine cost:				
Foundation	5.4 – 6.8	4.8 – 7.5	6.7	
Electrical and grid connection	12.5 – 13.8	9.9 – 13.7	18.7	
Infrastructure	1.8 – 2.8	1.3 – 1.7	1.3	
Planning	3.3 – 5.1	1.3 – 4.4	1.3	
other expenses[a)]	4.7 – 6.0	2.5 – 4.0	5.3	
Total Project Costs[b)] in %	**128 – 135**	**120 – 131**	**133**	**147**

a) such as fees for building permission, legal fees etc.
b) In percentage of turbine costs

جدول ۲. A : توربین بادی نوعی و هزینه های پروژه در ۴ کشور انتخاب شده در سال ۱۹۹۸ جوانب توسعه و پیشرفتهای بعدی

در ۲۰ سال گذشته، اندازه نیروگاهها از ۵۰ کیلووات توان مجاز با ۳۰ توربین تا حدود ۱۵۰۰ کیلووات توان مجاز به ازای هر توربین، بواسطه، پیشرفت مجدد سازگار و « کار مقیاس بالا» توسعه یافته است. بهرحال، این روند افزایش مقیاس مستقیم، قادر نخواهد بود تا به حرکت پویای خود مطابق با دانش امروزی ادامه دهد؛ بخاطر اینکه، به آخریم حد از اندازه های فنی و اقتصادی دست یافته است. با وجود این، توربینهای بادی با توان مجاز ۳۰۰۰ تا ۵۰۰۰ کیلووات برای نسل بعدی امکانپذیر می باشد، چونکه قطرهای روتور ۱۰۰ متری بواسطه تکنولوژی جدید می تواند ساخته شود.

ایران

در ایران نیز با توجه به وجود مناطق بادخیز، طراحی و ساخت آسیبهای بادی از ۲۰۰۰ سال قبل از میلاد مسیح رایج بوده و هم اکنون نیز بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌بردای از توربینهای بادی فراهم می باشد. مولدهای برق بادی می تواند جایگزین مناسبی برای نیروگاههای گازی و بخاری باشد.

مطالعات و محاسبات انجام شده در زمینه تخمین پتانسیل انرژی باد در ایران نشان داده‌اند که تنها در ۲۶ منطقه کشور (شامل بیش از ۴۵ سایت مناسب) ، میزان ظرفیت اسمی سایتها، با در نظر گرفتن یک راندمان کلی ۳۳ درصدی، در حدود ۶۵۰۰ مگاوات می‌باشد و این در شرایطی است که ظرفیت اسمی کل نیروگاههای تولید برق کشور ، (در حال حاضر)۳۴۰۰۰ مگاوات می باشد.

پتانسیل قابل بهره برداری انرژی باد در جهان ۱۱۰ اگاژول (هر اگاژول معادل ۱۰۱۸ ژول) برآورد گردیده است که از این مقدار ۴۰۰۰۰ مگاوات ظرفیت نصب شده تا اواخر سال ۲۰۰۳ میلادی در جهان می باشد. لازم به ذکر است که این مقدار در پایان سال ۲۰۰۲ معادل ۳۳۴۰۰ مگاوات بود. از این مقدار پنج کشور آلمان ۳۸/۵ ٪ ، اسپانیا ۱۵/۴ ٪ ، دانمارک ۹/۲ ٪ ، آمریکا ۱۵/۰۳ ٪ و هند ۵/۴ درصد (بقیه جهان ۱۶٪) از آنرا درا ختیار دارند.

« انرژی خورشیدی»

آمار و ارقام

انرژی خورشیدی ۰/۰۴ ٪ از تولید برق جهان در سال ۱۹۹۸ را نمایندگی می کند. انرژی خورشیدی (حرارتی و pv) هنوز منبع انرژی است که فقط به شکل محدودی برای تولید الکتریسیته استفاده می شود. بر پایه فن آوری مدول فتوولتاییک (از چند ولت تا چندصد وات) ، یا نیروگاههای هلیوترمودینامک – حرارتی خورشیدی (چند ده مگاوات) ، بخش خورشیدی هنوز به درجات قابل توجه توان، نسبت به دیگر منابع انرژی دست یافته است.

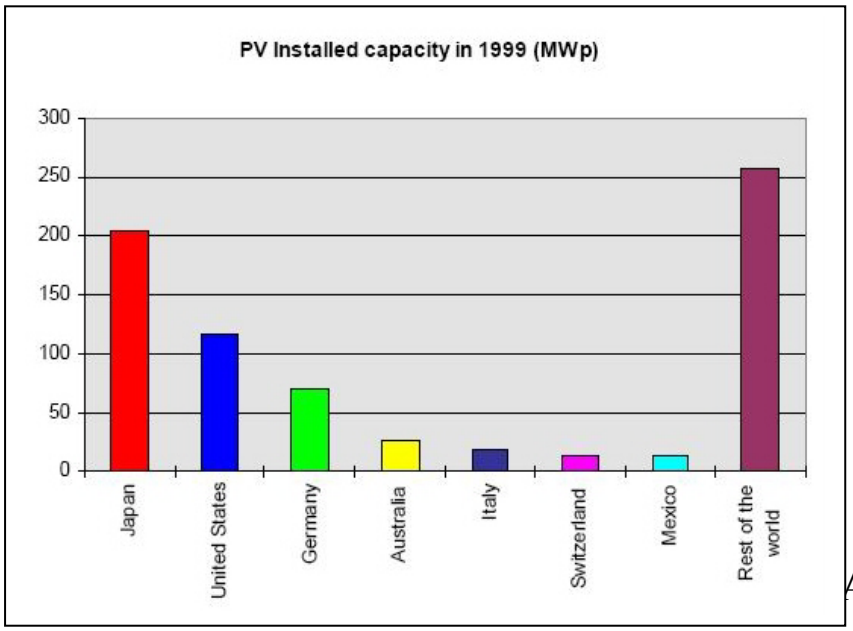
این انرژی در اصل در کشورهای صنعتی توسعه یافته است، سیاستهای بزرگ تولید در آمریکای شمالی (۷۳/۲ ٪ از تولید جهانی در سال ۱۹۹۸)، شرق آسیا (۱۰/۷٪) و اروپای غربی (۸٪) واقع می باشند.

در مقایسه با وضعیت آمریکای شمالی که با یک رکورد نسبی مواجه است، دیگر مناطقی که تولید انرژی خورشیدی در آنها توسعه یافته است، نرخ رشد و رقمی دارند : ۵۰/۸ +٪ برای شرق آسیا بین سالهای ۱۹۹۴ و ۱۹۹۸ ، ۲۶+ ٪ برای جنوب اروپا، ۲۴/۴+ ٪ برای جنوب آسیا، و ۱۵/۳+ ٪ برای اقیانوسیه (برای دوره ۱۹۹۵-۱۹۹۸) ، این نرخهای بالای رشد می تواند بواسطه بلوغ تکنولوژیکی و موقعیت اقتصادی و کاربردهای فتوولتاییک برای برق رسانی روستای در هند، مراکش، مکزیک، برزیل و ... شود.

ایالات متحده آمریکا بخاطر نیروگاههای هلیوترمودینامیکی (حرارتی خورشیدی) بزرگش (در حال حاضر ۳۵۰ مگاوات در حال بهره برداری) در سال ۱۹۹۸، در بالای لیست کشورهای تولید کننده برق با منبع خورشیدی باقی ماند. ژاپن در جایگاه دوم، ۷/۷٪ از تولید جهانی را نمایندگی می کند، اما در بخش ظرفیت نصب شده فتوولتاییک در سال ۱۹۹۹ اولین کشور می باشد. باید تذکر داده شود که ، حضور کشورهایی نظیر

هند، مکزیک و مراکش در این طبقه بندی کلی، که تجربه حرکت حمایتی دارند، ناشی از برنامه‌های برق رسانی روستایی با استفاده از انرژی خورشیدی می باشد که توسط حکومتهایشان اجرا شده است.

در خصوص ظرفیت نصب شده فتوولتاییک ، تقریباً ۷۲۰ Mwp در جهان تا پایان سال ۱۹۹۹ نصب شده است. ژاپن با فاصله زیاد اولین کشور با ۲۰۵ Mwp می باشد، که توسط ایالات متحده با ۱۱۷ Mwp دنبال می شود، آلمان ۶۹/۵ Mwp ، استرالیا ر ۲۵/۳ ، ایتالیا ۱۸/۵ Mwp ، سوئیس ر ۱۳/۴ و مکزیک ۱۲/۹ Mwp- تصویر A.۶ را ببینید :



تصویر ۶. A

بعلاوه ، در طول سال ۲۰۰۰ ، تولید جهانی باتریهای خورشیدی ۴۴ ٪ و ظرفیت تاسیسات در اتحادیه اروپا ۲۹٪ بالا رفت. این روند باید در سال ۲۰۰۱ ، توسط برنامه های ملی جدید وابسته به سیستمهای فتوولتاییک متصل به شبکه، که به اجرا درمی آیند، تقویت شود (به ویژه آلمان، ایتالیا و ژاپن) و باعث افزایش وارد شدن گروههای بزرگ صنعت نفت در این بخش شود.

« انرژی زیست توده»

زیست توده در میان انرژیهای تجدیدپذیر، مقام نخست را در عرضه انرژی جهان دارا می‌باشد؛ به گونه ای که در سال ۲۰۰۰ بیش از ۱۰ درصد عرضه انرژی اولیه جهان از منابع زیست توده تأمین گردیده است. در زمینه تولید برق از منابع تجدید شونده، زیست توده پس از انرژی آب در جایگاه دوم قرار دارد و در سال ۲۰۰۰ حدود ۶ درصد سهم جهانی را به خود اختصاص داده است؛ بطوریکه در سال ۲۰۰۰ مجموع ظرفیت نیروگاهی نصب شده جهت بهره برداری از انرژی زیست توده در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاریهای اقتصادی (OECD) معادل ۲۳۰۰۰ مگاوات بوده است.

