گزارش اول: انرژی خورشیدی ۱

گزارش دوم: انرژی زمین گرمایی ۱

گزارش سوم: انرژی باد ۱

گزارش چهارم: انرژی زیست توده ۱

گزارش پنجم: انرژی هیدروژن و پیل سوختی ۱

✓ گزارش ششم: انرژی خورشیدی ۲

گزارش هفتم: انرژی زمین گرمایی ۲

گزارش هشتم: انرژی باد ۲

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

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

فهرست مطالب

طبیعت انرژی خورشید ۲
نقشه تابش روزانه خورشید در ایران ۴
تاریخچه مختصری از کاربرد انرژی خورشیدی در جهان و ایران ۴
تکنولوژی های استفاده از انرژی خورشید ۵
الف- سیستم های حرارتی خورشیدی ۵
کاربردهای غیر نیروگاهی سیستم حرارتی خورشیدی ۸
۱.آب گرمکن خورشیدی(Solar water heater) ۸
۲.گرمایش و سرمایش ساختمان (Solar heating & cooling) ۱۰
۳.آب شیرین کن خورشیدی (Solar desalinization) ۱۴
۴- خشک کن خورشیدی (Solar dryer) ۱۵
۵- اجاق خورشیدی(Solar cooker) ۱۷
۶- کوره خورشیدی(Solar Furnace) ۱۷
۷- استخر خورشیدی(Solar Pond) ۱۸
۸- پمپ حرارتی خورشیدی (Solar Heat Pump) ۱۸
ب- سیستم های حرارتی ـ برقی خورشیدی ۱۹
* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از متمرکز کننده خطی سهموی(Parabolic trough) ۲۰
* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از بشقابک سهموی (Parabolic dish) ۲۱
* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از دریافت کننده مرکزی(Central receiver) ۲۲
* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از دودکش خورشیدی (Solar chimney) ۲۳
* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از کلکتور فرنل ۲۴
ج - سیستمهای فتوولتائیک ۲۵
۱. پنلهای خورشیدی ۲۷
۲. تولید توان مطلوب یا بخش کنترل ۲۷
۳. مصرف کننده یا بار الکتریکی ۲۹
انواع روشهای استفاده از سیستمهای فتوولتائیک ۲۹
۱. سیستمهای مستقل از شبکه (Stand Alone) ۲۹
۲.سیستمهای متصل به شبکه (Grid Connected) ۳۰
۳. سیستمهای تغذیه چند گانه (Hybrid) ۳۱

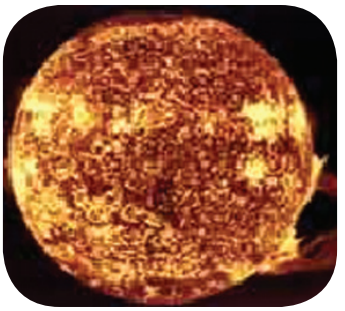
موارد استفاده سیستمهای فتوولتائیک ۳۱
* پمپاژ خورشیدی ۳۱
* سیستم های روشنایی خورشیدی ۳۲
* حفاظت کاتدیک ۳۳
* یخچالهای خورشیدی ۳۴
* سیستم تغذیه کننده پرتابل ۳۴
* پیک سایی از شبکه سراسری ۳۵
* آب نمای فتوولتائیک ۳۵
* ماهواره های خورشیدی ۳۵
* ماشین حساب، ساعت، رادیو، ضبط صوت و وسایل بازی کودکانه ۳۶
مزایای استفاده از سیستم های فتوولتائیک ۳۶
فتوولتائیک در جهان ۳۶
*بازارهای جهانی ۳۶
*نقش صنعت فتوولتاییک در تامین انرژی بشر ۳۶
اهم فعالیت های انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در ایران ۴۳

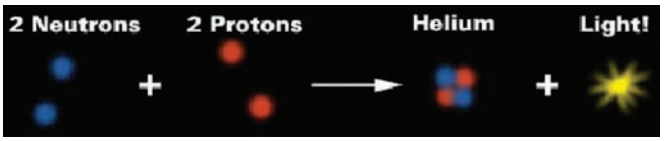
انرژی خورشیدی ۲

طبیعت انرژی خورشید

خورشـید، گوی غول پیکر درخشـانی در وسـط منظومه شمسی و تامین کننده نور، گرما و انرژی های دیگر زمین است. تقریبا تمامی منابع انرژی روی زمین بوسیله خورشید تامین می گردد. فقط انرژی اتمی، انرژی داخل زمین و آن قسمتی از انرژی جذر و مد که بوسیله نیروی جاذبه ماه می باشد بوسیله خورشید تامین نمی شود.

انرژی خورشـید به واسـطه واکنش های ترکیبی اتمی در اعماق هسـته آن تامین می شود. در یک واکنش ترکیبی دو هسـته اتم با یکدیگر همراه شـده و هسته ای جدید را به وجود می آورند.





ترکیب هسـته ای در مرکز خورشـید به دلیل دما و تراکم فـوق العاده زیـاد می تواند صورت پذیـرد. از آنجائیکه بار ذرات مثبت اسـت، تمایل به دفع یکدیگـر دارند اما دما و تراکم هسته خورشید به قدری زیاد است که می تواند آنها را در کنار یکدیگر نگاه دارد.

رایـج ترین ترکیب هسـته ای در مرکز خورشـید زنجیره پروتون–پروتون نام دارد. این فرایند زمانی انجام می گیرد که سـاده ترین شکل از هسته های هیدروژن (دارای یک پروتون) در یک آن کنار هم قرار می گیرند. نخست، هسته ای متشکل از دو ذره به وجود می آید، سپس هسته ای با سه ذره و در نهایت هسته ای با چهار ذره شکل می گیرد. در ایـن فرایند همچنین یـک ذره الکتریکی خنثی به نام نوترینو پدیدار می گردد.

هسـته نهایی شـامل دو پروتون و دو نوترون است که در واقع هسته هلیوم می باشد. جرم این هسته به مقدار بسیار اندکـی کمتر از جرم چهار پروتونیسـت که هسـته از آن تشـکیل شده اسـت. جرم از دسـت رفته به انرژی تبدیل شـده اسـت. این مقدار از انرژی به کمک فرمول مشهور فیزیکدان آلمانی، آلبرت انیشـتین، $E=mc^2$ قابل محاسبه اسـت. در این معادله E به معنای انرژی، m به معنای جرم و c به معنای سرعت نور می باشد.

خورشـید کره ای است که به طور کامل از گاز تشکیل شده و بخش بیشـتر این گاز از نوعی می باشـد کـه به نیروی مغناطیسی حساس اسـت که دانشمندان به آن پلاسما می گویند.

شـعاع خورشـید (فاصلـه بین مرکـز تا سـطح آن) حدود ۶۹۵,۵۰۰ کیلومتر، تقریبا ۱۰۹ برابر شعاع زمین است.

دمای سـطح خورشـید ۵۸۰۰ درجه کلوین و دمای هسـته خورشید بیش از ۱۵میلیون درجه کلوین می باشد.

جرم خورشـید ۹۹,۸ درصد از جرم کل منظومه شمسـی و ۳۳۳,۰۰۰ برابر جرم زمین است.

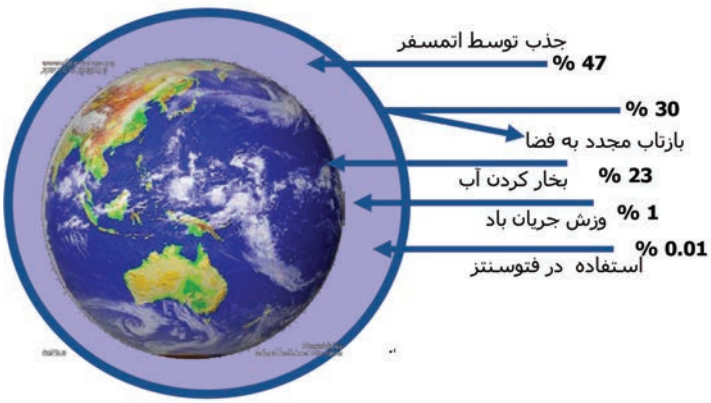
میانگیـن چگالی آن حـدود ۹۰ پوند در هر فوت مکعب و یا ۱,۴ گرم در هر سـانتیمتر مکعب می باشد. این مقدار تقریبا معـادل ۱,۴ برابر چگالی آب و کمتر از یک سـوم میانگین چگالی زمین است.

بیشتر اتمهای خورشید، مانند اغلب ستارگان، اتمهای عنصر شیمیایی هیدروژن می باشند. بعد از هیدروژن، عنصر هلیوم در خورشـید بسـیار یافت می شـود و بقیه جرم خورشید از اتمهای هفت عنصر دیگر تشـکیل شده است. به ازای هر ۱ میلیون اتم هیدروژن در کل خورشـید، ۹۸,۰۰۰ اتم هلیوم، ۸۵۰ اتم اکسـیژن، ۳۶۰ اتم کربن، ۱۲۰ اتم نئون، ۱۱۰ اتم نیتروژن، ۴۰ اتم منیزیوم، ۳۵ اتم آهن و ۳۵ اتم سـیلیکون وجـود دارد. بنابراین حدودا ۹۴ درصـد از اتمها، هیدروژن و حـدود ۰,۱ درصد اتمهایـی غیر از هیـدروژن و هلیوم می باشند.

و اما از لحاظ جرمی هیدروژن که سـبک ترین عنصر است

۷۳,۴۶ درصد، هلیوم ۲۴,۸۵ درصد، اکسیژن ۰,۷۷ درصد، کربن ۰,۲۹ درصد، آهن ۰,۱۶ درصد، گوگرد۰,۱۲ درصد، نئون ۰,۱۲ درصد، نیتروژن ۰,۰۹ درصد، سیلیکون ۰,۰۷ درصد و منیزیوم ۰,۰۵ درصد از کل جرم خورشید را به خود اختصاص داده اند.

طبق برآوردهای علمی در حدود ۴,۵ بیلیون سال از تولد این گوی آتشین می گذرد و تا ۵ میلیارد سال آینده همچنان می توان آن را به عنوان یک منبع عظیم انرژی به حساب آورد.



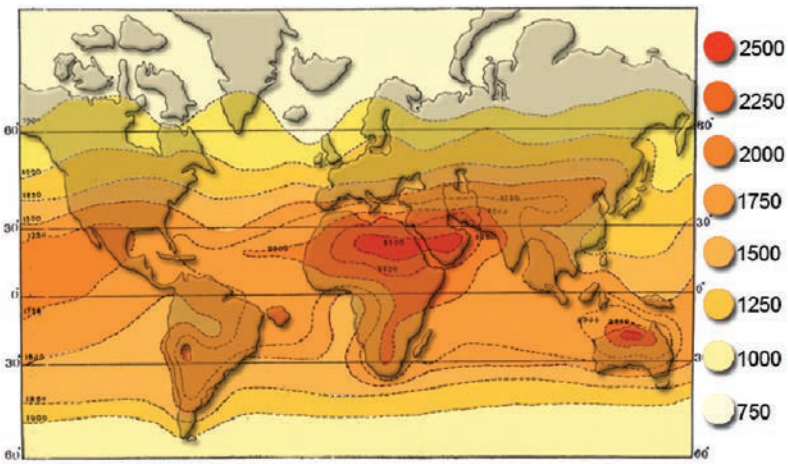
در هر ثانیه تقریباً $۱/۱\times۱۰^{۲۰}$ کیلووات ساعت انرژی از خورشید ساطع می شود.

تنها یک دو میلیاردم این انرژی به سطح بیرونی جو زمین برخورد می کند.

این انرژی معادل $۱/۵\times۱۰^{۱۸}$ کیلووات ساعت در سال است.

بدلیل بازتاب، تفرق و جذب توسط گازها و ذرات معلق در جو تنها ۴۷٪ از این انرژی به سطح زمین می رسد.

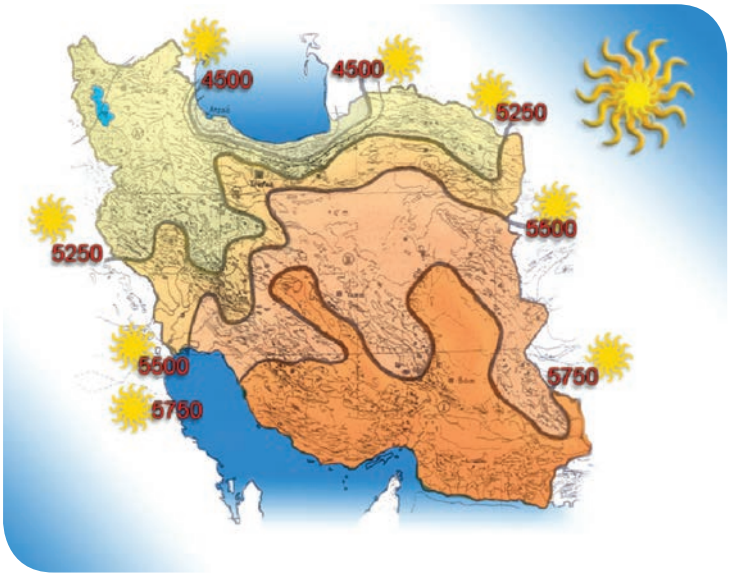
بدین ترتیب انرژی تابیده شده به سطح زمین سالانه حدوداً معادل ۷×۱۰^{۱۷} کیلووات ساعت است.



Annual Solar Insulation of the World ($Kw,hr/M^2$)

نمودار تابش متوسط سالیانه خورشید بر نقاط مختلف گره زمین

نقشه تابش روزانه خورشید در ایران (پتانسیل انرژی خورشید)



در ایـران روزانه بطور متوسـط ۵,۵ کیلووات ساعت انرژی خورشیدی بر هر متر مربع از سطح زمین می تابد و ۳۰۰ روز آفتابی در ۹۰٪ خاک کشور داریم.

مسـاحت ایـران تـقریباً ۱,۶۰۰,۰۰۰ کیلومتر مربع یعنی حدود $۱/۶ \times ۱۰^{۱۲}$ متر مربع است.

میزان تابش روزانه انرژی خورشید در ایران برابر است با: $۱/۶ \times ۵/۵ \times ۱۰^{۱۲}$ کیلووات ساعت.

میـزان کل تابش خورشـید در طول روز بـرای ایـران تقریباً برابر اسـت با۹,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰مگاوات ساعت.

اگر تنها از۱٪ مسـاحت ایران انرژی خورشـیدی را جذب کنیم و راندمان سیستم دریافت انرژی تنها ۱۰٪ باشد.

باز هم میتوانیم روزانه۹,۰۰۰,۰۰۰ مگاوات سـاعت انرژی از خورشید دریافت کنیم.

تاریخچه مختصری از کاربرد انرژی خورشـیدی در جهـان و ایـران

از بدو پیدایش اولین حیات در روی زمین انرژی خورشـیدی در پدیده فتوسـنتز کاربرد داشته اسـت. در پیدایش سـاختمان برای گرمایش مسکن خود، انسان از نور خورشید بهره می گرفت. بعدها انسان از اشعه آفتاب برای خشـک کردن میوه و سبزی در فضای آزاد و بـرای تبخیر آب دریا در حوضچه هـای کم عمق و تولید نمک استفاده نموده است.

اولین و شـاید تنها استفاده نظامی انرژی خورشیدی توسط ارشمیدس در شهر سیراکیوز در شرق جزیره سیسیل انجام شـد. او موفق شـد با متمرکز کردن نور خورشید به وسیله چند آئینه روی بادبان کشتی ها، آنها را به آتش بکشد .

استفاده های صنعتی و مدرن انرژی خورشیدی از سالهای ۱۷۷۰ میلادی شـروع شـد. شـاید جالب ترین استفاده از خورشـید در کشـف گاز اکسـیژن صورت گرفته باشـد. پریستلی در سال ۱۷۷۴ توانست نور خورشید را روی ظرف حاوی اکسید جیوه متمرکز نماید و گازی تولید کند که بعدها اکسیژن نامیده شد. آزمایشهای متعددی با استفاده از عدسی ها و تمرکز نور خورشید توسط لاوازیه انجام شد.

در سـال ۱۸۷۲ اولین واحد خورشیدی برای نمک زدائی آب دریا در شـمال شـیلی ساخته شـد. از اواخر سالهای ۱۸۰۰ و اوایل سـالهای ۱۹۰۰ تعدادی متمرکز کننده خورشـیدی جهـت دسـتیابی به دماهای بالا و تولید بخار در فرانسـه و آمریکا و مصر ساخته شد که از بخار حاصله برای راه اندازی ماشـینهای بخار و آبیاری استفاده می شد. از سالهای ۱۹۴۰ به بعد استفاده از انرژی خورشیدی در تولید آب گرم مصرفی و گرمایش سـاختمان ها در آمریکا، روسیه(تاشکند و عشق آباد)، اسـترالیا و سـایر کشورها رو به توسـعه نهاد. در سال ۱۹۴۶ در هندوستان کوره هایی که با انرژی خورشیدی کار می کردند ساخته شد.

سـلول خورشـیدی(فتوولتائیک) بـرای اولین بـار در نیمه اول دهـه ۱۹۵۰ بدون سـر و صدای زیاد وارد بازار شـد و با اسـتقبال قابل ملاحظه ای مواجه گشـت. در سال ۱۹۵۸ طراحان آمریکایی با تردید در سـفینه وانگاردیک یک مبدل حاوی سلولهای خورشـیدی هر یک به قدرت ۲ میلی وات

به عنوان نیروی کمکی بـه کار بردند ولی با کمال تعجب مشاهده کردند دستگاه رادیویی سفینه که با این مبدل کار می کرد تا ۶ سال بطور مداوم پیام رادیویی به زمین مخابره نمود. در سـال ۱۹۶۱ برای نخستین بار در ایتالیا از انرژی حرارتی خورشـیدی برای تولید الکتریسـیته توسط توربین های بخار کوچک استفاده گردید.

بـا بحـران انرژی سـال ۱۹۷۳، توجـه به کاربـرد انرژی خورشـیدی بالا گرفت و سـرمایه گذاری هـای زیادی در غالب کشـورهای جهان(به خصوص کشـورهای صنعتی) برای پژوهش و دسـتیابی به طرحهـای بهینه کاربردهای مختلف انرژی خورشیدی انجام پذیرفت.

