





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



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

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

## فهرست مطالب

۲	نقشه تابش روزانه خورشید در ایران طبیعت انرژی خورشید
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 desalination)
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 _ 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	

۳۱	..... موارد استفاده سیستمهای فتوولتائیک
۳۱	* پمپاژ خورشیدی
۳۲	* سیستم های روشنایی خورشیدی
۳۳	* حفاظت کاتدیک
۳۴	* یخچالهای خورشیدی
۳۴	* سیستم تغذیه کننده پرتابل
۳۵	* پیک سایی از شبکه سراسری
۳۵	* آب نمای فتوولتائیک
۳۵	* ماهواره های خورشیدی
۳۶	* 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 فتوولتائیک در تامین انرژی بشر
۴۳	اهم فعالیت های انجام شده در زمینه انرژی خورشیدی در ایران



# ادریٰ خورشیدی ۲

## طبیعت انرژی خورشید

خورشید، گوی غول پیکر درخشانی در وسط منظومه شمسی و تامین کننده نور، گرما و انرژی های دیگر زمین است. تقریباً 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.

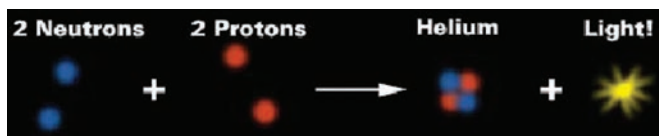
انرژی خورشید به واسطه واکنش های ترکیبی اتمی در اعماق هسته آن تامین می شود. در یک واکنش ترکیبی دو هسته اتم با یکدیگر همراه شده و هسته ای جدید را به وجود می آورند.



فیزیکدان آلمانی، آلبرت اینشتین،  $E=mc^2$  قابل محاسبه است. در این معادله  $E$  به معنای انرژی،  $m$  به معنای جرم و  $C$  به معنای سرعت نور می باشد.

خورشید کره ای است که به طور کامل از گاز تشکیل شده و بخش بیشتر این گاز از نوعی می باشد که به نیروی مغناطیسی حساس است که دانشمندان به آن پلازما می گویند.

شعاع خورشید (فاصله بین مرکز تا سطح آن) حدود ۶۹۵,۵۰۰ کیلومتر، تقریباً ۱۰۹ برابر شعاع زمین است.



دمای سطح خورشید ۵۸۰۰ درجه کلوین و دمای هسته خورشید بیش از ۱۵ میلیون درجه کلوین می باشد.

جرم خورشید ۹۹,۸ درصد از جرم کل منظومه شمسی و ۳۳۳,۰۰۰ برابر جرم زمین است.

میانگین چگالی آن حدود ۹۰ پوند در هر فوت مکعب و یا ۱,۴ گرم در هر سانتیمتر مکعب می باشد. این مقدار تقریباً معادل ۱,۴ برابر چگالی آب و کمتر از یک سوم میانگین چگالی زمین است.

بیشتر اتمهای خورشید، مانند اغلب ستارگان، اتمهای عنصر شیمیایی هیدروژن می باشند. بعد از هیدروژن، عنصر هلیوم در خورشید بسیار یافت می شود و بقیه جرم خورشید از اتمهای هفت عنصر دیگر تشکیل شده است. به ازای هر ۱ میلیون اتم هیدروژن در کل خورشید، ۹۸,۰۰۰ اتم هلیوم، ۸۵۰ اتم اکسیژن، ۳۶۰ اتم کربن، ۱۲۰ اتم نئون، ۱۱۰ اتم نیتروژن، ۴۰ اتم منیزیم، ۳۵ اتم آهن و ۳۵ اتم سیلیکون وجود دارد. بنابراین حدوداً ۹۴ درصد از اتمها، هیدروژن و حدود ۰,۱ درصد اتمهایی غیر از هیدروژن و هلیوم می باشند.

و اما از لحاظ جرمی هیدروژن که سبک ترین عنصر است

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

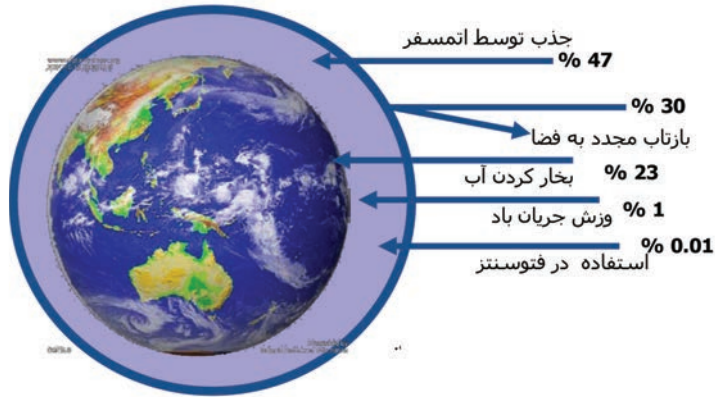
رایج ترین ترکیب هسته ای در مرکز خورشید زنجیره پروتون-پروتون نام دارد. این فرایند زمانی انجام می گیرد که ساده ترین شکل از هسته های هیدروژن (دارای یک پروتون) در یک آن کنار هم قرار می گیرند. نخست، هسته ای متشکل از دو ذره به وجود می آید، سپس هسته ای با سه ذره و در نهایت هسته ای با چهار ذره شکل می گیرد. در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

هسته نهایی شامل دو پروتون و دو نوترون است که در واقع هسته هلیوم می باشد. جرم این هسته به مقدار بسیار اندکی کمتر از جرم چهار پروتون نیست که هسته از آن تشکیل شده است. جرم از دست رفته به انرژی تبدیل شده است. این مقدار از انرژی به کمک فرمول مشهور



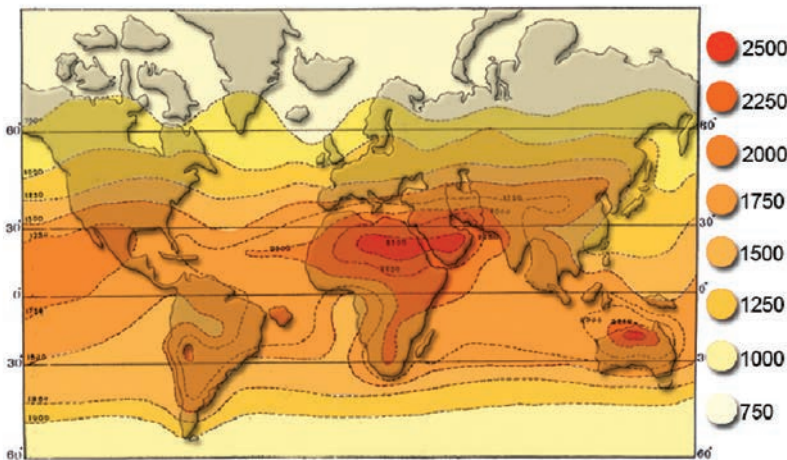
۷۳٫۴۶ درصد، هلیوم ۲۴٫۸۵ درصد، اکسیژن ۰٫۷۷ درصد، کربن ۰٫۲۹ درصد، آهن ۰٫۱۶ درصد، گوگرد ۰٫۱۲ درصد، نئون ۰٫۱۲ درصد، نیتروژن ۰٫۰۹ درصد، سیلیکون ۰٫۰۷ درصد و منیزیم ۰٫۰۵ درصد از کل جرم خورشید را به خود اختصاص داده اند.

طبق برآوردهای علمی در حدود ۴٫۵ بیلیون سال از تولد این گوی آتشی 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  $10^{20} \times 1/1$  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  $10^{18} \times 1/5$  کیلووات ساعت در سال است.

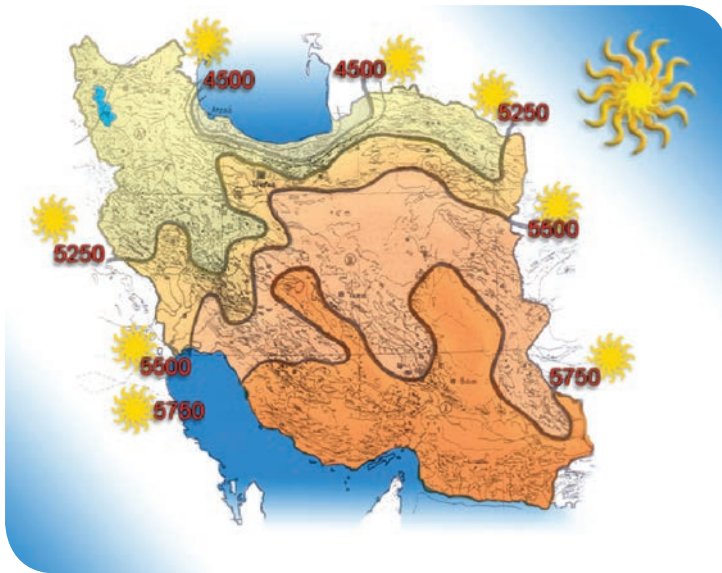


بدلیل بازتاب، تفرق و جذب توسط گازها و ذرات معلق در جو تنها ۴۷٪ از این انرژی به سطح زمین می رسد.

بدین ترتیب انرژی تابیده شده به سطح زمین سالانه حدوداً معادل  $10^{17} \times 7$  کیلووات ساعت است.

Annual Solar Insolation of the World (Kw,hr/M<sup>2</sup>)  
 نمودار تابش متوسط سالیانه خورشید بر نقاط مختلف کره زمین

## نقشه تابش روزانه خورشید در ایران (بتانسیل انرژی خورشید)



در ایران روزانه بطور متوسط ۵٫۵ کیلووات ساعت انرژی خورشیدی بر هر متر مربع از سطح زمین می‌تابد و ۳۰۰ روز آفتابی در ۹۰٪ خاک کشور داریم.

مساحت ایران تقریباً ۱٫۶۰۰٫۰۰۰ کیلومتر مربع یعنی حدوداً ۱/۶ × ۱/۶ متر مربع است.

میزان تابش روزانه انرژی خورشید در ایران برابر است با: ۱/۶ × ۵/۵ × ۱/۶ کیلووات ساعت.

میزان کل تابش خورشید در طول روز برای ایران تقریباً برابر است با ۹٫۰۰۰٫۰۰۰٫۰۰۰ مگاوات ساعت.

اگر تنها از ۱٪ مساحت ایران انرژی خورشیدی را جذب کنیم و راندمان سیستم دریافت انرژی تنها ۱۰٪ باشد.

باز هم میتوانیم روزانه ۹٫۰۰۰٫۰۰۰ مگاوات ساعت انرژی از خورشید دریافت کنیم.

### تاریخچه مختصری از کاربرد انرژی خورشیدی

**در جهان و ایران** از بدو پیدایش اولین حیات در روی زمین انرژی خورشیدی در پدیده فتوسنتز کاربرد داشته است. در پیدایش ساختمان برای گرمایش مسکن خود، انسان از نور خورشید بهره می‌گرفت. بعدها انسان از اشعه آفتاب برای خشک کردن میوه و سبزی در فضای آزاد و برای تبخیر آب دریا در حوضچه‌های کم عمق و تولید نمک استفاده نموده است.

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

استفاده‌های صنعتی و مدرن انرژی خورشیدی از سالهای ۱۷۷۰ میلادی شروع شد. شاید جالب‌ترین استفاده از خورشید در کشف گاز اکسیژن صورت گرفته باشد. پرستلی 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 عدسی‌ها و تمرکز نور خورشید توسط لاولازیه انجام شد.