با توجه به عوامل اقتصادی و اجتماعی، موضوع زیاده روی در مصرف انرژیهای تجدیدنشدنی و کمبود تولید، زیست توده به عنوان یک انرژی نوین در کشورهای پیشرفته جهان به صورت یک خلاء احساس می شود.

جدول زیر تولید و مصرف سوخت بیوماس در سالهای (۱۹۸۵-۱۹۹۰) در بخشهای مختلف جهان را نشان می دهد :

منطقه	منطقه تلوید و مصرف سوخت بیوماس (برحسب کوادریلیون BTU)
آمریکای شمالی	۳/۶۳
اروپا	۰/۹۹
اسکاندنیاوی	۰/۲۴
اتحادیه اروپا	۰/۲۳
جامعه اقتصادی اروپا (EEC)	۰/۰۳
اروپای مرکزی	۳/۳
اروپای شرقی	۰/۱۶

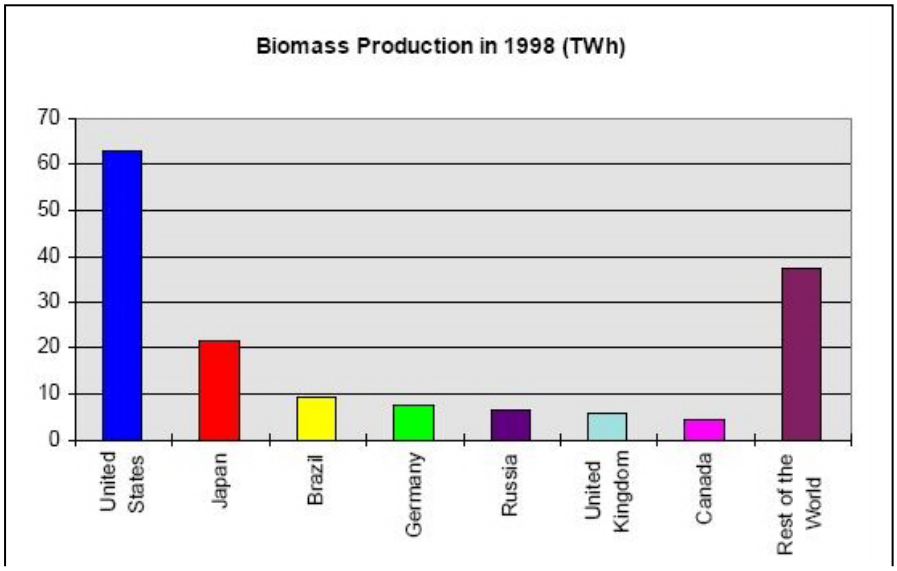
۱/۲	آفریقا
۴/۴	آسیا
۱/۵	آمریکای لاتین
۰/۱	اقیانوسیه

ارقام و واقعیت هایی درباره انرژی زیست توده

زیست توده از چهار زیرشاخه تشکیل شده است که، برابر است با فهرستی که توسط آژآنس بین‌المللی انرژی (IEA) استفاده شده است :

- چوب، ضایعات درختی و کشاورزی، کودهای حیوانی
- زباله های جامد صنعتی
- زباله های جامد شهری
- بیوگاز

زیست توده به عنوان دومین منبع مهم تجدیدپذیر بعد از برق آبی، سطوح تولیدی نسبتاً پایداری را در دوره ۱۹۹۸-۱۹۹۳ تجربه کرده است. کشورهای اصلی تولید کننده برق در سال ۱۹۹۸ در تصویر ۷. A فهرست شده اند :



تصویر A.۷ : کشورهای اصلی تولید کننده برق از زیست توده در سال ۱۹۹۸

- زیست توده در جهان

بیش از Twh ۱۵۵ برق زیست توده در جهان در سال ۱۹۹۸ تولید شده است، این بخش به شکل واضح توسط آمریکالی شالی با تولید Twh ۶۸ (۴۳/۵ ٪ از مجموع جهانی) مورد تسلط واقع شده است. اروپای غربی (Twh ۴۰) و شرق آسیا (۲۵Twh) به ترتیب جایگاههای دوم و سوم را در دست دارند. در ایالات متحده آمریکا، زیست توده بیش از ۳ ٪ از مصرف انرژی ایالات متحده را نمایندگی می کند؛ در فنلاند، سوئد و اتریش، ۱۳ تا ۱۸ ٪ از برق تولیدی توسط زیست توده پشتیبانی می شود.

تکامل تولید انرژی از زیست توده بین سالهای ۱۹۹۳ و ۱۹۹۸ ، توسط رشد پایدار اروپای غربی (۷/۸ + ٪ به ازای هر سال)، شرق آسیا (۷/۲+ ٪ و جنوب آمریکا (۶/۸+٪) مشخص می شود. از سوی دیگر، این دوره شاهد از بین رفتن تولید در یکی از تولیدکنندگان مهم بود؛ تولید در کشورهای مشترک المنافع (شوروی سابق) از Twh ۳۰/۶ در سال ۱۹۹۳ به Twh ۶/۵ در پایان سال ۱۹۹۸ رسید.

لازم به ذکر است، نرخ رشد متوسط سالانه این صنعت در سطح جهانی، ۰/۲ ٪ می باشد.

زیست توده در ایران

در ایران نیز استفاده از زیست توده سابقه ای قدیمی دارد. محمدبن حسین عاملی معروف به شیخ بهایی در سال ۱۰۳۱-۹۳۵ هجری قمری جزء نخستین کسانی بوده که از زیست توده استفاده کرده و آن را به عنوان سوخت یک حمام در اصفهان بکار برده است.

اولین هاضم تولید گاز متان در ایران در روستاهای نیازآباد لرستان در سال ۱۳۵۴ ساخته شده است. این دستگاه به گنجایش ۵ مترمکعب فضولات گاوی روستا را مورد استفاده قرار داده و بیوگاز مصرفی حمام مجاور را تأمین می نمود.

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

در ایران تاکنون به صورت عمده تاسیسات استخراج بیوگاز از دفنگاه زباله در سه شهر به اجرا درآمده است. شیراز نخستین شهری است که این کار را به انجام رساند. پس از شیراز شهرهای مشهد و اصفهان نیز در اینکار موفق شدند. در شهر شیرازبه همت سازمان بازیافت و تبدیل مواد، آزمایش راه اندازی موتور دوگانه سوز با بیوگاز به قدرت حدود ۹ کلیووات الکتریکی نیز با موفقیت به انجام رسیده است.

« انرژی زمین گرمایی»

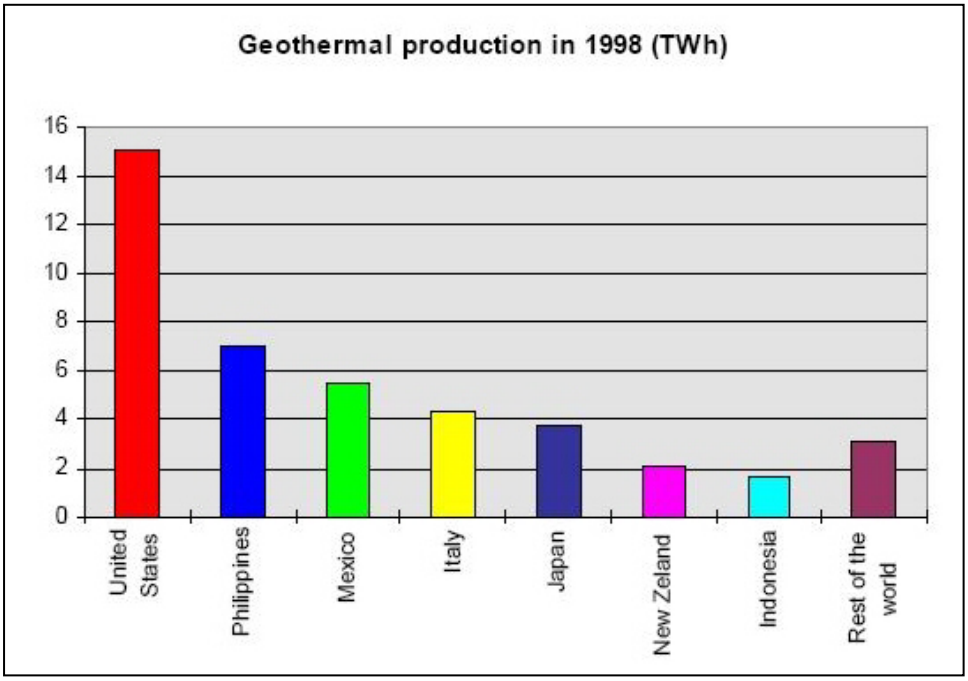
جدا از تولید برق، انرژی زمین گرمایی می تواند با کاربردهای متنوعی مانند، گرمایش منطقه ای و مکانی، سرمایش، کشاورزی، گلخانه ای، دامداری، فرآیندهای صنعتی و

غیره مورد بهره برداری قرار بگیرد و هم اکنون در بیش از ۶۰ کشور با همین منظورها ، مورد استفاده قرار می گیرد. جدول A.۴ استفاده منطقه ای از انرژی زمین گرمایی را در سال ۲۰۰۰ نشان می دهد.

منطقه	نیروی برق		استفاده مستقیم	
	Mwe	Gwh/y	Mw+	Gwh/y
آفریقا	۵۳/۵	۳۹۶/۵	۱۲۵/۴	۵۰۳/۴
آمریکا	۳۳۹۰	۲۳۳۴۲	۴۳۵۵	۷۲۶۹
آسیا	۳۰۹۵	۱۷۵۰۹	۴۶۰۸	۲۴۴/۵
اروپا	۹۹۸	۵۷۴۵	۵۷۱۴	۱۸۹۰۴
اقیانوسیه	۴۳۷	۲۲۶۹	۳۴۲	۲۰۶۵

جدول ۴. A : خلاصه کاربرد منطقه ای زمین گرمایی در سال ۲۰۰۰

تصویر A.۸ که در ذیل می آید، تولید برق زمین گرمایی، در کشورهای اصلی تولید کننده در سال ۱۹۹۸ را نشان می دهد، (گرفته شده از observ'ER ۲۰۰۰).



