

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

معمارے پایدار و بیرهوری انرژی های نو

سرشناسه: آين‌گار، کوپاسوامی

Iyengar, Kuppaswamy

عنوان و نام پديدآور: معماری پايدار و بهره‌وری انرژی‌های نو / [کوپاسوامی آين‌گار]: تالیف و ترجمه جمال‌الدین مهدی‌نژاد، فائزه اسدپور؛ ویراستار علمی علی شرقی؛ ویراستار ادبی فاطمه حبیبی.

مشخصات نشر: قزوین: جهاد دانشگاهی، سازمان انتشارات، واحد قزوین، ۱۳۹۸.

مشخصات ظاهری: ۲۸۶ ص.؛ مصور (بخشی‌رنگی)، جدول: ۲۱×۲۱ س.م.

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۶۴۷-۳۴-۲

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: مترجمان بخشهایی را به کتاب افزوده‌اند.

یادداشت: بخش اعظم کتاب حاضر ترجمه کتاب "Sustainable architectural design : an overview, 2015"

اثر کوپاسوامی آين‌گار است.

یادداشت: کتابنامه.

موضوع: معماری پايدار

Sustainable architecture

موضوع: معماری -- طراحی

Architectural design

شناسه افزوده: مهدی‌نژاد، جمال‌الدین، ۱۳۴۲-، مترجم

شناسه افزوده: Mahdinezhad, Jamaledin

شناسه افزوده: اسدپور، فائزه، ۱۳۶۹-، مترجم

شناسه افزوده: شرقی، علی، ۱۳۴۷-، ویراستار

شناسه افزوده: جهاد دانشگاهی. سازمان انتشارات. واحد قزوین

رده بندی کنگره: NA ۲۵۴۲/۳۶

رده بندی دیویی: ۷۲۰/۴۷

شماره کتابشناسی ملی: ۵۷۷۵۷۱۵



انتشارات
جهاد دانشگاهی
قزوین

مصبوبه شورای شـعبه
انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین

ناشر: انتشارات جهاد دانشگاهی قزوین
کلیه حقوق محفوظ است ©

عنوان: معماری پايدار و بهره‌وری انرژی‌های نو
تألیف و ترجمه: جمال‌الدین مهدی‌نژاد، فائزه اسدپور

ویراستار علمی: دکتر علی شرقی

ویراستار ادبی: فاطمه حبیبی

گرافیک و صفحه‌آرایی: مرضیه حمیدی‌زاده

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۶۶۴۷-۳۴-۲

چاپ: نوبت اول - ۱۳۹۸

شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه

بهاء: ۱۰۷۰۰۰ تومان

معمارے پایدار و بهره‌وری انرژی‌های نو

تألیف و ترجمه:

دکتر جمال‌الدین مهدی‌نژاد

عضو هیأت علمی دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران

مهندس فائزه اسدی‌پور

دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی تهران

پیشگفتار مؤلفین

معماران در دو دهه گذشته برای رسیدن به پایداری زیست محیطی به دنبال تدوین روش‌ها و اصولی بودند که در نام‌های مختلف، از قبیل طراحی پایدار، پایداری در معماری و معماری سبز، معرفی شده است. امروزه گرم شدن کره زمین و اینکه لایه اوزون در خطر است، به‌عنوان یک حقیقت پذیرفته شده است. بخش عمده‌ای از آلودگی‌های جو زمین، که در برخی موارد علت گرم شدن کره زمین می‌باشد، از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی در فرآیند تولید انرژی برای زندگی شهری ایجاد می‌شود. بخش عمده‌ای از آلودگی‌هایی را که باعث آسیب‌های زیست محیطی می‌شوند را می‌توان مستقیماً، به فرآیند ساختمان‌سازی نسبت داد. برای مثال ۵۰٪ مصرف سوخت‌های فسیلی در دنیا، مربوط به خدمات‌رسانی و استفاده از ساختمان‌هاست و این دو مورد به‌تنهایی منجر به تولید ۵۰ درصد دی‌اکسید کربن در دنیا می‌شوند که بالغ بر یک چهارم گازهای گلخانه‌ای است. این عامل اصلی گرمای زمین است پس می‌بایست با انرژی پاک و قابل بازیافت مانند: باد، انرژی خورشیدی و زیست‌توده را جایگزین انرژی ناپاک کرد.

از سوی دیگر بیشتر جمعیت شش میلیاردی کره زمین در شهرها زندگی می‌کنند و تعداد این شهرها نیز هر ساله رو به افزایش است. در حالی که در کشورهای پیشرفته، مردم و مشاغل از شهرهای بزرگ و به شهرهای کوچک‌تر در حال گذار می‌باشند، فرآیند شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه هنوز رو به اوج است و در بسیاری از بخش‌های این مناطق، جمعیت شهری بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۵ دو برابر خواهد شد. رشد شهرنشینی در این کشورها نیز به نوبه خود، منجر به تولید حجم انبوهی از آلودگی، مصرف منابع و غیره شده و افزایش سریع فقر در شهرها را به دنبال داشته است. در کشورهای در حال توسعه، علی‌رغم تولید کالاهای مصرفی ارزان قیمت، بسیاری از انسان‌های فقیر از آسایش حاصل از دستگاه‌های تهویه مطبوع بی‌بهره بوده و حتی امکان بستن پنجره به روی گازهای حاصل از سوخت‌های سرب‌دار را نیز ندارند. همگی این افراد در معرض تمامی بلاهای طبیعی، از سیل‌های ویرانگر و زلزله گرفته تا هوا و آب آلوده در محیط‌های مصنوع، می‌باشند.

مفهوم پایداری راه‌حلی است که برای مواجهه با بسیاری از این معضلات تعریف شده است. معماران، مالکان و کاربران ساختمان‌ها می‌توانند با انتخاب صحیح مصالح مناسب از نظر زیست محیطی، استفاده از یک فرآیند طراحی پایدار و توجه مسئولانه به استفاده از ساختمان‌ها، مقدار تبعات زیست محیطی حاصل از رشد شهرها را به حداقل برسانند. به‌عنوان مثال، این افراد می‌توانند با تحت تأثیر قرار دادن عواملی نظیر اجرای ساختمان، شکل و جهت‌گیری ساختمان، ویژگی‌های اقلیم داخلی و فعالیت‌های داخلی در ساختمان، مصرف انرژی را کنترل نمایند. در واقع ماهیت کامل ردپای انرژی در یک مجموعه، از طریق تحلیل مقدار مصرف انرژی در اجرا بیان می‌گردد. این نقطه آغاز خلق ساختمان‌های پایدار است. برای رسیدن به ایده‌های معماری پایدار

گریزی نیست جز تدوین قوانین و ضوابطی که طراحان، مجریان و بهره‌برداران با رعایت آنها نه تنها به تعریف پایداری نائل می‌شوند بلکه معماری سبز، چهره شهرها و بناهای ما را مردم‌وارتر می‌کند. در واقع تبیین اصول به همگان کمک خواهد کرد که به جای ایستادن و مقاومت در مقابل طبیعت، نه تنها با آن همراه شوند، بلکه از مواهب و نقاط قوت آن به نفع معماری بنا استفاده کنند.

لذا این کتاب، دارای ۶ فصل با عناوین: فصل اول: انرژی‌های نو- فصل دوم: مصرف انرژی در معماری- فصل سوم: آسایش حرارتی در ساختمان- فصل چهارم: اصول ساختمان‌های سبز- فصل پنجم: ایده‌ها/ ابزارهای طراحی پایدار در سیستم‌های غیرفعال خورشیدی- فصل ششم: مؤلفه‌های سایت و انرژی‌های نو، می‌باشد. " ۳ فصل ابتدایی آن، توسط نویسندگان تألیف گشته و ۳ فصل پایانی، حاصل ترجمه کتاب طراحی معماری پایدار، یک مرور کلی^۱ اثر معمار کوپاسوامی آینگار^۲ دانشیار گروه معماری دانشگاه نیومکزیکو^۳ است. " در مجموع، مباحث این کتاب دربرگیرنده: روش‌های عملیاتی کردن مصرف انرژی در نتیجه طراحی پایدار، اصول معماری مربوط به طراحی ساختمان‌ها به صورت کارآمد جهت بهره‌وری انرژی‌های نو- طراحی خورشیدی مناسب برای ساختمان‌سازی با استفاده از سیستم‌های منفعل و تکنولوژی‌های کارآمد، شرایط مناسب اقلیمی ساختمان در کنترل حرارت دریافتی و افت حرارتی حاصله طی فرآیند ساخت و ساز در محل- گرمایش، سرمایش، نورپردازی، تجهیزات و لوازم جابجایی عمودی در ساختمان‌های بلندمرتبه و تمهیدات اقلیمی مورد نیاز در طراحی این‌گونه از ساختمان‌ها- ماشین‌آلات و ابزار صنعتی و حمل‌ونقل- بررسی خصوصیات و ظاهر شهرها و حومه‌های شهری شامل: مناظر، منطقه‌بندی، کاربری زمین، نحوه قرارگیری، تراکم و برنامه‌ریزی برای اختلاط کاربری و حمل‌ونقل و غیره جهت طراحی اقلیمی مناسب- کارایی باغچه‌های سقفی و گیاهان شهری و اثرات جزیره گرمایی در شهرها در میزان کیفیت زندگی احساس آسایش کاربران از محیط- تحلیل سایت و عملیات آماده‌سازی آن براساس ویژگی‌های خاص هر منطقه و خرده اقلیم‌های مربوط به آن است.