در دهه ۱۹۸۰ با از بین رفتن بحران انرژی، توجه به انرژی خورشیدی تقلیل یافت و در حال حاضر مهمترین موضوعی که در کشورهای صنعتی به آن توجه قابل ملاحظه ای می شـود سلولهای خورشیدی می باشـد. علاوه بر این، روش های گرمایش طبیعی خورشـیدی در بسیاری از کشورهای جهان(به خصوص آمریکا) در دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته است.

مطالعات در زمینه انرژی خورشـیدی در ایران از حدود ۳۵ سـال قبل و به طور تقریبا همزمان در دانشگاههای شیراز و صنعتی شریف شروع شـد. از جمله طرحهای مهم مورد توجـه در این مراکز طرح نیروگاه خورشـیدی ۱۰ مگاواتی در دانشـگاه شـیراز و طرح و توسـعه و سـاخت سلولهای فتوالکتریک در مرکز فوق الذکر بوده است.

پروژه هائی در زمینه انرژی خورشیدی هم اکنون در کشور توسـط سازمان انرژی های نو ایران در جریان است که در انتهای کتابچه اشاره خواهد شد.

تکنولوژی های استفاده از انرژی خورشید

الف- سیستم های حرارتی خورشیدی

ب- سیستم های حرارتی – برقی خورشیدی

ج- سیستم های فتوولتائیک

الف- سیستم های حرارتی خورشیدی

این گروه شامل سیستم هائی می شود که بر پایه گردآورنده هـای حرارتی با دمای پایین عمل می نماید. این سیسـتم ها از منبع خورشـیدی برای مصرف نهائی حرارتی استفاده می کنند. این سیسـتم ها خود شـامل ۲ گـروه گردآورنده هـای تخت(کلکتورهای تخت) و گردآورنده های با تمرکز کم(کلکتورهای متمرکز کننده) می شوند.

سیسـتم های حرارتی دارای یک بخش ذخیره هسـتند تا حرارت خورشـید را برای اسـتفاده در شـب ممکن نمایند. اکثر سیسـتم های حرارتی خورشـیدی برای گرمایش آب بطور تجاری، اسـتخرهای شـنا یا آب مصرفی خانه های ویلائی، آپارتمانی و هتل ها و ...، و همچنین بخش بزرگی از تقاضـا بـرای گرمایش فضای سـاختمان و برای تامین انـرژی مدارهای پمپ حرارتی جذبی و نظایر آن به منظور تامین سرمایش فضای ساختمان ها نیز بکار می رود. علاوه بر این اسـتفاده از سیسـتم های حرارتی خورشیدی برای

کاربردهـای صنعتی به علت فضـای ناکافی برای نصب کلکتورهـای متمرکز کننده، محدودیت داشـته و در حال مطالعه و بررسی بیشتر است.
کاربردهای غیرنیروگاهی سیستم های حرارتی خورشیدی را مـی توان در زمینه های زیر بصورت صنعتی، تجاری و خانگی تقسیم بندی کرد:

- گرمایـش آب مصرفـی (آب گرمکنهای خورشـیدی) برای منازل، سـاختمانها، کارخانجات و استخرها و حمام خورشیدی
- سـاختمان های خورشـیدی(گرمایش فضـای داخلی ساختمانها، سرمایش فضای داخلی ساختمانها)
- آب شیرین کن های خورشیدی (در اندازه های خانگی و صنعتی)
- خشـک‌کن های خورشـیدی (برای خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی)
- اجاق های خورشیدی
- کوره‌های خورشیدی
- استخرهای خورشیدی
- پمپ های حرارتی خورشیدی

قبل از پرداختن به جزئیات سیستم های حرارتی خورشیدی، بهتر است برخی مفاهیم اولیه شرح داده شوند:
سـیال عامل : در اغلب سیسـتم ها، حرارت جذب شـده توسط کلکتور برای اینکه به نقاط دیگر منتقل شده و مورد اسـتفاده مناسب قرار گیرد به یک سیال انتقال حرارت که ممکن است روغن، آب ، هوا و ... باشد منتقل می شود این سیال را سیال عامل می نامند.
سـطوح جاذب: سـطوح تیـره دارای قابلیت جـذب بهتر اشـعه های تابیده شده خورشید هسـتند در سیستم های خورشـیدی، جائی که نور خورشـید تابیده شده یا متمرکز می شـود، سطوح جاذب در معرض آن قرار می گیرند. این سـطوح با روشهای مختلف صنعتی سـاخته می شوند که بتوانند حداکثر جذب انرژی حرارتی را داشته باشند.
سیسـتم ذخیره حرارتـی: برای اینکه در طول شـب یا در سـاعات ابری بتوان از انرژی خورشـید استفاده نمود لازم اسـت مقداری از انرژی حرارتی خورشید در منابعی ذخیره شود. در آبگرمکنهای خورشیدی از مخازن ذخیره آب گرم اسـتفاده می شـود و در سیسـتم های نیروگاهی، انرژی حرارتی در مخازنی که حاوی روغن و شـن هسـتند ذخیره می شـود تا در هنگام عدم تابش خورشـید، مورد اسـتفاده قرار گیرد.
گـرد آورنده ها: بصورت تخـت یا دارای انحنا می باشـند. ممکن اسـت بصورت تکی یا تعدادی از آنها در سیسـتم ها وجود داشـته باشـند. اغلب سیسـتم های نیروگاهی از گرد آورنده ها در سطح وسیعی بهره می برند.
حـال به شـرح مختصری راجـع به این گردآورنـده ها می پردازیم:

گردآورنده های تخت از جذب حرارت خورشـید توسط یک ورقـه فلـزی تیره که حرارت را توسـط یک سـیال جاذب حـرارت(مثل آب یا هوا) منتقل می کند اسـتفاده می کنند. یک کلکتور تخت شامل اجزاء زیر می باشد:
۱. صفحه شـفاف که ممکن است یک یا چند لایه شیشه و یا پلاستیک شفاف باشد.
۲. لوله ها و یا گذرگاههائی برای عبور سیال انتقال حرارت
۳.صفحه جاذب که می تواند صاف، موجدار، شـیاردار باشد کـه معمولا به رنگ تیره بـوده و لوله ها و گذرگاهها به آن متصل می شوند.
۴. منیفولـد یـا هدرهائی بـرای عبور و تخلیه سـیال ناقل حـرارت که معمولا در قسـمت بالا و پائیـن کلکتور نصب شده اند.
۵. عایـق بندی دسـتگاه برای کاهش اتـلاف حرارتی که معمولا اطراف و پشت کلکتور و لوله ها را شامل می شود.
۶. قـاب مخصوص که اجـزاء کلکتور را در خود جای داده و آنهـا را از غبار و رطوبـت و دیگر عوامل خارجی مصون می دارد.
کلکتورهـای تخـت از نظر نوع سـیال عامل، سـاختمان و

عملکرد به ۳ دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

۱. کلکتور با آب چکه

۲. کلکتور با هوا

۳. کلکتور با مایع

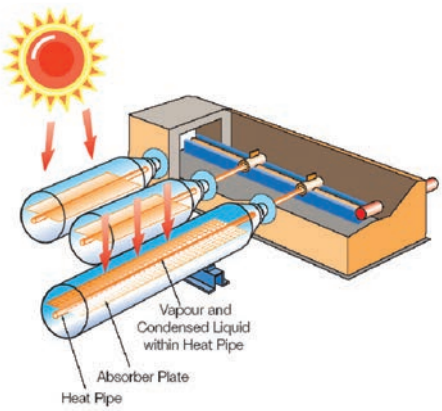
کلکتور صفحه تخت

کلکتـور با آب چکـه که از صفحات فلـزی تیره رنگ کنگره ای سـاخته می شود اولین بار در سال ۱۹۵۹ توسط دکتـر Harry Tamas*n برای بام خانه ای در مریلند سـاخته و نصب شـد. در این نوع کلکتورها آب از لوله ای در قسمت فوقانی، بر روی شیارهای صفحه کنگره ای می چکد. آب در حین عبور با جذب حرارت از صفحه تیره رنگ کنگره ای گرم شده و در پائین جهت مصرف و یا ذخیره در یک ناودانی جمع می شود.

کلکتور با هوا، یکی دیگر از گردآورنده هایی هسـتند که در آنهـا از هوا یا گاز به عنوان سـیال برای انتقال حرارت اسـتفاده می شـود. نگهداری آسـان و عدم یخ زدگی هوا از مزایای این نوع کلکتورها نسـبت بـه دیگر انواع مایعی آنهاسـت. بعـلاوه در این نـوع گردآورنده هـا هوای گرم مستقیما وارد ساختمان یا محفظه ذخیره می شود. از معایب آن می توان به موارد زیر اشـاره کرد: مشـکل گرم کردن آب مصرفی بوسـیله هوای گرم تولید شده، لزوم ساخت و نصب کانالهائی با سطح مقطع مناسب که فضای زیادی از سـاختمان را اشـغال می کند، احتیاج به هوا رسان با قدرت الکتریکی لازم برای انتقـال هوای گرم از کلکتور به محل ذخیره.

کلکتور با مایع، که در این نوع کلکتور، سـیال عامل یک نـوع مایع مثل آب، روغن و یـا مایعی با نقطه انجماد پائین انتخاب می شود زیرا که یخ زدن آب در کلکتور و خورندگی از مشـکلات اساسـی در این نوع گردآورنده هاست. سیال عامل از قسمت پائین وارد و هنگام عبور از لوله های صفحه جذب کننده، گرم شـده و از قسمت فوقانی با پمپ یا بدون آن بطرف مخزن ذخیره جریان پیدا می کند.

یک نـوع از این کلکتورهای مایع متشـکل از چندین لوله گرمائی است که هر کدام از آنها شامل یک لوله شیشه ای، صفحه جـاذب و لوله گرمائی می شـود. برای جلوگیری از اتلاف حرارتی از روی سـطح جاذب و حفظ خواص اپتیکی لایه برگزیده خوابانده شده بر روی سطح جاذب، داخل لوله شیشه ای خلاءایجاد شده است.



کلکتور تحت خلاء(لوله گرمائی)

کلکتورهـای تخـت پرتوهـای تابش مسـتقیم و پراکنده خورشـید را جمـع آوری می کننـد و احتیاج به سیسـتم ردیابی ندارند. کلکتورهای تخت در یک روز صاف با زاویه انحراف عرض جغرافیایـی محل، قادرند ۲۵۳۴۵ کیلوژول بر مترمربع انرژی خورشیدی را جذب کنند، اتلاف حرارتی زیادی دارند و با وجود سطح جاذب بزرگتر دمای پائین تر و

حـرارت کمتری تولید می کنند. برای گرم کردن آب و هوا مناسـب هستند و هزینه کمتری نسـبت به متمرکز کننده ها دارند.

گردآورنده های متمرکز کننده

گردآورنده های متمرکز کننده تابش مسـتقیم خورشـید و بخشـی از تابش پراکنده را با کمک طراحی های هندسی پیشرفته(سـهموی و ...) متمرکـز می نماینـد. در این نوع کلکتورها از سطوح منعکس کننده جهت افزایش پرتوهای خورشـیدی اسـتفاده می شـود. متمرکز کـردن پرتوهای خورشـیدی در کانون، بمنظور دست یابی به درجه حرارت بالا می باشد. کلکتورهای متمرکز کننده جهت دستیابی به حرارت بالا در کانون می بایسـتی قادر به ردیابی خورشید در مدت تابش روزانه باشند.

این نوع کلکتورها در یـک روز صاف ۳۶۲۵۲ کیلوژول بر مترمربع از انرژی خورشـید را جمع آوری می کنند. تمرکز در ناحیـه کانونی باعـث افزایش انرژی دریافت شـده در واحد سـطح می گردد. در متمرکـز کننده ها بعلت کاهش سطح جذب کننده ها، اتلاف حرارتی کاهش یافته و دمای بالاتر و حرارت بیشتری تولید می شود. برای مناطق ابری مناسب نیستند و نیازی به پوشش شیشه ای ندارند. نسبت به کلکتورهـای تخت هزینه بیشـتری لازم دارند. از نظر راندمـان در دماهای پائین از کلکتورهای تخت کم تر بوده ولی در دماهای بالا، دارای راندمان خوبی هسـتند. میزان دریافت شدت تابش خورشـیدی در متمرکز کننده ها می توانـد در حدود ۸۰-۷۰ برابر نسـبت به کلکتورهای تخت باشد. نیازی به عایق بندی ندارند در صورتی که در کلکتور های تخت، عایق بندی نکته حائز اهمیتی است.

کاربردهـای غیـر نیروگاهـی سیسـتم حرارتـی خورشیدی

۱.آب گرمکن خورشیدی(Solar water heater)

آبگرمکن ها اصلی ترین سیستم مورد استفاده در کاربردهای غیرنیروگاهی خورشـیدی می باشند. همانطور که از نام آن پیداسـت برای گرم کردن آب مورد اسـتفاده قرار می گیرد. آب گرم تولید شده می تواند برای

- آب گرم بهداشتی
- گرم کردن فضای ساختمانی یا تأمین آب پیش گرم برای سیستم های گرمایشی
- تأمیـن گرمای مـورد نیاز برای راه اندازی سیسـتم های جذبی، جهت تهویه مطبوع و سیستم های سرمایشی

اسـتفاده در خشـک کنها و آب شـیرین کنها و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

طرز کار یک آبگرمکن خورشیدی :

آبگرمکنها از سـه بخش اصلی تشکیل می شوند که شامل: کلکتور، مدار لوله کشـی، مخزن ذخیره حرارتی می باشند. در اغلب آبگرمکنهای امروزی سـیال عامل که محلول آب

و ضد یخ اسـت در یک سیکل بسـته بین مخزن و کلکتور توسط مدار لوله کشی در جریان است. کلکتور انرژی حرارتی خورشید را جذب کرده و به سیال عامل منتقل می کند سیال گرم شده بسـمت منبع ذخیره حرکت کرده و در آنجا پـس از عبـور از یک مبدل حرارتی، گرمـای خود را به آب داخل مخزن منتقل می کند و پس از سـرد شدن به کلکتور بـاز می گـردد و بدین ترتیـب بدون اینکه بـا آب مصرفی مخلوط شود، دائماً در یک سیکل بسته در حال حرکت است.

آبگرمکنهای خورشـیدی به دو دسته، آبگرمکنهای مدار باز و مدار بسته طبقه بندی می شوند که هر یک به دو صورت ترموسیفونی(جریان طبیعی) یا پمپی(اجباری) می توانند کار نمایند.

در سیسـتمهای مـدار باز، آبـی که جهت تأمیـن آب گرم مصرفی مورد اسـتفاده می‌باشـد مسـتقیماً از تانک ذخیره کلکتورها، پمپ می شود. دو نوع مدار باز داریم: ۱- گردش اجباری(پمپ)، ۲- ترموسیفون.

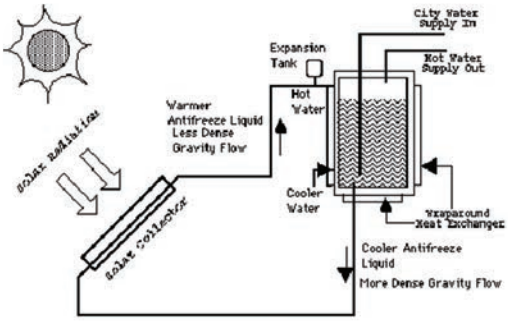
وقتیکه دمای سـیال داخل کلکتورها بیشـتر از دمای تانک ذخیره باشـد، آب گرم شـده به طرف مخزن ذخیره هدایت می شود. سیسـتم تخلیه از پایین شامل دریچه‌ای است که

آب داخل کلکتورها را وقتی به ۳۸ درجه سانتیگراد می‌رسد تخلیه می‌کند. وقتیکه دما کمتراز ۳۸ درجه سانتیگراد باشد، سیستم بصورت اتوماتیک، آب را از تانک ذخیره به سمت کلکتورها پمپ می‌کند.

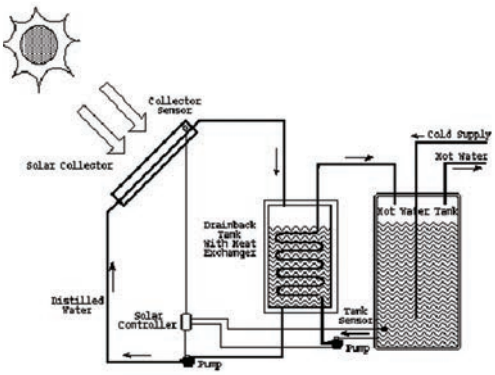
یک سیستم مدار بسته بسیار کارآمد و قابل اطمینان بوده و به نگهداری کمتری احتیاج دارد. (مثلا مواد ضد یخ بکار رفته در سیستم هر ۲ سال یکبار به بازرسی نیاز دارد)

در این سیستم، به دلیل استفاده از مایع ضدیخ احتمال خنک شدن سریع و انجماد وجود ندارد و بسیار قابل اعتماد و قابل استفاده در محدوده وسیعی می‌باشد. البته در این سیستم کلکتورها حتما باید بالاتر از تانک انتقال حرارت نصب شوند.

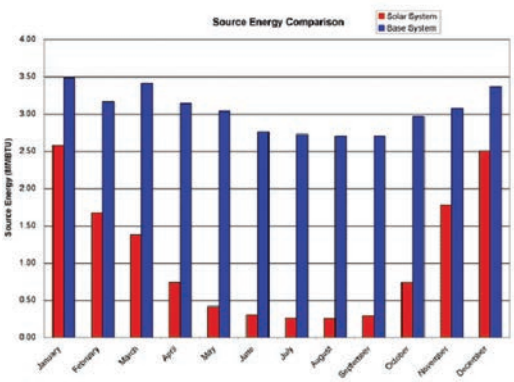
در سیستمهای باز، قدرت پمپ برابر است با مجموع اصطکاک داخل لوله ها و اختلاف ارتفاع بین کلکتور و مخزن ذخیره، در صورتیکه در سیستمهای بسته قدرت پمپ تنها برابر است با مجموع اصطکاک داخلی لوله ها. استفاده از آبگرمکن های خورشیدی برای مناطق پرتابش و دور از شبکه سراسری مناسب می باشد.