تصویر A.۸ : کشورهای اصلی تولید کننده برق زمین گرمایی در سال ۱۹۹۸

منابع زمین گرمایی کم عمق، همه جا در جهان قابل دستیابی و دسترسی هستند. این منابع می توانند هم برای گرمایش و هم برای سرمایش توسط پمپ های حرارتی با منابع زمینی بکار برده شوند. استعمال این تکنولوژی در سالهای اخیر به شکل شدیدی افزایش یافته است و پیش بینی می شود که رشد آن ادامه یابد.

منابع کم حرارت معمولی در اغلب کشورهای جهان یافت می شوند. این قسمت از منابع زمین گرمایی بسیار بزرگ بوده و پتانسیل فنی آن بیش از TS ۱/۴ میلیارد در سال برآورد می شود (جدول A.۵). که تقریبا چهار بار بیشتر از مجموع مصرف انرژی جهان در حال حاضر می باشد. کاربرد مستقیم انرژی زمین گرمایی در حال حاضر TS ۱۹۱۰۰۰ در سال یا به عبارتی دیگر ۰/۰۱۷ ٪ از پتانسیل تخمینی آن می باشد.

منابع زمین گرمایی مناسب برای تولید برق به اندازه منابع کم حرارت وجود ندارند. در حال حاضر، در ۲۱ کشور جهان برق از منابع برق گرمایی تولید می شود، اما به شکلی نسبتا بی پرده، مطرح شده است که این رقم باید دو برابر یا سه برابر شود تا در۵۰ کشور برق تولید شود. در حال حاضر، تقریبا Twh ۵۰ در سال انرژی الکتریکی از منابع زمین گرمایی تولید می شود. این رقم تقریباً ۰/۴۴ ٪ از مجموع پتانسیل جهانی زمین گرمایی برای تولید برق می باشد (جدول A.۵) ، به عبارت دیگر ، Twh ۱۱۰۰۰ در سال.

انرژی زمین گرمایی کمک مهمی به موازنه انرژی تعدادی از کشورهای در حال توسعه می‌کند. برق تهیه شده از انرژی زمین گرمایی، ۲۱/۵ ٪ از کل انرژی برق تولیدی

فیلیپین را تأمین می کند. همچنین ۲۰٪ در الساوادور، ۱۷ ٪ دونیکاراگوئه، ۱۰ ٪ در کاستاریکا، ۸٪ در کنیا و ۵ ٪ در اندونزی. بهر جهت، حتی کوچکترین نیروگاهها هم می توانند نقشی اساسی در این زمان بازی کنند. برای مثال، در برق رسانی به نواحی روستایی دور افتاده و یا جزیره های کوچک .

منابع کم حرارت مناسب برای استفاده مستقیم حرارتی (برحسب میلیون TS در سال)	منابع دما بالا، مناسب برای تولید برق		
	فن آوری معمولی و مضاعف برق (برحسب Twh در سال)	فن آوری معمولی برق (برحسب Twh در سال)	
> ۳۷۰	۳۷۰۰	۱۸۳۰	اروپا
>۳۲۰	۵۹۰۰	۲۹۷۰	آسیا
>۲۴۰	۲۴۰۰	۱۲۲۰	آفریقا
>۱۲۰	۲۷۰۰	۱۳۳۰	آمریکای شمال
>۲۴۰	۵۶۰۰	۲۸۰۰	آمریکای لاتین
>۱۱۰	۲۱۰۰	۱۰۵۰	اقیانوسیه
>۱۴۰۰	۲۲۴۰۰	۱۱۲۰۰	پتانسیل جهانی

جدول ۵. A : پتانیسل جهانی زمین گرمایی

بخش سوم :

متوسط کارآیی و ضریب عملکرد انرژیهای نوین و مقایسه نیروگاهها از دیدگاه کارایی

قسمت اول – انرژی باد :

با توسعه نگرشهای زیست محیطی و راهبردهای صرفه جویانه در بهره بردای از منابع انرژیهای تجدیدناپذیر، استفاده از انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی مطرح در بسیاری از کشورهای جهان رو به فزونی گذاشته است. استفاده از تکنولوژی توربینهای بادی به دلایل زیر می تواند یک انتخاب مناسب در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدیدپذیر باشد :

الف- قیمت پایین توربینهای برق بادی در مقایسه با دیگر صور انرژیهای نو

ب- کمک در جهت ایجاد اشتغال در کشور

پ- عدم آلودگی محیط زیست

در کشورهای پیشرفته، نظیر آلمان، دانمارک، آمریکا، اسپانیا، انگلستان و بسیاری از کشورهای دیگر، توربینهای باد بزرگ و کوچک ساخته شده است و برنامه هایی نیز جهت ادامه پژوهشها و استفاده بیشتر از انرژی باد جهت تولید برق در واحدهایی با توان چند مگاواتی مورد مطالعه می باشد. از دیگر مزایای استفاده از این انرژی ، عدم نیاز توربین بادی به سوخت، تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق، کمتر بودن نسبی انرژی باد. نسبت به انرژی فسیلی در بلندمدت، تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد

سیستم پایدار انرژی، قدرت مانور زیاد در بهره برداری (از چند وات تا چندین مگاوات)، عدم نیاز به آب و نداشتن آلودگی محیط زیست می باشد.

استفاده از تکنولوژی توربینهای بادی به دلایل متعدد که به بعضی از آنها اشاره گردید، می‌تواند یک انتخاب برتر در مقایسه با سایر منابع انرژی تجدیدپذیر باشد. پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۱۰ میلادی، ۱۰ درصد از برق جهانی توسط انرژی باد تولید شده و تکنولوژی فوق الذکر ۱/۷۰۰/۰۰۰ شغل نیز ایجاد نماید.

از نظر ظرفیت بهره برداری از نیروگاههای بادی، کشورهای دانمارک، آلمان، انگلستان، آمریکا، اسپانیا، هلند و هندوستان حایز رتبه برتری می باشند. البته کشور چین بر مبنای تعداد واحد توربینهای بادی تولید شده، بزرگترین تولید کننده توربین بادی در جهان می‌باشد.

طبق آمار موجود، انرژی باد در سراسر جهان به سرعت در حال گسترش است؛ بطوریکه انرژی باد در میان سایر انرژیها عنوان سریعترین رشد در صنعت انرژی را کسب کرده است. نرخ رشد این صنعت در سال ۲۰۰۱ برابر با ۳۵٪ و در سال ۲۰۰۲ برابر با ۲۸٪ بوده است. کل سرمایه در گردش صنعت انرژی باد در جهان برابر با ۷ میلیارد یورو می باشد. قیمت سرمایه گذاری انرژی باد در حدود ۱۰۰۰ دلار بر کیلووات برآورد می شود که ۷۵۰ دلار مربوط به هزینه تجهیزات و بقیه آن هزینه تجهیز سایت و نصب و راه اندازی می باشد که امروزه با افزایش سایز توربینها کاهش یافته است.

صنعت انرژی باد منافع اقتصادی و اجتماعی بسیاری را بدنبال دارد :

۱- نداشتن هزینه های اجتماعی

۲- کاهش اتکا به منابع انرژی وارداتی که در کشورهای صنعتی مهمترین دلیل استفاده از انرژی باد است

۳- تقویت ساختار اجتماعی و اقتصادی مناطق روستایی

۴- اشتغالزایی

در توربینهای برق بادی، انرژی جنبش باد به انرژی مکانیکی و سپس به انرژی الکتریکی تبدیل می گردد. در تولید انرژی الکتریکی از انرژی بادی یک عامل بسیار مهم که در استفاده آن در شبکه برق باید مد نظر قرار بگیرد، غیر یکنواخت بودن و ناپیوسته بودن انرژی باد می باشد. هر شبکه که بخواهد از انرژی باد استفاده کند، مجبور به پذیرش این ناپیوست می باشد که عاملی برای ناپایداری شبکه خواهد بود. این اتصالات ناپایدار باید در شبکه محدود باشد، زیرا هر شبکه می تواند مقدار محدودی ناپایداری را جذب و مستهلک نموده و از انرژی ناپیوسته استفاده نماید. حداکثر مقدار مجاز ناپایداری می تواند تا۱۵٪ ظرفیت شبکه باشد و در صورتیکه ناپایداری بصورت دایمی در شبکه وجود داشته باشد ، حداکثر می تواند۱۰ ٪ ظرفیت شبکه باشد.

بررسیهایی که در این مورد صورت گرفته، نشان می دهد که ۱۰٪ تقاضای الکتریکی را می‌توان بوسیله انرژی باد ذخیره نمود. البته در صورت توسعه مبدلهای بادی مناسبتر و بویژه، ذخیره سازی و یکنواخت سازی بهتر برای انرژی باد می توان پتانسیل استفاده از انرژی باد در افزایش داد.