جمال‌الدین مهدی‌نژاد

1- (Sustainable Architectural Design, an overview)

2- Kuppaswamy Iyengar

3- University of New Mexico

مقدمه

محیط، ساختمان و انرژی سه موضوع اصلی است که مورد توجه متخصصین در رشته‌های گوناگون و به‌خصوص معماری و شهرسازی، در مقیاس جهانی قرار گرفته است. امروزه نگرانی‌ها در مورد مصرف انرژی در ساختمان‌ها رو به افزایش است. در بسیاری از کشورها بین ۱۳ تا ۴۱ درصد کل مصرف انرژی در بخش ساختمان است، برای مثال بر طبق گزارش‌ها، ۵۹ درصد انرژی و ۶۸ درصد الکتریسیته در کشورهای پیشرفته‌ای نظیر آمریکا، به بخش ساختمان تعلق دارد. همچنین ۵۵ درصد دی‌اکسید کربن که از اصلی‌ترین گازهای گلخانه‌ای است و تأثیر بسیاری در تغییرات اقلیمی زمین دارد، در بخش ساختمان تولید می‌گردد. نشست بین‌دولتی در مورد تغییر آب و هوا IPCC پیش‌بینی می‌کند که تا سال ۲۱۰۰، دمای متوسط جهانی بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سلسیوس و سطح آب دریاها بین ۷ الی ۱۱ سانتی‌متر افزایش می‌یابد.

لذا امروزه با افزایش توجه جهانی به کاهش فشار ناشی از مداخلات انسانی بر محیط‌زیست، توجه بر رویکردهایی چون طراحی پایدار و سبز، استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی با حداقل انرژی، رشد چشمگیری داشته است. طراحی محیط مصنوع با رویکرد استفاده از حداقل انرژی، نیازمند تحلیل و ارزیابی گزینه‌های مختلف در مراحل مختلف طراحی با در نظر گرفتن استراتژی‌های مربوط به بهبود آسایش حرارتی فضای داخلی ساختمان‌ها و محیط بیرونی است. هدف اصلی در چنین رویکردی، کاهش مصرف انرژی برای مصارف مختلف گرمایش، سرمایش و نورپردازی، است بنابراین چگونگی طراحی ساختمان‌ها به‌عنوان یکی از عمده‌ترین مصرف‌کنندگان انرژی، تأثیر بسزایی بر تغییرات محیط‌زیست و میزان مصرف منابع زیرزمینی موجود خواهد داشت.

لذا امروزه مهم‌ترین هدف جوامع مختلف علاوه بر ادامه حیات فیزیکی، تأمین یا استمرار بخشیدن به یک توسعه پایدار است که به مدد آن قدرت مادی و توانایی‌های سیاسی و امکان بسط و اجرای طرح‌ها، مقدور می‌گردد. تداوم حیات بشر با کار و مصرف انرژی همراه است. بنابراین شناخت عوارض ناشی از منابع مختلف تولید انرژی، می‌تواند راه‌حل مناسب را برای برخورد با این مسئله در برداشته باشد. مفهوم توسعه پایدار عبارت است از؛ توسعه‌ای که احتیاجات نسل امروز را بدون صدمه زدن به توانایی آب و خاک و هوا میسر ساخته و موجب تغییرات اقلیمی وسیعی‌ای در حوزه زندگی بشر گشته است. فلسفه طراحی پایدار مبتنی بر تأمین احتیاجات، بر اساس ظرفیت‌های فرهنگی و طبیعی محیط‌زیست است. بنابراین طراحی پایدار، تأثیرات سوء بر محیط‌زیست و تولید و مصرف انرژی را به حداقل می‌رساند. در شرایط ایده‌آل طراحی‌ای مناسب است که بتواند تأمین انرژی مورد نیاز خود را از طریق منابع تجدیدشونده طبیعی، ضایعات و مواد دورریز تولیدشده، محقق نماید. لذا در یک جمع‌بندی می‌توان اظهار داشت

که؛ طراحی پایدار ساختمان‌ها باید به‌گونه‌ای باشد تا نیاز به سوخت فسیلی را به حداقل و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را به حداکثر رساند. اتخاذ چنین استراتژی‌هایی نیازمند ایجاد شناخت دقیق و کامل از شرایط محیطی است. براین اساس در این کتاب که مشتمل بر ۶ فصل است، کوشش شده تا با یک رویکرد استراتژیک به بررسی و تبیین اصول و فرآیندهای طراحی پایدار برای معماری ساختمان‌های شهری جهت کارآمدی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی، با به‌کارگیری انرژی‌های نو، پرداخته شود.

۱	فصل اول؛ انرژی های نو
۳	۱-۱- مفهوم انرژی
۳	۲-۱- دسته بندی انواع انرژی
۴	۳-۱- منابع انرژی تجدیدپذیر
۵	۱-۳-۱- انرژی خورشیدی
۹	۲-۳-۱- انرژی باد
۱۱	۴-۳-۱- انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال)
۱۲	۵-۳-۱- انرژی ضایعات و مواد دورریز (زیست توده)
۱۲	۶-۳-۱- انرژی برق آبی
۱۳	۴-۱- منابع انرژی تجدیدناپذیر
۱۳	۱-۴-۱- چوب و هیزم
۱۳	۲-۴-۱- انرژی های فسیلی
۱۳	۳-۴-۱- انرژی هسته ای
۱۴	۵-۱- منابع انرژی های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در ایران
۱۴	۱-۵-۱- وضعیت انرژی های فسیلی در ایران
۱۵	۲-۵-۱- ایران و پتانسیل تابشی منحصربه فرد آن
۱۶	۳-۵-۱- شرایط طبیعی مساعد برای به کارگیری انرژی خورشیدی در ایران
۲۱	فصل دوم؛ مصرف انرژی در معماری
۲۳	۱-۲- ضرورت صرفه جویی انرژی
۲۴	۲-۲- مصرف کننده های انرژی
۲۷	۳-۲- وضعیت مصرف انرژی در بخش های مختلف
۳۱	۴-۲- وضعیت مصرف انرژی در ایران
۳۲	۱-۴-۲- انرژی مصرفی ساختمان
۳۳	۲-۴-۲- انرژی تقاضا شده ساختمان
۳۳	۵-۲- برنامه ریزی جامع انرژی در ایران
۳۸	۱-۵-۲- اهمیت بخش های مصرف کننده انرژی در برنامه ریزی
۳۹	۲-۵-۲- موانع ایران برای افزایش بازدهی و تعیین سطح حداقلی انرژی
۴۰	۶-۲- عوامل تأثیرگذار بر صرفه جویی انرژی در ساختمان

- ۴۰-۲-۶-۱-جهت‌گیری ساختمان.....
- ۴۰-۲-۶-۲-حجم و فرم کلی ساختمان.....
- ۴۰-۲-۶-۳-بازشوها.....
- ۴۱-۲-۶-۴-سایبان‌ها.....
- ۴۲-۲-۶-۵-عایق حرارتی.....
- ۴۲-۲-۶-۶-جرم حرارتی.....
- ۴۳-۲-۷-۷-دسته‌بندی ساختمان از نظر نحوه عملکرد انرژی.....
- ۴۳-۲-۷-۱-خانه منفعل.....
- ۴۴-۲-۷-۲-ساختمان‌های کم انرژی.....
- ۴۵-۲-۷-۳-ساختمان‌های صفرکربن یا کم‌کربن.....
- ۴۵-۲-۷-۴-ساختمان‌های صفرانرژی.....
- ۴۶-۲-۷-۵-شبکه هوشمند.....
- ۴۷-۲-۷-۶-خانه‌های مثبت انرژی.....
- ۴۷-۲-۸-۸-معرفی روش‌های ممیزی عملکرد محیطی ساختمان.....
- ۴۷-۲-۸-۱-سیستم رتبه‌بندی لید.....
- ۴۹-۲-۸-۲-مؤسسه بری‌ام.....
- ۵۱-۲-۸-۳-گرین پیرامید.....
- ۵۳-۲-۸-۴-مبحث نوزدهم مقررات ملی ساختمان (صرفه‌جویی در مصرف انرژی).....