آبگرمکن ترموسیفونی



سیستم مدار بسته پمپی



مقایسه مصرف سالیانه انرژی برای آبگرمکن معمولی و آبگرمکن خورشیدی

حمام خورشیدی

با اســتفاده از آبگرمکن های خورشیدی مشروحه بالا می توان حمام خورشیدی روستایی برای استفاده همزمان ۱۰۰ نفر راه اندازی کرد. تا کنون با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران چندین دســتگاه حمام خورشــیدی در نقاط مختلف کشور از جمله استان خراسان، سیستان و بلوچستان و یزد نصب و راه اندازی شده است.

۲.گرمایش و سرمایش ساختمان (Solar heating & cooling)

ایرانیان باســتان از انرژی خورشیدی برای کاهش مصرف چوب در گرم کردن خانه های خود در زمستان استفاده می کردند. آنان ســاختمانهای خــود را بگونه ای بنا می کردند که در زمســتان نور خورشــید بداخل اتاقهای نشیمن بتابد

ولی در روزهای گرم سال، فضای اتاق در سایه قرار داشت.
در ایران پروژه ساخت اولین ساختمان خورشیدی در ضلع شمالی دانشگاه علم و صنعت و به منظور مطالعه و پژوهش در خصوص بهینه سازی مصرف انرژی و امکان بررسی روشهای استفاده از انواع انرژیهای تجدیدپذیر، بویژه انرژی خورشیدی اجرا گردیده است.

این خانه یک مجموعه مسکونی یا اداری کامل بوده که توسط انرژیهای تجدیدپذیر بویژه انرژی خورشید تغذیه می شود. بر روی سقف این خانه سلولهای خورشیدی برای تولید الکتریسیته تعبیه شده است. در این سیستم پیشنهادی معادل ۳۰۰ وات سلولهای فتوولتائیک همراه با باتری به منظور ذخیره انرژی و اینورتر برای تبدیل برق مستقیم به متناوب در نظر گرفته شده است. همچنین دو عدد کلکتور برای تهیه آب گرم مورد نیاز بر روی سقف قرار داده شده است.(فعال)

در مجاورت منزل و در ضلع جنوبی آن سه عدد کلکتور هوا گرمکن خورشیدی برای گرمایش هوای داخل ساختمان قرار داده است. مساحت ساختمان که حدود ۳۰ متر مربع در نظر گرفته شده است با استفاده از معماری ایرانی بویژه معماری مناطق کویری(بادگیر)، انرژی مورد نیاز منزل را تأمین می کنند. (پسیو)

تامین نیاز حرارتی ساختمانها با استفاده از خورشید به ۲ طریق پسیو(Passive) و فعال (Active) قابل دسترسی است. کیفیت و چگونگی معماری ساختمان به دریافت و ذخیره انرژی خورشیدی در حالت پسیو بستگی کامل دارد در صورتیکه گرمایش خورشید بصورت فعال، مستلزم استفاده از گردآورنده های خورشیدی و یک منبع انرژی دیگر جهت انتقال سیال گرم شده به داخل ساختمان می باشد.

یونانیان باستان از روش گرمایش طبیعی(passive heating) که آنان را قادر به کاهش مصرف چوب جهت گرم کردن فضا در زمستان می ساخت، استفاده می کردند. رومیان از شیشه جهت حفظ طولانی تر حرارت و بالا بردن گرمای خانه ها استفاده می کردند. قرنها بعد در اوایل سال ۱۹۳۰ خانه خورشیدی در معماری ساختمانهای آمریکا مورد توجه خاصی قرار گرفت. در اغلب فرهنگ های دیگر نیز از این قبیل تدابیر و طرحهای خورشیدی پسیو(طبیعی) دیده شده است. سرخپوستهای آمریکای شمالی در طی قرون ۱۱ و ۱۲ چندین مجتمع خورشیدی ساخته بودند. یکی از روشنترین نمونه ها شهر آلوما می باشد که دارای ۳ تراس وسیع کشیده شده از شرق به غرب بود که این تراسها برای جذب ماکزیمم خورشید زمستانی ساخته شده بودند. سقف هر ردیف نیز جهت حفاظت خانه ها از تابش آفتاب تابستانی، با کاه و حصیر و دیگر مواد عایق پوشانده شده بود.

*سیستم گرمایش خورشیدی پسیو

در ایــن سیســتم گرم کردن ســاختمان بطــور طبیعی و با استفاده از عوامل طبیعی مثل خورشید انجام می گیرد. بدین معنی که چنین سیســتمی این امکان را فراهم می سازد که ســاختمان بدون نیاز به انرژی فسیلی و در نهایت با مصرف انرژی بســیار کمی کار کند. در مورد سیستم های گرمایش پسیو ساختمان ها روشهای مختلفی وجود دارد:

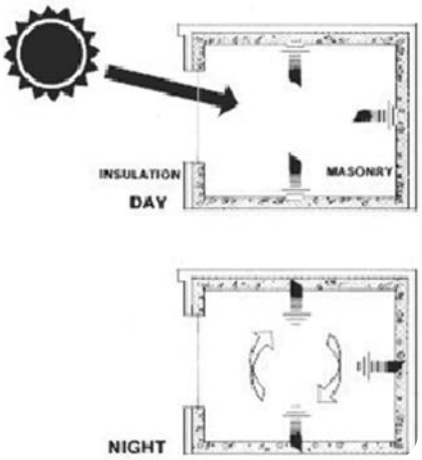
۱. ورود مستقیم نور خورشید به داخل اطاق از طریق پنجره ها(direct gain method)

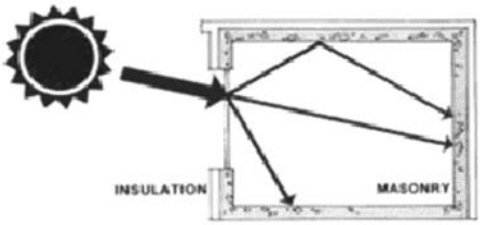
۲. اســتفاده از دیوار ذخیره کننده انرژی خورشــیدی(دیوار ترومب) و دیوار آبی(Drum wall)

۳. اســتفاده از گیرنــده مســطح قائــم با جریــان طبیعی هوا(solar chimney design)

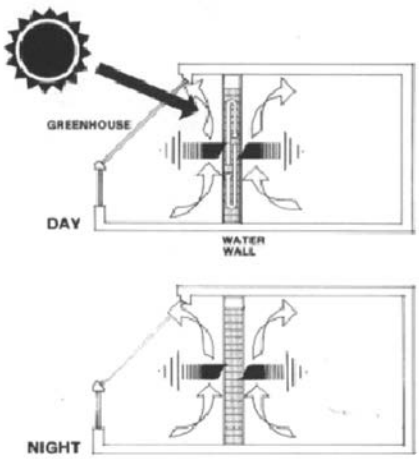
۴. استفاده از گلخانه مجاور(attached green house)

۵. استخر یا حوضچه روی آب

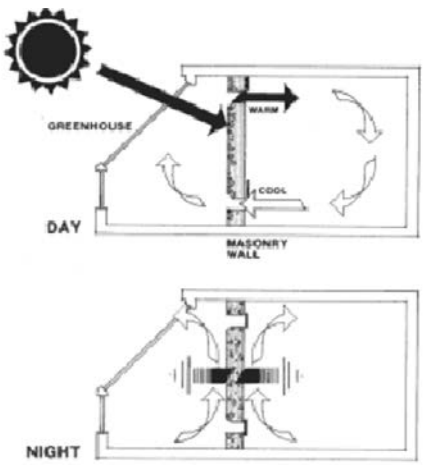




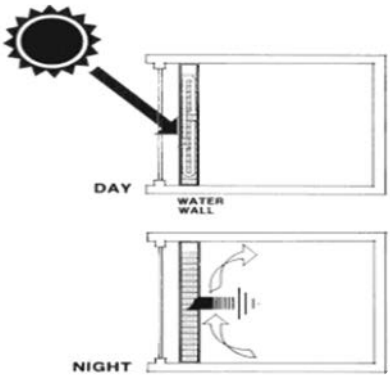
ورود مستقیم

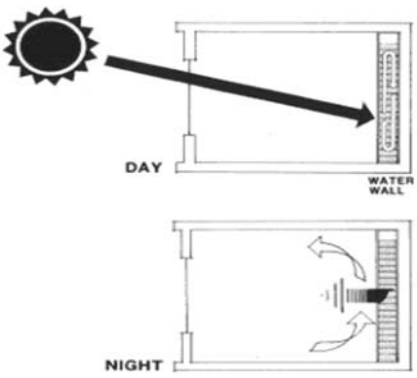


استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار آبی

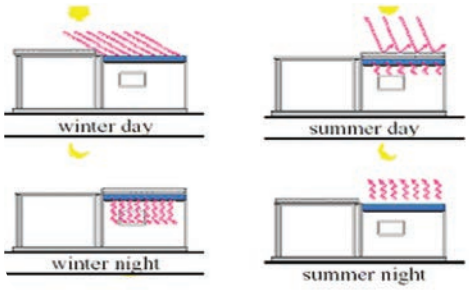


استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار ترومب

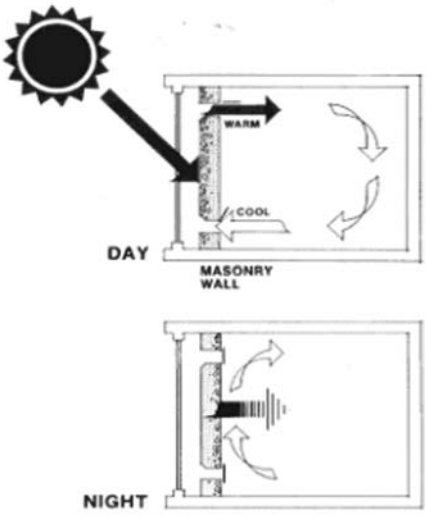




استفاده از دیوار آبی



استفاده از استخر یا حوضچه روی بام



استفاده از دیوار ذخیره کننده انرژی خورشیدی(دیوار ترومب)

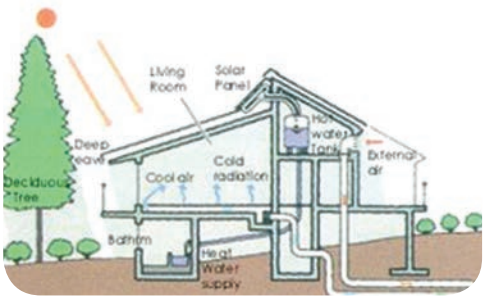
*سیستم گرمایش خورشیدی فعال (active solar heating)

در سیستم های فعال بر خلاف سیستم های پسیو از المانهای متفاوتی برای گرمایش ساختمان استفاده می شود. اجزائی که در این سیستم ها به کار می روند عبارتند از:
گردآورنده ها(کلکتورها)، سیستم ذخیره انرژی گرمائی، کانالهای عبور سیال، پمپها، لوله کشی، شیرآلات، دمپرها، سیستم های کنترل دستی یا اتوماتیک، سیستم سوخت کمکی و مبدل های حرارتی.
در این طرحها مراحل عمل عبارتند از: استفاده از تابش خورشیدی برای گرم کردن سطح جاذب کلکتورها و انتقال حرارت به سیال واسطه ای مانند آب یا هوا و ذخیره انرژی حرارتی در منابع ذخیره، و بالاخره استفاده از حرارت ذخیره شده در مواقع احتیاج در ساختمان. گردآورنده ها در واقع جزئی از بنای ساختمان می باشند که بصورت پنجره یا نورگیر تاریک در ساختمان نصب می شوند. عوامل اصلی در انتخاب کلکتورها به شرح زیر می باشد: ۱- بیشترین جذب انرژی گرمایی در طول موج ۰,۳-۲,۵

میکرون و کمترین نشر در منطقه مادون قرمز ۲- مقاومت در برابر خوردگی، اشـعه ماوراء بنفش، رسـوبات و خواص اسیدی و بازی سیال انتقال حرارت.

* سیستم سرمایش خورشیدی (solar cooling system)

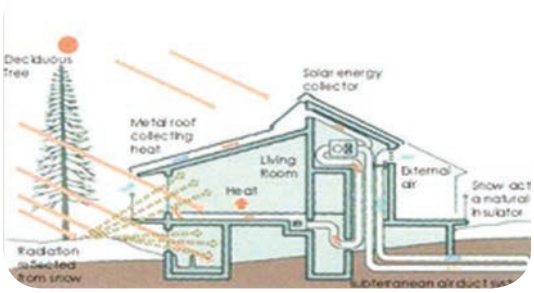
برخلاف گرمایش خورشیدی که عملی نسبتا آسان و ارزان اسـت، تولید سـرما با اسـتفاده از انرژی خورشیدی کاری نسبتا مشکل و گران می باشد. بطور کلی دو راه حل برای سرمایش خورشیدی وجود دارد:



* تبدیـل انـرژی خورشـیدی به انـرژی مکانیکـی و یا الکتریکی و اسـتفاده از آنها در بکار انداختن دسـتگاههای تبرید تراکمی

* تبدیل انرژی خورشـیدی به انرژی حرارتی و استفاده از آن در بکار انداختن دستگاههای تبرید جذبی.

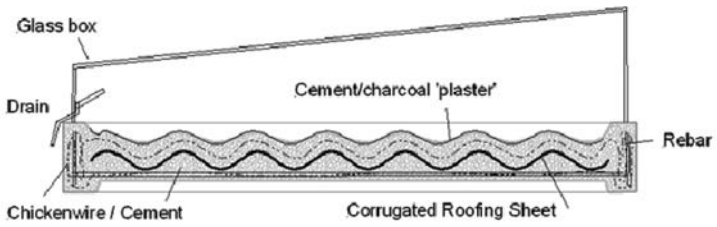
در این روش از انرژی خورشیدی جهت گرم کردن ژنراتور خورشـیدی(همانند کلکتورهای مسـطح یا متمرکز کننده های خورشـیدی که سیال در آن قرار گرفته است)استفاده می شـود. با دریافت حرارت در ژنراتور، باعث ایجاد سرما در اواپراتورخود می گردد. حال اگر سیسـتم سـرمایش ما چیلر باشـد معمولا آب سرد شـده در اواپراتور چیلر جذبی، بطرف توزیع کننده های اطاقی فرسـتاده می شود و باعث سرد شدن هوای اطاق می گردد. آب سرد برای سرد شدن مجدد به طرف چیلر رانده شده و سیکل قبلی در یک مدار بسته تکرار می شود.



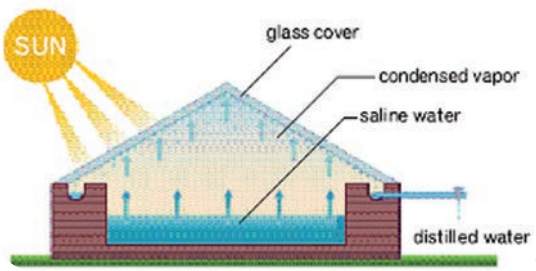
۳-آب شیرین کن خورشیدی (Solar desalinization)

اهمیت آب نه تنها در زندگی بشـر و تمـام موجودات زنده محسوس است، بلکه در زندگی روزمره، کشاورزی و صنایع نیز نمی توان از آن چشم پوشی کرد. اصول عملکرد سیستم های آب شـیرین کن خورشیدی بر پایه دستگاه تصفیه آب خورشـیدی(solar still) است. اصول کار دستگاه تصفیه آب خورشیدی ساده بوده و سرپوش پلاستیکی یا شیشه ای در سطح فوقانی دستگاه نقش عمده و کلیدی را در عملکرد سیسـتم ایفا می کند. با عبور اشـعه خورشید، کف حوضچه آب شـور که معمولا برای جذب بالاتر گرما سیاه رنگ می باشـد، آب دریا یا آب شور داخل خود را گرم و درجه حرارت بالا می رود، سـپس بخار آب ایجاد شـده و پس از برخورد به سطح داخلی سرپوش شیشه ای که دمای آن پائین تر از دمای داخل آب شـیرین کن است، شروع به تقطیر می کند که با جمع آوری این آب مقطر، آب شیرین به دست می آید. سیسـتم آب شـیرین کن از نظر نحوه عملکرد به دو روش مسـتقیم و غیر مستقیم تقسـیم می شود. در روش مستقیم فقط از انرژی حرارتی خورشـیدی استفاده می شود در حالی کـه در روش غیر مسـتقیم از انرژی برق بـه عنوان انرژی

کمکی اســتفاده می شــود. طراحی آب شــیرین کن های خورشیدی با توجه به شرایط اقلیمی و جوی در منطقه مورد نظر بایستی صورت پذیرد.



Solar Water Still



روش مستقیم

برای جذب حداکثر انرژی خورشــیدی در آب شــیرین کنها و جلوگیری از اتلاف انرژی حرارتی در طراحی آب شــیرین کنها باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

۱. ســرپوش پلاستیکی یا شیشــه ای آب شیرین کن باید نــازک بوده و دارای ضریب عبور خوبی در طول موج تابش گرمائی باشد.

۲. از تشــکیل بلورهای نمک در کف دستگاه تا حد امکان می بایستی جلوگیری شود.

۳.فاصله ما بین شیشــه آب شــیرین کن و ســطح آب شور حداقل باشد.

۴.کف حوضچه آب شــور سیاه رنگ باشد تا بیشترین گرما را جذب کند.

۵. حوضچه کاملا آب بندی شــده و هیچ ارتباطی با هوای خارج نداشته باشد.

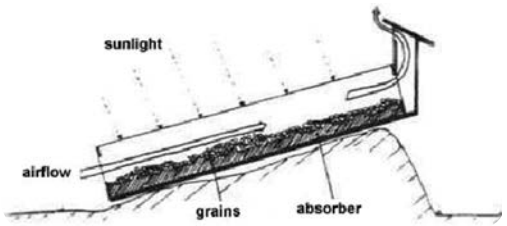
۴- خشک کن خورشیدی(Solar dryer)

خشــک کردن مواد غذایی برای نگهداری آنها، از زمانهای بسیار قدیم مرســوم بوده است. مکانیزه شدن عمل خشک کردن محصولات غذایی ســابقه ۲۰۰ ساله دارد. در فرآیند خشــک کردن معمولا عملیات گرم کردن برای تبخیر آب موجود و جریان دادن هوا جهت خارج کردن بخار آب ایجاد شــده، انجام می گیرد. روشــهای خشک کردن مواد غذایی بصورتهای زیر تقسیم بندی شده است:

- خشک کردن با جریان هوای گرم
- خشک کردن با استفاده از سطح گرم
- خشــک کردن با اســتفاده از یک منبع تابشی مثل اجاق مایکروویو
- خشک کردن با روش انجماد

خشک کن های خورشیدی بیشــتر شامل روش اول بوده، بدین ترتیب که مواد خشــک شدنی بطور مستقیم و یا غیر مســتقیم از انرژی حرارتی خورشید استفاده کرده و هوا نیز بطور طبیعی و یا اجباری جریان یافته و باعث خشک شدن محصول می گردد.