در سال ۱۸۷۲ اولین واحد خورشیدی برای نمک زدائی آب دریا در شمال شیلی ساخته شد. از اواخر سالهای ۱۸۰۰ و اوایل سالهای ۱۹۰۰ تعدادی متمرکز کننده خورشیدی جهت دستیابی به دماهای بالا و تولید بخار در فرانسه و آمریکا و مصر ساخته شد که از بخار حاصله برای راه اندازی ماشینهای بخار و آبیاری استفاده می‌شد. از سالهای ۱۹۴۰ به بعد استفاده از انرژی خورشیدی در تولید آب گرم مصرفی و گرمایش ساختمان‌ها در آمریکا، روسیه (تاشکند و عشق‌آباد)، استرالیا و سایر کشورها رو به توسعه نهاد. در سال ۱۹۴۶ در هندوستان کوره‌هایی که با انرژی خورشیدی کار می‌کردند ساخته شد.

سلول خورشیدی (فتوولتائیک) برای اولین بار در نیمه اول دهه ۱۹۵۰ بدون سر و صدای زیاد وارد بازار شد و با استقبال قابل ملاحظه‌ای مواجه گشت. در سال ۱۹۵۸ طراحان آمریکایی با تردید در سفینه وانگاردیک یک مبدل حاوی سلولهای خورشیدی هر یک به قدرت ۲ میلی وات



به عنوان نیروی کمکی به 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 سال ۱۹۶۱ برای نخستین بار در ایتالیا از انرژی حرارتی خورشیدی برای تولید الکتریسیته توسط توربین های بخار کوچک استفاده گردید.

با بحران انرژی سال ۱۹۷۳، توجه به کاربرد انرژی خورشیدی بالا گرفت و سرمایه گذاری های زیادی در غالب کشورهای جهان (به خصوص کشورهای صنعتی) برای پژوهش و دستیابی به طرحهای 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 شود سلولهای خورشیدی می باشد. علاوه بر این، روش های گرمایش طبیعی خورشیدی در بسیاری از کشورهای جهان (به خصوص آمریکا) در دهه گذشته مورد توجه قرار گرفته است.

مطالعات در زمینه انرژی خورشیدی در ایران از حدود ۳۵ سال قبل و به طور تقریباً همزمان در دانشگاههای شیراز و صنعتی شریف شروع شد. از جمله طرحهای مهم مورد توجه در این مراکز طرح نیروگاه خورشیدی ۱۰ مگاواتی در دانشگاه شیراز و طرح و توسعه و ساخت سلولهای فتوالکتریک در مرکز فوق الذکر بوده است.

پروژه هایی در زمینه انرژی خورشیدی هم اکنون در کشور توسط 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 هایی می شود که بر پایه گردآورنده های حرارتی با دمای پایین عمل می نماید. این سیستم ها از منبع خورشیدی برای مصرف نهائی حرارتی استفاده می کنند. این سیستم ها خود شامل ۲ گروه گردآورنده های تخت (کلکتورهای تخت) و گردآورنده های با تمرکز کم (کلکتورهای متمرکز کننده) می شوند.

سیستم های حرارتی دارای یک بخش ذخیره هستند تا حرارت خورشید را برای استفاده در شب ممکن نمایند. اکثر سیستم های حرارتی خورشیدی برای گرمایش آب بطور تجاری، استخرهای شنا یا آب مصرفی خانه های ویلائی، آپارتمانی و هتل ها و ... و همچنین بخش بزرگی از تقاضا برای گرمایش فضای ساختمان و برای تامین انرژی مدارهای پمپ حرارتی جذبی و نظایر آن به منظور تامین سرمایه گذاری ساختمان ها نیز بکار می رود. علاوه بر این استفاده از سیستم های حرارتی خورشیدی برای

کاربردهای صنعتی به علت فضای ناکافی برای نصب کلکتورهای متمرکز کننده، محدودیت داشته و در حال مطالعه و بررسی بیشتر است.

کاربردهای غیرنیروگاهی سیستم های حرارتی خورشیدی را می توان در زمینه های زیر بصورت صنعتی، تجاری و خانگی تقسیم بندی کرد:

\* گرمایش آب مصرفی (آب گرمکنهای خورشیدی) برای منازل، ساختمانها، کارخانجات و استخرها و حمام خورشیدی

\* ساختمان های خورشیدی(گرمایش فضای داخلی ساختمانها، سرمایش فضای داخلی ساختمانها)

\* آب شیرین کن های خورشیدی (در اندازه های خانگی و صنعتی)

\* خشک کن های خورشیدی (برای خشک کردن مواد غذایی و محصولات کشاورزی)

\* اجاق های خورشیدی

\* کوره های خورشیدی

\* استخرهای خورشیدی

\* پمپ های حرارتی خورشیدی

حرارتی در مخازنی که حاوی روغن و شن هستند ذخیره می شود تا در هنگام عدم تابش خورشید، مورد استفاده قرار گیرد.

گرد آورنده ها؛ بصورت تخت یا دارای انحنا می باشند. ممکن است بصورت تکی یا تعدادی از آنها در سیستم ها وجود داشته باشند. اغلب سیستم های نیروگاهی از گرد آورنده ها در سطح وسیعی بهره می برند. حال به شرح مختصری راجع به این گردآورنده ها می پردازیم:

گردآورنده های تخت از جذب حرارت خورشید توسط یک ورقه فلزی تیره که حرارت را توسط یک سیال جاذب حرارت (مثل آب یا هوا) منتقل می کند استفاده می کنند. یک کلکتور تخت شامل اجزاء زیر می باشد:

۱. صفحه شفاف که ممکن است یک یا چند لایه شیشه و یا پلاستیک شفاف باشد.

۲. لوله ها و یا گذرگاههایی برای عبور سیال انتقال حرارت

۳. صفحه جاذب که می تواند صاف، موجدار، شیاردار باشد که معمولا به رنگ تیره بوده و لوله ها و گذرگاهها به آن متصل می شوند.

۴. منیفولد یا هدرهایی برای عبور و تخلیه سیال ناقل حرارت که معمولا در قسمت بالا و پائین کلکتور نصب شده اند.

۵. عایق بندی دستگاه برای کاهش اتلاف حرارتی که معمولا اطراف و پشت کلکتور و لوله ها را شامل می شود.

۶. قاب مخصوص که اجزاء کلکتور را در خود جای داده و آنها را از غبار و رطوبت و دیگر عوامل خارجی مصون می دارد.

کلکتورهای تخت از نظر نوع سیال عامل، ساختمان و

قبل از پرداختن به جزئیات سیستم های حرارتی خورشیدی، بهتر است برخی مفاهیم اولیه شرح داده شوند:

سیال عامل : در اغلب سیستم ها، حرارت جذب شده توسط کلکتور برای اینکه به نقاط دیگر منتقل شده و مورد استفاده 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.

سطوح جاذب: سطوح تیره دارای قابلیت جذب بهتر اشعه های تابیده شده خورشید هستند در سیستم های خورشیدی، جایی که نور خورشید تابیده شده یا متمرکز می شود، سطوح جاذب در معرض آن قرار می گیرند. این سطوح با روشهای مختلف صنعتی ساخته می شوند که بتوانند حداکثر جذب انرژی حرارتی را داشته باشند.

سیستم ذخیره حرارتی: برای اینکه در طول شب یا در ساعات ابری بتوان از انرژی خورشید استفاده نمود لازم است مقداری از انرژی حرارتی خورشید در منابعی ذخیره شود. در آبگرمکنهای خورشیدی از مخازن ذخیره آب گرم استفاده می شود و در سیستم های نیروگاهی، انرژی



عملکرد به ۳ دسته تقسیم می شوند که عبارتند از:

۱. کلکتور با آب چکه

۲. کلکتور با هوا

۳. کلکتور با مایع

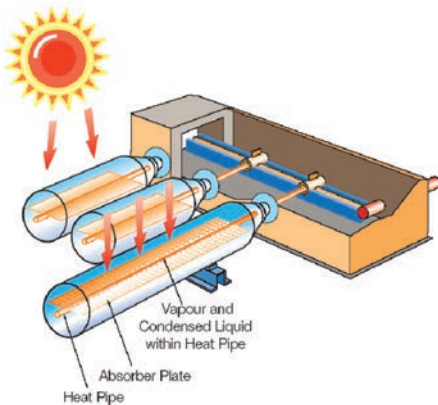
ساختمان را اشغال می کند، احتیاج به هوا رسان با قدرت الکتریکی لازم برای انتقال هوای گرم از کلکتور به محل ذخیره.

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

یک نوع از این کلکتورهای مایع متشکل از چندین لوله گرمائی است که هر کدام از آنها شامل یک لوله شیشه ای، صفحه جاذب و لوله گرمائی می شود. برای جلوگیری از اتلاف حرارتی از روی سطح جاذب و حفظ خواص اپتیکی لایه برگزیده خوابانده شده بر روی سطح جاذب، داخل لوله شیشه ای خلاء ایجاد شده است.



کلکتور صفحه تخت



کلکتور تحت خلاء (لوله گرمائی)

کلکتورهای تخت پرتوهای تابش مستقیم و پراکنده خورشید را جمع آوری می کنند و احتیاج به سیستم ردیابی ندارند. کلکتورهای تخت در یک روز صاف با زاویه انحراف عرض جغرافیایی 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

**کلکتور با آب چکه** که از صفحات فلزی تیره رنگ کنگره ای ساخته می شود اولین بار در سال ۱۹۵۹ توسط دکتر Harry Tamas\* برای بام خانه ای در مرلیند ساخته و نصب شد. 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 هستند که در آنها از هوا یا گاز به عنوان سیال برای انتقال حرارت استفاده می شود. نگهداری آسان و عدم یخ زدگی هوا از مزایای این نوع کلکتورها نسبت به دیگر انواع مایعی آنهاست. بعلاوه در این نوع گردآورنده ها هوای گرم مستقیماً وارد ساختمان یا محفظه ذخیره می شود. از معایب آن می توان به موارد زیر اشاره کرد: مشکل گرم کردن آب مصرفی بوسیله هوای گرم تولید شده، لزوم ساخت و نصب کانالهایی با سطح مقطع مناسب که فضای زیادی از

## کاربردهای غیر نیروگاهی سیستم حرارتی خورشیدی

### ۱. آب گرمکن خورشیدی (Solar water heater)

آبگرمکن‌ها اصلی‌ترین سیستم مورد استفاده در کاربردهای غیرنیروگاهی خورشیدی می‌باشند. همانطور که از نام آن پیداست برای گرم کردن آب مورد استفاده قرار می‌گیرد. آب گرم تولید شده می‌تواند برای

- آب گرم بهداشتی
  - گرم کردن فضای ساختمانی یا تأمین آب پیش گرم برای سیستم‌های گرمایشی
  - تأمین گرمای مورد نیاز برای راه اندازی سیستم‌های جذبی، جهت تهویه مطبوع و سیستم‌های سرمایشی
- استفاده در خشک‌کنها و آب شیرین‌کنها و غیره مورد استفاده قرار گیرد.

### طرز کار یک آبگرمکن خورشیدی :

آبگرمکنها از سه بخش اصلی تشکیل می‌شوند که شامل: کلکتور، مدار لوله کشی، مخزن ذخیره حرارتی می‌باشند. در اغلب آبگرمکنهای امروزی سیال عامل که محلول آب

و ضد یخ است در یک سیکل بسته بین مخزن و کلکتور توسط مدار لوله کشی در جریان است. کلکتور انرژی حرارتی خورشید را جذب کرده و به سیال عامل منتقل می‌کند سیال گرم شده بسمت منبع ذخیره حرکت کرده و در آنجا پس از عبور از یک مبدل حرارتی، گرمای خود را به آب داخل مخزن منتقل می‌کند و پس از سرد شدن به کلکتور باز می‌گردد و بدین ترتیب بدون اینکه با آب مصرفی مخلوط شود، دائماً در یک سیکل بسته در حال حرکت است.