توجیه اقتصادی نیروگاههای بادی در ایران

در ارزیابی اقتصادی نیروگاههای بادی، هزینه ها و درآمدهای طرح، مدت زمان برگشت سرمایه، قیمت انرزی الکتریکی تولیدی و نرخ بازده داخلی سرمایه شاخصهای نهایی برای مقایسه کامل مولفه های مختلف می باشند. از آنجا که برای گسترش سیستم عرضه انرژی الکتریکی ، توسعه پایدار را تعقیب می کنیم، باید تمامی هزینه ها و منافع اجتماعی هر مولد را مدنظر قرار دهیم، باید در نظر داشت از بین صرفه های اقتصادی و غیراقتصادی، تنها هزینه دفع آلاینده های زیست محیطی و تسویه گازهای متصاعد از نیروگاههای سوخت فسیلی می تواند بصورت کمی در محاسبات وارد شود. این هزینه ها در واقع دربرگیرنده تمام اثرات زیست محیطی آلاینده ها در کوتاه مدت و بلندمدت از قبیل $Co_{۲},No_{۲},So_{۲}$ و هیدروکربورها و سایر گازهای سمی، آلودگی آب و خاک و ایجاد باران اسیدی و تولید گازهای گلخانه ای می باشند. در کشورمان ایران علیرغم اینکه مشاهده میشود با در نظر گرفتن هزینه های خصوصی نیروگاههای بادی و فسیلی، توسعه نیروگاههای بادی برای تولید برق هم اکنون اقتصادی نیست، ولی اگر هزینه های اجتماعی نیروگاههای فسیلی که در برگیرنده اثرات برونزایی منفی است مبنای مقایسه قرار گیرد؛ هزینه های تولید در مولدهای بادی کمتر از فسیلی خواهد بود و برق حاصل از آن می‌تواند بعنوان یک انرژی پایدار در توسعه پایدار اقتصادی، اجتماعی کشور مورد استفاده قرار گیرد.

چشم انداز جهانی مزارع بادی

بازار تأمین انرژی یک بازار رقابتی است که در آن تولید برق در نیروگاههای بادی در مقایسه با نیروگاههای سوخت فسیلی برتریهای نوینی را پیش روی کاربران در مقایسه

با نیروگاههای سوختهای فسیلی قرار داده است. از برتریهای نیروگاههای بادی اینست که در طول مدت زمان عمر خود، سالهای زیادی انرژی را بدون نیاز به هزینه سوخت تولید خواهند کرد؛ در حالیکه هزینه دیگر منابع تولید انرژی در طول این سالها افزایش خواهد یافت.

فعالیت گسترده بسیاری از کشورهای جهان برای تولید الکتریسیته از انرژی باد سرمشقی برای دیگر کشورهایست که در این زمینه راه درازی در پیش دارند.

پیشرفت فن آوری توربین بادی

دو دهه توسعه نیروگاهها و بهره برداری از آنها نه فقط ترقی سایز توربینها را در پی داشت ، بلکه خصوصیات تکنولوژیکی از توربینهای بادی مدرن را نیز به همراه داشت. پیشرفتهای فنی مهم شامل استفاده از اندازه های مستقیم در بهبود کارآیی و کاهش نویز و استفاده از ترکیب مواد درجه یک به منظور استحکام بالا و وزن کم می باشد. استعمال سیستمهای کنترل و الکترونیک پیشرفته، این گرایش مهم به سمت

توربینهای بادی را ممکن ساخت. توربینهای سه پره اکنون بر همه کلاسهای قدرت حکمفرما شده اند، اکثر مبدلها با طراح دانمارکی که خصوصیات طراحی کنترل پایدار را دارند، با استفاده از جعبه دنده و ژنراتورهای القایی مستقیم به شبکه وصل شونده، موافقت کرده اند.

توربینهای بزرگتر با کنترل پلکانی و طراحی سرعت متغیر، مخصوصاً ساختارهای بدون جعبه دنده، در حال بدست آوردن نسبت در حال رشدی از بازار می باشند . بنابراین، پیشرفت واضحی با مبدلهای با سایز مگاوات ملاحظه می شود که به سوی طرحهای سرعت متغیر نوآورتر و به شکل متناظر با چشم انداز خوب برای سازندگان آنت در بازار همراه است.

پیشرفتهای مداوم در فن آوری تجهیزات، با مقادیر میانگین دسترسی ۹۸٪ ، نشان داده شده است، که این هم عموماً برای انواع توربینهای بازاری، در نواحی متفاوت موجود می‌باشد. دوره های در دسترس بودن باد با مقادیر زیر مقدار متوسط، فقط در طول فاز احداث مدلهای جدید در بازار ثبت شده ات، تا به امروز، این خطاهای اولیه در دوره های نسبتاً کوتاه زمانی می تواند کنترل شود.

بهر جهت، اگر قابلیت اعتماد ثبت شده توربینهای بادی، از توان مجاز حدود ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلووات ، بتواند به نسل بعدی توربینها انتقال یابد، می توان یک افزایش قابل توجه در بازده ویژه سالیانه انرژی و یک کاهش در هزیه های تولیدی را به همراه ارتفاع توپی چرخ بالاتر متناظر با آن و پیشرفت های دیگر در کارآیی را انتظار داشت.

برپایی مراکز سرویس منطقه ای توسط سازندگان توربین و پیشرفت در استفاده از فن‌آوریهای ارتباطاتی مدرن، همکاری قطعی در دسترسی فنی قابل توجه توربینهای

بادی داشته است. نزدیکی تیمهای سرویس منطقه ای به محل توربینها، زمان پاسخگویی کوتاهتر و بهمین خاطر دوره های غیرموثر کمتر را تضمین می کند، که بازده انرژی و اقتصادی بهتری را نتیجه دهد.

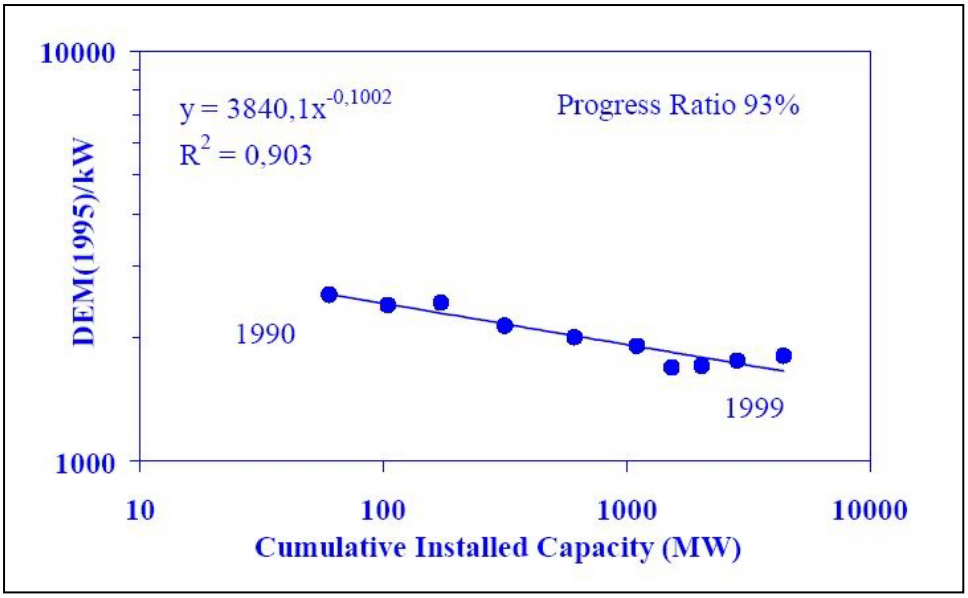
« منحنی تجربی در آلمان» - تهیه شده توسط TEST آلمان-

توسعه مداوم و رشد نیروگاههای نصب شده در بخش تجاری، همچنین باعث پیشرفت مداوم در فن آوری توربین با توجه به قابلیت دسترسی، بازده انرژی و اقتصاد شده است. با توجه به تراکم کم باد به عنوان یک حامل انرژی، تولید توربینهای بادی بطور استثنایی شدیداً اصولی است و بنابراین ساخت آنها گران می باشد. در سالهای گذشته ، یک کاهش قابل توجه در هزینه ها بدست آمده است. یک نمونه از ترقی قیمتها در آلمان، به عنوان یک منحنی آموزشی برای دوره ای از سال ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۹ در تصویر A.۴ ارایه شده است.

حمایت شده توسط شرایط منطقی مثبت، مانند تحقیقات ملی و اندازه های ترویجی، نرخهای بهره پایین و مقررات قانون تغذیه برق، نیروگاههای انرژی بادی امروزه بصورت زنجیره ای ساخته می شوند. قیمت مبدلهای انرژی باد بواسطه تولید در مقادیر بزرگتر کاهش یافته است. روشهای ساخت بهبود یافته، تجربه به صرفه تر شدن را در پی داشته و مخصوصاً باعث رقابت بین سازندگان شده است. پویایی توسعه قیمتهای هزینه های ویژه، با یک افزایش در تعداد تاسیسات در بازار انرژی باد آلمان، به شکل یک منحنی آموزشی، برای دوره ای بین ۱۹۹۰ و ۱۹۹۹ نمایش داده شده است. از حدود ۲۵۰۰ DEM/kw و با ۶۰ MW مجموع ظرفیت نصب شده در سال ۱۹۹۰، هزینه

های ویژه تا حدود ۱۸۰۰ DEM/kw و با ۴۴۵۰ MW ظرفیت در سال ۱۹۹۹ سقوط کرده است. قیمتهای به حساب آورده شده تحت برنامه تعدیل تورم قرار گرفته است و تا اندازه قیمتهای سال ۱۹۹۵ استاندارد شده است.

برای این منحنی آموزشی یک « نسبت پیشرفت» به اندازه ۹۳ درصد محاسبه شده بود. این بدین معنی است، که در این دوره آزمایشی قیمت نیروگاهها با هر مقدار مجموع ظرفیت مضاعف نصب شده، در شرایط واقعی قرار داشته و تقریباً ۷ درصد کمتر است- گفتنی است که با نرخ تورم تعدیل شده است- ترقی قیمتهای ویژه یک گرایش ناچیز فراینده را بیشتر از سه سال گذشته نشان می دهد. این افزایش در یک سو می تواند به استفاده از توربینهای بادی روی برجهای بلند و با قطر روتور بزرگ و در نتیجه آن، هزینه‌های ویژه بالا به ازای هر کیلووات ظرفیت نصب شده، نشان داده شود. همچنین به عنوان یک منحنی آموزشی، مشخصه ها بیان می کنند که تجارت در این شاخه در حال پیشرفت سریع است.