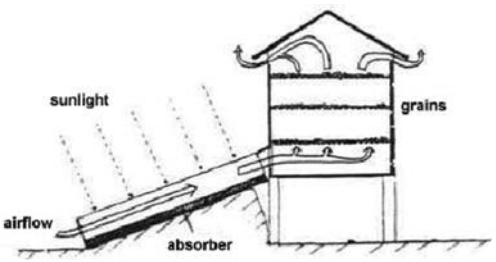
خشک کن مستقیم: کاربرد آن آسان و ارزان است ولی در این سیستم راهی برای کنترل درجه حرارت وجود ندارد، در این روش اگر سبزی ها و میوه ها زیاد در معرض تابش خورشید باشند تغییر رنگ داده و مقدار زیادی از ویتامین های خود را از دست می دهند.



خشک کن غیر مستقیم: در این روش درجه حرارت قابل کنترل است و مواد غذایی به طور مستقیم با اشعه خورشید در تماس نیستند در نتیجه رنگ آنها ثابت می ماند.

این وسیله متناسب با نیاز روستاها در امر خشک کردن میوه و سبزیجات و همچنین در صنعت خشک کردن برنج و تولید سبزی خشک بوسیله انرژی خورشیدی طراحی شده است.

در این وسیله با عبور هوای گرم از درون محفظه، آب داخل محصولات تبخیر شده و هوای مرطوب از قسمت هواکش خارج می شود. هوای گرم مورد نیاز با جذب حرارت خورشیدی توسط سطح داخل مخصوص خشک کن تولید می شود. در داخل محفظه طبقات مختلفی قرار



گرفته است که می توان میوه و سبزیجات را در داخل این طبقات قرار داد.

این طبقات متحرک است و می توان پس از خشک شدن، میوه و سبزیجات را براحتی از داخل آن خارج کرد. از مزایای این نوع سیستم ها می توان به طراحی و ساخت آسان، مواد اولیه محلی، تعمیرات ارزان، قیمت پائین، ذخیره سوخت فسیلی و کاهش آلودگی محیط زیست اشاره نمود.

۵- اجاق خورشیدی(Solar cooker)

در کشـورهای در حال توسعه که از شبکه برق پیشرفته‌ای برخوردار نیسـتند، برای پختن غذا از گرمایش خورشـیدی پسیو استفاده می‌شود.

اجاقهـای خورشـیدی در ۳ نوع رایج شـلجمی، لوله های حرارتی و جعبه ای سـاخته شـده است. نوع شلجمی آن به صورت یک بشـقاب سهموی می باشد که برای پختن غذا بوسیله آن باید ماده غذایی مورد نظر را در کانون این بشقاب قـرار داده و با تنظیم و متوجه نگاه داشـتن(focusing) سـهموی می توان غذا را پخت. چـون در این نوع متمرکز کننده ها می توان دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سـانتیگراد بدسـت آورد بنابراین سرخ کردن سـبزی و گوشت و... در آنهـا کاملا امکان پذیر اسـت. کیت آموزشـی از این اجاق در سـال ۱۳۸۲ در دفتر انرژی خورشیدی سازمان انرژیهای نو ایران، در گروه کاربردهای غیرنیروگاهی، سـاخته شـد و جهت آموزش در اختیار مدارس و آموزشکده ها قرار گرفت.

در پخت غذا با اسـتفاده از لوله هـای حرارتی می توان در گیرنـده های مسـطح مخصوص تولید بخـار نموده و این بخار را با اسـتفاده از مکانیسم لوله های حرارتی با برگشت طبیعی به داخل آشـپزخانه(که بالاتـر از گیرنده قرار دارد) منتقل نمود. بخار به محفظه ای که در آن ظرف حاوی غذا قرار دارد وارد شـده و دور ظرف غذا تقطیر شـده و حرارت تبخیر خود را به مواد غذایی جهت پخت غذا می دهد. بخار تقطیر شده با استفاده از نیروی ثقل به گیرنده خورشیدی بر می گردد. از این نوع سیسـتم نمی توان جهت سرخ کردن سبزی و گوشت استفاده نمود.

در اجاق خورشیدی از نوع جعبه ای(آرام پز خورشیدی) که اولین بار توسـط شخصی به نام نیکلاس ساخته شد. اجاق او شامل یک جعبه عایق بندی شده با صفحه ای سیاه رنگ و در پوش شیشـه ای بود. اشعه خورشید با عبور از میان در پوش شیشـه ای وارد جعبه شده و بوسیله سطح سیاه جذب می شـد سـپس درجه حرارت داخل جعبـه را به ۸۸ درجه افزایـش مـی داد. اصول کار اجاق خورشـیدی جمع آوری پرتوهای مستقیم خورشـید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می باشد.

استفاده از این اجاق ها بویژه در مناطق روستایی مرکزی و جنوبی کشـور برای فراهم نمودن انرژی لازم جهت پخت غذا و گرم نمودن آب توصیه می شود.

۶- کوره خورشیدی(Solar Furnace)

کـوره خورشـیدی با اسـتفاده از انرژی خورشـید گرم می شـود (در کوره‌های دیگر ، نوعی سـوخت را می‌سوزانند تا گرمایش به کوره منتقل شـود.) معمولا با اسـتفاده از تعداد زیادی آینه ، پرتوهای نور خورشید را جمع آوری و پرقدرت می‌کنند و مجموعه آنها را بر روی کوره می‌تابانند تا دمایش خیلی بالا رود . ذره بین وسـیله‌ای اسـت که همین کار را انجام می‌دهد. شـاید دیده باشید که وقتی ذره بین را مقابل خورشید می‌گیریم و مجموعه پرتوهای آنرا به صورت یک نقطه مثلا روی پوسـت یا کاغذ می‌تابانیم، آن قدر حرارت ایجاد می‌شود که پوست می‌سوزد و یا کاغذ آتش می‌گیرد. متداولترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از ۲ آئینه یکی تخت و دیگری کروی می باشـد. نور خورشید به آینه تخت رسـیده و توسـط این آئینه به آئینه کـروی بازتابیده می شـود. طبق قوانین اپتیک هرگاه دسته پرتوی موازی با محور آئینه برخورد نماید در محل کانون متمرکز می شود، به ایـن ترتیب انرژی حرارتی خورشـید در این نقطه جمع شده و این نقطه به دمای بالائی می رسد.

پروفسـور فیلکس ترومب، دو کوره خورشـیدی غول پیکر را که بزرگ‌ترین کوره های خورشـیدی دنیا محسوب می شـوند در کشور فرانسـه در منطقه پیرینه شرقی یکی را در مون لوئی و دیگری را در اودیو سـاخت. هر دو نمونه دارای سیسـتم آیینه هـای متحرک که به طور مـداوم و خودکار خورشـید را در مسیرش دنبال می کنند، می باشند. دستگاه اودیو و تأسیسات آن بسیار عظیم و غول پیکر است و جهت یاب آن دارای سطح وسیعی به مساحت ۴۸۳۵ متر مربع می باشـد. برای این‌که بتوان دستگاه را به صورت یک گیرنده نور در آورد باید شصت و سه آیینه که هر کدام دارای چهل و پنج متر مربع مساحت باشد نزدیک هم چسبانده شود. به عبارت روشن تر آیینه اصلی از ۶۳ قطعه آیینه تشکیل شده که با محاسبات بسیار دقیق در کنار هم جای گرفته اند. این ۶۳ قطعه که در حقیقت آیینه واحدی را تشـکیل می دهند، روی هشت تراس پله ای شکل قرار گرفته و یک ساختمان هشت طبقه ای را تشکیل داده است.

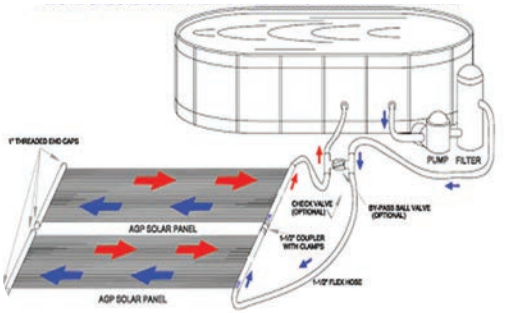
آیینه مقعری که روبه‌روی آن اسـت، از ۹۰۰۰ شیشـه که به طرز خوبی خم شده اند ساخته شده است . خود کوره در سـاختمان دیگری قرار دارد. بزرگ‌ترین مزیت کوره های خورشیدی این است که حرارت خالص یعنی بدون آلودگی شیمیایی تهیه می کنند .

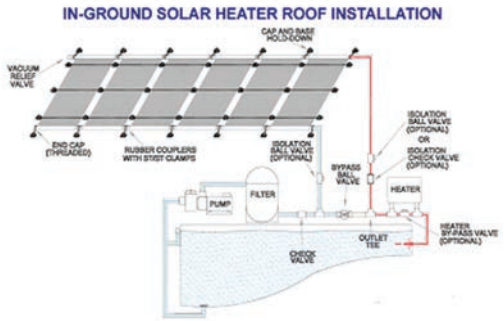
۷- استخر خورشیدی(Solar Pond)

بدلیل عدم نیاز به ایجاد دماهای بالا, گرمایش خورشـیدی آب استخرها، ویژگی های زیر را دارد:

* میتوان از کلکتورهای بدون پوشش استفاده کرد
* راندمان سیستم بسیار بالاست

عملکرد این سیسـتم به این گونه است که آب سرد استخر پمپاژ شده و در سرتاسر کلکتور به گردش درآمده و گرم می شود، آب پس از گرم شدن به استخر باز می گردد.





۸- پمپ حرارتی خورشیدی (Solar Heat Pump)

در کشـورهائی که بـرق مصرفی ارزان وجـود دارد، برای گرمایش و سـرمایش سـاختمانها از پمپ حرارتی استفاده می شـود. پمپ حرارتی عبارتست از همان دستگاه تبرید، با این تفاوت که در این حالت حرارت دهی آن مورد توجه می باشـد. یعنی قادر اسـت از محیط سرد خارج، حرارت را اخذ کرده و به داخل ساختمان پمپ کند. پمپهای حرارتی قادرند گرمائـی معادل ۲ تـا ۳ برابر مقدار الکتریسـیته مصرفی را تولیـد کنند. یعنی مقدار انرژی الکتریکی که برای گرمایش ساختمانی لازم است با بکار بردن پمپ حرارتی به حدود۱/۲

تا ۱/۳ کاهش می یابد ولی در عوض مخارج اولیه و هزینه پمپهای حرارتی را نباید از نظر دور داشت.

پمپ های حرارتی معمولا به سه نوع تقسیم می شوند:

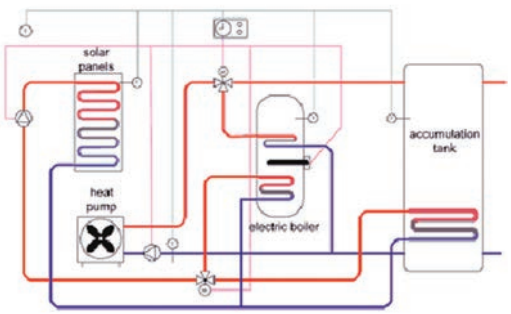
- هوا به هوا
- آب به هوا
- آب به آب

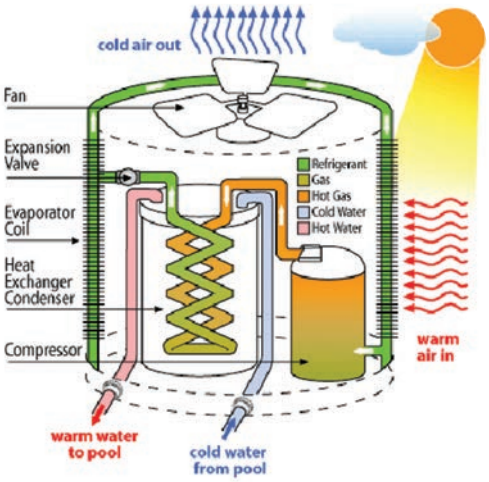
پمـپ های حرارتی متـداول امروزی بیشـتر از نوع هوا به هوا هسـتند. در این نوع سیستم ها، مدار خارجی در معرض هـوا قرار می گیرد و پنکـه ای هوا را از روی حلقه ها عبور می دهد. مـدار داخلی نیز در داخل یک کانال هوا قرار می گیـرد کـه در اینجا نیز انتقـال هوا از روی کویل بوسـیله پنکه(وانتیلاتور) انجام می گیرد.

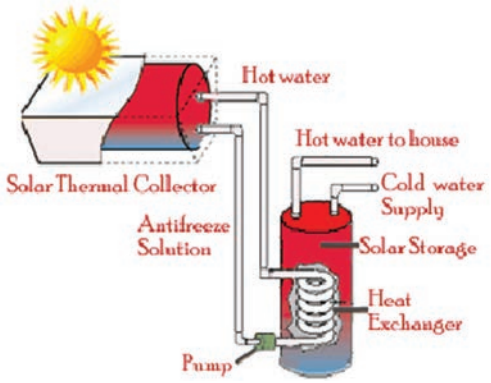
در اواخر دهه ۱۹۷۰ چنـد پمپ حرارتی آب به هوا طراحی و سـاخته شد که در آنها مدار خارجی برای تبادل حرارت با آبی که توسـط خورشـید گرم می شـد در یک مسیر بسته قرار داشت.

در پمـپ های حرارتی آب بـه آب در مدار داخلی و خارجی بـرای تبادل حرارت از آب اسـتفاده می گردد. یادآوری این نکته لازم است که بیشتر سیستم های تهویه هوای صنعتی طوری طراحی می شوند که با آب خنک شوند.

برای اسـتفاده از پمپ حرارتی خورشیدی، راههای متفاوتی وجود دارد. موضوعی که باید در نظر گرفته شـود، آن است که انرژی خورشید باید بتواند حداکثر حرارت مورد نیاز پمپ را تهیـه نماید. نقش اصلی پمپ های حرارتی خورشـیدی در این اسـت که حرارت جمع آوری و ذخیره شـده انرژی خورشیدی را به آسانی برای سیستم تهویه مطبوع ساختمان قابل دسترس و مورد استفاده می سازد.





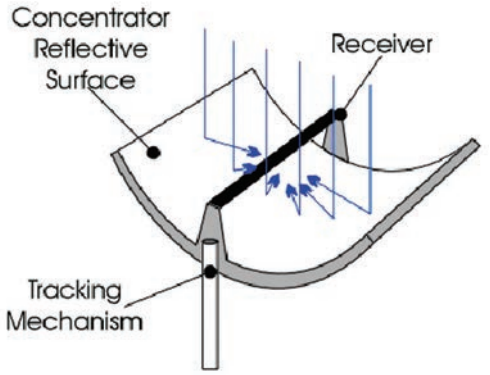


ب- سیستم های حرارتی ـ برقی خورشیدی

سیسـتم های حرارتی ـ برقی خورشیدی به سیستم هایی اتلاق می شود که از گردآورنده های خورشیدی برای تولید الکتریسـیته از طریق یـک چرخه ترمودینامیکی اسـتفاده می‌کننـد. این عمل با اسـتفاده از گردآورنده های خطی یا غیر خطی در دمای بالا صورت می گیرد.

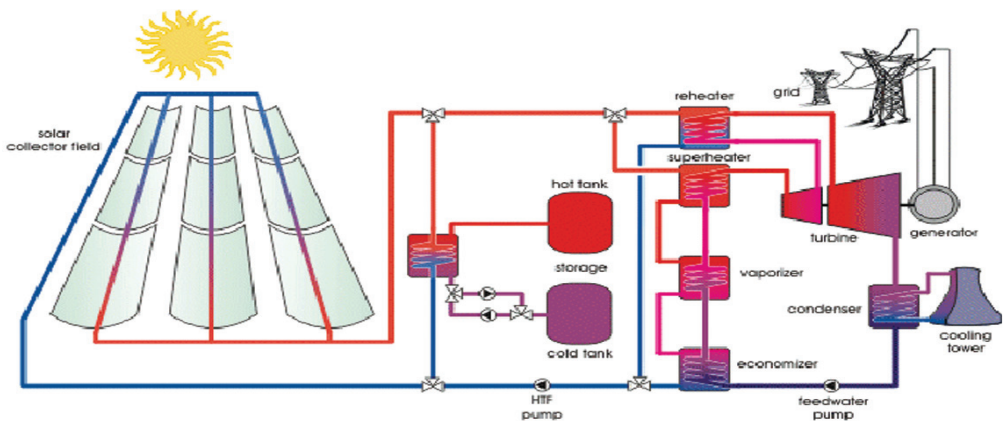
در صورتیکه سـیکل ترمودینامیکی به وسـیله یک متمرکز کننده خورشـیدی تغذیه شود به یک سـیال عامل با نقطه جـوش پایین نیـاز خواهد بود . امابعلـت راندمان پایین که ناشـی از طبیعت سـیکل های ترمودینامیکی کم دما است ،بهره برداری تجاری از این سیسـتم ها در سطح تکنولوژی جاری توجیه اقتصادی ندارد.

سـوپر هیت طی سیکل رانکلین از توربین و ژنراتور، انرژی الکتریکی تولید می کند.



