وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

پژوهشگاه نیرو

برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

شماره ۱ – تیر۱۴۰۲

برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

ویژه‌نامه انرژی خورشیدی – فتوولتائیک

عنوان پروژه: رصد فن‌آوری به‌منظور شناخت جدیدترین دستاوردها و فناوری‌های مرتبط با انرژی‌های تجدیدپذیر

کارفرما: سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق ایران (ساتبا)

پژوهشگر: پژوهشگاه نیرو

گروه پژوهشی پشتیبان: گروه انرژی‌های تجدیدپذیر

پژوهشکده پشتیبان: پژوهشکده انرژی و محیط‌زیست

مدیر پروژه: مهندس ثریا رستمی

مجری پروژه: دکتر حمیدرضا لاری

ناظر کارفرما: دکتر اکبر شعبانی‌کیا

همکاران این گزارش:

مهندس ثریا رستمی – مهندس سارا جوکار–بهروز بوغلان دشتی

شماره ۱– تیرماه۱۴۰۲

فهرست مطالب

برنامه صادرات برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر..... ٦
جهان و تجدیدپذیرها در سه ساله اخیر..... ١٠
فرانهوفر خورشیدی آلمان..... ١٨
رویکرد خورشیدی ایالات متحده تا سال ٢٠٥٠..... ٢٢
ژاپن و بهره‌برداری از انرژی خورشید باوجود چالش کمبود زمین..... ٢٧
چشم‌انداز هند در بومی‌سازی زنجیره ارزش پنل‌های فتوولتائیک..... ٣١
نگاهی به صنعت خورشیدی ٢٠٢٣..... ٣٣
جایگاه تجدیدپذیرها در فناوری‌های مرزی..... ٣٥
پنجره‌های ترموکرومیک و صرفه‌جویی در انرژی ساختمان..... ٣٦
چشم‌انداز انرژی خورشیدی در عمان..... ٣٨
میکروواینورترها و بهبود حداکثری راندمان انرژی خورشیدی..... ٤٠
سانورتر خورشیدی..... ٤٢
خنک‌سازی پنل خورشیدی با ژل پلیمری..... ٤٣
ابزار تحلیل مکانی و پتانسیل سنجی خورشیدی..... ٤٥
نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه خورشیدی..... ٥١
نیروگاه نور ابوظبی، بزرگ‌ترین نیروگاه خورشیدی تک‌سایتی جهان..... ٥٦
نیروگاه فتوولتائیک فرودگاهی کوچین هند..... ٥٩
تجدیدپذیرها، ابزار رهایی زمین از گازهای گلخانه‌ای..... ٦٣
فتوولتائیک و فناوری‌های نوظهور خورشیدی..... ٦٥
پنل‌های خورشیدی شناور..... ٧٦
پارکینگ‌های خورشیدی..... ٨١
طراحی نیروگاه خورشیدی برای ساختمان‌ها..... ٨٣
نکات کلیدی در خرید و نگهداری پنل‌های خورشیدی خانگی..... ٨٥
تولیدکنندگان برتر پنل‌های خورشیدی..... ٩٤
ادارات دولتی و بورس انرژی‌های تجدیدپذیر..... ٩٨
ساتبا و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران..... ١٠٠
مرکز توسعه فناوری تجدیدپذیر طالقان..... ١٠٣

سخن آغازین

پیام آقای مهندس محمود کمانی، معاون وزیر نیرو و رئیس ساتبا

یکی از اولویت‌های مهم دولت سیزدهم که در قانون بودجه ۱۴۰۱ هم بر آن تأکید شده، ایجاد رشد اقتصادی و استمرار آن است که به‌طور طبیعی در شرایط فعلی کشور جز با توسعه صنعتی امکان‌پذیر نیست. این در حالی است که در سال‌های اخیر با وجود رشد در بخش صنعت، شاهد نارسایی و کمبودهایی برای تأمین انرژی مورد نیاز بوده‌ایم که این شرایط نیاز به اقدام‌های جدی دارد تا بتوان امکان رشد صنعت در کشور را فراهم کرد.