آبگرمکنهای خورشیدی به دو دسته، آبگرمکنهای مدار باز و مدار بسته طبقه بندی می‌شوند که هر یک به دو صورت ترموسیفونی (جریان طبیعی) یا پمپی (اجباری) می‌توانند کار نمایند.

در سیستمهای مدار باز، آبی که جهت تأمین آب گرم مصرفی مورد استفاده می‌باشد مستقیماً از تانک ذخیره کلکتورها، پمپ می‌شود. دو نوع مدار باز داریم: ۱- گردش اجباری (پمپ)، ۲- ترموسیفون.

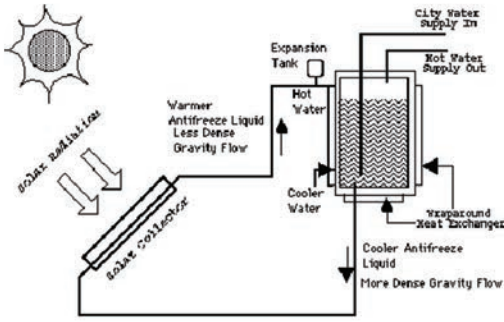
وقتیکه دمای سیال داخل کلکتورها بیشتر از دمای تانک ذخیره باشد، آب گرم شده به طرف مخزن ذخیره هدایت می‌شود. سیستم تخلیه از پایین شامل دریچه‌ای است که

حرارت کمتری تولید می‌کند. برای گرم کردن آب و هوا مناسب هستند و هزینه کمتری نسبت به متمرکز کننده ها دارند.

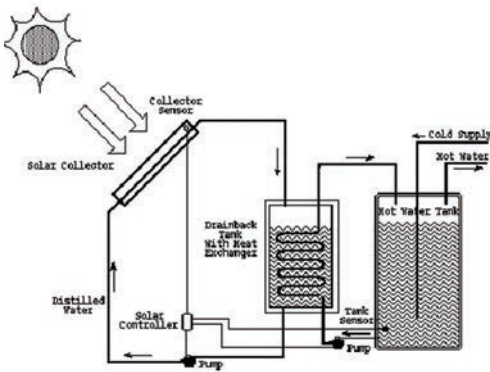
### گردآورنده های متمرکز کننده

گردآورنده های متمرکز کننده تابش مستقیم خورشید و بخشی از تابش پراکنده را با کمک طراحی های هندسی پیشرفته (سه‌موی و ...) متمرکز می‌نمایند. در این نوع کلکتورها از سطوح منعکس کننده جهت افزایش پرتوهای خورشیدی استفاده می‌شود. متمرکز کردن پرتوهای خورشیدی در کانون، بمنظور دست یابی به درجه حرارت بالا می‌باشد. کلکتورهای متمرکز کننده جهت دستیابی به حرارت بالا در کانون می‌بایستی قادر به ردیابی خورشید در مدت تابش روزانه باشند.

این نوع کلکتورها در یک روز صاف ۳۶۲۵۲ کیلوژول بر مترمربع از انرژی خورشید را جمع آوری می‌کنند. تمرکز در ناحیه کانونی باعث افزایش انرژی دریافت شده در واحد سطح می‌گردد. در متمرکز کننده ها بعلت کاهش سطح جذب کننده ها، اتلاف حرارتی کاهش یافته و دمای بالاتر و حرارت بیشتری تولید می‌شود. برای مناطق ابری مناسب نیستند و نیازی به پوشش شیشه ای ندارند. نسبت به کلکتورهای تخت هزینه بیشتری لازم دارند. از نظر راندمان در دماهای پائین از کلکتورهای تخت کم تر بوده ولی در دماهای بالا، دارای راندمان خوبی هستند. میزان دریافت شدت تابش خورشیدی در متمرکز کننده ها می‌تواند در حدود ۸۰-۷۰ برابر نسبت به کلکتورهای تخت باشد. نیازی به عایق بندی ندارند در صورتی که در کلکتور های تخت، عایق بندی نکته حائز اهمیتی است.



آبگرمکن ترموسیفونی



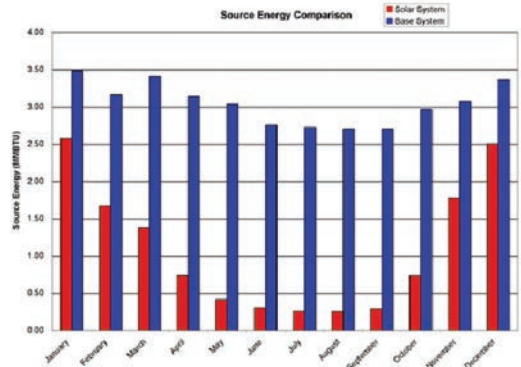
سیستم مدار بسته پمپی



آب داخل کلکتورها را وقتی به ۳۸ درجه سانتیگراد می‌رسد تخلیه می‌کند. وقتی که دما کمتر از 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.



مقایسه مصرف سالیانه انرژی برای آبگرمکن معمولی و آبگرمکن خورشیدی



## حمام خورشیدی

با استفاده 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 دستگاه حمام خورشیدی 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 باستان از انرژی خورشیدی برای کاهش مصرف چوب در گرم کردن خانه های خود در زمستان استفاده می کردند. آنان ساختمانهای خود را بگونه ای بنا می کردند که در زمستان نور خورشید بداخل اتاقهای نشیمن بتابد



قرون ۱۱ و ۱۲ چندین مجتمع خورشیدی ساخته بودند. یکی از روشنترین نمونه‌ها شهر آلوما می‌باشد 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 خانه‌ها از تابش آفتاب تابستانی، با کاه و حصیر و دیگر مواد عایق پوشانده شده بود.

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 بهینه‌سازی 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 می‌شود. 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)

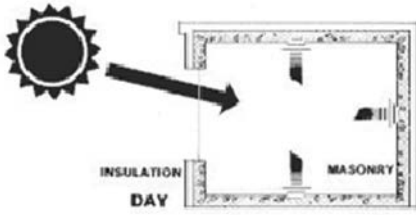
در مجاورت منزل و در ضلع جنوبی آن سه عدد کلکتور هوا گرمکن خورشیدی برای گرمایش هوای داخل ساختمان قرار داده است. مساحت ساختمان که حدود ۳۰ متر مربع در نظر گرفته شده است با استفاده از معماری ایرانی بویژه معماری مناطق کویری (بادگیر)، انرژی مورد نیاز منزل را تأمین می‌کنند. (پسیو) تامین نیاز حرارتی ساختمانها 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 گردآورنده‌های خورشیدی و یک منبع انرژی دیگر جهت انتقال سیال گرم شده به داخل ساختمان می‌باشد.

یونانیان باستان از روش گرمایش طبیعی (passive heating) که آنان را قادر به کاهش مصرف چوب جهت گرم کردن فضا در زمستان می‌ساخت، استفاده می‌کردند. رومیان از شیشه جهت حفظ طولانی‌تر حرارت و بالا بردن گرمای خانه‌ها استفاده می‌کردند. قرن‌ها بعد در اوایل سال ۱۹۳۰ خانه خورشیدی در معماری ساختمانهای آمریکا مورد توجه خاصی قرار گرفت. در اغلب فرهنگ‌های دیگر نیز از این قبیل تدابیر و طرحهای خورشیدی پسیو (طبیعی) دیده شده است. سرخپوستهای آمریکای شمالی در طی

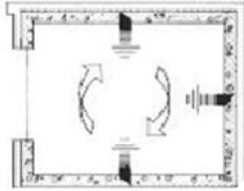
### \*سیستم گرمایش خورشیدی پسیو

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

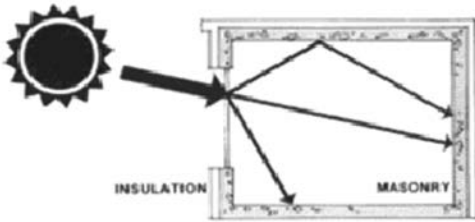
۱. ورود مستقیم نور خورشید به داخل اطاق از طریق پنجره ها (direct gain method)
۲. استفاده از دیوار ذخیره کننده انرژی خورشیدی (دیوار ترومب) و دیوار آبی (Drum wall)
۳. استفاده از گیرنده مسطح قائم با جریان طبیعی هوا (solar chimney design)
۴. استفاده از گلخانه مجاور (attached greenhouse)
۵. استخر یا حوضچه روی آب



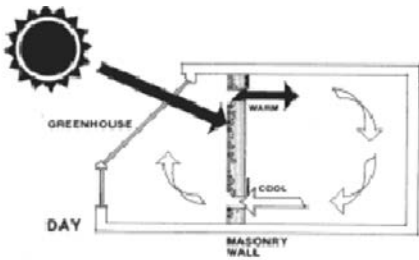
INSULATION  
DAY



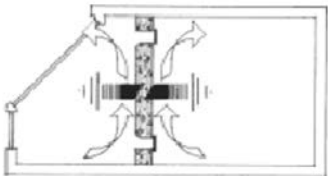
NIGHT



ورود مستقیم

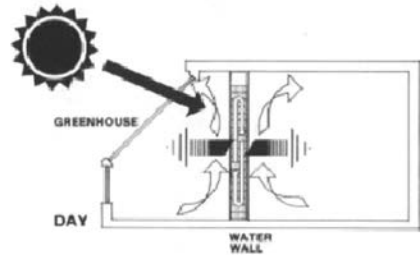


DAY

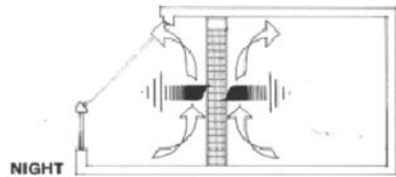


NIGHT

استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار ترومب

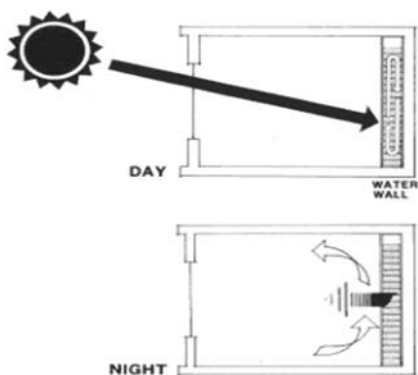


DAY

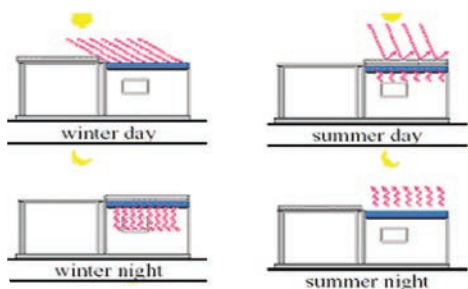
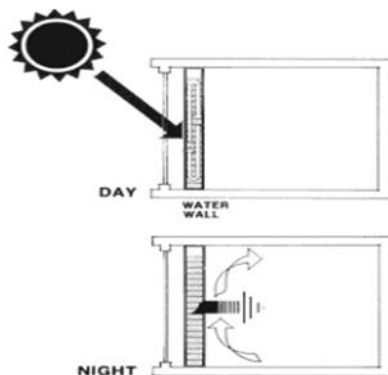


NIGHT

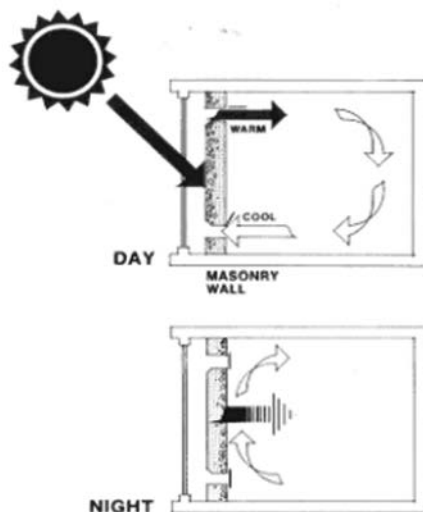
استفاده از گلخانه مجاور همراه با دیوار آبی