- **نیروگاههای خورشـیدی با استفاده از متمرکز کننده خطی سهموی(Parabolic trough)**
- **نیروگاههای خورشیدی با استفاده از بشقابک سهموی (Parabolic dish)**
- **نیروگاههای خورشـیدی با استفاده از دریافت کننده مرکزی(Central receiver)**
- **نیروگاههای خورشـیدی با استفاده از دودکش خورشیدی (Solar chimney)**
- **نیروگاههای خورشـیدی با اسـتفاده از کلکتور فرنل**

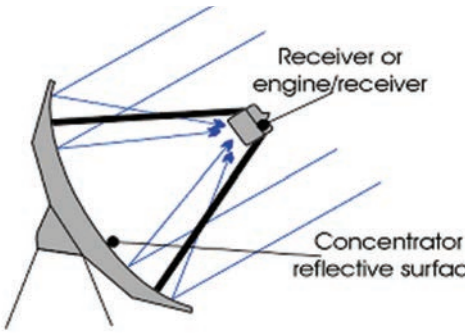
نیروگاههای خورشـیدی با استفاده از متمرکز کننده خطی سهموی(Parabolic trough)



نیروگاههای خورشـیدی با استفاده از متمرکز کننده خطی سهموی، که از ردیف های طولانی و موازی متمرکز کننده هائی که سطح مقطع آنها سهموی است تشکیل شده است. پوشش داخلی منعکس کننده(جنس آینه شیشه ای)، انرژی خورشـیدی را بر روی یک لوله جاذب با پوشـش انتخابی که در طول کانون سـهمی نصب شـده است متمرکز می نمایـد. این متمرکز کننده ها معمولاً بر روی یک سیسـتم ردیابی ۲ محوره سـوار شـده اند که حرکـت " جهت " و " ارتفاع " تشعشـع خورشـید را تعقیب می نمایند . سـیال انتقـال حرارت(روغن) کـه در درون لوله کانونی درگردش اسـت، انرژی خورشیدی را جمع آوری می کند. روغن داغ در مبدلهـای حرارتـی آب را به بخار تبدیـل کرده و بخار

*نیروگاههای خورشیدی با استفاده از بشقابک سهموی (parabolic dish)

بشــقابک سهموی از نظر طراحی مدولاریک سطح فضایی اســت که از دوران یک ســهمی بوجود می آید و کانون آن یک نقطه است. پرتوهای خورشید تابیده شده بر روی سطح متمرکز کننده ســهموی(آینه شیشه ای) در کانون آن جمع می شــود. برای اینکه چنین سیســتمی پر بازده باشد لازم است که این گردآورنده همواره بطرف خورشید ردیابی شود و در نتیجه به یک مکانیســم ردیابــی دو محوره نیاز دارد . انرژی حرارتی را می توان با کمک یک ســیال مناســب در ناحیــه کانونی جمــع آوری کرد و این انــرژی را یا به یک ســیکل ترمو دینامیکی جدا از گردآورنــده منتقل نمود و یا اینکه به یــک موتور کوچک (در حــدود ۲۵ کیلوواتی) که در پشت نقطه کانونی سوار می شود، انتقال داد. موتورهای اســترلینگ نیز برای این نوع کاربرد تحت توسعه قرار یافته انــد و علاوه بر آن موتورهــای رانکلین و برایتون هم برای این کاربرد مورد ارزیابی قرار گرفته اند.

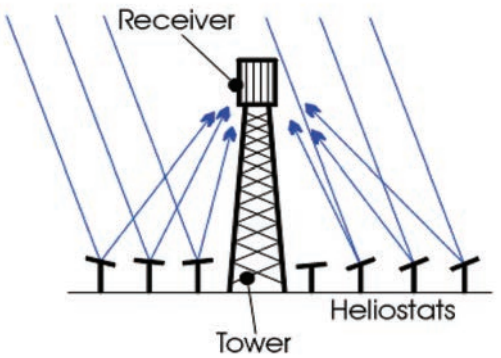


* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از دریافت کننده مرکزی(Power Tower)

ایـن سیسـتم کـه شـامل مجموعـه ای از آینـه هایی است(هلیوستات) که هر یک بطور جداگانه انرژی خورشید را متمرکز و به برج دریافت کننده مرکزی منتقل می کنند. انرژی توسط یک مبدل حرارتی که در روی یک برج نصب شده است و گیرنده نامیده می شود جذب می‌شود. در آن جا آب به بخار سوپر هیت تبدیل شده و این بخار توربو ژنراتور را که در پائین برج نصب شـده به حرکت در آورده و تولید بـرق می نماید. یک کامپیوتر هر یک از هلیوسـتات ها را طوری کنترل می نماید که زاویه بین خورشـید و گیرنده را همیشه نصف می کند. اندازه و درجه حرارت این سیستم ها با بویلرهای بخار صنعتی و نیروگاهی قابل قیاس هسـتند. در حال حاضرتوان این سیستم ها به حدود ۲۰۰ مگاوات با ضریب ظرفیت سالیانه ۵۰٪ ارتقا یافته است .

هلیوستات

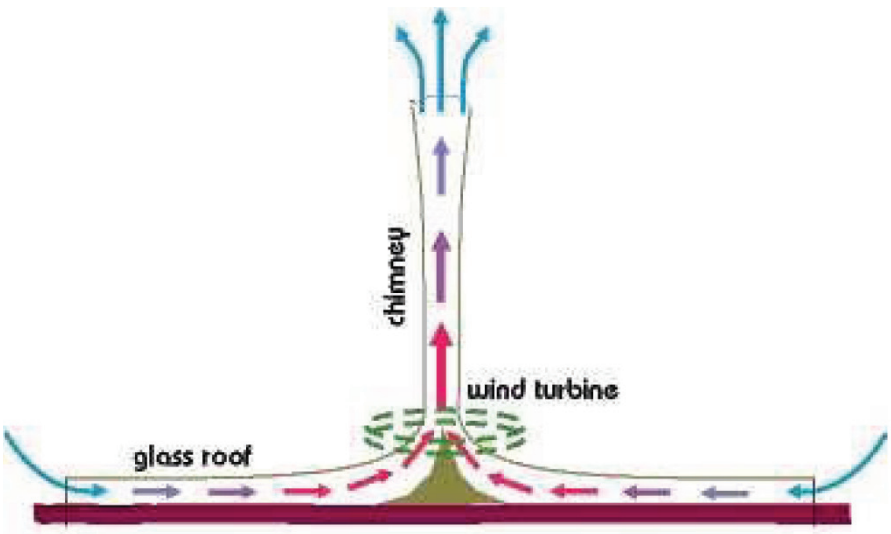
نمائی از میدان هلیوستاتها



دریافت کننده مرکزی

* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از دودکش خورشیدی (solar chimney)

یک سیستم بمراتب ساده تر ولی با کارآیی بمراتب کمتر سیستم دودکش خورشیدی است در این سیستم ها محوطه ای با پوشش شیشه ای و یک برج گیرنده مرکزی مجهز به یک دود کش و توربین بادی جایگزین هیلوستات ها می شود. طرز کار آن بسیار ساده است یعنی هوای گرمی که بوسیله انرژی خورشیدی در یک گرمخانه شیشه ای تولید می شود بطرف برج بلندی که در مرکز گرمخانه قرار گرفته و مانند یک دودکش عمل می کند، هدایت می شود. این هوای گرم بعلت ارتفاع زیاد برج، با سرعت زیاد صعود کرده و باعث چرخیدن پروانه و ژنراتوری که در پائین برج نصب شده است می گردد و بوسیله ژنراتور، برق تولید می شود. ملاحظه می شود که تولید باد شدید در داخل برج، مطلقا ارتباطی به وجود و عدم وجود باد در سطح زمین و خارج برج ندارد. جالب توجه است که در ظهر روزهای آرام و گرم که اختلاف درجه حرارت در داخل گرمخانه و خارج آن به ۱۱ درجه سانتیگراد می رسد، همین اختلاف کم، باعث ایجاد بادی به سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت در داخل برج می گردد و این باد باعث چرخیدن ژنراتور شده و بمیزان ۷۰ کیلووات برق تولید می کند. در حال حاضر یک نمونه ۱۰۰ کیلوواتی دودکش خورشیدی در اسپانیا، ۱۶۰ کیلومتری جنوب مادرید احداث گردیده که ارتفاع برج آن به ۲۰۰ متر و قطر آن به ۱۰ متر و قطر فلکه گرمخانه که اطراف آن را فراگرفته حدود ۲۴۰ متر و سطح گرمخانه ای که مقابل خورشید قرار گرفته حدود ۵ هکتار زمین را اشغال کرده است.



*نیروگاههای خورشیدی با استفاده از کلکتور های نوع فرنل

در این گونه نیروگاهها از کلکتور فرنل برای متمرکز کردن نور خورشید روی لوله گیرنده استفاده می شود.
در این نیروگاه همانند نیروگاههای سهموی خطی ، کلکتورها به صورت خطی و در جهت شمال جنوب نصب می شوند در این کلکتورها تعداد زیادی آینه تخت با پهنای کم و طول زیاد کنار هم دیگر قرار می گیرند زاویه قرار گیری هر کدام از آینه ها بصورتی است که بازتاب نور خورشید را روی بخش دریافت کننده متمرکز می کنند.
در بخش دریافت کننده یک بازتاب دهنده ثانویه از نوع جفت سهموی قرار دارد که بازتاب آینه ها را جمع آوری کرده و روی لوله گیرنده می تاباند با گرم شدن لوله گیرنده سیال داخل آن گرم می شود.
برای نیروگاههای خورشیدی از این دست، عملکرد ممکن است به دو صورت باشد در سیستم های متداول سیال عامل داخل لوله گیرنده روغن است که پس از داغ شدن به مبدلهای حرارتی منتقل شده و سپس موجب تولید بخار می شود اما در نوع دیگر که نوع بخار مستقیم(direct steam) نامیده می شود طول کلکتورها بیش از یکصد متر می باشد. از یکطرف لوله دریافت کننده آب وارد شده و از طرف دیگر بخار خارج می شود و نیازی به سیستم های جانبی اضافی نیست.
برخی مزایای این سیستم را می توان بصورت فهرست وار معرفی کرد:

۱- استفاده از آینه های تخت ساده و عدم نیاز به خمکاری آینه ها
۲- سادگی ساخت و قیمت پایین
۳- هزینه های تعمیرات و نگهداری پایین
۴- عدم آسیب پذیری در مقابل باد
۵- امکان بهره برداری از زمین زیر آینه

ایراد اصلی این نوع کلکتورها این است که در هنگام دو طلوع و غروب آفتاب راندمان آنها بشدت کاهش می یابد و در کل راندمان آنها حدود ۷۰٪ کلکتورهای نوع سهموی است اما سادگی و قیمت پایین الکتریسیته تولیدی از طریق آنها، نسبت به سایر سیستم ها، موجب رقابت پذیری آنها شده است

تحقیق و توسعه در زمینه ساخت این نوع کلکتورها در حال حاضر در دنیا ادامه دارد. یک نمونه از این کلکتورها توسط شرکت solar mondo ساخته شده که تحت حمایت ۵ مؤسسه بزرگ اروپائی از جمله DLR و انسیتو فرانهوفر آلمان می باشد یک نمونه دیگر نیز در استرالیا توسعه داده شده است این نمونه ها از لحاظ ابعاد و عملکرد با هم تفاوت هایی دارند یک نمونه از این کلکتورها نیز در ایران ساخته شده است و در سایت انرژیهای نو طالقان نصب شده است کلیه مراحل طراحی و ساخت این نمونه توسط همکارانمان در سازمان انرژیهای نو ایران انجام شده و نمونه دیگری از انواع فرنل ها می باشد.
این سیستم درهنگام نگارش این گزارش مراحل نهائی راه اندازی را پشت سر گذاشته و در تست های اولیه نیز عملکرد قابل قبول داشته است.

ج-سیستم های فتوولتائیک

سیستم های فتوولتائیک(PV) که در اصل برای کاربردهای فضایی ابداع و تکمیل شده بودند، انرژی نوری را مستقیما به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. اصل مقدماتی در این تکنولوژی پدیده " فتوالکتریک " است که اولین بار بوسیله انیشتین مطرح شد.

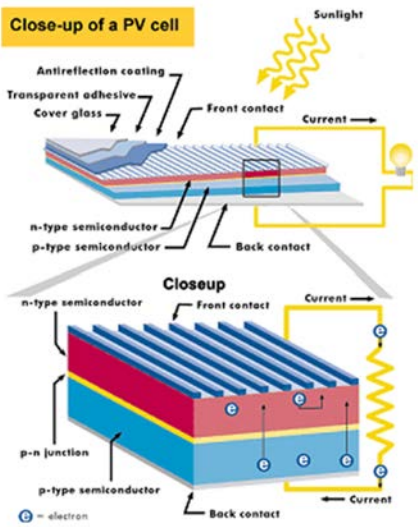
همیشه وقتی سخن از انیشتین به میان می آید، ذهن ها متوجه نظریه نسبیت و پیامدهای انقلابی آن در فیزیک می شود. اما کمتر کسی این نکته را به خاطر می آورد که اینشتین همانطور که در اولین انقلاب علمی قرن بیستم یعنی نظریه نسبیت سهیم بود، در انقلاب دیگر یعنی فیزیک کوانتومی نیز نقش بسزایی داشت. حتی جایزه نوبل هم به خاطر مقاله «اثر فتوالکتریک» که تاییدی بر کوانتومی بودن نور بود، به او اهدا شد.

بر اساس این پدیده وقتی که یک کوانتوم انرژی نوری یعنی یک فوتون در یک ماده نفوذ می کند، این احتمال وجود دارد که بوسیله الکترون جذب شود. و الکترون انتقال پیدا می کند.

انیشتین به مناسبت توضیح پدیده فوتوالکتریک جایزه نوبل سال ۱۹۲۱ فیزیک را دریافت کرد. نظریه فوتونی او نه فقط نور بلکه سراسر طیف موج های الکترومغناطیسی از موج های گاما تا موج های بسیار بلند را دربرمی گیرد و توضیح می دهد.

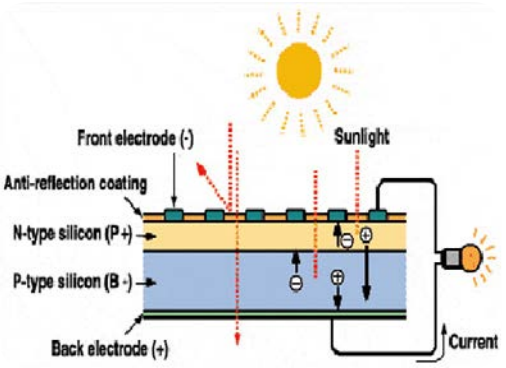
سلولهای فتوولتائی یا سلول های خورشیدی-کریستال هایی هستند که از لایه های نازک از جنس نیمه هادی (سیلیکون و آرسینورگالیم) ساخته شده اند. سلولهایی که از سیلیکون ساخته می شوند از لحاظ تئوری بازده ماکزیمم حدود ۲۲ درصد دارند. ولی بازده عملی آن حدود ۱۵ تا ۱۸ درصد است. در صورتی که بازده سلولهایی که از آرسینورگالیم ساخته می شود بازده عملی آنها بیشتر از ۲۰ درصد است. این کریستالها خصایص الکترونیکی متفاوت دارند و این امر موجب پیدایش میدان های الکتریکی در درون آنها می شود. هنگامی که نور وارد کریستال می شود، الکترون هائی که بوسیله نور تولید می شوند بوسیله این میادین جدا می شوند و اختلاف پتانسیلی بین وجوه بالائی و پائینی سلول بوجود می آید. در صورتیکه مدار کامل شود آنگاه این اختلاف پتانسیل جریان مستقیمی را بوجود می آورد.

سیلیسیم یک نیمه هادی است که بطور خالص از نظر هدایت الکتریکی هادی ضعیفی است ولی اگر در موقع



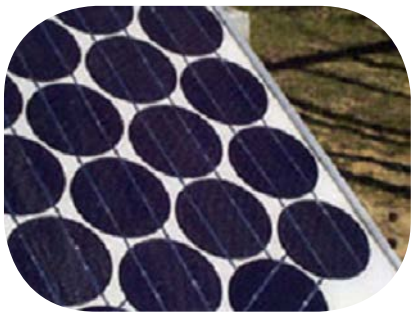
پالایش، به آن فسفر اضافه شود بار منفی(الکترون) پیدا کرده و در صورتیکه بور اضافه شود بار مثبت(حفره) پیدا می کند. نوع اول را سیلیسیم نوع N و نوع دوم سیلیسیم نوع P می نامند. می دانیم که سیلیسیم دارای ۴ الکترون در مدار خارجی خود می باشد. هنگامی که تعدادی اتم فسفر بداخل کریستال سیلیسیم وارد شود با توجه به اینکه فسفر دارای ۵ الکترون در مدار خارجی خود است، ۴ الکترون مدار خارجی فسفر با ۴ الکترون مدار خارجی سیلیسیم یک مدار بوجود آورده و باین ترتیب یک الکترون بصورت آزاد باقی مانده یعنی سیلیسیم با بار منفی باردار شده و نیمه هادی نوع N بوجود می آید. از طرفی اگر بجای فسفر از اتم بور که دارای ۳ الکترون در مدار خارجی دارد استفاده شود، حفره هائی که مثل الکترون قابلیت حرکت دارند ایجاد شده و سیلیسیم بطور مثبت باردار می شود، یعنی نیمه هادی نوع P بوجود می آید. حال یک اتصال P-N بوجود آورده. در طرف نوع P حفره های آزاد و اتمهای بور با بار منفی ساکن اند و در طرف نوع N الکترون های آزاد و اتمهای فسفر با بار مثبت وجود دارند.حال اگر یک فوتون

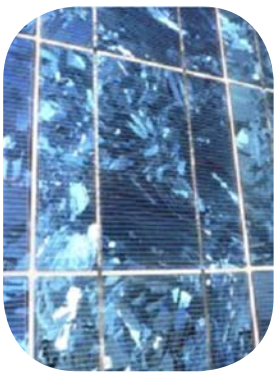
با اتصال P–N برخورد کند الکترون را از اتم سیلیسیم جدا کرده و در نتیجه حفره بوجود می آورد. حفره مزبور تحت تاثیر میدان موجود بسمت ناحیه P و الکترون بسوی ناحیه N حرکت کرده و این دو حرکت مخالف با بارهای مختلف، یک جریان الکتریکی بوجود می آورند. با اتصال کنتاکتهائی به رویه های قطعات نیمه هادی، مداری تشکیل می شود که اجازه برگشت الکترونها را به اتصال نوع P از میان یک بار خارجی می دهد، شکل زیر دیاگرام شماتیکی یک اتصال P–N را نشان می دهد.