۵۷ فصل سوم؛ آسایش حرارتی در ساختمان.....

- ۵۹-۳-۱-تبادل حرارتی در بدن انسان.....
- ۶۱-۳-۲-عوامل تأثیرگذار بر احساس آسایش حرارتی.....
- ۶۲-۳-۲-۱-دمای هوا.....
- ۶۲-۳-۲-۲-دمای متوسط تشعشعی.....
- ۶۲-۳-۲-۳-رطوبت هوا.....
- ۶۳-۳-۲-۴-جریان هوا.....
- ۶۳-۳-۲-۵-میزان فعالیت.....
- ۶۴-۳-۲-۶-نوع پوشش.....
- ۶۵-۳-۳-تأثیر عوامل خاص بر احساس آسایش حرارتی.....

۶۵	..... سن ۱-۳-۳
۶۵	..... جنس ۲-۳-۳
۶۶	..... رنگ فضا ۳-۳-۳
۶۶	..... شرایط اقلیمی ۴-۳-۳
۶۶	..... تعیین محدوده آسایش با استفاده از دمای مؤثر ۴-۳-۳
۶۶	..... رویکرد منطقی ۱-۴-۳
۶۷	..... رویکرد تطبیقی ۲-۴-۳
۶۹	..... معیارهای آسایش حرارتی ۵-۳-۳
۶۹	..... جدول زیست اقلیمی (گیونی) ۱-۵-۳
۶۹	..... تأثیر راهکارهای غیرفعال بر اساس گونه بندی کوپن ۲-۵-۳
۷۱	..... راهکارهای غیرفعال به روش اولگی ۳-۵-۳
۷۱	..... راهکارهای غیرفعال به روش ماهانی ۴-۵-۳
۷۵	فصل چهارم؛ اصول ساختمان های سبز
۷۹	..... اصول معماری پایدار ۱-۴-۱
۸۰	..... پیش زمینه ۱-۱-۴
۸۴	..... چشم اندازهای انسانی و مسئولیت اجتماعی ۲-۱-۴
۸۶	..... اصول توسعه پایدار ۲-۴-۱
۹۰	..... درس هایی از طبیعت ۳-۴-۱
۹۰	..... سیستم ها به هم پیوسته اند ۱-۳-۴
۹۴	..... چشم اندازی از پایداری محیطی ۲-۳-۴
۹۶	..... اجتناب از اتلاف: بازیافت، بازسازی، استفاده مجدد و بازتولید ۳-۳-۴
۹۹	..... اصول و فلسفه ۴-۴-۱
۹۹	..... رویکردی یکپارچه برای تصمیم گیری پایدار ۱-۴-۴
۹۹	..... ابعاد پایداری ۲-۴-۴
۱۰۰	..... اصول طراحی ساختمان پایدار ۳-۴-۴
۱۰۲	..... نیاز به طراحی های معماری پایدار ۳-۴-۴
۱۰۷	..... چشم اندازهای مهم ۵-۴-۴
۱۰۷	..... تلاش های جهانی در جهت طراحی های پایدار ۱-۵-۴

- ۱۱۲-۵-۲- تلاش‌های جهانی از طریق برنامه‌های صدور گواهینامه ۱۱۲
- ۱۱۲-۵-۳- درک شرایط فعلی انرژی در جهان ۱۱۲
- ۱۱۳-۵-۴- نقش افزایش مصرف برق ۱۱۳

فصل پنجم؛ ایده‌ها/ ابزارهای طراحی پایدار در سیستم‌های غیرفعال خورشیدی ۱۱۷

- ۱۱۹-۵-۱- ایده‌های اصلی طراحی ساختمان پایدار ۱۱۹
- ۱۱۹-۵-۱-۱- کاربران ساختمان ۱۱۹
- ۱۲۰-۵-۱-۲- چرا بحث با مفاهیم طراحی غیرفعال (منفعل) شروع می‌شود؟ ۱۲۰
- ۱۲۰-۵-۱-۳- واکنش به پیامدهای آب و هوایی و معماری ۱۲۰
- ۱۲۲-۵-۱-۴- رویکرد اولیه طراحی پایدار ۱۲۲
- ۱۲۲-۵-۱-۵- شش ایده طراحی پایدار ساختمان ۱۲۲
- ۱۲۸-۵-۲- گرمایش غیرفعال: انرژی خورشیدی ۱۲۸
- ۱۲۸-۵-۱-۲- تأثیر خورشید بر ساختمان‌ها ۱۲۸
- ۱۴۱-۵-۲-۲- استفاده از باد برای تامین تهویه ساختمان ۱۴۱
- ۱۴۲-۵-۲-۳- ابزارهای سایه‌اندازی برای دورنگه‌داشتن گرمای خورشید ۱۴۲
- ۱۴۴-۵-۲-۴- قواعد کلی ۱۴۴
- ۱۴۵-۵-۲-۵- اثرات سایه‌اندازی ۱۴۵
- ۱۴۶-۵-۲-۶- اهمیت میزان نور روز در طراحی ساختمان ۱۴۶
- ۱۴۶-۵-۲-۷- آتریوم ۱۴۶
- ۱۵۰-۵-۳- خنک‌سازی غیرفعال: کنترل خورشید، جهت‌گیری و تهویه ۱۵۰
- ۱۵۲-۵-۱-۳- استفاده از حرکت هوا برای آسایش ساختمان ۱۵۲
- ۱۵۷-۵-۲-۳- تکنیک‌های تهویه غیرفعال ۱۵۷
- ۱۶۰-۵-۳-۳- چالش‌های تهویه طبیعی ۱۶۰
- ۱۶۱-۵-۳-۴- تأثیر جرم ساختمانی ۱۶۱
- ۱۶۴-۵-۴- خنک‌کننده غیرفعال: سیستم‌های هوا و آب ۱۶۴
- ۱۶۵-۵-۱-۴- تهویه طبیعی ۱۶۵
- ۱۶۷-۵-۲-۴- برج‌های بادی و بادگیرها ۱۶۷
- ۱۶۸-۵-۳-۴- تاریخچه بادگیر یا برج بادی ۱۶۸
- ۱۷۳-۵-۴-۴- کاربردهای معاصر برج‌های خنک‌کننده ۱۷۳

۱۷۴	۵-۴-۵- میان‌بری خنک‌کننده
۱۷۶	۵-۴-۶- محاسبه جریان هوا برای برج‌های خنک‌کننده
۱۷۸	۵-۴-۷- چگونگی تأثیر مکان بر کارآمدی
۱۷۹	۵-۴-۸- ادعای پایداری برج‌های خنک‌کننده
۱۸۵	۵-۵- منابع زیرزمینی و سایر سیستم‌های گرمایش و سرمایش
۱۸۵	۵-۵-۱- مروری کوتاه پیرامون انرژی زمین گرمایی (انرژی ژئوترمال)
۱۸۷	۵-۵-۲- تولید برق در مقیاس بزرگ
۱۸۷	۵-۵-۳- گرمایش و سرمایش منبع زمینی منفعل غیرفعال
۱۸۹	۵-۵-۴- خنک‌سازی زمین
۱۸۹	۵-۵-۵- مفاهیم گرمایش و سرمایش خورشیدی (بازتاب‌دهنده تبخیر)
۱۹۱	۵-۵-۶- حوضچه‌های سقفی
۱۹۴	۵-۶- تکنولوژی‌های پایدار: کارهای در دست انجام
۱۹۴	۵-۶-۱- انرژی خورشیدی مستقیم: کلکتورهای صفحه تخت
۱۹۶	۵-۶-۲- سیستم‌های حرارتی خورشیدی برای تولید برق و گرما
۱۹۷	۵-۶-۳- فتوولتاییک
۱۹۸	۵-۶-۴- سیستم‌های بدون شبکه یا با شبکه
۲۰۰	۵-۶-۵- اندازه‌گیری سیستم‌های PV
۲۰۲	۵-۶-۶- نیروی باد
۲۰۴	۵-۶-۷- سیستم‌های ترکیبی بادی و خورشیدی
۲۰۶	۵-۶-۸- زیست‌توده: تبدیل پسماند به انرژی
۲۰۸	۵-۶-۹- گازهای زیستی و زیست‌توده (گاز طبیعی تجدیدپذیر)
۲۱۰	۵-۶-۱۰- سلول‌های سوختی (پیل‌های سوختی)
۲۱۱	۵-۶-۱۱- میکروتوربین‌ها
۲۱۲	۵-۶-۱۲- نیروگاه برق‌آبی مقیاس کوچک
۲۱۵	فصل ششم؛ مؤلفه‌های سایت و انرژی‌های نو
۲۱۷	۶-۱- سایت: گزینش و تحلیل
۲۱۷	۶-۱-۱- ملاحظات در زمینه گزینش سایت
۲۱۸	۶-۱-۲- تحلیل سایت