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)

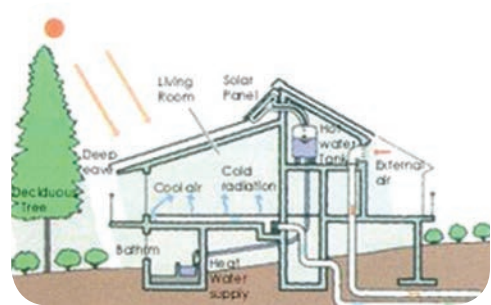
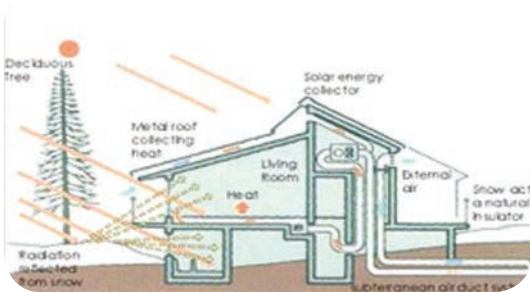
در سیستم های فعال بر خلاف سیستم های پسیو از المانهای متفاوتی برای گرمایش ساختمان استفاده می شود. اجزائی که در این سیستم ها به کار می روند عبارتند از: گردآورنده ها (کلکتورها)، سیستم ذخیره انرژی گرمائی، کانالهای عبور سیال، پمپها، لوله کشی، شیرآلات، دمبرها، سیستم های کنترل دستی یا اتوماتیک، سیستم سوخت کمکی 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، اشعه ماوراء بنفش، رسوبات و خواص اسیدی و بازی سیال انتقال حرارت.

### \* سیستم سرمایش خورشیدی (solar cooling system)

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



### ۳- آب شیرین کن خورشیدی (Solar desalination)

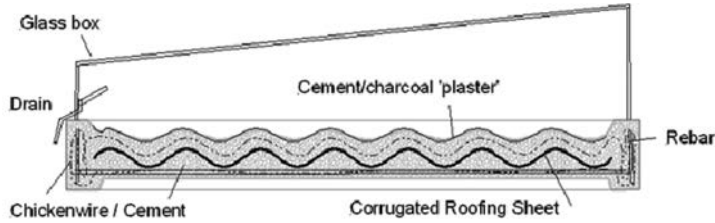
اهمیت آب نه تنها در زندگی بشر و تمام موجودات زنده محسوس است، بلکه در زندگی روزمره، کشاورزی و صنایع نیز نمی توان از آن چشم پوشی کرد. اصول عملکرد سیستم های آب شیرین کن خورشیدی بر پایه دستگاه تصفیه آب خورشیدی (solar still) است. اصول کار دستگاه تصفیه آب خورشیدی ساده بوده و سرپوش پلاستیکی یا شیشه ای در سطح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

\* تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی مکانیکی و یا الکتریکی و استفاده از آنها در بکار انداختن دستگاههای تبرید تراکمی

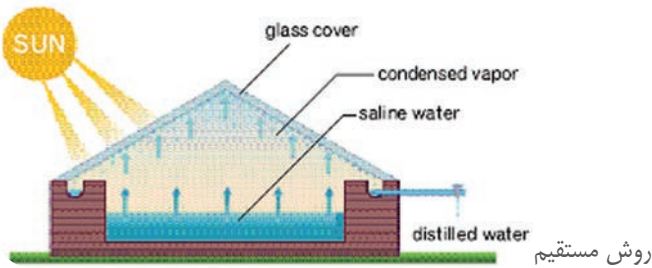
\* تبدیل انرژی خورشیدی به انرژی حرارتی و استفاده از آن در بکار انداختن دستگاههای تبرید جذبی.

در این روش از انرژی خورشیدی جهت گرم کردن ژنراتور خورشیدی (همانند کلکتورهای مسطح یا متمرکز کننده های خورشیدی که سیال در آن قرار گرفته است) استفاده می شود. با دریافت حرارت در ژنراتور، باعث ایجاد سرما در اواپراتور خود می گردد. حال اگر سیستم سرمایش ما چیلر باشد معمولا آب سرد شده در اواپراتور چیلر جذبی، بطرف توزیع کننده های اطاقی فرستاده 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.

کمکی استفاده می شود. طراحی آب شیرین کن های خورشیدی با توجه به شرایط اقلیمی و جوی در منطقه مورد نظر بایستی صورت پذیرد.



Solar Water Still



روش مستقیم

موجود و جریان دادن هوا جهت خارج کردن بخار آب ایجاد شده، انجام می گیرد. روشهای خشک کردن مواد غذایی بصورت های زیر تقسیم بندی شده است:

- \* خشک کردن با جریان هوای گرم
  - \* خشک کردن با استفاده از سطح گرم
  - \* خشک کردن با استفاده از یک منبع تابشی مثل اجاق مایکروویو
  - \* خشک کردن با روش انجماد
- خشک کن های خورشیدی بیشتر شامل روش اول بوده، بدین ترتیب که مواد خشک شدنی بطور مستقیم و یا غیر مستقیم از انرژی حرارتی خورشید استفاده کرده و هوا نیز بطور طبیعی و یا اجباری جریان یافته و باعث خشک شدن محصول می گردد.

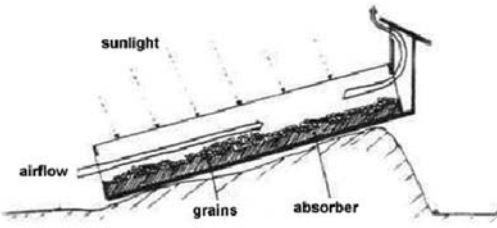
برای جذب حداکثر انرژی خورشیدی در آب شیرین کنها و جلوگیری از اتلاف انرژی حرارتی در طراحی آب شیرین کنها باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

۱. سرپوش پلاستیکی یا شیشه ای آب شیرین کن باید نازک بوده و دارای ضریب عبور خوبی در طول موج تابش گرمائی باشد.
۲. از تشکیل بلورهای نمک در کف دستگاه تا حد امکان می بایستی جلوگیری شود.
۳. فاصله ما بین شیشه آب شیرین کن و سطح آب شور حداقل باشد.
۴. کف حوضچه آب شور سیاه رنگ باشد تا بیشترین گرما را جذب کند.
۵. حوضچه کاملا آب بندی شده و هیچ ارتباطی با هوای خارج نداشته باشد.

#### ۴- خشک کن خورشیدی (Solar dryer)

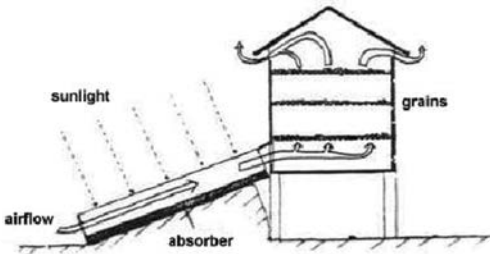
خشک کردن مواد غذایی برای نگهداری آنها، از زمانهای بسیار قدیم مرسوم بوده است. مکانیزه شدن عمل خشک کردن محصولات غذایی سابقه ۲۰۰ ساله دارد. در فرآیند خشک کردن معمولا عملیات گرم کردن برای تبخیر آب

**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.



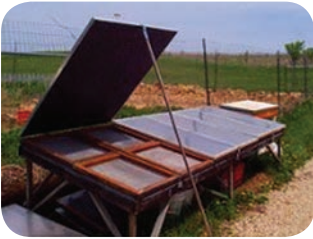
**خشک کن غیر مستقیم:** در این روش درجه حرارت قابل کنترل است و مواد غذایی به طور مستقیم با اشعه خورشید در تماس نیستند در نتیجه رنگ آنها ثابت می ماند.

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 کشورهای در حال توسعه که از شبکه برق پیشرفته‌ای برخوردار نیستند، برای پختن غذا از گرمایش خورشیدی پسیو استفاده می‌شود.

اجاق‌های خورشیدی در ۳ نوع رایج شلجمی، لوله‌های حرارتی و جعبه‌ای ساخته شده است. نوع شلجمی آن به صورت یک بشقاب سهموی می‌باشد که برای پختن غذا بوسیله آن باید ماده غذایی مورد نظر را در کانون این بشقاب قرار داده و با تنظیم و متوجه نگاه داشتن (focusing) سهموی می‌توان غذا را پخت. چون در این نوع متمرکز کننده‌ها می‌توان دماهای بالاتر از ۱۰۰ درجه سانتیگراد بدست آورد بنابراین سرخ کردن سبزی و گوشت و... در آنها کاملاً امکان پذیر است. کیت آموزشی از این اجاق در سال ۱۳۸۲ در دفتر انرژی خورشیدی سازمان انرژی‌های نو ایران، در گروه کاربردهای غیرنبروگامی، ساخته شد و جهت آموزش در اختیار مدارس و آموزشکده‌ها قرار گرفت. در پخت غذا با استفاده از لوله‌های حرارتی می‌توان در گیرنده‌های مسطح مخصوص تولید بخار نموده و این بخار را با استفاده از مکانیسم لوله‌های حرارتی با برگشت



## ۶- کوره خورشیدی (Solar Furnace)

کوره خورشیدی با استفاده از انرژی خورشید گرم می‌شود (در کوره‌های دیگر، نوعی سوخت را می‌سوزانند تا گرمایش به کوره منتقل شود). معمولاً با استفاده از تعداد زیادی آینه، پرتوهای نور خورشید را جمع‌آوری و پر قدرت می‌کنند و مجموعه آنها را بر روی کوره می‌تابانند تا دمای خیلی بالا رود. ذره بین وسیله‌ای است که همین کار را انجام می‌دهد. شاید دیده باشید که وقتی ذره بین را مقابل خورشید می‌گیریم و مجموعه پرتوهای آنرا به صورت یک نقطه مثلاً روی پوست یا کاغذ می‌تابانیم، آن قدر حرارت ایجاد می‌شود که پوست می‌سوزد و یا کاغذ آتش می‌گیرد. متداولترین سیستم یک کوره خورشیدی متشکل از ۲ آینه یکی تخت و دیگری کروی می‌باشد. نور خورشید به آینه تخت رسیده و توسط این آینه به آینه کروی بازتابیده می‌شود. طبق قوانین اپتیک هرگاه دسته پرتوی موازی با محور آینه برخورد نماید در محل کانون متمرکز می‌شود، به این ترتیب انرژی حرارتی خورشید در این نقطه جمع شده و این نقطه به دمای بالائی می‌رسد.

طبیعی به داخل آشپزخانه (که بالاتر از گیرنده قرار دارد) منتقل نمود. بخار به محفظه‌ای که در آن ظرف حاوی غذا قرار دارد وارد شده و دور ظرف غذا تقطیر شده و حرارت تبخیر خود را به مواد غذایی جهت پخت غذا می‌دهد. بخار تقطیر شده با استفاده از نیروی ثقل به گیرنده خورشیدی بر می‌گردد. از این نوع سیستم نمی‌توان جهت سرخ کردن سبزی و گوشت استفاده نمود.

در اجاق خورشیدی از نوع جعبه‌ای (آرام پز خورشیدی) که اولین بار توسط شخصی به نام نیکلاس ساخته شد. اجاق او شامل یک جعبه عایق بندی شده با صفحه‌ای سیاه رنگ و در پوش شیشه‌ای بود. اشعه خورشید با عبور از میان در پوش شیشه‌ای وارد جعبه شده و بوسیله سطح سیاه جذب می‌شد سپس درجه حرارت داخل جعبه را به ۸۸ درجه افزایش می‌داد. اصول کار اجاق خورشیدی جمع‌آوری پرتوهای مستقیم خورشید در یک نقطه کانونی و افزایش دما در آن نقطه می‌باشد.