پروسه تولید برق بوسیله یک سلول فتوولتائیک

بی شکل


یک کریستالی


چند کریستالی

بر حسب نوع سیلیکون کریستالی استفاده شده، می توان سلول های خورشیدی را به سه دسته عمده تقسیم بندی نمود:

- یک کریستالی
- چند کریستالی
- بی شکل

راندمان سلول های خورشیدی

عبارت است از درصد انرژی تبدیل شده به الکتریسیته(در نتیجه تبدیل انرژی تابشی جذب شده به انرژی الکتریکی)

راندمان انواع سلول های خورشیدی مورد استفاده

مواد اولیه	راندمان عملی	راندمان آزمایشگاهی
یک کریستالی	۱۴-۱۷	۲۴
چند کریستالی	۱۳-۱۵	۱۸
بی شکل	۵-۷	۱۳

در هنگام اتصال سلول خورشیدی به یک مدار الکتریکی. راندمان سلول های خورشیدی از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\eta = \frac{P_m}{E \times A_c}$$

در این رابطه، P_m توان حداکثر، E شدت تابش نور ورودی تحت شرایط استاندارد و A_c مساحت سطح سلول خورشیدی می باشد.

دیگر فاکتور مهم در تبیین رفتار سلول های خورشیدی، فاکتور کفایت می باشد که از رابطه زیر به دست می آید:

$$FF = \frac{P_m}{V_{oc} \times I_{sc}} = \frac{\eta \times A_c \times E}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

در این رابطه، P_m توان حداکثر، V_{dc} ولتاژ مدار باز و I_{sc} جریان مدار کوتاه می باشد.

سیستم های فتوولتائیک را می توان به طور کلی به سه بخش اصلی تقسیم نمود:

۱. پنلهای خورشیدی: این بخش در واقع مبدل انرژی تابشی خورشید به انرژی الکتریکی بدون واسطه مکانیکی می باشد. پنل های فتوولتائیک که در معرض تابش خورشید قرار می گیرند، متشکل از سلولهای فتوولتائیک هستند. لازم به ذکر است، جریان و ولتاژ خروجی از این پنلها DC می باشد.

این پنل ها طوری ساخته شده اند که در برابر همه سختی های محیط مانند سرمای شدید قطبی، گرمای بیابان، رطوبت استوایی و بادهای شدید مقاومت می کنند با اینحال جنس این وسایل از شیشه بوده و در اثر ضربات سنگین ممکن است بشکنند.

۲. تولید توان مطلوب یا بخش کنترل: این بخش در واقع کلیه مشخصات سیستم را کنترل کرده و توان تولیدی 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 الکتریکی، مصرف کننده و نیز شرایط آب و هوایی محلی تغییر می کند. بنابراین خرابی احتمالی در هر بخش یا اطلاعات مربوط به هر قسمت را می توان از بخش کنترل گرفت. این مجموعه از زیر مجموعه یا بخشهای متعددی تشکیل شده است که شامل: باطری، شارژ کنترل، MPPT ، اینورتر و سیستم کنترل می باشد. لازم به ذکر است برای هر مصرف کننده لزوما از تمام بخشهای مذکور استفاده نمی گردد، بلکه طبق مشخصات و نیازهای هر مصرف کننده، بخش تولید توان مطلوب از بعضی از زیر بخشهای مذکور، تشکیل می گردد. بنابراین وظایف کنترل کننده به شرح زیر می باشد:

- تطبیق عملکرد کلیه اجزاء سیستم(شامل MPPT، شارژ کنترل و ...)
- فرمان به بخشهای مختلف در مواقع لزوم
- جمع آوری اطلاعات از عملکرد سیستم
- اطلاع رسانی از اجزاء سیستم
- حفاظت کل سیستم
- حفاظت سیستم زمین

در این جا به شرح مختصری از هر کدام از زیر مجموعه ها یا زیر بخشهای مذکور می پردازیم.

باطری و ذخیره انرژی

انرژی تابشی خورشید در طی روز متغیر می باشد، بنابراین در بسیاری از کاربردهای انرژی خورشیدی منبع ذخیره انرژی لازم است.

- افزایش عملکرد سیستم فتوولتائیک و زمان کاربرد
- ذخیره انرژی خورشیدی تبدیل شده به انرژی الکتریکی
- تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز در زمان عدم وجود تابش خورشید
- قابلیت اتصال بصورت سری و موازی برای دستیابی به توان های بیشتر

وجود منبع ذخیره در سیستم فتوولتائیک بقدری مهم است که سیستمهای فتوولتائیک را به دو دسته کلی تقسیم بندی می کنند:

- با منبع ذخیره
- بدون منبع ذخیره

منبع ذخیره خود می تواند به دو نوع زیر تعریف گردد:

۱. بر اساس بار مصرفی(محصول تولیدی ذخیره شود): مثلا در پمپاژ خورشیدی در طی روز و در زمان وجود خورشید و برق حاصل از پنلها، آب لازم را در مخزن ذخیره جمع آوری شده و در مواقع عدم وجود خورشید و برق فتوولتائیک، از حجم آب ذخیره شده در مخزن استفاده نمود.

۲. ذخیره به صورت الکتروشیمیایی(ذخیره در باطری ها): در این روش انرژی الکتریکی تولیدی از پنلهای فتوولتائیک در منبع ذخیره ساز الکتروشیمیایی(باطری) ذخیره می شود و در مواقع لزوم مصرف می گردد.

شارژ کنترل و واحد کنترل بار

وظیفه اصلی این بخش عبارت است از کنترل وضعیت شارژ و دشارژ باطری ها. بطوریکه از حداکثر عمر مفید آنها استفاده گردد و از دو بخش شارژ و واحد کنترل ولتاژ بار تشکیل شده است.

بخش شارژ، وضعیت شارژ باطریها را از نظر جریان و ولتاژ ورودی، دمای محیط و غلظت الکترولیت و ... کنترل کرده و در مواقع لزوم، طبق طراحیهای انجام شده عملکرد لازم را متناسب با شرایط و وضعیت باطریها بر سیستم اعمال می کند بگونه ای که طول عمر مفید را افزایش داده و امکان استفاده از بیشترین ظرفیت قابل دسترس باطریها را نیز در اختیار مصرف کننده قرار دهد. وظیفه بخش دیگر تنظیم و کنترل سیکل دشارژ باطریها و جلوگیری از کاهش طول عمر و فرسودگی باطریها می باشد.

به طور خلاصه وظیفه این دستگاه عبارتست از:

- تست ولتاژ خروجی پنلها
- تست جریان خروجی پنلها
- تست ولتاژ خروجی باطریها
- تست جریان خروجی باطریها
- تست دمای محیط
- تست غلظت الکترولیت باطریها
- تصمیم گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پنلها جهت شارژ باطریها
- تصمیم گیری قطع یا وصل ولتاژ و جریان خروجی پنلها جهت مصرف کننده

MPPT

این سیستم در واقع یک مبدل DC-DC تطبیق

امپدانس بین مقاومت دینامیکی پنلهای خورشیدی و مصرف کننده را تامین می نماید. از این سیستم می توان در سیستمهای مستقل و هم در سیستم های متصل به شبکه سراسری برق استفاده نمود.

اینورتر، مبدل DC/AC

تبدیل توان از صورت DC به AC توسط یک مبدل(اینورتر) صورت می گیرد. در سیستمهای فتوولتائیک برق حاصله بصورت DC می باشد و از آنجائیکه اغلب بارهای موجود در صنعت و مصارف الکتریکی با برق AC کار می کنند، می توان این برق را توسط یک دستگاه اینورتر تبدیل نموده و مشخصه های آن را مانند ولتاژ و فرکانس با مولفه های مورد نیاز مصرف کننده مطابقت داد.

اینورترها را می توان به ۳ گروه زیر تقسیم نمود:

* اینورتر مستقل (Stand Alone Inverter)

این نوع اینورتر توان DC ذخیره شده در باطریها را به توان AC تبدیل می کند. انتخاب اینورتر برای یک سیستم قدرت مستلزم ماکزیمم بار تغذیه شونده، ماکزیمم اضافه جهش مورد نیاز، ولتاژ خروجی مورد نیاز، ولتاژ باطری ورودی و سایر مشخصات، قابل انتخاب است. سایز یک اینورتر با استفاده از ماکزیمم خروجی پیوسته آن سنجیده می شود، که این مقدار بایستی بیشتر از توان مصرفی بارهای AC استفاده شونده تحت کنترل باشد.

*اینورترهای همزمان (Synchronous Inverter)

این اینورترها توان DC را به توان AC تبدیل کرده و آن را به شبکه تزریق می کنند. این اینورترها مستقیما به آرایه PV متصل شده و زمانی که خورشید در حال تابش می باشد، الکتریسیته تولید شده از آرایه های PV به اینورتر تزریق می شود. چنانچه توان تولیدی بیشتر از توان مصرفی باشد، این تفاوت به شبکه اعمال می شود و چنانچه توان مصرفی بیشتر از توان تولیدی باشد این کمبود از طریق شبکه جبران می شود.

*اینورتر چند منظوره(Multi Function Inverter)

این اینورترها به طور همزمان هم می توانند بعنوان یک اینورتر مستقل و هم یک اینورتر همزمان عمل کنند. این نوع اینورتر علاوه بر اتصال به خطوط شبکه قدرت به بانکهای باطری نیز متصل است. در زمانی که باطریها از طریق یک منبع نیرو مثلا آرایه های فتوولتائیک شارژ شده باشند، بارهای مورد استفاده خواهند بود و چنانچه باطریها دشارژ باشند، شبکه قدرت این وظیفه را بر عهده دارد.

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

به همین علت سیستمهای فتوولتائیک بیشترین بازار تجاری را در زمینه کاربرد انرژی های نو بخود اختصاص داده اند. لازم به ذکر است که مصرف کننده های فتوولتائیک یاد شده می توانند در رنج توانی متفاوت باشند.

بار DC

بار بطور مستقیم بر ویژگی های کل سیستم PV اثر می گذارد. بارهای بیش از اندازه که به نیرویی بیشتر از نیروی تولیدی مدول ها و یا ذخیره باطری نیاز دارند، سبب از کار افتادن سیستم می شوند. مانند لامپهای هالوژنی، بارهای حرارتی مصرف کنندگان(توستر، هویه و گرم کننده های آب و هوا)، بارهای القایی شامل موتور یا آهن ربای الکتریکی.

بار AC

بار AC در سیستم فتوولتائیک که شامل اینورتر است استفاده می شود. در حالت کلی تلاش بر این است که بارهای AC محدود شود چرا که در تبدیل DC به AC در اینورتر، اتلاف انرژی رخ می دهد. برای مثال لامپهای روشنائی فلورسنت و سدیم کم فشار AC دارای بازده بیشتری هستند.

انواع روشهای استفاده از سیستمهای فتوولتائیک

۱. سیستمهای مستقل از شبکه (Stand Alone)
۲.سیستمهای متصل به شبکه (Grid Connected)
۳. سیستمهای تغذیه چند گانه (Hybrid)

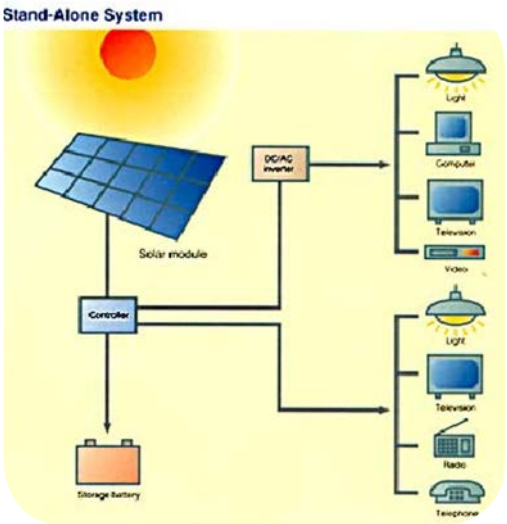
۱- مستقل از شبکه سراسری برق

برای تأمین انرژی الکتریکی مورد نیاز مناطق خارج از شبکه و جلوگیری از گسترش بیش از حد شبکه سراسری برق از سیستم های فتوولتائیک مستقل از شبکه استفاده

می شود. در این روش انرژی الکتریکی مورد نیاز با استفاده از پنلهای فتوولتائیک و سیستمهای ذخیره کننده و کنترل کننده نسبتاً ساده، قابل تأمین می باشد. بازه توانی این سیستم از چند وات تا چندین مگاوات قابل نصب و راه اندازی می باشد و بعنوان یک واحد نیروگاهی با طول عمر مناسب حدود ۲۵ سال می تواند با قابلیت اطمینان بالا جهت تامین برق مورد نیاز استفاده گردد.

از جمله مزایایی که در رشد و توسعه این سیستم بویژه در مناطق محروم کشور نقش عمده و بسزایی دارد می توان به موارد زیر اشاره کرد:

* عدم نیاز به شبکه سراسری، سیستم انتقال شبکه و تعمیر



و نگهداری آن

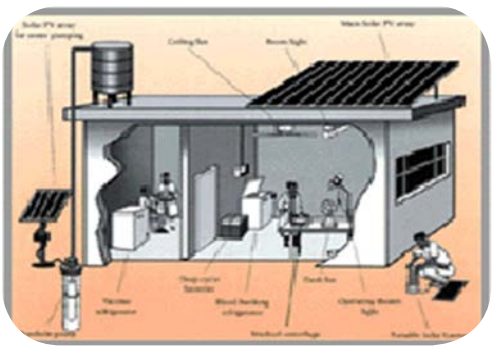
* عدم نیاز به سوخت و مشکلات سوخت رسانی بویژه در مناطق صعب العبور
* عدم نیاز به تعمیر و نگهداری مداوم و طول عمر مناسب

کاربرد این نیروگاهها تأمین برق خانه های مسکونی، چادرهای عشایری، کلبه های روستایی و بصورت کلی رفع نیاز الکتریکی مناطقی می باشد که دارای شبکه سراسری برق نمی باشند. توسط این سیستمها می توان نیاز های اولیه مانند روشنایی، یخچال، تلویزیون و ... را تأمین نمود. این سیستم قادر است توان مورد نیاز مصرف کننده را بطور کامل و بصورت مستقل از شبکه سراسری برق تأمین نماید. مشخصات تجهیزات مورد نیاز بر اساس توان مصرفی تغییر می نماید. جدول زیر تجهیزات یک سیستم فتوولتائیک با توان ۱kwو زمان مصرف ۲۴ ساعت در شبانه روز را نشان می دهد.

۲-متصل به شبکه سراسری برق

بمنظور تقویت شبکه سراسری برق و جلوگیری از فشار الکتریکی وارده بر نیروگاهها در طی روز، استفاده از نیروگاههای فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری بصورت

پنل فتوولتائیک ۴۵W	۲۴ عدد
- شارژ کنترل خورشیدی	۱ عدد
ظرفیت ذخیره بانک باطری ۴۸ ولتی	۳۰۰ Ah
اینورتر ۱/۵kW	۱ عدد



متمرکز و یا غیرمتمرکز از جمله راه حلهای این مشکل می باشد. امروزه سیستمهای فتوولتائیک متصل به شبکه در بسیاری از کشورهای جهان در واحدهای کوچک از یک کیلووات الی ۵ کیلووات در بام منازل مسکونی و در واحدهای بزرگ‌تر بصورت نیروگاههای فتوولتائیک نصب و راه اندازی شده است.

عملکرد این سیستم بگونه ای است که برق حاصل از پنلهای خورشیدی با استفاده از ادوات و تجهیزات الکترونیکی مستقیما به برق از نوع AC تبدیل می گردد و به شبکه سراسری تزریق می شود. و ضمن بهره جویی

از امکانات شبکه سراسری برق و ضمن دسترسی به آن می تواند به عنوان یک تولید کننده کوچک در زمان تابش خورشید به شبکه سراسری برق، تزریق انرژی داشته باشد.
از مزایای این سیستم می توان به موارد زیر اشاره کرد:
*نصب و راه اندازی ساده
*راندمان بالا و عدم نیاز به تجهیزات جانبی پیچیده
*عدم نیاز به باطری جهت ذخیره انرژی الکتریکی

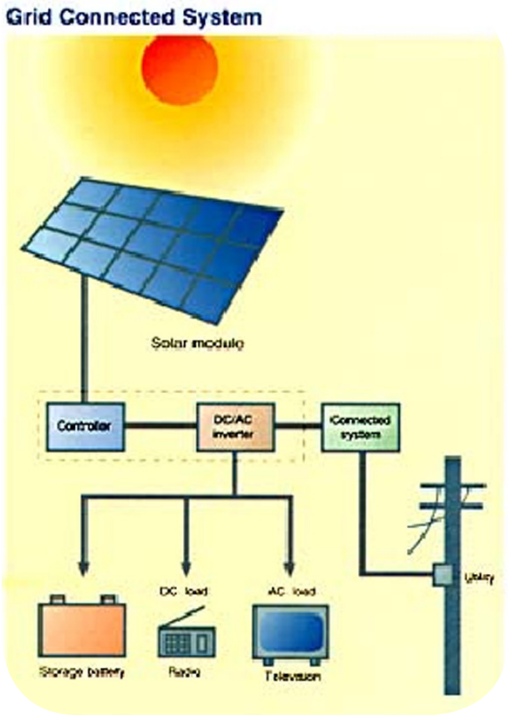
۳-تغذیه چندگانه

در صورتی که سیستمهای فتوولتائیک با منابع دیگر تأمین انرژی، مانند توربین باد، مولد دیزل و ... توان الکتریکی مورد نیاز بخشی را تأمین نماید، اصطلاحاً سیستم تغذیه چندگانه (Hybrid) نام گذاری می گردند.