بر این اساس برنامه‌هایی در وزارت نیرو با هدف تأمین برق ارائه شده که حاصل تدبیر همه فعالان این بخش است. در حقیقت مهم‌ترین گام امروز وزارت نیرو اجرایی کردن این برنامه‌ها است که در قالب آن به توسعه نیروگاه‌های حرارتی، نیروگاه‌های تجدیدپذیر و تبدیل واحدهای بخار به سیکل ترکیبی برای تأمین برق پایدار در زمان‌های اوج بار در سال پرداخته خواهد شد.

بر اساس تصمیمات دولت و وزارت نیرو، چنین برنامه‌ریزی‌شده تا در چهار سال آینده بیش از ۳۰ هزار مگاوات به ظرفیت برق کشور افزوده شود که ۱۰ هزار مگاوات آن از محل نیروگاه‌های تجدیدپذیر است. بخشی از این نیروگاه‌ها (با احتساب برنامه ۱۰ هزار مگاوات تجدیدپذیر) تاکنون وارد مدار شده‌اند و این برنامه همچنان ادامه دارد. در این میان استفاده از نیروگاه‌های تجدیدپذیر اولویت جهانی دارد که برای کشورمان از توجیه‌پذیری بالاتری نیز برخوردار است و این توجیه‌پذیری را می‌توان در سه بخش کاهش مصرف سوخت، کاهش مصرف آب با توجه به شرایط کشور و حفظ محیط‌زیست عنوان کرد.

امروز سه مسئله کمبود سوخت، تأمین آب مورد نیاز نیروگاه‌های حرارتی و مسائل مربوط به آلاینده‌های زیست‌محیطی از اهم مسائل در بخش انرژی است که پاسخ درست این مسائل در توجه ویژه به توسعه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر نهفته است. در حقیقت توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر، مصرف سوخت در کشور را کاهش خواهد داد، نیازی به استفاده از آب ندارد و هم دوستدار محیط‌زیست است که می‌تواند زیست بهتری را برای مردم کشورمان به همراه داشته باشد. همچنین توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با انرژی‌های فسیلی کم‌هزینه‌تر بوده و هزینه نگهداری آن به‌مراتب پایین‌تر است.

ساخت ۱۰ هزار مگاوات نیروگاه انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از برنامه‌هایی است که وزیر نیرو تحقق آن را در دولت سیزدهم اعلام کرده است چرا که بازار توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر ایران، با اتکا به پتانسیل بالای منابع انرژی‌های تجدیدپذیر اعم از خورشیدی، بادی، زیست‌توده و زمین‌گرمایی، از طریق عقد قراردادهای بلندمدت با نرخ‌های تشویقی، بازار بسیار جذابی برای سرمایه‌گذاران است.

بدیهی است تحقق این برنامه، زمانی امکان‌پذیر است که کلیه نهادها و سازمان‌های مربوط به این مهم، به همکاری بپردازند و دست در دست متخصصان این حوزه که مشغول بررسی چالش‌ها و مسائل فنی هستند، همگام و همراه، به توسعه و هموارسازی زیرساخت‌های فنی و اقتصادی و فرهنگی بپردازند.

با این دیدگاه و همگام با تلاش‌های مختلف مسئولین و متخصصان این حوزه، در برونداد تخصصی حاضر که به کارفرمایی ساتبا و با پژوهش همکاران پژوهشگاه نیرو در حال تهیه است؛ سعی بر آن است که آخرین دستاوردهای تکنولوژیکی و سیاست‌گذاری‌ها و اخبار روز دنیا در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر مورد بررسی و تحقیق قرار گیرد تا مسیر و شتاب حرکت در این امر مهم، هرچه اصولی‌تر و کم‌هزینه‌تر تحقق پذیرد.

محمود کمانی

معاون وزیر نیرو و رئیس ساتبا

خبر داخلی

برنامه صادرات برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر

آقای مهندس علی‌اکبر محرابیان وزیر نیرو از در پیش بودن دستورالعملی خبر داد که به موجب آن بخش خصوصی می‌تواند برای صادرات برق در بخش تجدیدپذیر اقدام نماید. او گفت: در این دستورالعمل صادراتی پیش‌بینی‌شده که ۸ ماه در سال صادرات برق وجود داشته باشد و ۴ ماه برق را از طریق تابلوی سبز به خریداران داخلی می‌فروشند.