تصویر ۴. A : منحنی آموزشی انرژی باد در آلمان

خصوصیات آماری منابع نیروی باد توزیع شده

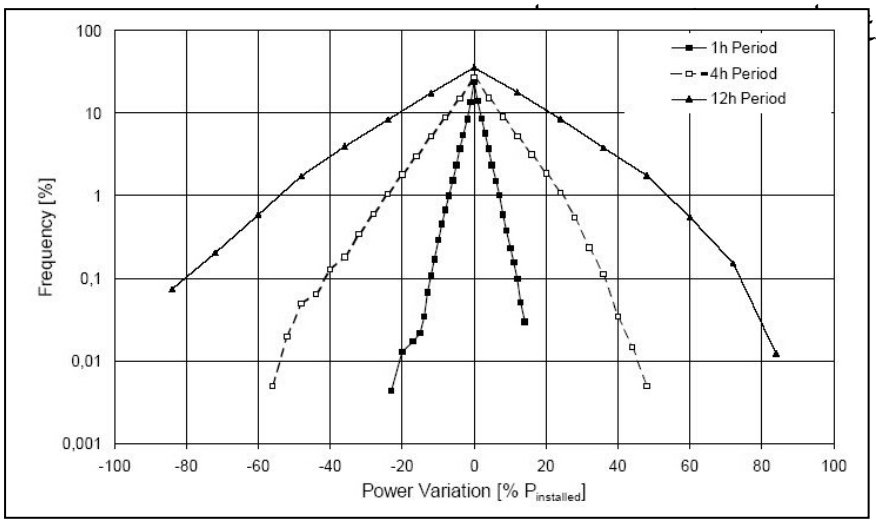
منحنی های تولید نیروی باد، دگرگونیهای طبیعی را نشان می دهد، که بطور قابل ملاحظه‌ای توسط عوامل تعدیل فضایی تقلیل یافته است. در هم اتصالی در نیروگاههای سریعاً قابل کنترل، که قسمت بزرگتری از نیروگاههای نصب شده مرسوم امروزی هستند، تغییرات خروجی نیروی باد، مشکلات خطرناک فنی را بوجود نمی آورد. با اینحال به دلایل اقتصادی، اقدامات دستیابی بیشتر برای انضمام بهتر مقادیر بزرگ نیروی باد به منابع برق بسیار منطقی می باشد. در این زمینه، شناخت نیروی بادی که به شکل رایجی به شبکه وارد شده است باید به عنوان کانون اصلی مطرح شده باشد.

پیش از این پارامترهای آماری، مشخصات مهمی را درباره حدود نیروی باد مورد انتظار ارایه می دهند. اطلاعاتی که می تواند برای تولید سودمند نیرو با سهم کمی از نیروی باد کافی باشد. ولی ، به منظور داشتن سهم بزرگتر با تأثیر قابل توجه وی زمانبندی

نیروگاه، شناخت منحنی نیروی باد مورد انتظار در دروه کوتاه مدت تا بلندمدت، بسیار ضروری می‌باشد.

تجزیه و تحلیلهای آماری ، رده های زمانی توان برای ۱۴۹۶ نیروگاه در برنامه ملی باد آلمان در افت متوسط یک، چهار و ۱۲ ساعته، در تغییرات نیروی توزیع فرکانس که در تصویر ۵. A داده شده، بدست آمده است. فقط ۱٪ افت متوسط ساعتی برای ظرفیت نصب شده، با احتمال حدود ۲۳٪ رخ می دهد. همچنین این شکل برای دوره های طولانی شده، در صورتیکه بسط یافتن وقفه های افت به حساب آورده شوند، بوجود می آید(۴ ساعت ، ۴+٪ ، ۱۲ ساعت : ۱۲ + ٪).

تصویر ۵.A همچنین بالاترین افت متوسط مورد انتظار : با حداکثر ۱ ساعت افت در دوره سالانه برای نیروگاههای توزیع شده در سراسر آسمان را نشان می دهد که یک افزایش ۱۴ درصدی از مجموع توان نصب شده تعیین شده بود. بطوریکه یک کاهش توان ۲۳ درصدی را به همراه داشت. در افقهای متوسط ۴ ساعته، تغییرات مثبت و منفی توان حداکثر، با تقریبا ۶۰٪ و در طول وقفه های ۱۲ ساعته تقریبا ۸۰٪ از مجمو



تصویر ۵. A: احتمال تغییرات متوسط نیروی باد

اگرچه، توربینهای بادی امروزه سطح بالایی از تکنولوژی را نشان می دهند، هنوز یک پتانسیل پیشرفت قابل توجه، مخصوصاً برای نیروگاههای بزرگ وجود دارد. به منظور تقویت توسعه استفاده از انرژی باد، افزایش بیشتر قابلیت اعتماد و تعمیم طول عمر و همچنین کاهش در مخارج تعمیر و نگهداری . نقش بزرگی را در آینده بازی خواهند کرد. همچنین بهبود راهکارهای کنترل و سرپرستی، بکارگیری متحمل پیشنهادات را ممکن می‌کند. شیوه های جدید کنترل قادرند تا فشار روی قسمتهای نیروگاه را به شکل انتخابی کاهش دهند. بخاطر این موضوع، از یک سو طول عمر می تواند بیشتر شود و از سوی دیگر بارهای کاهش یافته می توانند در ساختار توربینها مطرح شوند.

مخصوصاً با توربینهای بادی در کلاس Mw هزینه های ساخت می تواند به این روش کاهش پیدا کرده، و شاید پیشرفتهای اقتصادی بیشتری بدست بیاید.

بعلاوه، امکان ثبت عیوب مکانیکی در شرایط پیشرفته، به منظور کاهش وسعت خسارات و بار وابسته روی سایر تجهیزات بخاطر این موضوع پیشنهاد شده است، برای مثال، سیستمهای آشکار ساز خرابی که امروز توسعه می یابند.

تا این لحظه، تجارب کاربردی با استفاده از انرژی باد، اساساً از سیستمهای مستقر در خشکی گرفته شده است.

توقعات بزرگ در پله بعدی نوآوریها قرار گرفته است- نصب ظرفیت های مجاز ۱/۵ تا ۵ مگاواتی به ازای هر دستگاه دو مزارع بادی و ۱۲۰۰ مگاوات ظرفیت مجاز در آبهای ساحلی- که « فن آوری دور از ساحل» (کنار ساحل داخل دریا) خوانده می شود. این

فن‌آوری چند مزیت را ارایه می کند : شرایط باد عالی به همراه توربولانس (اغتشاش هوا) کاهش یافته در دریا، بعلاوه مزاحمت های بصری و انتشار صوتی کم. تعمیر و نگهداری توربینها . بهرحال، بسیار سختر و گرانتر از تجهیزات رو به ساحل (واقع در خشکی کنار دریا) می باشد. در اینجا، سیستمهای مؤثر دیده بانی دور و سیستمهای نگهداری از راه در (« نگهداری از فاصله دور») به کاهش خرج پرسنل و زمان کمک می کند.

برای بهبود یکپارچگی انرژی باد در ساختارهای منابع موجود ، لازم است تا به واکنش فعالانه نسبت به عملکرد نوسانی انرژی باد ادامه داده شود. به همین دلیل، پروژه های تحقیقاتی مختلفی با توسعه سیستمهای پیش بینی قابل اطمینان ارتباط دارند که هم اکنون تا اندازه ای در حال آزمایش می باشند. این سیستمهای پیش بینی به شکل مشروط می توانند به عنوان وسایل مهم در مراکز کنترل منابع انرژی به منظور بهبود جدول تولید نیروگاه و کنترل تقاضای سیستم استفاده شوند. پوشاندن کمبودهای توان بواسطه گروهی از نیروگاهها با هزینه های سرمایه گذاری کم و پویایی بالا- بعنوا مثال با توربینهای گازی یا بخشهای نیروگاهی سیکل ترکیبی- اهمیت بیشتری کسب خواد کرد.

قسمت دوم : انرژی خورشیدی

نیروگاههای خورشیدی که انرژی خورشید را به برق تبدیل می کنند، امید است که در آینده با مزایای قطعی که در برابر نیروگاههای فسیلی و اتمی دارند به خصوص اینکه سازگار با محیط زیست می باشند، مشکل برق بخصوص در دوران اتمام ذخایر نفت و گاز را حل نمایند. تاسیس و بکارگیری نیروگاههای خورشیدی آینده ای پر ثمر و زمینه ای گسترده را برای کمک خودکفایی و قطع وابستگی کشور به صادرات نفت فراهم خواهد کرد اکنون به ذکر چند مورد از مزایای این نیروگاهها می پردزایم :

الف- تولید برق بدون مصرف سوخت : این نیروگاهها نیاز به سوخت ندارند و برخلاف نیروگاههای فسیلی که قیمت برق تولیدی آنها تابع قیمت نفت بده و همیشه در حال تغییر می باشد، در نیروگاههای خورشیدی این نوسان وجود نداشته و می توان بهای برق مصرفی را برای مدت طولانی ثابت نگهداشت.

ب- عدم احتیاج به آب زیاد : نیروگاههای خورشیدی بخصوص دودکشهای خورشیدی احتیاج به آب ندارند و لذا برای مناطق خشک مثل ایران بسیار حایز اهمیت می باشند.

پ- استهلاک کم و عمر زیاد : نیروگاههای خورشیدی به دلایل فنی و نداشتن استهلاک زیاد دارای عمر طولانی می باشند، در حالیکه عمر نیروگاههای فسیلی بین ۱۵ تا ۳۰ سال محاسبه شده است.

ت- عدم احتیاج به متخصص : نیروگاههای خورشیدی به متخصص عالی نیاز ندارد و میتوان آنها را بطور اتوماتیک بکار انداخت.