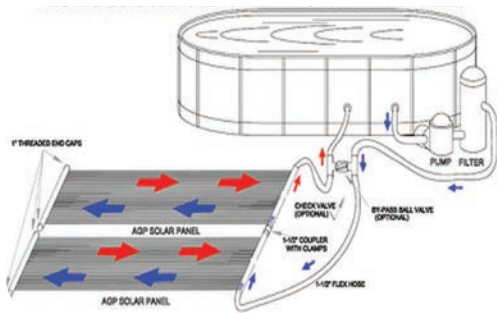
استفاده از این اجاق‌ها بویژه در مناطق روستایی مرکزی و جنوبی کشور برای فراهم نمودن انرژی لازم جهت پخت غذا و گرم نمودن آب توصیه می‌شود.

## ۷- استخر خورشیدی (Solar Pond)

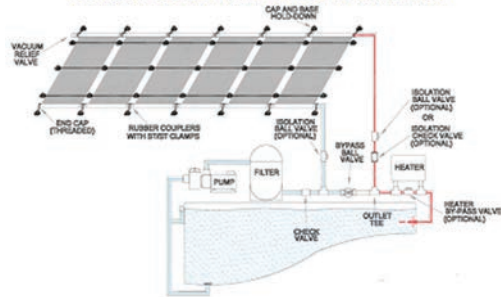
بدلیل عدم نیاز به ایجاد دماهای بالا، گرمایش خورشیدی آب استخرها، ویژگی های زیر را دارد:

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

عملکرد این سیستم 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.



### IN-GROUND SOLAR HEATER ROOF INSTALLATION



## ۸- پمپ حرارتی خورشیدی (Solar Heat Pump)

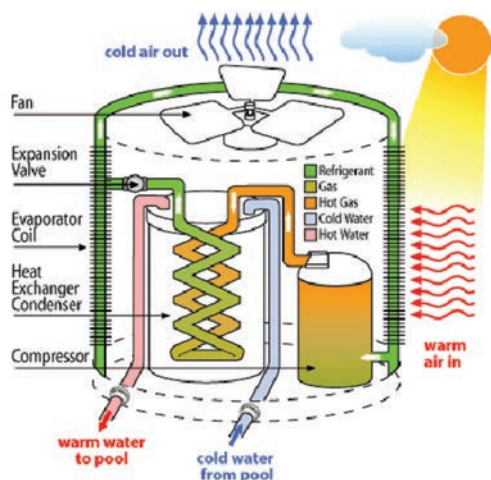
در کشورهایی که برق مصرفی ارزان وجود دارد، برای گرمایش و سرمایش ساختمانها از پمپ حرارتی استفاده می شود. پمپ حرارتی عبارتست از همان دستگاه تبرید، با این تفاوت که در این حالت حرارت دهی آن مورد توجه می باشد. یعنی قادر است از محیط سرد خارج، حرارت را اخذ کرده و به داخل ساختمان پمپ کند. پمپهای حرارتی قادرند گرمایی معادل ۲ تا ۳ برابر مقدار الکتریسیته مصرفی را تولید کنند. یعنی مقدار انرژی الکتریکی که برای گرمایش ساختمانی لازم است با بکار بردن پمپ حرارتی به حدود ۱/۲

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

آئینه مقعری که روبه روی آن است، از ۹۰۰۰ شیشه که به طرز خوبی خم شده اند ساخته شده است. خود کوره در ساختمان دیگری قرار دارد. بزرگترین مزیت کوره های خورشیدی این است که حرارت خالص یعنی بدون آلودگی شیمیایی تهیه می کنند.







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

پمپ های حرارتی معمولاً به سه نوع تقسیم می شوند:

- \* هوا به هوا
- \* آب به هوا
- \* آب به آب

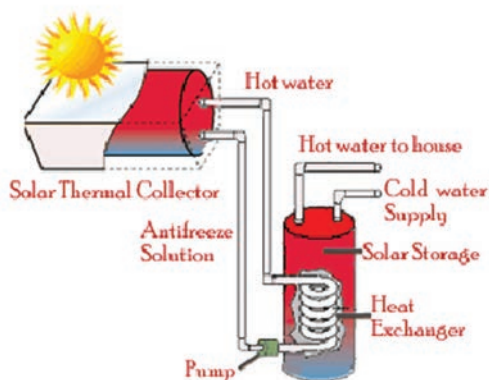
پمپ های حرارتی متداول امروزی بیشتر از نوع هوا به هوا هستند. در این نوع سیستم ها، مدار خارجی در معرض هوا قرار می گیرد و پنکه ای هوا را از روی حلقه ها عبور می دهد. مدار داخلی نیز در داخل یک کانال هوا قرار می گیرد که در اینجا نیز انتقال هوا از روی کوئل بوسیله پنکه (وانتیلیاتور) انجام می گیرد.

در اواخر دهه ۱۹۷۰ چند پمپ حرارتی آب به هوا طراحی و ساخته شد که در آنها مدار خارجی برای تبادل حرارت با آبی که توسط خورشید گرم می شد در یک مسیر بسته قرار داشت.

در پمپ های حرارتی آب به آب در مدار داخلی و خارجی برای تبادل حرارت از آب استفاده می گردد. یادآوری این نکته لازم است که بیشتر سیستم های تهویه هوای صنعتی

طوری طراحی می شوند که با آب خنک شوند.

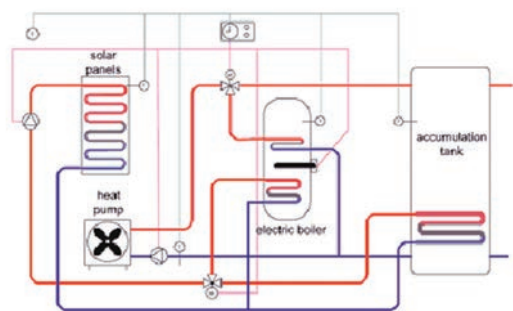
برای استفاده از پمپ حرارتی خورشیدی، راههای متفاوتی وجود دارد. موضوعی که باید در نظر گرفته شود، آن است که انرژی خورشید باید بتواند حداکثر حرارت مورد نیاز پمپ را تهیه نماید. نقش اصلی پمپ های حرارتی خورشیدی در این است که حرارت جمع آوری و ذخیره شده انرژی خورشیدی را به آسانی برای سیستم تهویه مطبوع ساختمان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



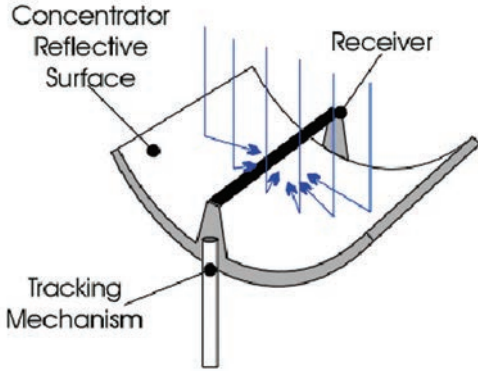
### ب- سیستم های حرارتی \_ برقی خورشیدی

سیستم های حرارتی \_ برقی خورشیدی به سیستم هایی اطلاق می شود که از گردآورنده های خورشیدی برای تولید الکتریسیته از طریق یک چرخه ترمودینامیکی استفاده می کنند. این عمل با استفاده از گردآورنده های خطی یا غیر خطی در دمای بالا صورت می گیرد.

در صورتیکه سیکل ترمودینامیکی به وسیله یک متمرکز کننده خورشیدی تغذیه شود به یک سیال عامل با نقطه جوش پایین نیاز خواهد بود. امابعلت راندمان پایین که ناشی از طبیعت سیکل های ترمودینامیکی کم دما است، بهره برداری تجاری از این سیستم ها در سطح تکنولوژی جاری توجیه اقتصادی ندارد.

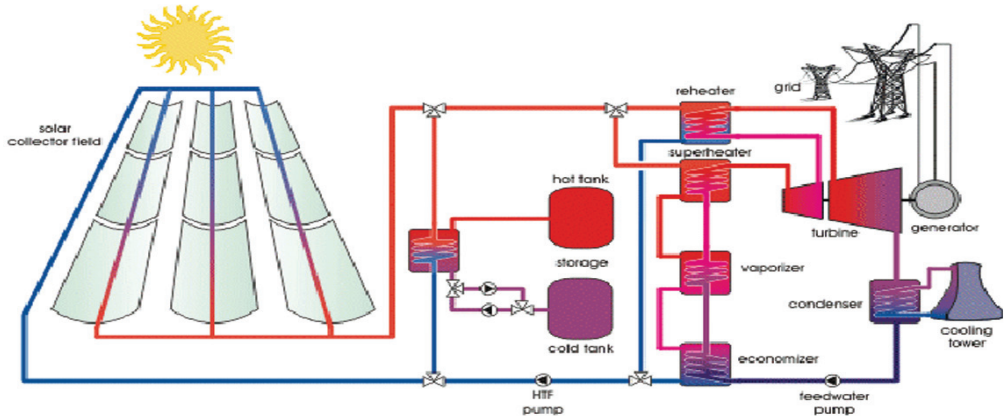


سوپر هیت طی سیکل رانکلین از توربین و ژنراتور، انرژی الکتریکی تولید می کند.



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

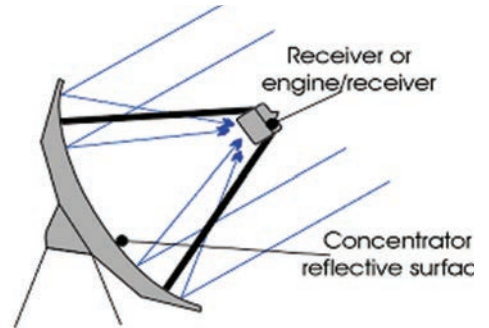
\* نیروگاههای خورشیدی با استفاده از متمرکز کننده خطی سهموی (Parabolic trough)



نیروگاههای خورشیدی 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 خورشیدی را بر روی یک لوله جاذب با پوشش انتخابی که در طول کانون سهمی نصب شده است متمرکز می نماید. این متمرکز کننده ها معمولاً بر روی یک سیستم ردیابی ۲ محوره سوار شده اند که حرکت "جهت" و "ارتفاع" تشعشع خورشید را تعقیب می نمایند. سیال انتقال حرارت (روغن) که در درون لوله کانونی در گردش است، انرژی خورشیدی را جمع آوری می کند. روغن داغ در مبدلهای حرارتی آب را به بخار تبدیل کرده و بخار

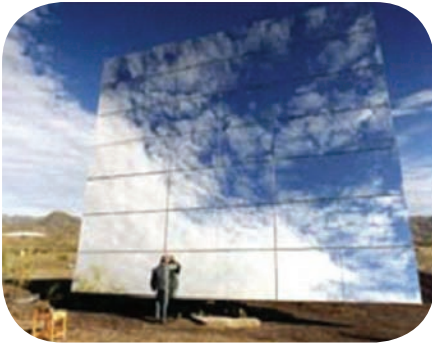
## \*نیروگاههای خورشیدی با استفاده از بشقابک سهموی (parabolic dish)

بشقابک سهموی از نظر طراحی مدولاریک سطح فضایی است که از دوران یک سهمی بوجود می آید و کانون آن یک نقطه است. پرتوهای خورشید تابیده شده بر روی سطح متمرکز کننده سهموی (آینه شیشه ای) در کانون آن جمع می شود. برای اینکه چنین سیستمی پر بازده باشد لازم است که این گردآورنده همواره بطرف خورشید ردیابی شود و در نتیجه به یک مکانیسم ردیابی دو محوره نیاز دارد. انرژی حرارتی را می توان با کمک یک سیال مناسب در ناحیه کانونی جمع آوری کرد و این انرژی را یا به یک سیکل ترمو دینامیکی جدا از گردآورنده منتقل نمود و یا اینکه به یک موتور کوچک (در حدود ۲۵ کیلوواتی) که در پشت نقطه کانونی سوار می شود، انتقال داد. موتورهای استرلینگ نیز برای این نوع کاربرد تحت توسعه قرار یافته اند و علاوه بر آن موتورهای رانکلین و برایتون هم برای این کاربرد مورد ارزیابی قرار گرفته اند.