وزیر نیرو درباره راهکار وزارت نیرو برای مدیریت مصرف برق در فصل تابستان سال جاری گفت: یکی از مهم‌ترین اقدامات وزارت نیرو پس از شروع به کار دولت سیزدهم ایجاد برنامه جامع برای توسعه، جوان‌سازی و هوشمندسازی صنعت برق بود که هم‌اکنون این برنامه تهیه و تصویب شده است.

او در همین‌باره افزود: در این برنامه چند محور مهم وجود دارد که شامل توسعه صنعت نیروگاهی و تنوع‌بخشی به سبد نیروگاهی است. از طریق توسعه صنعت نیروگاهی می‌توانیم سال‌به‌سال ناترازی و تنگناهای تأمین برق را کاهش دهیم و در تنوع‌بخشی به سبد نیروگاهی می‌توانیم بار تولید برق را از نیروگاه‌های حرارتی کم کرده و نیروگاه‌های جدید با توجه به شرایط اقلیمی احداث کنیم و این نیروگاه‌ها را نیز توسعه دهیم. ایشان افزودند مهم‌ترین اقدامی که وزارت نیرو در این راستا انجام داده است توجه ویژه به نیروگاه‌های تجدیدپذیر است که شامل نیروگاه‌های خورشیدی، بادی و برق‌آبی می‌شود.

وزیر نیرو با اشاره به نقش بخش خصوصی در فرایند تأمین برق اظهار داشت: محور توسعه نیروگاه‌ها بخش خصوصی است و دولت کمترین سرمایه‌گذاری و حضور را در این بخش دارد. حضور دولت در توسعه نیروگاه‌ها در حد ضرورت‌ها

است و زمانی که بخش خصوصی تمایلی به مشارکت ندارد، دولت وارد توسعه نیروگاهی می‌شود. او اضافه کرد: به‌عنوان مثال در بخش تأمین برق صنایع طبق توافقی که با صنایع شد، توسعه نیروگاه‌ها توسط صنایع و بخش خصوصی انجام می‌شود. یعنی دولت هیچ دخالتی در این موضوع ندارد و سرمایه‌گذار به‌صورت ۱۰۰ درصد بخش خصوصی است. ضمن آنکه حضور ما در نیروگاه‌های تجدیدپذیر صفر است و هیچ نیروگاه دولتی تجدیدپذیر وجود ندارد.

محرابیان اظهار داشت: حتی نیروگاه‌هایی که زیر نظر وزارت نیرو در حال توسعه هستند نیز باید توسعه خود را توسط بخش خصوصی انجام دهند. وزارت نیرو قطعاً مقرراتی را وضع می‌کند که در ادامه توسعه نیروگاهی حضور بخش خصوصی پررنگ‌تر و با انگیزه بیشتری باشد. به‌عنوان مثال نزدیک به ۲۰ سال است که بخش خصوصی فعال در کشور تقاضای صادرات برق دارد که هیچ‌گاه اجابت نشده است، اما به‌زودی دستورالعملی از سوی وزارت نیرو صادر می‌شود که بر اساس آن بخش خصوصی می‌تواند برای صادرات برق در بخش تجدیدپذیر اقدام کند.

وزیر نیرو ادامه داد: به عبارتی نیروگاه‌هایی که تولید برق تجدیدپذیر دارند یا از بستر موجود که در اختیار وزارت نیرو و دولت است، استفاده کرده و صادرات برق داشته باشند و یا حتی الگوهای اختصاصی صادراتی ایجاد کنند، می‌توانند بدون هیچ محدودیتی برق خود را صادر کرده و ۴ ماه برق تولیدی خود را به‌صورت رقابتی در داخل بفروشند.

او گفت: لازم به ذکر است ایجاد تابلوی برق سبز در بورس انرژی نیز خبر خوب برای نیروگاه‌های تجدیدپذیر در ماه‌های اخیر بود که فضای رقابتی ایجاد کرد و تولیدکنندگان برق تجدید پذیر می‌توانند برق خود را به‌صورت نقد به مصرف‌کننده بفروشند که خوشبختانه استقبال بسیار مناسبی نیز از آن صورت گرفته است.