- انرژی فتوولتاییک خورشیدی :

سیستم های pv با شکلها و موقعیتهای متفاوت در حال حاضر می تواند با شاخصهای عملکرد معمول شده مناسب و ارزیابی شده مقایسه شود. شاخصهای ذیل قبلاً توسط متصدیان سیستم های pv بکار رفته است و توسط سازمانهای مختلفی شرح داده می شود (مراجعه شود به : دیده بانی عملکرد سیستم فتوولتاییک ۶۱۷۴۲ IEC : رهنمونهایی برای اندازه گیری، تجزیه تحلیل و تبدیل اطلاعات، ۱۹۹۸؛ IEA PVPS وظیفه دوم، عملکرد عملیاتی سیستمهای نیروی pv : معبرهای دیده بانی و اندازه گیری، ۱۹۹۸).

تعریف شاخصهای عملکرد برای انرژی فتوولتاییک

- بازده مرجع، Y_R:

بازده مرجع Y_R عبارتست از پرتو افکنی غیر سطحی روزانه(ماهانه یا سالیانه) $E_{S,A}$ تقسیم بر پرتو افکنی غیر سطحی مرجع STC ، $(1kw/m^2 =)6_{stc}$

$$Y_R = \frac{E_{S,A}[kwh/(m^2.d)]}{6_{STC}[kw/m^2]}$$

این عبارت واحد (بعد) h/d دارد و می تواند به عنوان تعداد ساعاتی از هر روز که در طول آن تشعشع خورشیدی دو تراز تابش مرجع می باشد، و به منظور شرکت کردن در همان رویداد انرژی که قبلا دیده شده بود، مطرح شود.

- بازده منظم، Y_A:

بازده منظم Y_A ، عبارت است از انرژی خروجی روزانه (ماهانه یا سالانه) $E_{A,d}$ برحسب Kwp از توان pv منظم نصب شده Po:

$$Y_A = \frac{E_{A,d}[kwh/(po.d)]}{Po[kwp]}$$

این عبارت واحد $kwh/(d \times kw_p)$ دارد و می تواند به عنوان تعداد ساعات عملیات منظم در هر روز P در Po باشد، که همان انرژی خروجی به شکل مقدار کامل ضبط شده برای آن روز(ماه یا سال) می باشد ، مطرح شود.

- بازده نهایی، Y_f:

بازده نهایی Y_f، عبارتست از انرژی مفید خروجی نیروگاه به شکل روزانه(ماهانه یا سالانه) Euse، برحسب Kwp از توان Pv منظم نصب شده Po:

$$Y_f = \frac{E_{use}[kwh/p]}{Po[kwp]}$$

این عبارت واحد $kwh/(cd \times kwp)$ دارد و می تواند به عنوان تعداد ساعاتی که نیروگاه در هر روز فعالیت می کند، در po باشد، که همان انرژی خروجی به شکل مقدار کامل ضبط شده برای آن روز (ماه یا سال) می باشد، مطرح شود.

- نسبت عملکرد ، PR :

نسبت عملکرد ، PR اثر کلی تلفات روی خروجی مجاز آرایه ها را نشان می دهد که این تلفات از دمای آرایه، استفاده ناقص از پرتو افکنی، و عدم کارآیی یا خرابی اجرای سیستم ناشی می شود. این مقدار با نسبت زیر داده می شود:

$$PR = \frac{Y_f}{Y_R}$$

مثالهایی از شاخص های عملکرد

a/ جدول ذیل مقادیر نوعی از شاخص های پیشنهاد شده ای را نشان میدهد که ، از یک نمونه از نیروگاه های مختلف (مرکزی و بالاسقفی) در ایتالیا به دست آمده است :

جدول ۱: مقادیر نوعی از شاخص های عملکرد برای انرژی فتوولتاییک

ایستگاه مرکزی فتوولتاییک serre (۳/۳Mwp)

سال	۱۹۹۵	۱۹۹۶	۱۹۹۷	۱۹۹۸	۱۹۹۹
بازده مرجع $Y_{R.}$ $[kwh/m^2]$ $[h/d]$	۱۶۷۴ ۴/۵۸	۱۶۴۱ ۴/۵۰	۱۷۸۴ ۴/۸۹	۱۷۰۴ ۴/۶۷	۱۷۲۳ ۴/۷۲
نسبت عملکرد ، PR [٪]	۴۸/۰	۷۰/۴	۶۷/۷	۶۸/۷	۶۸/۶

نیروگاه PV بالای سقفی Bovisa (۳kwp)

سال	۱۹۹۹
بازده مرجع $Y_{R.}$ $[h/d]$	۳/۷۵
بازده نهایی ، Y_f $[h/d]$	۲/۴۴
نسبت عملکرد ، PR [٪]	۶۵/۰

نیروگاه PV بالای سقفی CESI (۳kwp)

سال	۱۹۹۹
بازده مرجع $Y_{R.}$ $[h/d]$	۳/۳۲
بازده نهایی ، Y_f $[h/d]$	۲/۳۵
نسبت عملکرد ، PR [٪]	۷۰/۹

نیروگاه PV بالای سقفی Cagliari (۳kwp)

سال	۱۹۹۹
بازده مرجع Y_R [h/d]	۴/۰۳
بازده نهایی Y_f [h/d]	۳/۱۵
نسبت عملکرد PR [٪]	۷۸/۲

b/ این شاخص ها همچنین بر یک واحد آزمایشی ۰/۱۱kwp تلمبه آب فتوولتاییکی در مصر اعمال شده است:

- آرایه (Array):

دو حوزه ۶SM ۵۵ پیلهای تک بلور

۵۵ Wp، V_{oc}=۲۱/۲ ولت ، I_{SC} = ۳/۵۴ آمپر ، مساحت پیل ۰/۰۱۰۲۷۶ متر مربع

- کنترل کننده(controller): حداکثر جریان ۱۰ آمپر

- دستگاه پمپ : موتور جاروبک دار DC پمپ دیافراگمی با جابه جایی مثبت

قطر(کالیبر) خروجی = ۰/۵ اینچ

محاسبات میانگین مورخ جولای۱۹۹۶ ، مقادیر ذیل را برای شاخص های عملکرد ارایه می دهد:

سال	۱۹۹۹
بازده مرجع Y_R- [h/d]	۴/۳۶
بازده منظم Y_A- [h/d]	۳
بازده نهایی Y_f - [h/d]	۱/۰۸۶
نسبت عملکرد PR - [٪]	٪۲۵

c/ شاخص های عملکرد پیشنهادی PV ، همچنین به پروژه ی saijyo در ژاپن نیز اعمال شده است که اولین و بزرگترین پروژه با خروجی ۱۰۰۰ kw می باشد و در سال ۱۹۸۰ آغاز شده و در سال ۱۹۹۸ به پایان رسیده است:

شاخص	سال ۲۰۰۰
بازده مرجع Y_R- [h/d]	۳/۸۴

بازده منظم Y_A - $[h/d]$	۳/۵۶
بازده نهایی Y_f - $[h/d]$	۳/۳۲
نسبت عملکرد PR - [٪]	٪۸۶

برخی پیامدها وسایل بالقوه در به کارگیری انرژی خورشیدی

۱- pv هیچ نوعی آلودگی هوا ایجاد نمی کند ولی، اکثر سیستم ها ، مواد سمی را به کار می گیرند که می تواند مخاطراتی را در ساخت، استفاده و دفع مطرح کند.

۲- در معرض آفتاب قرار گرفتن با توجه به مکان جغرافیایی و زمان تغییر می کند.

۳- تجهیزات pv یک مرتبه خریداری شده و نصب می شوند و در نتیجه هزینه های اضافی بسیار کمی به وجود می آید . هزینه ی سوخت صفر است، پس سیستم های PV ممکن است در طول عمر یک پروژه اقتصادی تر باشند. PV در حال تبدیل شدن به منبع توان انتخابی برای مصرف کننده های کوچک در دور دست و کاربردهای DCبا توان ۱۰۰ وات و کمتر می باشد.

۴- هزینه ی برق تولید شده توسط فتوولتاییک با شرایط جوی تغییر می کند . باتریهای خورشیدی ممکن است ۵٪ از کارایی تولید شان را به ازای هر درجه سلسیوس بالاتر از دمای مجازشان از دست بدهند.

۵- PV نمی تواند توان دایمی را بدون استفاده از سیستم های ذخیره ی انرژی فراهم کند. به خاطر طبیعت متغیرش(که از تغییرات نور آفتاب ناشی می شود) ، طراحان شبکه سراسری بیاد یک نیروگاه PV را به شکلی متفاوت نسبت به یک نیروگاه معمولی مورد عمل قرار دهند.

قسمت سوم : انرژی زیست توده

انرژی زیست توده روزبه روز از اهمیت بیشتری برخوردار می شود چرا که می تواند هم جایگزین و تامین کننده ی مواد شیمیایی مورد نیاز صنایع شود و هم در آینده ای نزدیک ، زیست توده ارزانتر از محصولات پتروشیمی ساخته شده از نفت و گاز طبیعی خواهد شد . به گونه ای که استفاده از آن، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه خواهد بود.

سیستم هایی که زیست توده را به انرژی قابل مصرف تبدیل می کنند، قابلیت تبدیل به سیستم های کوچک را نیز دارا می باشند. صنایع کشاورزی و جنگلداری ذخایر اصلی و پایه ای زیست توده می باشند. میزان نشر مواد آلاینده از احتراق زیست توده کمتر از سوخت های فسیلی است ، به علاوه استفاده و بهره برداری تجاری از زیست توده می تواند مشکلات مربوط به انهدام زباله ها در سایر صنایع از حمله جنگلداری و تولیدات چوب ، فرآوری مواد غذایی و به خصوص ضایعات جامد شهری ، در مراکز شهری را حذف یا کاهش دهد.