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

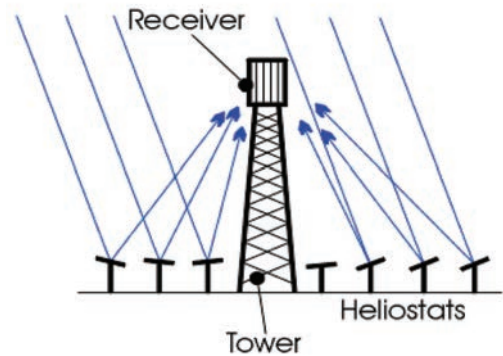
این سیستم که شامل مجموعه ای از آینه هایی است (هلیوستات) که هر یک بطور جداگانه انرژی خورشید را متمرکز و به برج دریافت کننده مرکزی منتقل می کنند. انرژی توسط یک مبدل حرارتی که در روی یک برج نصب شده است و گیرنده نامیده می شود جذب می شود. در آن جا آب به بخار سوپر هیت تبدیل شده و این بخار توربو ژنراتور را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



هلیوستات



نمایی از میدان هلیوستاتها



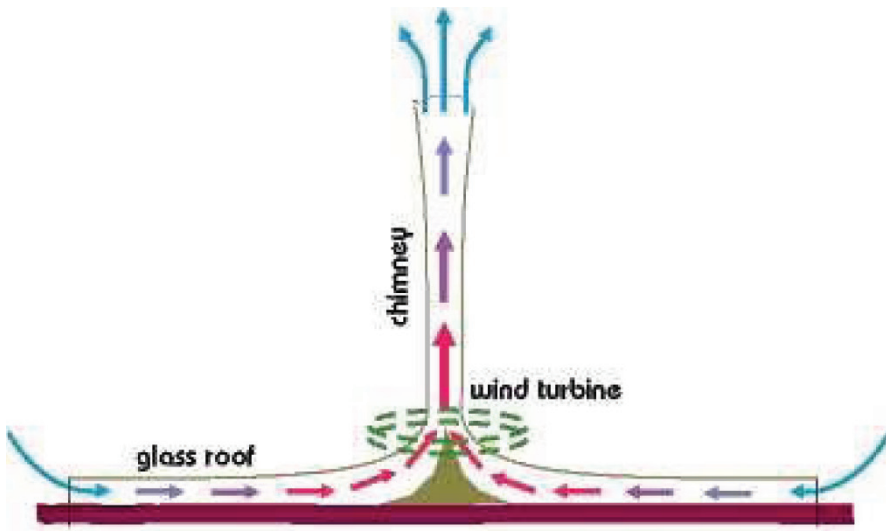
دریافت کننده مرکزی

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

داخل برج می‌گردد و این باد باعث چرخیدن ژنراتور شده و بمیزان ۷۰ کیلووات برق تولید می‌کند. 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.



یک سیستم بمراتب ساده تر ولی با کارایی بمراتب کمتر سیستم دودکش خورشیدی است در این سیستم ها محوطه ای با پوشش شیشه ای و یک برج گیرنده مرکزی مجهز به یک دودکش و توربین بادی جایگزین هیلوستات ها می‌شود. طرز کار آن بسیار ساده است یعنی هوای گرمی که بوسیله انرژی خورشیدی در یک گرمخانه شیشه ای تولید می‌شود بطرف برج بلندی که در مرکز گرمخانه قرار گرفته و مانند یک دودکش عمل می‌کند، هدایت می‌شود. 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 می‌گردد و بوسیله ژنراتور، برق تولید می‌شود. ملاحظه می‌شود 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 می‌رسد، همین اختلاف کم، باعث ایجاد بادی به سرعت ۴۰ کیلومتر در ساعت در



## \*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 ۰.۷٪ 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 فرانسهوفر 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 مستقیماً به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند. اصل مقدماتی در این تکنولوژی پدیده " فتوالکتریک " است که اولین بار بوسیله انیشتین مطرح شد.

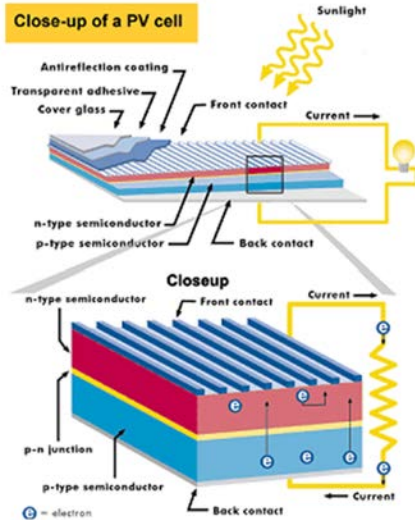
همیشه وقتی سخن از انیشتین به میان می آید، ذهن ما متوجه نظریه نسبیت و پیامدهای انقلابی آن در فیزیک می شود. اما کمتر کسی این نکته را به خاطر می آورد که انیشتین همانطور که در اولین انقلاب علمی قرن بیستم یعنی نظریه نسبیت سهیم بود، در انقلاب دیگر یعنی فیزیک کوانتومی نیز نقش بسزایی داشت. حتی جایزه نوبل هم 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 فتوالکتریک 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

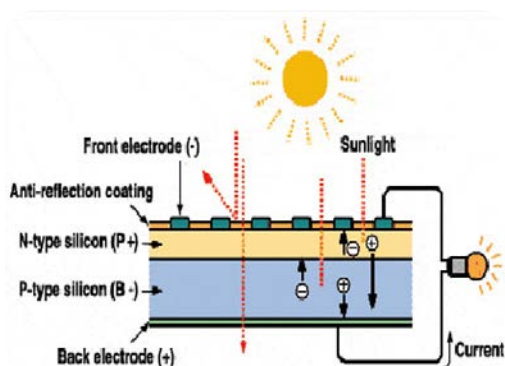


پالایش، به آن فسفر اضافه شود بار منفی (الکترون) پیدا کرده و در صورتیکه بور اضافه شود بار مثبت (حفره) پیدا می کند. نوع اول را سیلیسیم نوع N و نوع دوم سیلیسیم نوع P می نامند. می دانیم که سیلیسیم دارای ۴ الکترون در مدار خارجی خود می باشد. هنگامی که تعدادی اتم فسفر بداخل کریستال سیلیسیم وارد شود با توجه 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، مداري 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.



بی شکل



پروسه تولید برق بوسیله یک سلول فتوولتائیک



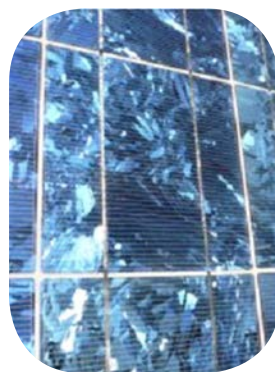
یک کریستالی

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 الکتريسيته (در نتیجه تبدیل انرژی تابشی جذب شده به انرژی الکتریکی)



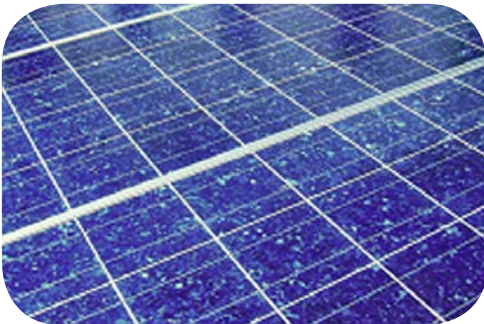
چند کریستالی



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

**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



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.

**۱. بر اساس بار مصرفی** (محصول تولیدی ذخیره شود): مثلاً 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 باتری ها): در این روش انرژی الکتریکی تولیدی از پنلها فتوولتائیک در منبع ذخیره ساز الکتروشیمیایی (باتری) 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 باتری 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 باتریها 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 باتریها بر سیستم اعمال

می کند بگونه ای که طول عمر مفید را افزایش داده و امکان استفاده از بیشترین ظرفیت قابل دسترس باتریها را نیز در اختیار مصرف کننده قرار دهد. وظیفه بخش دیگر تنظیم و کنترل سیکل دشارژ باتریها و جلوگیری از کاهش طول عمر و فرسودگی باتریها می باشد. به طور خلاصه وظیفه این دستگاه عبارتست از:

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

### MPPT

این سیستم در واقع یک مبدل DC-DC تطبیق

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: باتری، شارژ کنترل، MPPT، اینورتر و سیستم کنترل می باشد. لازم به ذکر است برای هر مصرف کننده لزوماً 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.

### باتری 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:

امیدانس 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 باتریها را به توان AC تبدیل می کند. انتخاب اینورتر برای یک سیستم قدرت مستلزم ماکزیمم بار تغذیه شونده، ماکزیمم اضافه جبهش مورد نیاز، ولتاژ خروجی مورد نیاز، ولتاژ باتری 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 مستقیماً 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 باتری نیز متصل است. در زمانی که باتریها از

طریق یک منبع نیرو مثلاً آرایه های فتوولتائیک شارژ شده باشند، بارهای مورد استفاده خواهند بود و چنانچه باتریها 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 باتری 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

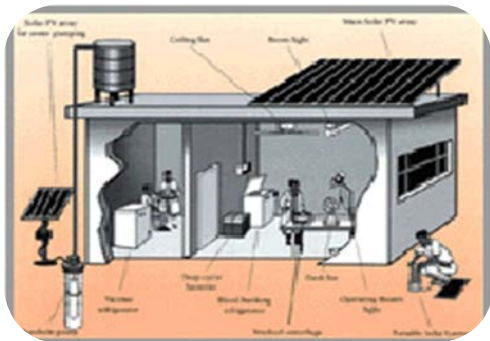
برای تامین انرژی الکتریکی مورد نیاز مناطق خارج از شبکه و جلوگیری از گسترش بیش از حد شبکه سراسری برق از سیستم های فتوولتائیک مستقل از شبکه استفاده

سیستم فتوولتائیک با توان ۱kW و 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

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



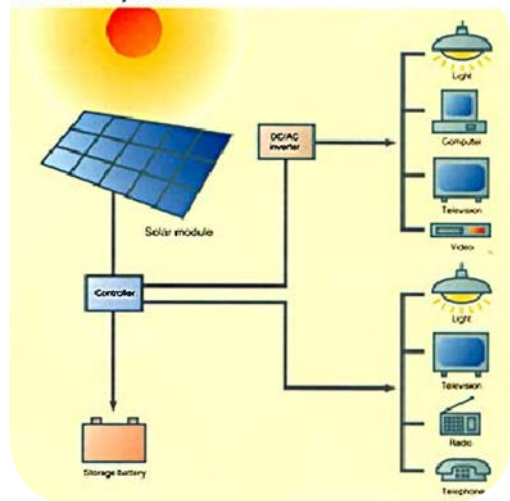
متمرکز و یا غیرمتمرکز از جمله راه حل‌های این مشکل می باشد. امروزه سیستمهای فتوولتائیک متصل به شبکه در بسیاری از کشورهای جهان در واحدهای کوچک از یک کیلووات الی ۵ کیلووات در بام منازل مسکونی و در واحدهای بزرگتر بصورت نیروگاههای فتوولتائیک نصب و راه اندازی شده است.