۲۲۰	۳-۱-۶- پوشش خورشیدی
۲۲۳	۴-۱-۶- تعادل فضاهای ساخته شده و باز
۲۲۳	۵-۱-۶- مؤلفه های خاک
۲۲۴	۶-۱-۶- مؤلفه های دیگر سایت
۲۲۶	۲-۶- سایت: طراحی منظر (چشم انداز)
۲۲۶	۱-۲-۶- احترام به منظر منطقه
۲۲۷	۲-۲-۶- نسبت ساختمان به منطقه
۲۲۸	۳-۲-۶- تأثیر اثر جزیره گرمایی شهری
۲۲۹	۴-۲-۶- اثر آب و فاضلاب بر منظر
۲۳۰	۵-۲-۶- درک گیاهان منطقه و بوم شناسی
۲۳۱	۶-۲-۶- نمونه هایی از مناظر پایدار
۲۳۵	۳-۶- اثر گرمایی زیرساخت شهری
۲۳۵	۱-۳-۶- اثرات جزیره گرمایی در شهرها
۲۳۶	۲-۳-۶- کارایی باغچه های سقفی و گیاهان شهری
۲۳۷	۳-۳-۶- سقف های سبز یا سقف های زنده
۲۳۹	۴-۳-۶- مطالعات اروپایی درباره اثر جزیره گرمایی شهری
۲۴۱	۴-۶- سایت: قرارگیری ساختمان ها
۲۴۱	۱-۴-۶- جهت گیری
۲۴۴	۲-۴-۶- تغییر شکل ساختمان و استفاده از انرژی
۲۵۱	۵-۶- سایت: مجموعه های ساختمانی
۲۵۱	۱-۵-۶- جهت گیری خورشیدی
۲۵۲	۲-۵-۶- پوشش خورشیدی و مجموعه های ساختمانی
۲۵۵	۳-۵-۶- بهترین استفاده از خورشید و نور در ساختمان های مرتفع
۲۵۵	۴-۵-۶- دسته بندی ساختمان متناسب با اقلیم و اراضی مختلف
۲۵۷	۵-۵-۶- سیستم های منفعل در مجموعه ها
۲۵۸	۶-۵-۶- حس مکان
۲۶۰	منابع

فصل اول؛

انرژی ہائے نو

۱-۱- مفهوم انرژی

به اختصار، انرژی در فیزیک، به توانایی و ظرفیت انجام کاری گفته می‌شود، که ممکن است به شکل پتانسیل، جنبشی، حرارتی، الکتریکی، شیمیایی، هسته‌ای یا سایر فرم‌ها وجود داشته باشد. تعاریف مختلف انرژی در منابع مختلف به شرح زیر است.

• تعریف دایرةالمعارف بریتانیکا از انرژی

انرژی در فیزیک، به توانایی و ظرفیت انجام کاری گفته می‌شود. که ممکن است به شکل پتانسیل، جنبشی، حرارتی، الکتریکی، شیمیایی، هسته‌ای یا سایر فرم‌ها وجود داشته باشد. علاوه بر این گرما و کار به عنوان مثال در فرآیند انتقال انرژی از فرمی به فرم دیگر نیز وجود دارد. پس از انتقال انرژی همیشه با توجه به ماهیتش تعیین می‌شود، بنابراین گرمای منتقل شده می‌تواند تبدیل به انرژی حرارتی شود، درحالی‌که کار انجام شده آشکارا در فرم انرژی مکانیکی صورت می‌پذیرد، تمامی فرم‌های انرژی با حرکت (جنبش) همراه‌اند.

• تعریف دایرةالمعارف انرژی

انرژی یک خاصیت بنیادی از یک سیستم است. اشاره به پتانسیل‌ها جهت تأثیرگذاری بر سیستم‌های دیگر با انجام کاری یا ایجاد حرارت (هرج و مرج مولکول‌ها و ساختارهای سیستم)، انرژی در فرم‌های بسیاری همچون الکترومغناطیسی، الکتریکی، هسته‌ای، شیمیایی، حرارتی و مکانیکی وجود دارد.

• لغت‌نامه آکسفورد انرژی را این‌گونه تعریف می‌نماید:

نیروی به دست آمده از منابع فیزیکی یا شیمیایی جهت فراهم کردن نور و گرما یا به کار انداختن ماشین‌ها.

۱-۲- دسته‌بندی انواع انرژی

منابع انرژی به دو گروه، انرژی‌های تجدیدپذیر یا غیر تجدیدپذیر طبقه‌بندی می‌شوند:

• تجدید پذیر: منبعی از انرژی که به سادگی می‌تواند تجدید شود.

• تجدید ناپذیر: منبعی از انرژی که از آن استفاده می‌کنیم و نمی‌تواند دوباره به وجود آید.

منابع انرژی تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر می‌توانند جهت تولید منابع انرژی ثانویه شامل الکتریسیته و هیدروژن استفاده شوند.

۱-۳- منابع انرژی تجدیدپذیر^۱

به انرژی‌های ناشی از فرآیندهای طبیعی که به‌طور مداوم احیاء و تجدید می‌گردند، انرژی تجدیدپذیر گویند. انواع مختلفی از انرژی تجدیدپذیر وجود دارند که به‌صورت مستقیم و یا غیرمستقیم از خورشید و یا از حرارت ایجادشده از اعماق زمین استحصال می‌شوند. این انرژی‌ها عبارت‌اند از: انرژی تولیدشده از منابع خورشیدی، بادی، زیست‌توده، زمین‌گرایی، انرژی آبی، امواج و جزر و مد، زیست‌توده جامد، بیوگاز و سوخت‌های زیستی^۲ مایع. همچنین به سوختی که از احتراق مواد صنعتی، پسماندهای شهری، بیمارستانی و زباله‌های خانگی نظیر لاستیک، پلاستیک، پسماند مواد نفتی و دیگر حامل‌های انرژی مشابه به دست می‌آید، پسماند گویند. این سوخت‌ها می‌توانند به شکل مایع یا جامد، تجدیدپذیر یا تجدیدناپذیر، تجزیه‌پذیر یا تجزیه‌ناپذیر باشند.

به‌طور کلی می‌توان گفت تجدیدپذیرها و پسماندها به سه گروه اصلی تقسیم می‌گردند.

- **گروه اول:** شامل حامل‌هایی هستند که برای تبدیل به برق به کار گرفته می‌شوند. نظیر: نیروی محرکه آب و فتوولتائیک خورشیدی.
 - **گروه دوم:** شامل حامل‌هایی نظیر حرارت خورشید و زمین‌گرایی هستند که ابتدا استحصال شده، سپس می‌توان از آنها جهت استفاده‌های مختلف در بخش‌های مصرف‌نهایی و تبدیل استفاده نمود. به علت ماهیت این حامل‌ها، نمی‌توان آنها را به روش‌های متعارف ذخیره‌سازی نمود و به این ترتیب نیز نمی‌توان برای آنها اطلاعات تغییر در موجودی ذخایر ایجادشده را گزارش کرد.
 - **گروه سوم:** شامل حامل‌هایی هستند، که برای اهداف گوناگونی در بخش‌های مصرف‌نهایی و تبدیل، تولید و مورد استفاده قرار می‌گیرند، نظیر پسماندها، سوخت‌های جنگلی، سوخت‌های جامد، بیوگاز، زیست‌توده و سوخت‌های زیستی مایع. این حامل‌ها را می‌توان به طرق متعارف ذخیره‌سازی نمود و لذا ارائه اطلاعات تغییر در موجودی ذخایر ایجادشده آنها امکان‌پذیر است.
- از نظر محیط‌زیست منابع انرژی تجدیدپذیر از نویدبخش‌ترین منابع انرژی به شمار می‌رود خوشبختانه کشور ایران یکی از مهم‌ترین کشورها از نظر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر است و در موقعیتی قرار دارد که با داشتن آفتاب فراوان، مناطق بادخیز، چشمه‌های آبگرم معدنی و سایر منابع انرژی تجدیدپذیر مستمر استفاده از انرژی‌های نو برای مهار هزاران مگاوات انرژی بادی، خورشیدی، زمین‌گرایی و دیگر منابع است (محمدی فرد و اسدپور، ۱۳۹۳).