در سراسر جهان انواع مختلفی از تکنولوژی های قابل تبدیل زیست توده موجود می باشد و یا در حال توسعه می باشد که در جدول زیر مراحل توسعه ی فعلی برای مهمترین تکنولوژی های تبدیل خلاصه شده است:

فرآیند	مرحله ی پیشرفت	گام آتی احتراق
کاملا تجاری	تجاری کردن برای تولید توان	
تبدیل به گاز	غیر اقتصادی ولی توسعه یافته	تجاری کردن برای تولید توان
کربنیزه کردن	کاملا تجاری	کاملا مشخص شده است
پیرولیز	توسعه یافته تا سطح عرضه	تجاری کردن
تخمیر غیر هوازی	از نظر تکنیکی کاملا پیشرفته	اشاعه تکنولوژی
تخمیر اتانول	از نظر تکنیکی کاملا پیشرفته	تعیین منابع ارزانتر

- برخی پیامدهای استفاده از زیست توده:

۱- در حالیکه برخی آلاینده ها و فضولات GHG ممکن است در طی احتراق زیست توده به منظور تولید برق تولید شود، نسبت {فضولات تولیدی/kwh} ، به شکل قابل توجهی از آلودگی های سوخت های فسیلی کمتر است. همچنین ، در صورتی که محصول جایگزین کشت شود ، معادل مقدار زیست توده ی استفاده شده برای تولید برق، محصول جدید، CO_2 تولیدی توسط فرآیند احتراق را جذب خواهد کرد که نتیجتا هیچ آلودگی خالصی به وجود نخواهد آمد.

۲-هزینه ی تامین ذخیره ی زیست توده ممکن است گران باشد، مثلا در جایی که زیست توده باید در فواصل طولانی تا محل احتراق حمل شود. از آنجاییکه سوخت های زیست توده . انرژی نسبتا کمی به ازای هر تن دارند، امکانات بیولوژی باید نزدیک محل منبع سوخت شان مستقر شوند، تا هزینه های حمل و نقل را به حداقل کاهش دهند.

۳- به شکل نوعی، زیست توده ۱تا ۴ درصد خاکستر غیر قابل احتراق به ازای وزنش با خود دارد که ممکن است برخی ترتیبات مخصوص برای نابود سازی شان لازم باشد. چنین خاکستری اغلب به مقدار کمی سرب ف باریم ، سلنیوم و ارسنیک با خود دارد که باید با دقت دفع شود.

«شاخص های عملکرد برای زیست توده» - تهیه شده توسط EPRI ، آمریکا-

فن آوری احتراق مستقیم زیست توده در واقع به فناوری های احتراق زغال سنگ بسیار شبیه می باشد و شاخص های عملکرد پیشنهاد شده هم از این جهت بیشتر به شاخص های نیروگاه های سوخت فسیلی شبیه است.

جدول ذیل ، شاخص های عملکرد پیشنهادی برای انرژی زیست توده را به طور مختصر و به همراه مقدمات و مثالهایی از مقادیر نوعی به دست آمده دو ایالت متحده ، بیان می کند.

مشخصه هایی از ۶۸ نیروگاه ایالات متحده که مقادیر بالا و پایین نوعی از این شاخص ها را به دست می دهند، در جدول ۳ داده شده است که این جدول هم داده شده است. این نیروگاه ها تا اندازه ی MW ۸۸ با تولید بخار ، برق یا هر دو با هم، موجود بوده و هم از جنگل های دست نخورده و هم از زایده های چوبی، شهری ، حیوانی و کشاورزی استفاده می کنند.

	شاخص	واحد	تعریف	مقدار نوعی	مقدار پایین	مقدار بالا
۱	اندازه	MWe	اندازه ی نیروگاه در توان خالص خروجی	۲۵	۸	۶۵
۲	نرخ گرما (واحدهای SI)	Mj/Mwh	حرارت سوخت ورودی بر طبق برق خالص خروجی	۱۷/۹۴	۱۳/۷۲	۲۳/۲۱
۳	کارآیی(مقدار حرارت)		خروجی خالص در واحد حرارات معادل الکتریکی تقسیم بر حرارت سوخت ورودی با استفاده از بالاترین مقدار حرارتی سوخت	۰/۲۰۱	۰/۱۵۵	۰/۲۶۳
۴	رطوبت سوخت	٪	رطوبت(H_2O) به عنوان کسری از مجموع وزن سوخت (مرطوب،نه خشک)	٪۳۰	٪۱۰	٪۶۰
۵	اندازه حرارتی بالاتر(رطوبت داده شده ولی بدون خاکستر)	Mj/kg	HHV اگر خاکستر وجود نداشته باشد	۱۳/۸۱	۷/۸۹	۱۷/۷۶
۶	عامل ظرفیت(سالانه)		مجموع برق خالص تولیدی در سال تقسیم بر اندازه	۰/۷۰۰	۰/۵۰۰	۰/۸۰۰

			نیروگاه به شکل MW خالص در زمان ۸۷۶۰ ساعت در یک سال			
۷	ساعتهایی در سال معدل با ظرفیت (اگر با تمام توان کار کند)	ساعت	تعداد ساعاتی که تولید سالیانه خالص را ارایه می دهد اگر تمام عملیات با اندازه ی خالص تمام نیروگاه باشد.	۶۱۳۲	۴۳۸۰	۷۰۰۸
۸	تولید(بر پایه ردیفهای ۱,۶,۷)	سال/GWh	مجموع برق تولیدی (خالص) در طول سال	۱۵۳/۳	۳۵/۰۴	۴۵۵/۵۲
۹	حجم خاکستر سوخت	٪	کسری از مجموع سوخت ورودی بر اساس وزن (مرطوب، همانطور که رسیده ، پایه)که خاکستر می باشد.	٪۲	٪۱	٪۵
۱۰	اندازه حرارتی بلاتر (در رطوبت و خاکستر داده شده)	Mj/Kg	حجم حرارت در هر واحد وزن(بر پایه ی HHV)در حجم رطوبت و خاکستر سوخت همانطوری که رسیده است تا	۱۳/۴۲	۶/۹۰	۱۷/۶۶

			به محض تحویل سوزانده شود.			
۱۱	HHV (بدون رطوبت و خاکستر)	MJKg	حجم حرارت (بر پایه HHV) اگر رطوبت و خاکستر وجود نداشته باشد	۱۹/۷۳	۱۹/۷۳	۱۹/۷۳
۱۲	هزینه ی سرمایه ای	$/kw	مجموع هزینه ها برای ساخت نیروگاه تقسیم بر خروجی خالص بر حسب KW	$۱۴۰۰	$۱۰۰۰	$۲۰۰۰
۱۳	هزینه سوخت	$/Gj	هزینه ی سوخت همانطور که می رسد برحسب واحد وزن تقسیم بر حجم حرارتی سوخت(بر پایه HHV) به همان شکلی که می رسد بر پایه واحد وزن	$۱/۴۲	$۰/۹۵	$۲/۳۷
۱۴	تعداد کارگران	# به ازای ۲۰MWe	تعداد کارمندان تمام وقت برای پرسنل سرپرستی و عملیاتی به ازای ۲۰MW از اندازه	۲۰	۱۶	۳۰

			خالص نیروگاه			
۱۵	کسری از هزینه سرمایه برای نگهداری (تعمیر) نیروگاه در هر سال	سال /٪	هزینه سالانه ی به حرکت در آوردن نیروگاه اما شامل هزینه ی سوخت و هزینه کارگران نیم شود، تقسیم بر هر زینه ی احداث نیروگاه	٪۴	٪۳	٪۵

جدول ۲: تعاریف و مقادیر شاخص های عملکرد پیشنهاد شده برای انرژی زیست توده

کمی توضیح درباره ی مقادیر شاخص هایی که از نمونه ی آمریکایی گرفته شده است:

۱)اندازه: به طور کلی، نیروگاه های زیست توده گرایش دارند که کوچک باشند تا اینکه نسبتا بزرگ باشند. آنها می توانند به کوچکی چند صد Kwe باشند ، اما بیشتر اندازه های واقعی از چند Mw تا ۲۵ یا ۴۰Mw می باشد. ۶۵Mw نسبتا بزرگ است.

۲) رطوبت سوخت: مقادیر نوعی کلی آن از حدود ٪ ۱۰-۵ تا ۵۰٪ می باشد. هر چیزی با رطوبت بالای ۵۰٪ مشکلات بسیاری به وجود می آورد. برای مثال تفاله ی نیشکر به شکل متداول با حجم ۵۰٪ رطوبت به کار برده می شود.

۳) عامل ظرفیت : این مقدار می تواند تا ۹۰٪ برسد.

۴) ساعت هایی در سال معادل با عامل ظرفیت (اگر با تمام توان به راه انداخته شود): این مقدار می تواند به ۷۸۰۰ ساعت در سال برسد.

۵) عاملهای در دسترس بودن و عدم دسترسی هم همچنین باید به عنوان شاخص های عملکرد ارایه شوند، مشابه همان چیزی که برای نیروگاه های سوخت فسیلی «قدمی» انجام می شد.

نیروگاه های ایالات متحده که برای استعمال به کار رفته است:

مقادیر بالا از اندازه گیری های انجام یافته در نمونه ی ۶۸ نیروگاه ایالات متحده استنتاج شده است که ، مشخصه های کلی آنها (اندازه، نوع نیروگاه، نوع سوخت، kBDT توضیحات ذیل را ببینید) در جدول شماره ۲ فهرست شده است.

تعاریف حروف اختصاری که در جدول ۳ به کار رفته به شرح ذیل می باشد:

C= باهم تولید کردن

S= بخار

E= برق

Ag = تفاله های کشاورزی از مزارع و باغ ها . An= تفاله های حیوانی

UW= زایده های چوبی شهری w= دیگر زایده های چوبی، مانند خاک اره و پوست درخت از کارخانه ها

V= چوبهای دستگاری نشده

NO= نمی توان اطلاعات را از اپراتور یا نیروگاه به دست آورد.