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

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 تأمین 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

### Stand-Alone System



و نگهداری آن

\* عدم نیاز به سوخت و مشکلات سوخت رسانی بویژه در

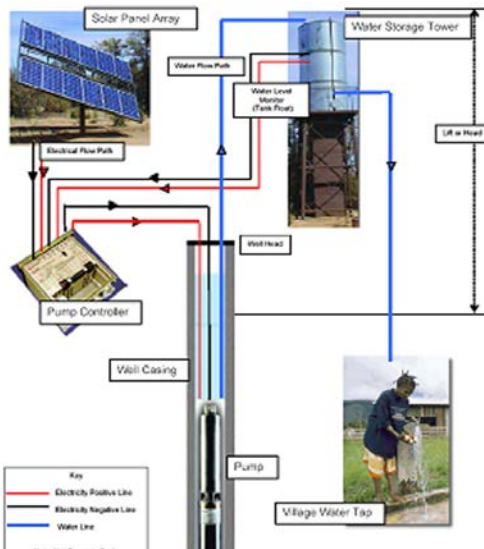
مناطق صعب العبور

\* 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 نیازهای اولیه مانند روشنایی، یخچال، تلویزیون و ... را تأمین نمود. این سیستم قادر است 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

- 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 بسیار مناسب 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 فتوولتائیک استفاده کرد.

### اجزای اصلی سیستم پمپاژ خورشیدی

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

\* صفحات خورشیدی الکتریکی

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 باتری جهت ذخیره انرژی الکتریکی

### ۳- تغذیه چندگانه

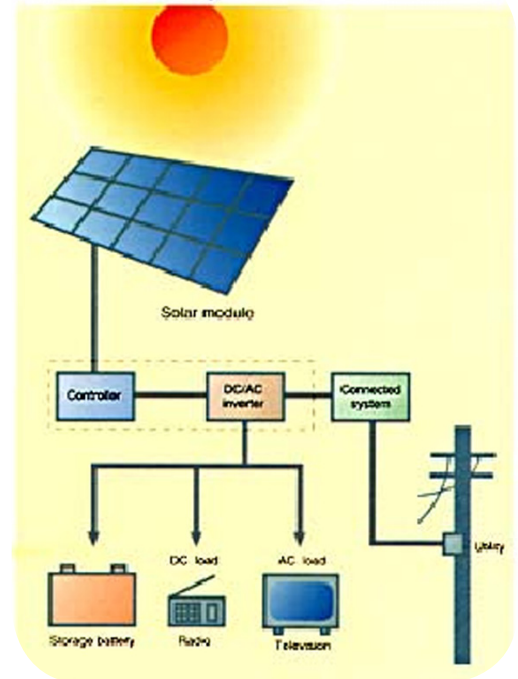
در صورتی که سیستمهای فتوولتائیک با منابع دیگر تأمین انرژی، مانند توربین باد، مولد دیزل و ... توان الکتریکی مورد نیاز بخشی را تأمین نماید، اصطلاحاً سیستم تغذیه چندگانه (Hybrid) نام گذاری می گردند.

### موارد استفاده سیستمهای فتوولتائیک

#### \* پمپاژ خورشیدی

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

### Grid Connected System



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)

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 افزودنی، 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 D5

پمپ های آبی خورشیدی SQFlex

پمپ های آبی خورشیدی I\*rentz

پمپ های آبی خورشیدی سری SCS

پمپ های آبی خورشیدی سری SDS

سیستم های روشنایی خورشیدی به ۲ دسته کلی تقسیم می شوند:

۱. روشنایی داخلی: این سیستم ها برای استفاده در داخل منازل، کارگاهها، پاسگاههای محیط بانی و ... طراحی شده اند.

۲. روشنایی خارجی: که شامل موارد زیر است:

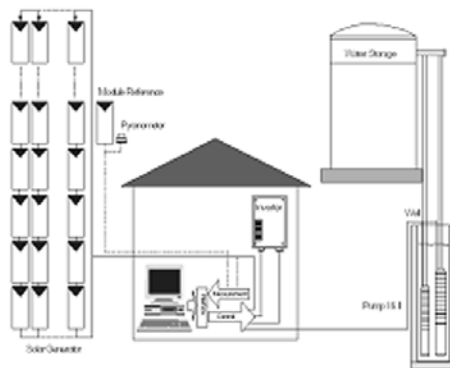
\* چراغ های خیابانی و پارکی

\* روشنایی تابلوهای تبلیغاتی

\* چراغ های تزئینی

\* چراغ های راهنمایی و رانندگی و هشدار دهنده

اجزای تشکیل دهنده سیستم روشنایی خورشیدی



\* 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 سوئیچ 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.



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)



عبارتند از:

\* پانل های خورشیدی

\* شارژ کنترلر

\* باتری

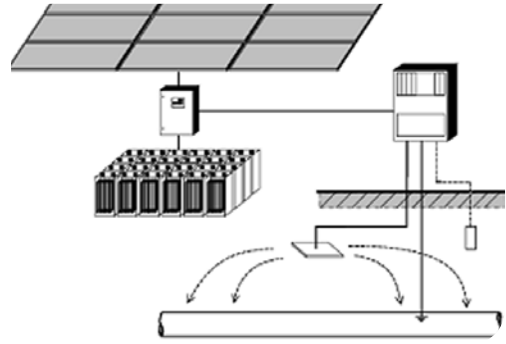
\* بلااست الکترونیکی

\* 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، باتری 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**

بمنظور جلوگیری از پوسیدگی لوله های انتقال آب، مواد شیمیایی، نفت و گاز، نشت مواد مذکور از لوله ها و جلوگیری

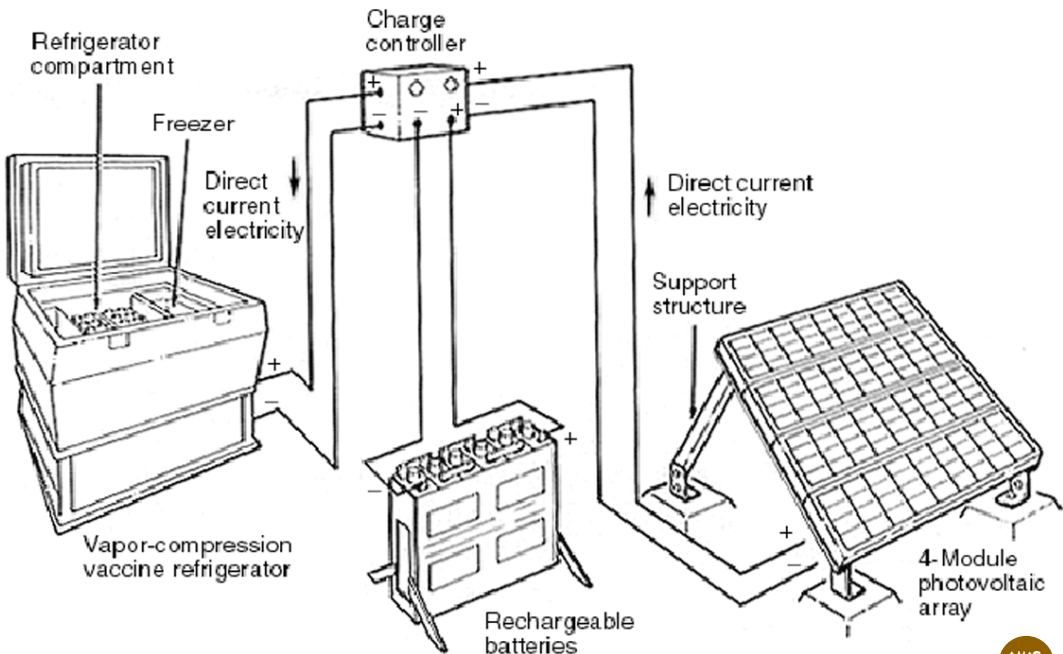


### \* سیستم تغذیه کننده پرتابل

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.

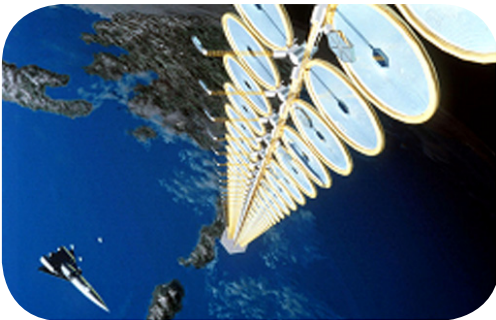
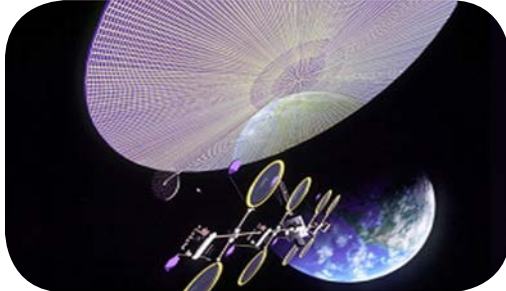
### \* یخچالهای خورشیدی

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.





در حالی که دیگر منابع، گران و پر دردسر می باشند. طراحی انجام شده جهت آرایش سلول های خورشیدی در برگبرنده 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.



### \* پیک سایه 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 تامین 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؛

## 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 مستقیماً 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 سایه و جلوگیری از افت توان در شبکه انتقال را باعث می گردد.

## فتوولتائیک در جهان

### بازارهای جهانی

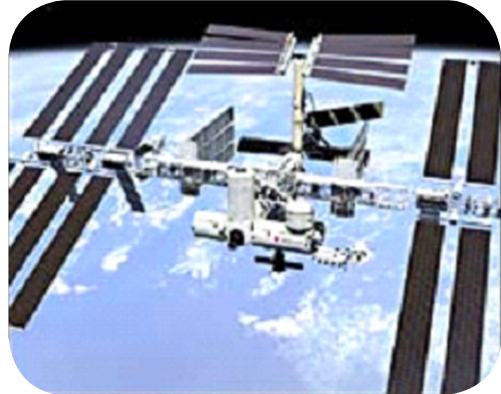
توسعه سیستم های فتوولتائیک برای تامین الکتریسیته و جایگزینی با سیستم هایی که با انرژی فسیلی کار می کنند نیازی است که در دنیا به وضوح احساس می شود. در این راستا می توان برنامه های مختلفی را در کشورهای متفاوت مشاهده کرد.

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 فتوولتائیک در ۱۵ سال اخیر رشد قابل ملاحظه ۱۵ الی ۳۰ درصد در سال را داشته است.

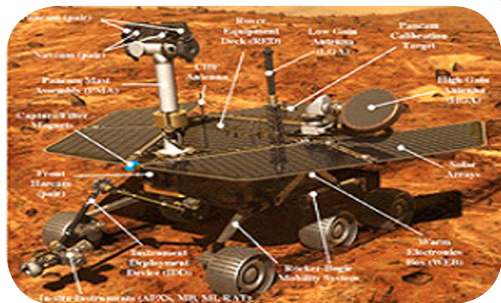
### نقش صنعت فتوولتائیک در تامین انرژی بشر

در جدول زیر سهم انرژی های تجدیدپذیر در تامین انرژی

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 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 باتری 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 داشته اند.