1- Renewable

2- Biofuels

۱-۳-۱- انرژی خورشیدی

انرژی خورشیدی موجود در هسته خورشید، در واقع انرژی هسته‌ای است. در ۲۵٪ لایه‌های درونی خورشید، هیدروژن با سرعتی در حدود کیلوگرم در هر ثانیه، به هلیوم تبدیل می‌شود. این مقدار معادل جرمی است که با ۱۰ میلیون واگن راه‌آهن حمل می‌شود. پس در خصوص اتمام این انرژی جای نگرانی نیست؛ زیرا خورشید به اندازه کافی هیدروژن دارد که این روند را تا ۵ میلیون سال دیگر ادامه دهد. این تولید انرژی به وسیله تراکم گرانشی دو برابر شده و هسته خورشید را در دمایی حدود ۱۶ میلیون درجه کلوین (۲۹ میلیون درجه فارنهایت) حفظ می‌کند. ابتدا حرارت از هسته ساطع می‌شود و سپس از طریق هدایت به سطح خورشید می‌رسد که در دمای ۵۸۰۰ درجه کلوین باقی می‌ماند. اولین راه انتقال انرژی از سطح خورشید، تابش الکترومغناطیس است. این گونه انتقال گرما، تا حد زیادی به دمای سطح ماده و نوع انرژی وابسته است (اسدپور و اسدپور، ۱۳۹۳).

انرژی خورشیدی بزرگترین منبع انرژی جهان به شمار می‌آید، این انرژی پاک، رایگان و در اکثر نقاط کره زمین قابل دسترس است، محدودیت منابع فسیلی و تغییرات ایجاد شده در محیط زیست باعث ایجاد رقابتی مابین انرژی خورشیدی با انرژی فسیلی شده است. از سیستم‌های انرژی خورشیدی در تأمین گرما، آب گرم، الکتریسیته و... استفاده می‌کنند. این انرژی در مقایسه با سایر شکل‌های انرژی مزایای بسیاری دارد. اولین مزیت آن لایزال بودن نسبی این منبع انرژی است، ممکن است این مزیت امروزه به دلیل استفاده کشورها از انرژی‌هایی همچون نفت و گاز که اکنون در دسترس و ارزان است چندان جلوه‌ای نداشته باشد ولی در این شرایط باید توجه داشت که انرژی‌های فسیلی و هسته‌ای را اگر هم اکنون استفاده نکنیم از بین نمی‌رود، این منابع را علاوه بر اینکه هرگاه بخواهیم در دسترس داریم همچنین می‌توان آنها را به عنوان ذخیره‌ای برای آیندگان باقی گذاشت ولی انرژی خورشیدی دریافتی را که به مصرف نرسیده باشد نمی‌توان در آینده مصرف کرد. از جمله مزایای دیگری که انرژی خورشیدی دارد آلوده نکردن محیط زیست است. این انرژی هیچ‌گونه خطری برای محیط زیست ندارد. سومین مزیتی که این انرژی دارد تأمین کلیه انرژی‌های مورد نیاز انسان هاست. از انرژی خورشیدی می‌توان برای کلیه امور روزمره زندگی استفاده کرد حال آنکه مثلاً انرژی هسته‌ای فقط برای تولید برق کاربرد دارد. علاوه بر این موارد تکنولوژی استفاده از آن در مقایسه با انرژی هسته‌ای ساده‌تر بوده و از این رو، بهره‌برداری وسیع از آن راحت‌تر و سریع‌تر است. از انرژی حرارتی خورشید، جهت مصارف خانگی، صنعتی، نیروگاهی و همچنین تولید برق توسط تجهیزاتی نظیر کلکتورهای بشقابی مسطح و سلول‌های فتولتاییک استفاده می‌گردد. طی سالیان اخیر، وزارت نیرو طرح‌های عمده‌ای را در این زمینه به بهره‌برداری رسانده است. (جدول ۱-۱ و ۱-۲)

همانند استفاده از انرژی آب، به‌کارگیری انرژی خورشیدی نیز دارای پیشینه تاریخی طولانی است. بسیاری از اقوام پیش از تاریخ

از این انرژی برای گرمایش منازل، خشک‌کردن لباس‌ها و غذاهایشان بهره می‌برده‌اند. اهمیت انرژی خورشیدی تا آنجا بوده است که بسیاری از تمدن‌ها به دلیل احترام قائل بودن برای خورشید، رصدخانه‌های بدوی را به وجود آوردند تا محل خورشید در آسمان را تعیین کنند. برخی دیگر، انرژی خورشید را تا حدی با ارزش می‌دانستند که حتی استفاده از آن را در قوانین خود وضع نموده بودند. رومی‌های باستان برای گرم کردن منازل و حمام‌ها به شدت به انرژی خورشید وابسته بودند به طوری که ساختن ساختمان‌های بلند که مانع از تابش خورشید به همسایه‌ها می‌شد، ممنوع بوده است. رومیان باستان تنها کسانی نبوده‌اند که تا این حد به انرژی خورشید وابسته بوده‌اند. ساکنان باستانی پرتگاه آناسازی در جنوب غربی آمریکا نیز از دانش خود در زمینه حرکت خورشید در آسمان برای گرم و سرد کردن خانه‌های خود استفاده می‌کرده‌اند. آنها منازلشان را در صخره‌های رو به جنوب می‌ساختند. در زمستان، نور خورشید به خانه‌هایشان می‌تابید و صخره‌ها از آنان در مقابل بادهای سرد شمالی محافظت می‌کرد. در تابستان، پیش‌آمدگی صخره‌ها روی ساختمان‌ها سایه ایجاد می‌نموده و در نتیجه آنها را خنک می‌کرده است. در ایران نیز معماری سنتی ایرانیان باستان نشان‌دهنده توجه خاص آنان در استفاده صحیح و مؤثر از انرژی خورشید در زمان‌های 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، سد راه پیشرفت این سیستم‌ها بوده است. تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله تولید انرژی از راه‌های دیگر (غیر از سوخت‌های فسیلی) توجه جدی‌تری نمایند (asadpour & asadpour, 2014).

تقریباً تمام شکل‌های زمینی انرژی، از خورشید سرچشمه می‌گیرند. در اثر هم پیوستن یا همجوشی اتم‌های هیدروژن که به یکدیگر در شرایط مساعدی که در ستاره خورشید وجود دارد، عناصر سنگین‌تر مثل هلیوم ساخته می‌شود. تفاوت جرم کم هلیوم نسبت به اتم‌های سازنده آن یعنی هیدروژن، انرژی ایجاد کرده که به صورت فوتون با طول موج‌های مختلف شامل امواج نوری فرابنفش و مادون قرمز به جو زمین می‌رسد. کل انرژی که به سطح زمین می‌رسد حدود 10^{18} ژول در سال است (WEC, 1998) (IIASA). (جدول ۱-۳ و شکل ۱-۱)

جدول ۱-۱- مشخصات پروژه های در حال بهره برداری و در حال اجرای مربوط به انرژی خورشیدی وزارت نیرو (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۹۰: ۲۴۳)