N/A= قابلیت اجرایی ندارد(کاربست پذیر نیست)

KBDT= هزاران عدد از تنهای خشک تقاضا شده که به معنی ۱۰۰۰ تن کوتاه (انگلیسی) بر پایه ی خشک (بدون رطوبت محاسبه شده در وزن) می باشد، که تن های کوتاه= تن انگلیسی= ۹۰۷/۲ کیلوگرم

جدول ۳: نمونه ی ۶۸ نیروگاه زیست توده(ایالات متحده آمریکا)

قسمت چهارم- انرژی زمین گرمایی:

تعاریف شاخص های عملکرد پیشنهاد شده برای انرژی زمین گرمایی:

شاخص های عملکرد ذیل برای توصیف کارکرد فنی ملزومات نیروی زمین گرمایی ضروری هستند.

- عامل ظرفیت
- عامل بار
- عامل دسترسی(در دسترس بودن)

تعاریف شاخص های عملکرد فنی عبارتند از :

$$\text{عامل ظرفیت} = \frac{\text{مجموع Mwh تولیدی در پریود}}{\text{ظرفیت نصب شده (mwe)} \times \text{پریود (ساعت)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{عامل بار} = \frac{\text{مجموع Mwh تولیدی در پریود}}{\text{(ماکزیمم) حداکثر بار (mwe)} \times \text{پریود (ساعت)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{عامل دسترسی} = \frac{\text{مجموع ساعت های فعالیت نیروگاه در طول پریود}}{\text{مجموع طول پریود (ساعت)}} \times ۱۰۰$$

غیر قابل دسترسی(٪) بودن نیروگاه (عامل دسترسی -۱۰۰) به دو دسته تقسیم می شود:

- زمان قطع برنامه ریزی شده – زمان قطعی که قبل از زمان قطع واقعی تماما زمان بندی شده است. (حداقل ۲ هفته)

- زمان قطع اجباری- قطعی برنامه ریزی نشده ای که لازم می دارد تا نیروگاه قبل از قطعی زمان بندی شده قبلی یا بلافاصله از سرویس خارج شود.

هر دو عامل بار و ظرفیت برای توصیف عملکرد فنی نیروگاه فنی نیروگاه لازم هستند.

$$\text{عامل بار} = \frac{\text{مجموع Mwh تولیدی در پریود}}{\text{حداکثر بار (mwe)} \times \text{پریود (ساعت)}} \times ۱۰۰$$

در مورد دوره ی سالانه، تعریف بدین شکل خواهد بود:

$$\text{عامل بار} = \frac{\text{برق تولیدی سالانه(Mwh)}}{\text{ماکزیمم بار (mwe)} \times ۸۷۶۰} \times ۱۰۰$$

هر دو عامل ظرفیت و بار لازم هستند تا عملکرد فنی نیروگاه را شرح دهند. جایی که عامل ظرفیت تقریبا برابر با عامل بار باشد، این موضوع نشاندهنده ی این است که ، ظرفیت نصب شده برابر با هر دو مورد، شرایط میدانی و شرایط بازار می باشد. در حالت دیگر، جاییکه عامل ظرفیت به شکل مهمی کمتر از عامل بار باشد، این موضوع نشان

می دهد که ظرفیت نصب شده هم برای میدان زمین گرمایی هم برای بازار بسیار بزرگ است.

عامل دسترسی = مجموع ساعت کار نیروگاه در طول پریود × ۱۰۰ / مجموع طول پریود (ساعت)

با توجه به اهمیت روشن ساختن اثرات قطعی اجباری یا برنامه ریزی شده ، دو عامل دسترسی جداگانه باید معین شوند ، که زمان از دست رفته در طول قطعی برنامه ریزی شده را نسبت به ساعات کار واقعی شامل شود یا این زمان را مستثنی کند.

عامل بار = جریان توسط بخار (t/h) در طول پریود× ۱۰۰ / منبع بخار(t/h)

یک تعریف جایگزین برای عامل دسترسی بخار(در دسترس بودن بخار) از ملاحظات ذیل نتیجه گرفته می شود:

مقداری از تولید ممکن است در اثر کاهش ناگهانی بخار تامین شده از میدان بخار، یا اندازه گیری منبع بخار در ورودی توربین(t/h) از دست برود، پس :

عامل دسترسی بخار = [(منبع بخار)-(کاهش ناگهانی تولید بخار)] × ۱۰۰ / منبع بخار(t/h)

هزینه ی ویژه ی عملیاتی شاخص هزینه ی عملیاتی (شامل تعمیر و نگهداری عمده) برحسب kwh در ولتاژ ترمینالهای منبع ترانسفورماتور ژنراتور می باشد:

هزینه ی عملیاتی ویژه = مجموع هزینه های M,O برای پریود / ۱۰۰۰× برق تولیدی سالیانه (MWh)

مجموع هزینه های عملیاتی و تعمیر نگهداری باید شامل هزینه حفاری چاه های بیشتر هم باشد.

نرخ حادثه ی ایمن به عنوان تعداد تصادفات برای همه ی پرسنل مفیدی که به شکل دایمی برای وسایل نیروی زمین گرمایی گماشته شده اند، در ۱۰۰۰۰۰۰ نفر- ساعت کار تعریف می شود. کنترل تلفات تولید، تعداد قطعی های اجباری است که در پریود

در وسایل تولیدی به وقوع می پیوندد. تصاویر واقعی و اهداف بر یک اساس ماهانه گزارش می شوند و در گزارش سالانه نیروگاه به طور خلاصه بیان می شوند.

۴,۴,۳ کاربردهای نمونه

نمونه های ذیل اطلاعات جمع شده از نیروگاه های نوعی را نشان می دهد: یکی نیروگاه های «۶۰Mw» و «۲۰Mw» استاندارد ایتالیایی و یکی دیگر نیروگاه ژاپنی «۵۰Kw».

نیروگاه ایتالیایی # ۱

سال	۱۹۹۹
ظرفیت نصب شده	۶۰MW
ماکزیمم بار	۵۵MW
برق تولیدی سالانه	۴۶۲۸۴۵Mwh
ساعات کار نیروگاه	ساعت ۸۷۴۸
عامل ظرفیت	٪۸۸/۱
عامل بار	٪۹۶/۱
عامل دسترسی	٪۹۹/۹

نیروگاه ایتالیایی # ۲

سال	۱۹۹۹
ظرفیت نصب شده	۲۰MW
ماکزیمم بار	۱۷MW
برق تولیدی سالانه	۱۴۲۲۴۸Mwh
ساعات کار نیروگاه	ساعت ۸۴۸۳
عامل ظرفیت	٪۸۱/۲
عامل بار	٪۹۵/۵
عامل دسترسی	٪۹۶/۸

نیروگاه ژاپنی # ۳

سال	۹۸/۳/۳۱ – ۹۷/۴/۱
ظرفیت نصب شده	۵۰MW
ماکزیمم بار	۴۸/۳MW
برق تولیدی سالانه	۳۶۱۶۵۱Mwh
ساعات کار نیروگاه	ساعت۸۱۱۲
عامل ظرفیت	٪۸۲/۶
عامل بار	٪۸۵/۵
عامل دسترسی	٪۹۲/۶

جدول ۴: مثالهایی از مقادیر نوعی شاخص های عملکرد برای ۳ نیروگاه زمین گرمایی در ایتالیا و ژاپن

مقادیر متوسط برای دوره های مرجع برابر برای چند تا از نیروگاه های ایتالیایی و ژاپنی در جدول ۵ جمع آوری شده است.

عامل ها	ژاپن	ایتالیا
عامل ظرفیت	٪۷۵/۶	٪۷۵/۱
عامل بار	٪۸۴/۲	٪۸۹/۳
عامل دسترسی	٪۹۲/۱	٪۹۲/۱

جدول ۵: مقادیر متوسط از شاخص های عمکرد برای تعدادی از نیروگاه های زمین گرمایی موجود در ایتالیا و ژاپن

- مزیت های انرژی زمین گرمایی:

اثر انرژی زمین گرمایی بر روی محیط زیست تاثیر کمتری نسبت به دیگر صورتهای انرژی دارد. سیالات زمین گرمایی مقادیر مختلفی از گاز(به مقدار زیادی نیتروژن و دی اکسید کربن) ، به همراه کمی سولفید هیدروژن و به نسبت بسیار کمی هم آمونیاک، جیوه، رادون و بور را با خود دارند. بیشتر مواد شیمیایی در محیط زیست رها نمی

شوند. غلظت گازها اغلب مضر نیست، و جدا کردن سولفید هیدروژن هم یک موضوع عادی است . میزان دی اکسید کربنی که از میدان های زمین گرمایی حرارت بالا ، که برای تولید برق به کار می روند ، دفع می شود، g/kwh ۳۸۰-۱۳ می باشد، ولی باید در نظر داشت که co_2 را به عنوان یک محصول فرعی احتراق تولید می کنند، دی اکسید کربن نیروگاه های زمین گرمایی، دی اکسید کربنی است که قبلا در زیر زمین وجود داشته و با مقادیر کم، به شکل طبیعی از طریق شکستگی های روی زمین و شکافهای آتشفشانی آزاد می شده است.) – بخش ۳,۴

انرژی زمین گرمایی به آب و هوا و فصلها وابسته نیست و به شکل ۲۴ ساعته می تواند کارکند، (بر خلاف باد، خورشیدی و زیست توده) . فاکتورهای ظرفیت نیروگاه های زمین گرمایی مکررا بالای ۹۰٪ بوده و قیمت انرژی آنها اغلب کمتر از دیگر منابع انرژی تجدید پذیر می باشد.

سخن آخر:

به منظور شناخت دقیق محدودیت ها، موانع و امکانات موجود در جهت استفاده ی مناسب از منابع انرژی کشور، ضروری است میزان بهره برداری از پتانسیل های موجود انرژی و روند تحولات حامل های انرژی های تجدید پذیر در کشور نیز به روش علمی و دقیق محاسبه و ارزیابی شود.

منابع:

- Performance of Generating Plant

۲۰۰۱-Report by World Energy Council

-www.world energy.org

-www.iea.org

www.eurosolar.org

-

- www.upvg.org

www.biomass.org

-

www.geothermal.marin.org

www.vestas.com

-

- www.suna.org.ir