دنیای 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 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
<b>Total Consumption (Mtoe)</b>	<b>10038</b>	<b>11752</b>	<b>13553</b>	<b>15547</b>	<b>17690</b>
<b>Biomass</b>	<b>1080</b>	<b>1291</b>	<b>1653</b>	<b>2221</b>	<b>2843</b>
<b>Large Hydro</b>	<b>222.7</b>	<b>255</b>	<b>281</b>	<b>296</b>	<b>308</b>
<b>Small Hydro</b>	<b>9.5</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>62</b>	<b>91</b>
<b>Wind</b>	<b>4.7</b>	<b>35</b>	<b>167</b>	<b>395</b>	<b>584</b>
<b>PV</b>	<b>0.2</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>110</b>	<b>445</b>
<b>Solar Thermal</b>	<b>4.1</b>	<b>11</b>	<b>41</b>	<b>127</b>	<b>274</b>
<b>Solar Thermal Power</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>29</b>
<b>Geothermal</b>	<b>43.2</b>	<b>73</b>	<b>131</b>	<b>194</b>	<b>261</b>
<b>Marine</b>	<b>0.05</b>	<b>0.1</b>	<b>0.4</b>	<b>2</b>	<b>9</b>
<b>Total RES</b>	<b>1364</b>	<b>1682</b>	<b>2324</b>	<b>3416</b>	<b>4844</b>
<b>RES Contribution</b>	<b>13.6%</b>	<b>14.3%</b>	<b>17.1%</b>	<b>22.0%</b>	<b>27.4%</b>

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

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 فتولتاییک و نیروگاه های گرمایی - خورشیدی عمده ترین تولیدکننده انرژی الکتریکی خواهند بود. در انتهای سده نیروگاههای اتمی کاملاً از دور خارج می شوند و گاز طبیعی دومین منبع تولید انرژی بشر پس از انرژی خورشیدی می باشد.

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 در سال ۲۰۴۰ به توسط انرژی های تجدید پذیر تولید خواهد شد. روند توسعه فتولتاییک 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 فتولتاییک دانست.

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

پیش بینی مشارکت انرژیهای تجدید پذیر در تامین انرژی دنیا در سال

۲۰۴۰

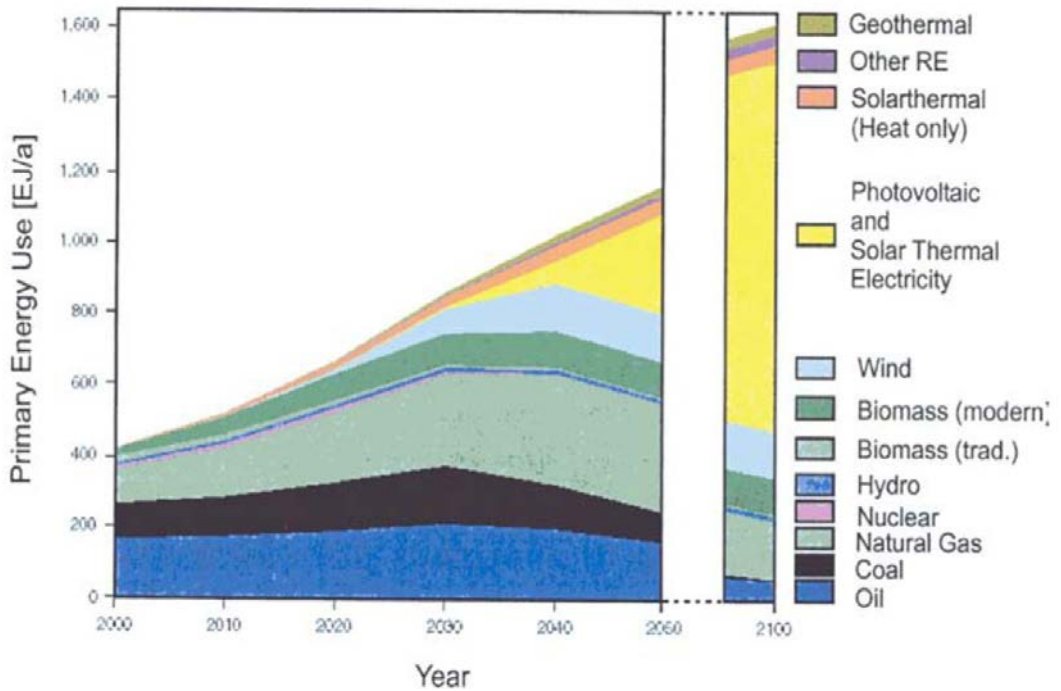
بر اساس سیاست حمایتی (Advanced International Policy Scenario)

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

پیش بینی مشارکت انرژیهای تجدید پذیر در تامین انرژی الکتریکی دنیا درسال ۲۰۴۰ بر اساس سیاست حمایتی<sup>۱</sup>

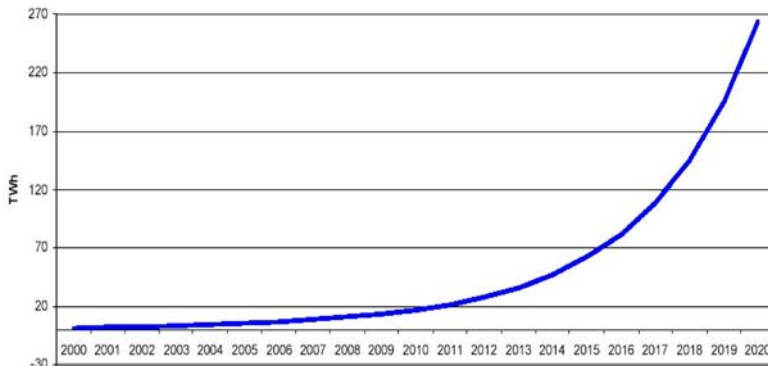


پیش بینی منابع انرژی دنیا در سده ۰۰ الی ۲۱۰۰



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

Global Solar Electricity Generation 2000-2020



انرژی تولیدی توسط سیستم های فتوولتائیک

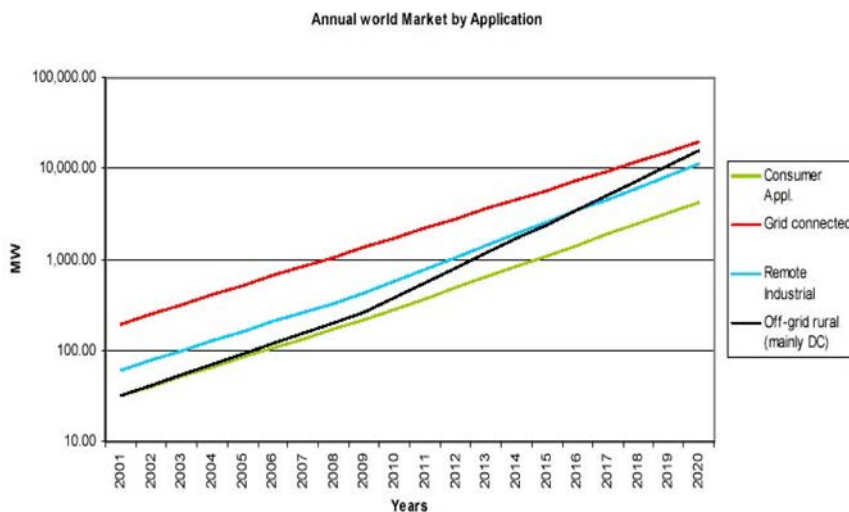
دنيا و عليرغم پتانسيل بالاي تابش خورشیدی در منطقه خاورميانه، متاسفانه درصد سيستمهای نصب شده در اين منطقه بسيار پائين ميباشد. در خلال سالهای ۲۰۰۰ الی

فتولتايک می توان پيش بينی تغييرات حجم اين سيستم ها را تا سال ۲۰۲۰ مشاهده کرد . با توجه به شکل های صفحه بعد می توان مشاهده کرد که خاورميانه عليرغم پتانسيل بالاي تابش خورشید پيش بينی حجم سيستمهای فتولتايک نصب شده بسيار پائين است. همانطور که از نمودارهای مذکور مشخص ميباشد، با توجه به رشد روزافزون استفاده از سيستمهای فتولتايک در

## نتایج کلی ۲

۱٪ تا سال ۲۰۲۰	الکتریسیته خورشیدی
۲۶٪ تا سال ۲۰۴۰	
۵۴,۰۰۰ MW/a تا سال ۲۰۲۰	حجم بازار
۱ USD/W <sub>p</sub> < تا سال ۲۰۲۰	بهای ماجول
۱۶۰ میلیون تن تا سال ۲۰۲۰	کاهش سالانه CO <sub>2</sub>
۲.۳ میلیون نفر در جهان تا سال ۲۰۲۰	ایجاد شغل

نتایج کلی حاصل از پيش بينی ها تا سال ۲۰۲۰

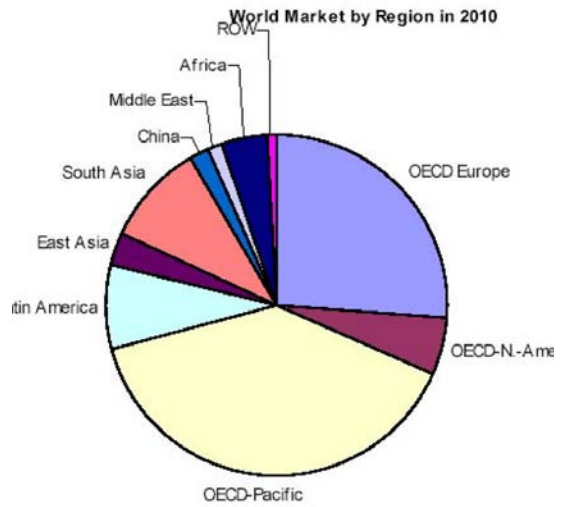
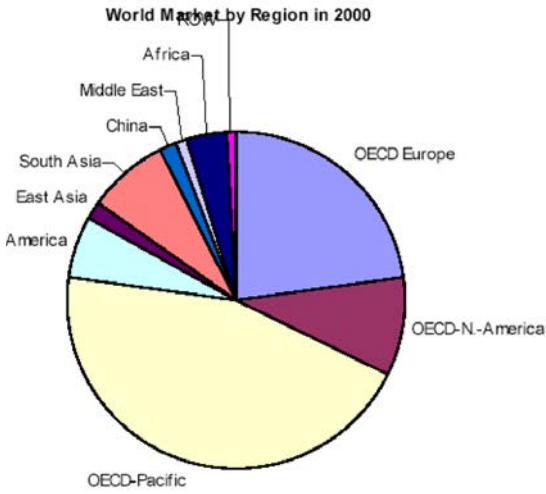


بازار جهانی سالانه جهان با کاربردهای مختلف

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

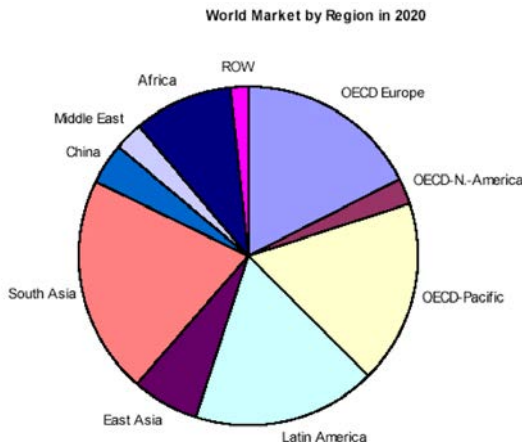
۲۰۱۰ تنها ۱/۳ از سهم جهانی به این منطقه اختصاص می‌یابد لیکن در سال ۲۰۲۰ سهم بازارهای منطقه به ۲/۷ می‌رسد.

با توجه به سهم منطقه خاور میانه که نسبت به سایر نقاط جهان رقمی ناچیز است و همچنین برآورد و پیش‌بینی‌ها در خصوص وضعیت سرمایه‌های این صنعت مشاهده می‌شود بازاری در حدود ۷۰۰ میلیون دلار در منطقه وجود خواهد داشت که این رقمی معادل بازار صنعت لوازم خانگی در کشور می‌باشد.



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 فتوولتائیک معلمان سمنان به ظرفیت ۱۰۰ کیلووات  
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

A series of horizontal dotted lines for writing notes.