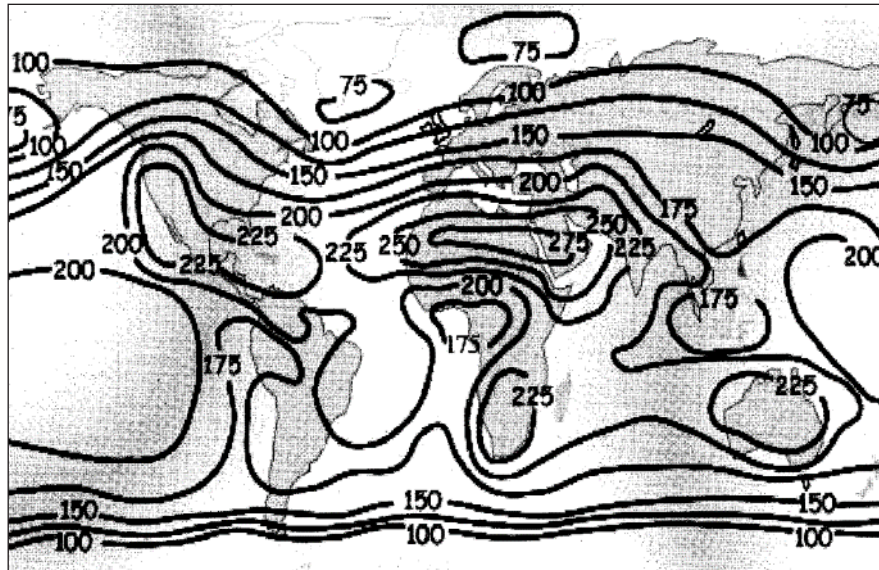
نام پروژه	منطقه پروژه (استان)	سال شروع	سال بهره برداری	درصد پیشرفت کار تا پایان سال ۱۳۹۰	ظرفیت طرح (کیلووات)	عمر مفید (سال)	نوع اتصال به شبکه
توسعه نیروگاه دربید یزد	یزد	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۰۰	۱۲	۲۵	خارج از شبکه
توسعه نیروگاه سر کویر سمنان	سمنان	۱۳۷۸	۱۳۷۹	۱۰۰	۱۵	۲۵	متصل به شبکه
۲۰ کیلووات آبرمکن خورشیدی ^(۱)	البرز، طالقان، یزد، خراسان، سیستان و اصفهان	۱۳۷۹	۱۳۸۱	۱۰۰	۴۱۳۲ ^(۲)	۲۰	متصل به شبکه
برق رسانی به ۶۰ خانوار روستایی	تهران، ساختمان	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۰۰	۵۰	۲۰	خارج از شبکه
۶ کیلووات هیبرید (باد و خورشید) ^(۴)	تهران، ساختمان معاونت امور انرژی	۱۳۸۵	۱۳۸۷	۱۰۰	۶	۱۵	خارج از شبکه
۱۰ کیلووات فتوولتائیک ^(۴)	البرز، طالقان	۱۳۸۳	۱۳۸۷	۱۰۰	۱۰	۲۵	خارج از شبکه
نیروگاه خورشیدی شیراز (فاز بخار)	فارس	۱۳۷۸	۱۳۸۷	۱۰۰ ^(۵)	۲۵۰	۲۰	خارج از شبکه
پارک خورشیدی (خرید، ساخت و نصب تجهیزات به منظور انجام تحقیقات حرارتی خورشیدی)	البرز، طالقان	۱۳۸۴	۱۳۸۸	۱۰۰	-	-	خارج از شبکه
خورشیدی تبریز	آذربایجان شرقی	۱۳۸۸	۱۳۸۸	۱۰۰	۲۴	۲۵	متصل به شبکه
برق رسانی به ۶۳۴ خانوار روستایی ^(۶)	سراسر کشور	۱۳۸۷	۱۳۹۰ ^(۷)	۵۰	۶۵۰	۲۰	خارج از شبکه

جدول ۲-۱- تولید برق خورشیدی کشور طی سال های ۹۰-۱۳۸۴ (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۹۰: ۲۲۴)

سال / شرح	۶ کیلووات هیبرید (باد و خورشید) ^(۶)	۳۰ کیلووات فتوولتائیک	نیروگاه دربید یزد	نیروگاه سرکویر سمنان	خورشیدی تبریزی	جمع
۱۳۸۴	-	۱۰۰۰۰ ^(۵)	۱۸۰۰۰	۲۵۰۰۰ ^(۶)	-	۵۳۰۰۰
۱۳۸۵	-	۲۲۰۰۰	۱۷۰۰۰	۲۰۰۰۰	-	۷۹۰۰۰
۱۳۸۶	-	۳۲۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۴۰۰۰	-	۷۱۰۰۰
۱۳۸۷	-	۳۵۰۰۰	۱۹۰۰۰	۲۱۰۰۰	-	۷۵۰۰۰
۱۳۸۸	-	۳۱۰۰۰	۱۵۰۰۰	۲۱۰۰۰	۵۰۰۰	۷۲۰۰۰
۱۳۸۹	-	۳۲۰۰۰	۱۷۰۰۰	۱۸۰۰۰	۲۷۶۵۶	۹۲۶۵۶
۱۳۹۰	-	۲۴۰۰۰	۴ ^(۷)	۵ ^(۸)	۲۴۰۱۰	۲۸۰۱۰

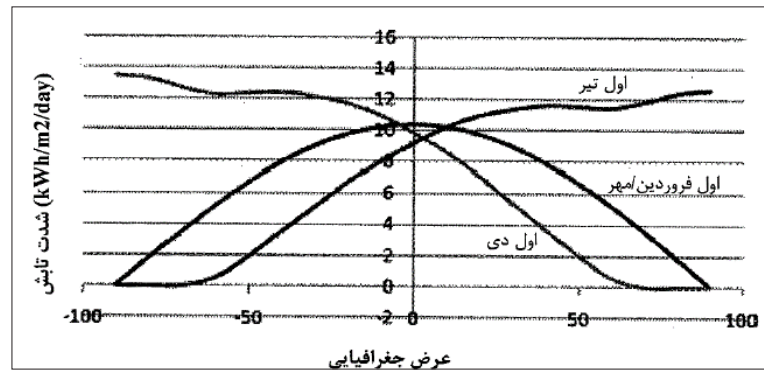
جدول ۱-۳- ارزیابی پتانسیل انرژی خورشیدی در جهان (ترازنامه انرژی، ۱۳۷۷) (قیابکلو، ۱۳۸۹)

پارامتر	حداکثر پتانسیل (10^{18} ژول در سال)
انرژی خورشیدی جذب شده توسط کره زمین	$5/5 \times 10^6$
انرژی خورشیدی رسیده به سطح کره زمین	$2/7 \times 10^6$
انرژی خورشیدی رسیده به سطح اراضی	$2/7 \times 10^6$



شکل ۱-۱- متوسط سالیانه تابش خورشیدی در نقاط مختلف دنیا بر حسب W/m^2 (قیابکلو، ۱۳۹۲)

پتانسیل واقعی انرژی خورشیدی متأثر از عوامل متعددی نظیر زمان تابش خورشیدی در فصول مختلف سال و ساعت‌های متفاوت در روز، مناطق جغرافیایی و شرایط آب و هوایی است. پتانسیل انرژی خورشیدی در جهان تا حدی عظیم است، که از تأمین احتیاجات فعلی و آتی کل تقاضای جهانی انرژی فراتر می‌رود (شکل ۱-۲ و جدول ۱-۴).



شکل ۱-۲- شدت تابش خورشید بر روی سطوح افقی با توجه به عرض جغرافیایی و فصول مختلف (قیابکلو، ۱۳۸۹)

جدول ۱-۴- میانگین ماهیانه تابش روزانه خورشید بر روی سطوح افقی در عرض های جغرافیایی مختلف بر حسب kw/m^2 (Muneer, 2004) (قیابکلو، ۱۳۸۹)

Dec.	Nov.	Oct.	Sep.	Aug.	Jul.	Jun.	May	Apr.	Mar.	Feb.	Jan.	ماه جغرافیایی
۰/۶۳۹	۱/۲۵۱	۲/۹۹۵	۵/۶۶۴	۸/۵۴۴	۱۰/۶۸۷	۱۱/۲۲۹	۱۰/۰۷۰	۷/۵۴۸	۴/۶۳۰	۲/۳۳۳	۰/۹۴۲	۶۰°
۲/۱۲۰	۲/۸۵۱	۴/۶۴۷	۷/۰۶۰	۹/۴۰۴	۱۱/۰۰۴	۱۱/۴۳۴	۱۰/۵۷۹	۸/۶۴۷	۶/۱۸۲	۴/۰۱۲	۲/۵۰۱	۵۰°
۳/۷۹۱	۴/۵۲۲	۶/۱۹۴	۸/۲۴۳	۱۰/۰۵۱	۱۱/۱۸۳	۱۱/۴۸۳	۱۰/۶۹۵	۹/۵۱۸	۷/۵۴۷	۵/۶۳۸	۴/۱۸۵	۴۰°
۵/۴۸۰	۶/۱۴۱	۷/۵۷۴	۹/۱۷۶	۱۰/۴۳۲	۱۱/۱۲۵	۱۱/۳۰۹	۱۱/۰۰۱	۱۰/۱۱۹	۸/۶۸۵	۷/۱۲۲	۵/۸۵۰	۳۰°
۷/۰۹۰	۷/۶۳۱	۸/۷۲۷	۹/۸۲۱	۱۰/۵۲۴	۱۰/۷۹۹	۱۰/۸۲۳	۱۰/۸۰۶	۱۰/۴۲۶	۹/۵۵۹	۸/۴۲۶	۷/۴۰۷	۲۰°
۸/۵۵۰	۸/۹۳۳	۹/۶۴۷	۱۰/۱۸۸	۱۰/۳۱۷	۱۰/۱۹۷	۱۰/۱۷۱	۱۰/۳۲۴	۱۰/۴۲۶	۱۰/۱۴۴	۹/۵۰۴	۸/۷۹۵	۱۰°
۹/۸۰۸	۱۰/۰۰۱	۱۰/۲۷۲	۱۰/۲۳۶	۹/۸۱۵	۹/۳۳۰	۹/۲۱۳	۹/۵۶۴	۱۰/۱۱۹	۱۰/۴۲۱	۱۰/۳۰۱	۹/۹۶۱	۰°

در حال حاضر فناوری های عمده خورشیدی عبارت اند از گردآورنده های خورشیدی و فتوولتاییک ها؛ اما به هر صورت در شرایط فعلی این فناوری ها از لحاظ هزینه تمام شده برق نمی توانند، با سامانه های تولید برق از انرژی فسیلی رقابت کنند (قیابکلو، ۱۳۸۹).