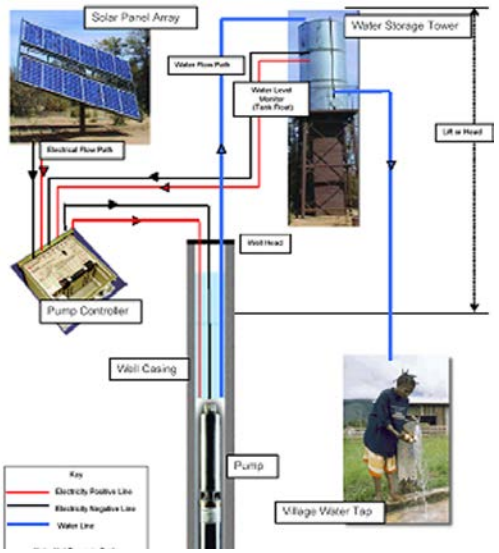
موارد استفاده سیستمهای فتوولتائیک

* پمپاژ خورشیدی

با آغاز قرن ۲۱ و تغییرات جوی، آب به یکی از مسائل



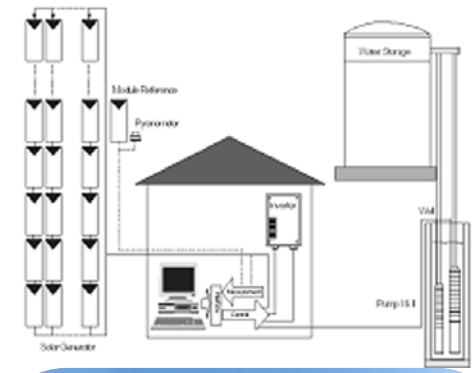
استراتژیک تبدیل گردید. تاکنون بیش از ۶۰۰۰۰ پمپ خورشیدی با توان مختلف از یک کیلووات تا ۱۰ کیلووات در روستاهای فاقد برق در سراسر جهان نصب گردیده است. پمپهای فتوولتائیک قابلیت استحصال آب از چاهها، رودخانه ها و ... را بمنظور تأمین آب مورد نیاز:
۱- روستاها (آب شرب)
۲- آبیاری
۳- دامپروری
۴- پرورش ماهی
۵- جنگلها و مراتع
۶- آبشخور حیوانات اهلی و وحشی
۷- آبنماها
و .... را دارند.
در این سیستم با استفاده از توان الکتریکی تولیدی توسط سلولهای فتوولتائیک و با استفاده از پمپ های خاص، آب موجود در یک چاه، رودخانه و یا آبگیر به سطح بالاتر منتقل می شود.



این سیستم برای مکانهای روستایی و محل عبور حیوانات در پارکهای حفاظت شده مناسب است. یکی از موارد استفاده پمپ آبی خورشیدی برای نصب در پارک انرژی و نشان دادن تبدیل صورتهای مختلف انرژی به یکدیگر بسیارمناسب است.
از جمله این موارد استفاده در مکانهای دور از شبکه می باشد. تامین آب در اماکن دور از شبکه یکی از معضلات بخش کشاورزی در ایران و جهان می باشد که می توان برای حل این مشکل از سیستم های فتوولتاییک استفاده کرد.

اجزای اصلی سیستم پمپاژ خورشیدی

سیستم پمپاژ خورشیدی، متشکل از ۵ قسمت عمده می باشد:
* صفحات خورشیدی الکتریکی



- پمپ
- کنترل کننده پمپ
- مخزن ذخیره
- باتری

اندازه پمپ های خورشیدی، بر اساس عمق چاه و میزان آب مورد نیاز تعیین می شود. توان این پمپ ها، به کمک آرایشی از صفحات خورشیدی الکتریکی، تامین خواهد شد.
توان تبادل شده مابین صفحات خورشیدی الکتریکی و پمپ، توسط یک کنترل کننده، کنترل می شود. این کنترل کننده، از پمپ در مقابل نوسانات جریان محافظت نموده و شرایط ایجاد خروجی دائم را فراهم می نماید. علاوه بر این، در صورت خشک کار کردن پمپ، کنترل کننده پمپ می تواند موجب خاموش شدن سیستم شود. با تعبیه یک سویچ شناور متصل به کنترل کننده، در هنگام پر شدن مخزن، می توان پمپ را از کار انداخت.
مکانیزم ذخیره در سیستم پمپ های آبی خورشیدی، می تواند به دو صورت باشد:
ذخیره آب: با صرفه ترین و قابل اطمینان ترین روش، ذخیره آب است.

ذخیره توان: می توان جهت استفاده از پمپ در روزهای ابری و در شب ها، با تعبیه باتری، مبادرت به ذخیره توان نمود. این روش نیز اگر چه دارای قابلیت اطمینان بالایی می باشد، مستلزم هزینه های بالاتر و نگهداری افزونتری، نسبت به روش اول می باشد.
با صرفه بودن و قابلیت اطمینان بالای این سیستم، استفاده از آن را به روشی عالی جهت پمپاژ آب از راه دور، تبدیل نموده است.
دامداران غرب آمریکا، کانادا، مکزیک و استرالیا، از جمله کاربران پمپ های خورشیدی می باشند.
به دلیل اینکه منابع آب این دامداران، کیلومترها از مراتع آن ها فاصله داشته و شبکه های آب رسانی نیز در این نواحی، به میزان کافی نبوده و همچنین به علت بالا بودن هزینه های سوخت رسانی و تعمیرات و نگهداری ژنراتورها، بهترین گزینه، پمپ های خورشیدی می باشد.
برخی از انواع پمپ های آبی خورشیدی عبارت اند از:

پمپ های زیر آبی
پمپ های تقویتی سانتریفیوژ سطحی
پمپ های با پیستون تریپلکس
پمپ های جت
پمپ های آبی خورشیدی سری D۵
پمپ های آبی خورشیدی SQFlex
پمپ های آبی خورشیدی l*rentz
پمپ های آبی خورشیدی سری SCS
پمپ های آبی خورشیدی سری SDS

سیستم های روشنائی خورشیدی به ۲ دسته کلی تقسیم می شوند:
۱. روشنائی داخلی: این سیستم ها برای استفاده در داخل منازل، کارگاهها، پاسگاههای محیط بانی و ... طراحی شده اند.
۲. روشنائی خارجی: که شامل موارد زیر است:

- چراغ های خیابانی و پارکی
- روشنائی تابلوهای تبلیغاتی
- چراغ های تزئینی
- چراغ های راهنمائی و رانندگی و هشدار دهنده

اجزای تشکیل دهنده سیستم روشنائی خورشیدی

عبارتند از:

- پانل های خورشیدی
- شارژ کنترلر
- باطری
- بالاست الکترونیکی
- لامپ فلورسنت کم مصرف

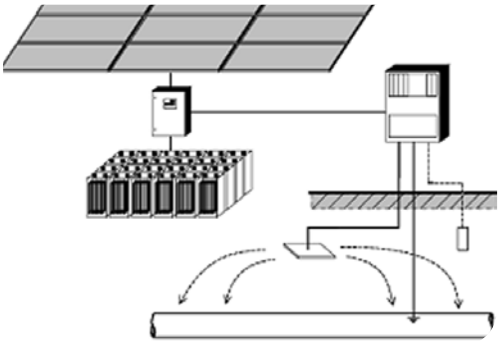
طرز کار چراغ های خورشیدی خیابانی و پارکی بدین صورت است که پانل های خورشیدی در روز انرژی خورشیدی را تبدیل به الکتریسیته کرده و توسط شارژ کنترلر، باطری ها را شارژ می کنند. در پایان روز و زمان غروب خورشید شارژ کنترلر با در نظر گرفتن میزان نور دریافتی در زمان مناسب چراغ ها را بطور خودکار روشن می نماید. مدت زمان روشنائی چراغ بسته به مورد مصرف قابل تنظیم می باشد. به محض دریافت اولین اشعه های نور خورشید در صبح شارژ کنترلر جریان خروجی را قطع کرده و لامپ را خاموش می نماید.

حفاظت کاتدیک

بمنظورجلوگیری از پوسیدگی لوله های انتقال آب، مواد شیمیایی، نفت و گاز، نشت مواد مذکور از لوله‌ها و جلوگیری از آلودگی محیط زیست استفاده از حفاظت کاتدیک فتوولتائیک یک راه حل مناسب و ساده جهت جلوگیری از این مسئله می باشد.

می توان فن آوری سلولهای خورشیدی و حفاظت کاتودیک را با یکدیگر تلفیق نمود. بدین صورت که جریان الکتریسیته لازم جهت حفاظت کاتدیک، از محل سلولهای خورشیدی تامین شود.

در مقیاس های زیاد، استفاده از سلولهای خورشیدی جهت حفاظت کاتدیک، از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه نمی باشد. اغلب زمانی از سلولهای خورشیدی جهت حفاظت کاتدیک استفاده می شود که جریان مورد نیاز، کم باشد. (کمتر از ۱۰ آمپر)

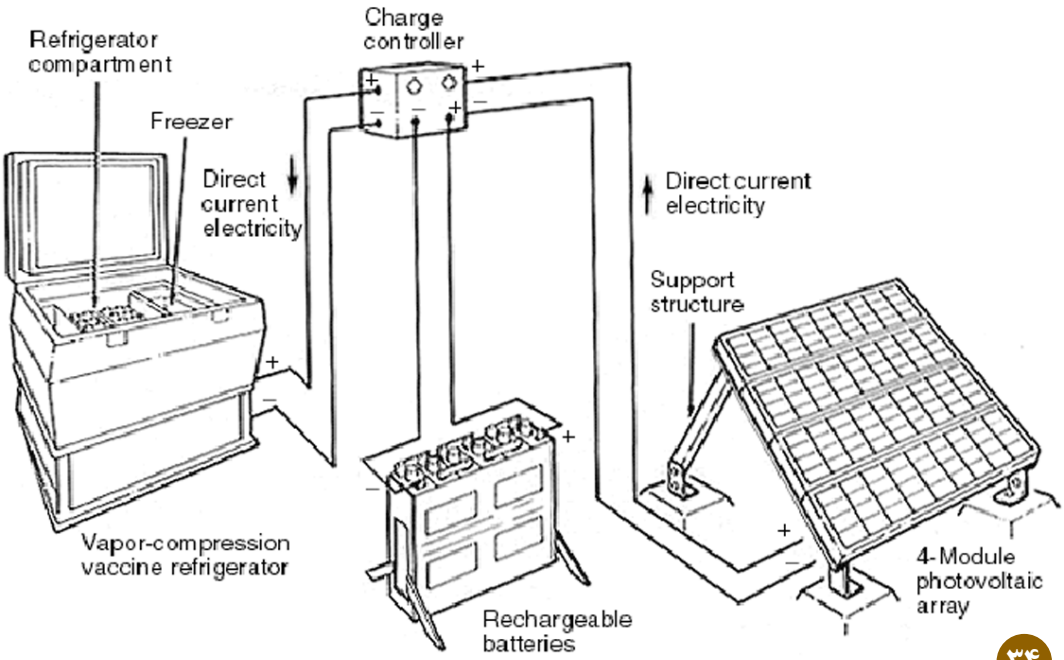


* یخچالهای خورشیدی

در سالهای اخیر استفاده از یخچالهای خورشیدی برای سرویس دهی به روستاها و ارائه خدمات بهداشتی و تغذیه ای در مناطق دور افتاده و صعب العبور رشد روزافزونی داشته است. با توجه به حساسیت داروها، مواد خوراکی نسبت به افزایش دما، خنک نگهداشتن آنها در حمل و نقل و همچنین در محل نگهداری مهم و خطرناک می باشد. قابلیت اعتماد یخچالهای خورشیدی بگونه ای بوده است که در طی ۵ سال گذشته بیش از ۱۰۰۰۰ یخچال خورشیدی برای کاربردهای بهداشتی و درمانی در سراسر آفریقا راه اندازی شده است.

* سیستم تغذیه کننده پرتابل

سیستمهای فتوولتائیک در این بخش کاربردهای فراوانی دارند. قابلیت حمل و نقل، سهولت در نصب و راه اندازی از جمله مزایای این سیستمها می باشد که در رشد و توسعه آن نقش بسزایی دارد. بازه توانی این سیستم ها از ۱۰۰ وات الی یک کیلووات تعریف شده است. از جمله کاربرد آن می توان به سیستم تغذیه کننده یک چادر عشایری و کمپ های جنگلی اشاره کرد.



* پیک سایی از شبکه سراسری

بررسیهای انجام شده در استان هرمزگان نشانگر این مطلب است که استفاده مداوم از دستگاههای برودتی در شهرهایی چون بندرعباس، بوشهر و .... باعث ایجاد پیک مصرف انرژی الکتریکی در طی روز می گردد. بنابراین در این مناطق پیک مصرف انرژی الکتریکی یکبار در طول روز و یکبار در طول شب اتفاق می افتد که موجب خاموشی و همچنین کاهش کیفیت برق مصرفی در طی روز و شب خواهد شد. لذا برای پوشش دادن این پیک در طول روز نیاز به راه اندازی واحدهای نیروگاهی بیشتر و مصرف سوخت بیشتر خواهیم داشت. لذا با استفاده از سیستمهای متصل به شبکه فتوولتائیک می توان بخشی از انرژی مصرفی هر واحد را تامین نمود

* آب نمای فتوولتائیک

سیستم فتوولتائیک قادر به تأمین توان مورد نیاز آب نماها، مراکز تفریحی، پرورش ماهی، آبیاری فضای سبز و ... می باشد. تجهیزات لازم بر اساس هر کاربرد و توان مورد نیاز تغییر می کند.

* ماهواره های خورشیدی

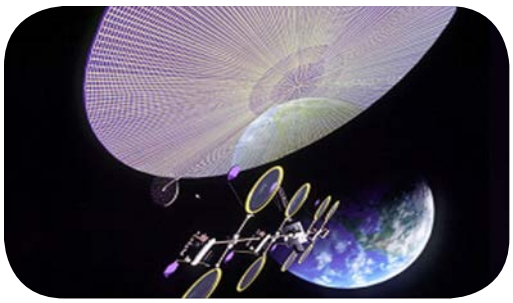
ماهواره خورشیدی شامل کلکتورهای بزرگ خورشیدی گردان است که می توانند مقدار بسیار زیادی برق تولید کنند و مطالب مورد نظر را به شکل انرژی مایکروویو به زمین منتقل نمایند

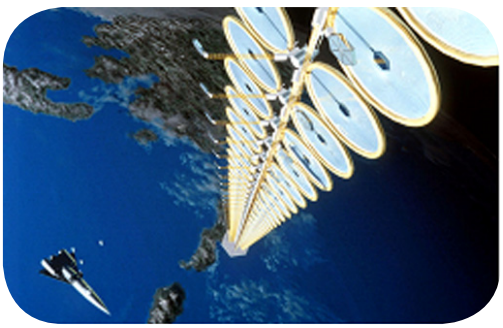
سلول های خورشیدی در تامین توان سیستم های فضایی همچون ماهواره ها و تلسکوپ(مانند هابل) بسیار مفید می باشند. مزیت این سلول ها در مصارف فضایی، قابلیت اطمینان بالا و به صرفه بودن آنها از لحاظ اقتصادی می باشد؛

در حالی که دیگر منابع، گران و پر دردسر می باشند.

طراحی انجام شده جهت آرایش سلول های خورشیدی در برگیرنده تعداد زیادی منعکس کننده با قابلیت افزایش سطح می باشد که نور خورشید را بر روی مدول های کوچکی از سلول های خورشیدی با راندمان بالا، متمرکز می نمایند.

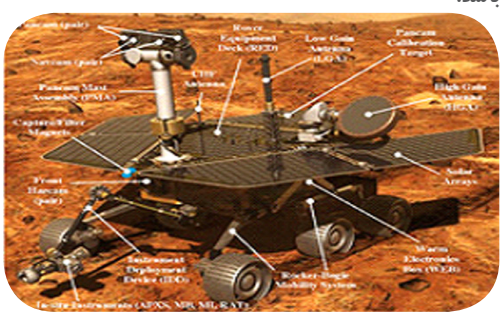
یکی از بهترین و بارزترین مثالها از بکارگیری سلول های خورشیدی در پروژه های فضایی، ایستگاه بین المللی فضایی می باشد.





این ایستگاه، از قدرتمندترین واحد سلول های خورشیدی، برخوردار می باشد. این واحد متشکل از چهار بال به رنگ طلایی می باشد که طول هر بال، ۷۲ متر از طول کل ایستگاه فضایی بیشتر است. در مجموع، ۲۵۰۰۰۰ سلول خورشیدی در واحد خورشیدی مستقر در ایستگاه فضایی بین المللی وجود دارد که از توانایی تامین توان بخشی از ناحیه اطراف خود، برخوردار می باشند.

از دیگر مصارف فضایی سلول های خورشیدی، اتومبیل های مورد استفاده در تردد بر روی سطح دیگر کرات می باشد.



* **ماشین حساب، ساعت، رادیو، ضبط صوت و وسایل بازی کودکانه** یا هر نوع وسیله ای که تا کنون 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 به کار رفته در آنها مساحتی حدود ۲۰۰۰۰ متر مربع و توان الکتریکی معادل ۵۰۰ کیلووات داشته‌اند.

مزایای استفاده از سیستم های فتوولتائیک:

۱. امکان نصب و راه اندازی نیروگاه فتوولتائیک بسیار ساده و سهل الوصول است.
۲. برخلاف صور دیگر نیروگاههای خورشیدی، سیستم های فتوولتائیک انرژی حاصل از تابش را مستقیما و بدون واسطه های مکانیکی تبدیل به انرژی الکتریکی می نماید
۳. امکان استفاده از این نوع انرژی خورشیدی در مقیاسهای کوچک و بزرگ امکان پذیر می باشد.(از حدود میلی وات تا چندین مگاوات)
۴. قابلیت استفاده در مکانهای شهری و روستایی را دارا می باشد.
۵. با توجه به نیاز مصرفی در هر نقطه که امکان بهره برداری از این سیستم وجود داشته باشد قابل نصب و راه اندازی است.
۶. زمان اجرای پروژه های فتوولتائیک با توجه به صور دیگر انرژی های پاک مانند باد، ژئوترمال، سهموی خطی، دریافت کننده مرکزی و ... بسیار کوتاه بوده که این خود قابلیت انعطاف سیستم را بیش از پیش هویدا می سازد.
۷. هزینه های انتقال خط به نقاط دور از دسترس شبکه سراسری و همچنین پیک سایی و جلوگیری از افت توان در شبکه انتقال را باعث می گردد.

فتوولتائیک در جهان

بازارهای جهانی

توسعه سیستم های فتوولتاییک برای تامین الکتریسیته و جایگزینی با سیستم هایی که با انرژی فسیلی کار می کنند نیازی است که در دنیا به وضوح احساس می شود. در این راستا می توان برنامه های مختلفی را در کشورهای متفاوت مشاهده کرد.

استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر به لحاظ محدودیت روند رو به کاهش منابع سوختهای فسیلی و اثرات مخرب آنها بر محیط زیست در چند دهه اخیر مورد توجه قرار گرفته است. در این میان بازار استفاده از انرژی فتوولتاییک در ۱۵ سال اخیر رشد قابل ملاحظه ۱۵ الی ۳۰ درصد در سال را داشته است.