۱-۳-۲- انرژی باد

از دیرینه ترین منابع انرژی که از گذشته ای دور همواره مورد استفاده بوده است، انرژی باد می باشد. در دروان گذشته، تمامی ابزاری که برای استفاده از انرژی باد مورد استفاده قرار می گرفت، در آسیاب های بادی خلاصه می شد. اما امروزه این امر تا آنجا

پیش رفته است که استفاده از واژه مولد هوایی امری متداول گشته است. نواحی ساحلی یا کوهستانی مناسب‌ترین محل جهت استقرار دستگاه‌های مولد هوایی هستند. بخش کوچکی از انرژی خورشیدی که به سطح زمین می‌رسد در طی فرآیندی به انرژی باد تبدیل می‌شود. علت اصلی ایجاد باد که در واقع همان هوای متحرک است، گرم شدن نابرابر زمین و جو آن و حرکت جو نسبت به زمین است. سرعت وزش باد در طول روز، ماه و سال در حال تغییر است از این رو برای تعیین سرعت وزش باد در هر نقطه از سطح زمین، مقادیر متوسط سالانه به کار گرفته می‌شود (رضویان، ۱۳۷۳). با توجه به پیشرفت‌هایی که در زمینه ساخت توربین‌های بادی و در نتیجه کاهش هزینه‌های تولید برق، صرفه‌جویی در بهره‌برداری از منابع فسیلی باعث شده است که استفاده از انرژی باد، به عنوان یکی از مناسب‌ترین منابع تجدیدپذیر جهت تولید برق در جهان مطرح می‌گردد. در ایران نیز توجه به منابع با ذخیره ضمن تولید برق از انرژی باد امکان ایجاد شغل را نیز برای مردم می‌توان مهیا کرد بنابراین بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر باد به منظور تولید انرژی پاک و ارزان قیمت، یکی از گزینه‌های متداول در سراسر جهان است (Fard et al, 2016).

در سال ۱۹۳۰، ظرفیت نیروگاه‌های بادی کشور ۵۲۸۰ کیلووات افزایش یافته که این افزایش ناشی از راه‌اندازی هفت توربین بادی با مجموع ۴۶۲۰ کیلووات در نیروگاه سیاهپوش منجیل و یک واحد توربین ۶۶۰ کیلوواتی در صفا اصفهان بوده است (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۹۰، ۲۳۸). طبق جدول ۱-۵ پروژه‌های مطالعاتی و اجرایی مربوط به انرژی باد شامل دو طرح فناوری انرژی‌های نو با ظرفیت تقریبی ۶۰ مگاوات و طرح توسعه نیروگاه بادی با ظرفیت تقریبی بیش از ۱۲۸ مگاوات می‌باشند.

جدول ۱-۵- مشخصات پروژه‌های مطالعاتی و اجرایی مربوط به انرژی باد. (ترازنامه انرژی ایران، ۱۳۹۰: ۲۴۲)

نام پروژه	موقعیت جغرافیایی	سال شروع	سال بهره‌برداری	درصد پیشرفت کار تا پایان سال ۱۳۹۰	ظرفیت طرح (کیلووات)	عمر مفید (سال)	قابلیت تولید سالانه انرژی (کیلووات‌ساعت)
طرح فن‌آوری انرژی‌های نو تهیه اطلس باد کشور	کل کشور	۱۳۸۲	۱۳۸۸	۱۰۰	-	-	-
مزرعه بادی ۶۰ مگاوات	قزوین	۱۳۸۴	۱۳۹۵	۲۰ ^(۱)	۶۰۰۰۰	۲۰	۱۹۰
طرح توسعه نیروگاه بادی احداث ۱۰۰ مگاوات توربین بادی نیروگاه بادی بینالود	گیلان خراسان	۱۳۷۸ ۱۳۸۰	۱۳۹۱ ۱۳۹۱	۹۳ ۹۵ ^(۲)	۱۰۰۰۰۰ ^(۱) ۲۸۳۸۰	۲۰	۲۰۰-۳۳۰ ۱۲۴

انرژی باد نظیر سایر منابع انرژی تجدیدپذیر از نظر جغرافیایی گسترده و در عین حال به صورت پراکنده و غیرمتمرکز و تقریباً همیشه در دسترس است. از مزایای بهره‌گیری از انرژی باد می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم نیاز توربین‌های بادی به سوخت، که در نتیجه از میزان مصرف سوخت‌های فسیلی می‌کاهد.
- رایگان بودن انرژی باد.
- توانایی تأمین بخشی از تقاضای انرژی برق.
- ارزان‌تر بودن انرژی حاصل از باد نسبت به انرژی‌های فسیلی.
- کمتر بودن هزینه‌های جاری هزینه‌های سرمایه‌گذاری انرژی باد در بلندمدت.
- تنوع بخشیدن به منابع انرژی و ایجاد سیستم پایدار انرژی.
- عدم نیاز به آب.
- نداشتن آلودگی محیط‌زیست نسبت به سوخت‌های فسیلی و... (دفتر آگاه‌سازی سازمان انرژی‌های نو ایران (سانا)

۱-۳-۴- انرژی زمین‌گرمایی (ژئوترمال)^۱

انرژی حرارتی منتشره از داخل پوسته زمین که غالباً به صورت آب یا بخار داغ حاصل می‌گردد را انرژی زمین‌گرمایی گویند. از این انرژی در سایت‌هایی که دارای شرایط مناسب می‌باشند جهت تولید برق استفاده می‌گردد و یا به صورت مستقیم با کاربرد حرارتی برای گرمایش ناحیه‌های، کشاورزی و غیره به کار گرفته می‌شود. بر اساس محاسبات پیش‌بینی می‌شود که انرژی حرارتی ذخیره شده در ۱۱ کیلومتر فوقانی پوسته زمین معادل پنجاه هزار برابر کل انرژی به دست آمده از منابع نفت و گاز شناخته شده امروز جهان است. بنابراین، این منبع عظیم انرژی می‌تواند در آینده جایگزین قابل اعتمادی برای انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی باشد. در حقیقت انرژی زمین‌گرمایی، انرژی‌ای است که از سیال آب داغ یا بخار داغ موجود در اعماق زمین به دست می‌آید. این انرژی در اعماق زمین متمرکز شده است که برای دسترسی به آن در محل مخزن به سطح زمین است. البته عمق مخزن زمین‌گرمایی نباید بیش از سه هزار متر باشد. زیرا بهره‌برداری از انرژی آن با فناوری کنونی بشر توجیه اقتصادی ندارد. منشأ این نوع انرژی، هسته مذاب زمین است و در مناطقی از کشور نظیر سبلان، ماکو، سلماس و دماوند دیده شده است. کمرندهای ژئوترمال در نزدیکی آتشفشان‌ها هستند. در این گونه مناطق بخار آب به صورت طبیعی (در حالت اشباع یا خشک)، از لایه‌های زیرزمین به سطح زمین متصاعد می‌شود، که می‌توان به داخل توربین‌های بخار منتقل و برای تولید برق استفاده نمود.

۱-۳-۵- انرژی ضایعات و مواد دورریز (زیست‌توده)

۱-۳-۶- انرژی برق‌آبی

جهت تأمین انرژی الکتریکی از روش‌های گوناگون می‌توان استفاده کرد، در حال حاضر نیروگاه‌های حرارتی و آبی سهم بیشتری را در تولید برق در جهان دارا می‌باشند. انرژی برق‌آبی به‌عنوان سومین منبع تولیدکننده برق و همچنین مهم‌ترین انرژی تجدیدپذیر مولد برق در جهان به‌شمار می‌آید. نیروگاه‌های برق‌آبی انرژی مورد نیاز خود را از انرژی پتانسیل آب پشت یک سد تأمین می‌کنند. نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای نیز در این رده‌بندی قرار دارد و کارکرد آن پشتیبانی از شبکه برق در ساعات اوج مصرف (ساعات پیک) است. این انرژی از یک فناوری قابل اطمینانی برخوردار است که اثرات مثبت و منفی آن شناخته شده است. به‌سهولت می‌تواند پاسخگوی نوسانات تقاضای برق باشد. دارای بودن عمر طولانی، بازدهی بیشتر در مقایسه با سایر نیروگاه‌هایی که از منابع تجدیدپذیری تجدیدنپذیر تغذیه می‌شوند و نیز دارای هزینه ساخت کمتر نیروگاهی نسبت به سایر نیروگاه‌ها می‌باشد. به‌طور معمول، تولید برق از آب از دو منبع انرژی جریان رودخانه‌ای و انرژی دریایی صورت می‌گیرد. در ایران، استفاده از انرژی جریان رودخانه‌ای جهت تولید برق متداول‌تر است، چنانچه با ساخت سدهای مخزنی ضمن تولید برق، می‌توان از آب ذخیره‌شده در پشت آن نیز برای مصارف کشاورزی و شهری استفاده نمود. البته این نیروگاه‌ها معایبی از جمله تغییر در اکوسیستم منطقه احداث سد، جابجایی جمعیت و غیره را نیز به‌دنبال دارد. هزینه بالای ساخت سدهای مخزنی و تأسیسات برق‌آبی و همچنین خسارات زیست‌محیطی ناشی از اجرای طرح‌های برق‌آبی بزرگ، از جمله عواملی هستند که مانع از پیشرفت آنها به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه می‌شوند. بنابراین، توجه به طرح‌های کوچک برق‌آبی به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه با در نظر گرفتن مزایای این طرح‌ها (عمر طولانی، کارکرد قوی، اقتصادی بودن، ماهیت تجدیدپذیر انرژی تولیدشده، چندمنظوره بودن، توسعه مناطق روستایی، کاهش تلفات انرژی شبکه‌های سراسری توجیهات زیست‌محیطی و غیره) امکان استفاده از آنها را با رعایت معیارهای اقتصادی برای این کشورها میسر می‌نماید.

در پایان سال ۱۳۹۰ حدود ۴۱/۶ گیگاوات از طرح‌های برق‌آبی کشور در دست بهره‌برداری، اجرا مطالعه و شناخت بوده است. در سال مذکور، ظرفیت نیروگاه‌های آبی بزرگ، متوسط، کوچک، مینی و میکرو در حال بهره‌برداری کشور به حدود ۸۷۴۶ / ۲ مگاوات رسید که نسبت به سال قبل از آن ۹ درصد افزایش یافته است. در حال حاضر اجرای طرح‌های جدید با برخی از مشکلات نظیر عدم تأمین منابع مالی مورد نیاز، مشکلات نقدینگی صنعت برق و بروز مشکلاتی در اجرای روند طرح‌های اجرایی، مشکلات منطقه‌ای خشکسالی و غیره مواجه است. علیرغم وجود تمامی مشکلات مزبور و همچنین با توجه به سیاست‌های کاهش اثر

آلاینده‌های زیست‌محیطی استفاده از نیروگاه‌های برق‌آبی به‌عنوان یک اولویت مدنظر قرار گرفته و در این راستا ۷۳۲۷ / ۵ مگاوات طرح برق‌آبی نیز در کشور در دست اجرا، ۶ / ۲۱۵۱۸ مگاوات طرح برق‌آبی در دست مطالعه و آماده اجرا و ۷ / ۴۰۱۲ مگاوات طرح برق‌آبی در مرحله شناخت می‌باشند.

۱-۴- منابع انرژی تجدیدناپذیر

۱-۴-۱- چوب و هیزم

این از انرژی‌های اولیه که اغلب به نام انرژی‌های سنتی مشهورند، در سامانه‌های تبدیل ساده (از قبیل اجاق، بخاری و نظایر آن) مورد استفاده قرار می‌گیرند و به‌صورت حرارت برای مصارف خانگی، عمدتاً گرمایش و پخت و پز به کار می‌روند.

۱-۴-۲- انرژی‌های فسیلی

از قبیل نفت و فراورده‌های آن، گاز و زغال‌سنگ، منابع انرژی در روزگاران گذشته محدود به انرژی خورشیدی و سوزاندن چوب بوده است و از قرن ۱۲ میلادی بشر به استفاده از زغال‌سنگ پی برد. سوخت‌های فسیلی که از بقایای حیوانات و گیاهان تحت شرایط شیمیایی خاص و در طول حدود پانصد میلیون سال تشکیل شده، به‌عنوان منبع تولید انرژی از اواخر قرن ۱۹ مورد بهره‌برداری وسیع و مؤثر بشر قرار گرفته است.

۱-۴-۳- انرژی هسته‌ای

واکنش‌هایی که در هسته اتم‌های عناصر صورت می‌گیرد، همراه با تبادل انرژی به مقدار قابل ملاحظه‌ای بوده و این گونه واکنش‌ها به دو نوع شکافت هسته‌ای و همجوشی هسته‌ای قابل تقسیم‌اند.

در واکنش‌های شکافت هسته‌ای، هسته اتم‌های نسبتاً سنگین به‌طور طبیعی و یا در اثر دریافت ارتعاشات منتقل شده از ذرات پرسرعت خارجی، تمایل دارند، به دو جز پایدارتر تقسیم شوند. لیکن پس از این تقسیم، جمع اجرام دو جزء حاصل، کمی از جرم عنصر اولیه کمتر است. به این ترتیب مقداری از جرم ناپدیدشده به انرژی تبدیل می‌شود.

در واکنش‌های همجوشی هسته‌ای، نوع دیگر واکنش‌های هسته‌ای به نام گداخت یا همجوشی هسته‌ای نامیده می‌شود که در

هسته عناصری که عدد جرمی آنها از ۶۰ پایین‌تر باشد، می‌تواند صورت گیرد. در این‌گونه واکنش‌ها لازم است دو عنصر در حرارتی حدود ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در مجاور هم واقع شوند، تا امکان انجام واکنش به وجود آید. پس از انجام این واکنش دو عنصر مزبور به یک عنصر جدید تبدیل می‌شوند، و در این حین، مقداری از جرم ناپدید می‌شود، که به انرژی تبدیل می‌گردد.

- $E = mc^2$
- $E =$ مقدار انرژی
- m - جرم
- c - سرعت سیر نور بر حسب 3×10^{10} سانتی‌متر بر ثانیه

۱-۵- منابع انرژی‌های تجدیدپذیر و تجدید ناپذیر در ایران

۱-۵-۱- وضعیت انرژی‌های فسیلی در ایران

انرژی یکی از مهم‌ترین عوامل تولید است و در توسعه اقتصادی و صنعتی کشورها نقش بسزایی دارد. همچنین انرژی فسیلی جزء منابع پایان پذیر به شمار می‌آید و از جمله انرژی‌های اولیه محسوب می‌شود. به دلیل این ویژگی، کشورهای مختلف وادار شده‌اند، تا راهکارهای استفاده از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر مانند انرژی هسته‌ای، بادی، خورشیدی، زیست‌توده، آبی و... را مورد توجه قرار دهند. این ویژگی باعث شده است که سهم انرژی‌های فسیلی در تأمین انرژی اولیه جهان از ۸۱/۲ درصد در سال ۱۹۹۰ به ۸۱ درصد در سال ۲۰۱۱ برسد و پیش‌بینی می‌شود این سهم در سال ۲۰۳۵ به ۷۵/۴ درصد کاهش یابد. علیرغم رشد روزافزون استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی‌های فسیلی همچنان بزرگ‌ترین منبع تأمین انرژی جهان به شمار می‌روند، به طوری که پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهند تقاضای انرژی‌های فسیلی در دنیا ۱۰/۳۲۷ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۲۰۱۰ به ۱۲۹۸۰ میلیون تن معادل نفت خام در سال ۲۰۳۵ افزایش خواهد یافت. نفت خام: نفت خام به دلایل مختلف از جمله ویژگی و کیفیت خوب، هزینه نسبتاً کم تولید، سوختن آسان، جابجایی آسان و عرضه آن با قیمت مناسب کماکان بهترین مصرف فسیلی جهان است به طوری که بیش از ۴۰٪ کل انرژی مصرفی را تأمین می‌کند. ذخایر اثبات شده نفت خام جهان، بیش از ۱۰۰۰ میلیارد بشکه برآورد شده است و این در حالی است که در ۲۰ سال گذشته، بیش از ۴۰۰ میلیارد بشکه نفت مصرف شده است. ایران پنجمین کشور دارای ذخایر عظیم نفتی است. ذخایر نفت ایران شامل نفت خام، نفت سنگین و مایعات گازی است. میزان تولید در ایران در سال ۲۰۰۰، برابر ۱۳۴۱ میلیون بشکه معادل نفت بوده است که در مقایسه با تولید جهانی آن (۲۵،۷۴ میلیارد بشکه معادل نفت) سهمی برابر ۵،۳٪ دارد.