نقش صنعت فتوولتاییک در تامین انرژی بشر

در جدول زیر سهم انرژی های تجدیدپذیر در تامین انرژی

دنیا تا سال ۲۰۴۰ پیش بینی شده است. این چشم انداز بر اساس سیاست های جاری به توسط European Renewable Energy Council تهیه شده است. بر اساس این جدول سهم انرژی های تجدیدپذیر از ۱۳/۶٪ در ۲۰۰۱ به ۲۷/۴٪ در ۲۰۴۰ خواهد رسید. در این میان مقایسه میان میزان مشارکت انرژی باد و فتوولتاییک در تامین انرژی جالب به نظر میرسد. انرژی باد در ۲۰۱۰ سی و پنج برابر فتوولتاییک تولید خواهد شد. در ۲۰۲۰ بیش از ۱۰ برابر، در ۲۰۳۰ ، ۳/۶ برابر و در ۲۰۴۰ سهم انرژی باد ۱/۳ برابر فتوولتاییک خواهد بود. بنابراین ملاحظه می شود در آینده فتوولتاییک یکی از منابع مهم تامین انرژی است.

در صورتیکه یک سیاست حمایتی اتخاذ شود، چشم انداز انرژی به صورت جدول ۳ خواهد بود. در این صورت ۴۷/۷٪ از انرژی دنیا در ۲۰۴۰ به توسط انرژی های نو تولید خواهد شد. اگر چنین حمایتی محقق گردد، نسبت انرژی باد به فتوولتاییک در سالهای ۲۰۱۰, ۲۰۲۰, ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ به ترتیب ۲۲, ۱۱, ۱/۵۴ و ۰/۸۸ خواهد بود. یعنی در ۲۰۴۰ تولید انرژی به توسط صنعت فتوولتاییک از انرژی استحصال شده به توسط نیروگاه های بادی بیشتر خواهد شد.

	2001	2010	2020	2030	2040
Total Consumption (Mtoe)	10038	11752	13553	15547	17690
Biomass	1080	1291	1653	2221	2843
Large Hydro	222.7	255	281	296	308
Small Hydro	9.5	16	34	62	91
Wind	4.7	35	167	395	584
PV	0.2	1	15	110	445
Solar Thermal	4.1	11	41	127	274
Solar Thermal Power	0.1	0.4	2	9	29
Geothermal	43.2	73	131	194	261
Marine	0.05	0.1	0.4	2	9
Total RES	1364	1682	2324	3416	4844
RES Contribution	13.6%	14,3%	17.1%	22.0%	27.4%

پیش بینی مشارکت انرژیهای تجدید پذیر در تامین انرژی دنیا
درسال ۲۰۴۰ بر اساس سیاست جاری (Dynamic Current Policies Scenario)

در جدول صفحه بعد و شکل مربوطه نقش انرژی های تجدیدپذیر در تامین انرژی الکتریکی تا سال ۲۰۴۰ بر اساس سیاستهای حمایتی پیشرفته ارائه شده است. ملاحظه می شود ۸۲٪ از برق دنیا درسال ۲۰۴۰ به توسط انرژی های تجدید پذیر تولید خواهد شد. روند توسعه فتوولتاییک در این چشم انداز بسیار جالب است. این صنعت در ۲۰۲۰ رتبه ششم را در میان انرژی های تجدید پذیر دارد و پس از نیروگاه های آبی بزرگ، نیروگاه های بادی، بیوماس، نیروگاه های آبی کوچک و زمین گرمایی قرار می گیرد. در ۲۰۳۰ رتبه سوم را بدست می آورد و پس از نیروگاه های بادی و نیروگاه های آبی بزرگ واقع می شود، ولی در ۲۰۴۰ رتبه نخست را میان انرژی های تجدید پذیر بدست می آورد. علت این امر را شاید بتوان به دلیل عدم محدودیت در استفاده از انرژی خورشیدی و خصوصاً فتوولتائیک دانست.

در شکل صفحه بعد منابع مهم تامین انرژی دنیا به توسط موسسه European Commission Joint Research Centre تا سال ۲۱۰۰ پیش بینی شده است. ملاحظه می شود در انتهای قرن بیست و یکم فتوولتاییک و نیروگاه های گرمایی– خورشیدی عمده ترین تولیدکننده انرژی الکتریکی خواهند بود. در انتهای سده نیروگاههای اتمی کاملا از دور خارج می شوند و گاز طبیعی دومین منبع تولید انرژی بشر پس از انرژی خورشیدی می باشد.

	2001	2010	2020	2030	2040
Total Consumption (Mtoe)	10038	10549	11425	12352	13310
Biomass	1080	1313	1791	2483	3271
Large Hydro	222.7	266	309	341	358
Small Hydro	9.5	19	49	106	189
Wind	4.7	44	266	342	688
PV	0.2	2	24	221	784
Solar Thermal	4.1	15	66	244	480
Solar Thermal Power	0.1	0.4	3	16	68
Geothermal	43.2	86	186	333	493
Marine	0.05	0.1	0.4	3	20
Total RES	1364	1745	2694	4289	6351
RES Contribution	13.6%	16.6%	23.6%	34.7%	47.7%

پیش بینی مشارکت انرژیهای تجدید پذیر در تامین انرژی دنیا درسال ۲۰۴۰
بر اساس سیاست حمایتی (Advanced International Policy Scenario)

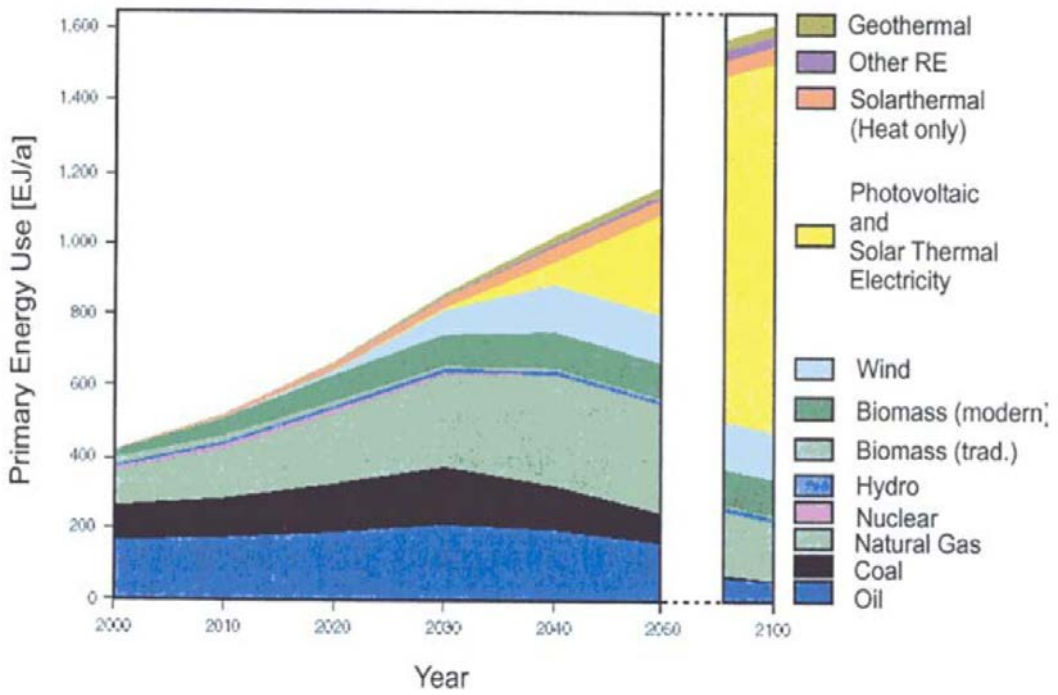
با وجود آنکه قیمت برق فتوولتاییک در حال حاضر بیش از سایر منابع است، ولی به لحاظ حذف مخارج انتقال و توزیع، پیش بینی می شود در ۲۰۲۰ قیمت آن با قیمت برق پیک و در ۲۰۴۰ با قیمت برق پایه سر به سر شود. با توجه به رشد استفاده از این سیستم ها می توان رشد قدرت تولید شده توسط فتوولتاییک در دنیا را تا سال ۲۰۲۰ در شکل مربوطه مشاهده کرد.

کاربردهای متفاوتی دارند این کاربردها به طور کلی در چهار بخش عمده درنمودار مورد نظر تقسیم بندی شده اند. این نمودار نرخ افزایش این استفاده ها را تا سال ۲۰۲۰ نشان می دهد.

	2001	2010	2020	2030	2040
Total Consumption (TWh)	15578	19973	25818	30855	36346
Biomass	180	390	1010	2180	4290
Large Hydro	2590	3095	3590	3965	4165
Small Hydro	110	220	570	1230	2200
Wind	54.5	512	3093	6307	8000
PV	2.2	20	276	2570	9113
Solar Thermal Power	1	5	40	195	790
Geothermal	50	134	318	625	1020
Marine	0.5	1	4	37	230
Total RES	2988	4377	8901	17109	29808
RES Contribution	19.2%	21.9%	34.5%	55.4%	82.0%

پیش بینی مشارکت انرژیهای تجدید پذیر در تامین انرژی الکتریکی دنیا
درسال ۲۰۴۰ بر اساس سیاست حمایتی[۱]

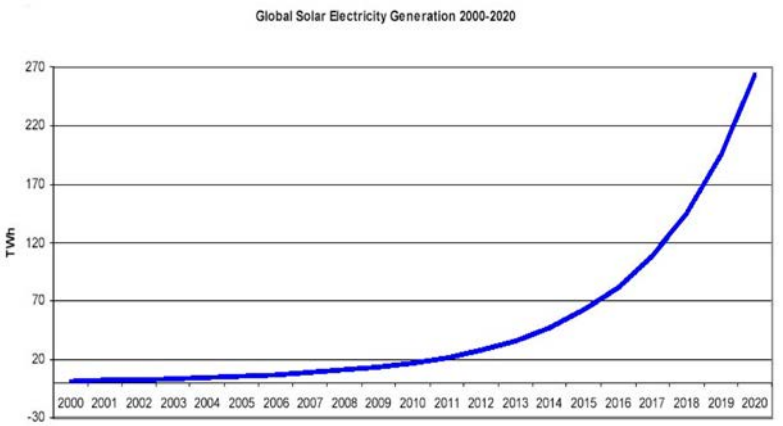
[۱] (European Renewable Energy Council)(EREC)



پیش بینی منابع انرژی دنیا در سده۰۰ الی ۲۱۰۰

استفاده از سیستم های خورشیدی موجب افزایش تولیدکنندگان این سیستم ها و در نتیجه ایجاد اشتغال می شود. تعداد مشاغلی که به واسطه تولید این سیستمها به وجود می آید و همچنین نتایج کلی که با توجه به این سیستم ها حاصل می شود به صورت نتایج کلیدی زیر ارائه می شود.

با توجه به رشد روز افزون استفاده از سیستمهای



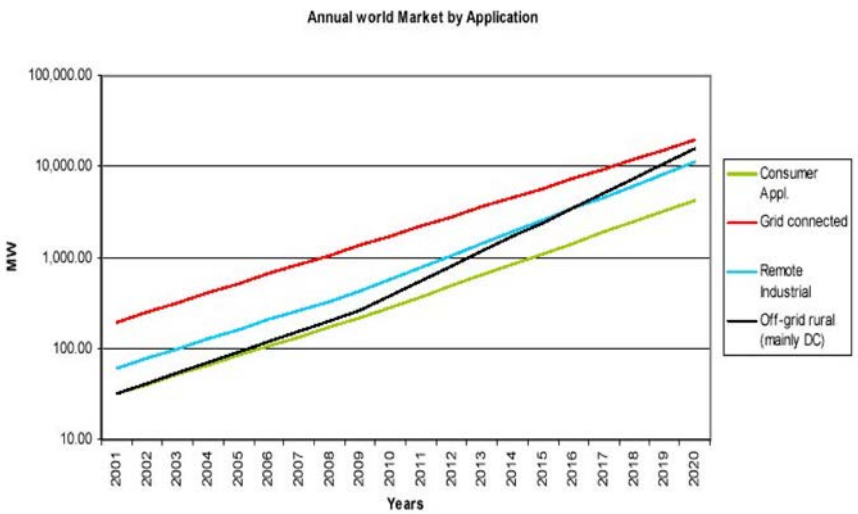
انرژی تولیدی توسط سیستم های فتوولتاییک

فتوولتاییک می توان پیش بینی تغییرات حجم این سیستم ها را تا سال ۲۰۲۰ مشاهده کرد . با توجه به شکل های صفحه بعد می توان مشاهده کرد که خاورمیانه علیرغم پتانسیل بالای تابش خورشید پیش بینی حجم سیستمهای فتوولتاییک نصب شده بسیار پایین است.
همانطور که از نمودارهای مذکور مشخص میباشد، با توجه به رشد روزافزون استفاده از سیستمهای فتوولتائیک در دنیا و علیرغم پتانسیل بالای تابش خورشیدی درمنطقه خاورمیانه، متاسفانه درصد سیستمهای نصب شده در این منطقه بسیار پائین میباشد. در خلال سالهای ۲۰۰۰ الی

نتایج کلی ۲

الکتریسیته خورشیدی	۱٪ تا سال ۲۰۲۰
	۲۶٪ تا سال ۲۰۴۰
حجم بازار	۵۴،۰۰۰ MW/a تا سال ۲۰۲۰
بهای ماجول	$< ۱ USD/W_p$ تا سال ۲۰۲۰
کاهش سالانه $CO_۲$	۱۶۰ میلیون تن تا سال ۲۰۲۰
ایجاد شغل	۲.۳ میلیون نفر در جهان تا سال ۲۰۲۰

نتایج کلی حاصل از پیش بینی ها تا سال ۲۰۲۰

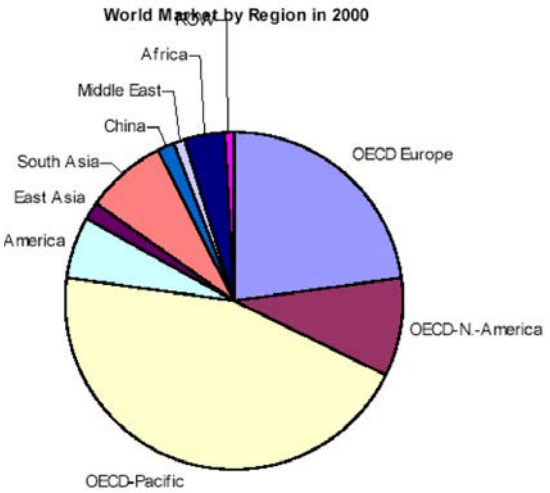


بازار جهانی سالانه جهان با کاربردهای مختلف

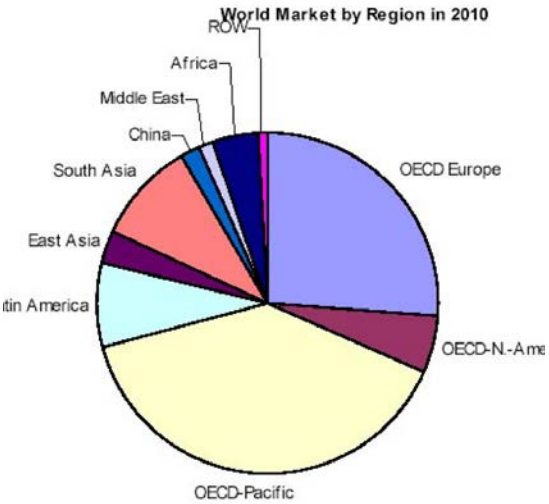
۲. (EUROPEAN PHOTOVOLTAIC INDUSTRY ASSOCIATION (EPIA), ۲۰۰۲

۲۰۱۰ تنها ۱/۳ از سهم جهانی به این منطقه اختصاص می یابد لیکن در سال ۲۰۲۰ سهم بازارهای منطقه به ۲/۷ می رسد.

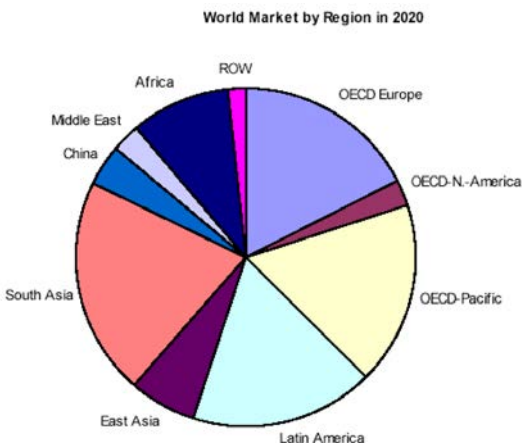
با توجه به سهم منطقه خاور میانه که نسبت به سایر نقاط جهان رقمی ناچیز است و همچنین برآورد و پیش بینی ها در خصوص وضعیت سرمایه ای این صنعت مشاهده می شود بازاری در حدود ۷۰۰ میلیون دلار در منطقه وجود خواهد داشت که این رقمی معادل بازار صنعت لوازم خانگی در کشور می باشد.



استفاده از فتوولتاییک با انتخاب منطقه در سال ۲۰۰۰



استفاده از فتوولتاییک با انتخاب منطقه در سال ۲۰۱۰



استفاده از فتوولتاییک با انتخاب منطقه در سال ۲۰۲۰

اهم فعالیت های انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در ایران

نیروگاه حرارتی خورشیدی از نوع سهموی خطی
موقعیت جغرافیایی: شهر شیراز
ظرفیت:۲۵۰ کیلووات

نیروگاه فتوولتائیک متصل به شبکه در طالقان واقع در ۱۲۰ کیلومتری غرب تهران و در منطقه ای کوهستانی با توان ۳۰ کیلووات
تاریخ بهره برداری: سال ۱۳۸۱

نیروگاه فتوولتاییک معلمان سمنان به ظرفیت ۱۰۰کیلووات
تاریخ بهره برداری:۱۳۷۴

نیروگاه فتوولتاییک دربید یزد به ظرفیت ۱۲ کیلووات
تاریخ بهره برداری:سال ۱۳۷۹
جهت بهره برداری ۱۵ خانوار روستایی

برق رسانی روستایی

در برنامه اول ۵۸ خانوار روستایی برق رسانی شده اند و در برنامه دوم در دستور کار ۶۳۴ خانوار روستایی قرار دارند که در مرحله ی انجام می باشد.

یادداشت

یادداشت