محرابیان در همین رابطه اضافه کرد: در این دستورالعمل صادراتی پیش‌بینی شده که ۸ ماه در سال صادرات برق وجود داشته باشد و ۴ ماه برق را از طریق تابلوی سبز به خریداران داخلی می‌فروشند. چنین امری باعث می‌شود که ناترازی برق در ۴ ماه کاهش پیدا کند و هم در ۸ ماه دیگر سال برق را با نرخ‌های خوب به فروش برسانند.

او در مورد تفاوت نرخ رقابتی با نرخ معمول نیز اعلام کرد: نرخ رقابتی در بورس تعیین می‌شود و بر اساس عرضه و تقاضا است و در زمان به تعادل رسیدن عرضه و تقاضا تعیین می‌شود، به‌عنوان مثال در نیروگاه‌های تجدیدپذیر قانون دانش‌بنیان‌ها در صنعت برق وجود دارد که بر اساس این قانون پیش‌بینی شده است از سال ۱۴۰۲ یک درصد برق صنایع از محل برق تجدیدپذیر تأمین شود. در این قانون آمده است دو روش برای تأمین برق صنایع وجود دارد، یکی احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر توسط صنایع و تأمین یک‌درصدی برق مورد نیاز کشور توسط آن‌ها که هرسال یک درصد به آن افزوده می‌شود تا به ۵ درصد برسد. این کار به این دلیل است تا بخش صنعت برق بیشتری را از محل نیروگاه‌های تجدیدپذیر تأمین کند.

وزیر نیرو در ادامه سخنان خود در ارتباط با تفاوت اهمیت صادرات برق و صادرات گاز گفت: بازار گاز و برق متفاوت از یکدیگر است و به عوامل متعددی مانند بازار مقصد و معامله‌ای که انجام می‌شود، بستگی دارد. ممکن است یک بازار به گاز نیاز داشته باشد و بازار دیگر به برق. بنابراین تقاضا تعیین‌کننده قیمت است. اگر تقاضا کم باشد نرخ پایین می‌آید که اقتصادی نیست به همین دلیل نمی‌توان یک حکم واحد داد. به‌عنوان مثال، فروش در تمامی بازارها سودآور است؟

طبیعتاً خیر در یک بازار بسیار سودآور است و در بازار دیگر ممکن است فروش معمولی داشته باشد و حتی در بازاری هم صرفه اقتصادی نداشته باشد، انرژی هم به همین منوال است.

وی در مورد اهمیت تبادلات برقی با کشورهای همسایه نیز بیان کرد: این کار موجب توسعه شبکه برق خواهد شد و این شبکه به کل کشورهای منطقه متصل می‌شود که از یک‌سو باعث پایداری شبکه خواهد شد و از دیگر سو برق کشور به شدت اقتصادی می‌شود. زیرا مواقعی که برق مشتری داخلی دارد آن را با نرخ بهتری می‌فروشیم زمانی که برق مازاد داریم آن را با قیمت مناسب صادر خواهیم کرد.

محرابیان در همین باره ادامه داد: به این اعداد توجه کنید، برقی که امسال در زمان پیک مصرف کردیم، ۷۲ هزار و ۵۰۰ مگاوات بوده است که این مقدار در زمستان نزدیک به ۳۰ تا ۳۵ هزار مگاوات است بنابراین برای تابستان باید ۷۲ هزار و ۵۰۰ مگاوات تولید داشته باشیم و در زمستان نزدیک به ۳۰ هزار مگاوات و اگر این میزان برق تولید شود نیروگاه باید خاموش شود که از نظر اقتصادی به‌صرفه نیست. زیرا نیروگاهی ساخته شده و باید ۸ ماه تعطیل باشد. اما درصورتی‌که به کشورهای همسایه اتصال پیدا کنیم هر زمان برق مازادی وجود داشته باشد امکان صادرات آن نیز وجود دارد. نکته جالب‌توجه آن که همه کشورها رژیم مصرف یکسانی با کشور ما ندارند.

وزیر نیرو گفت: زمانی که ما در پیک تابستان بیشترین میزان مصرف را داریم کشوری نظیر روسیه مازاد تولید دارد. زیرا پیک مصرف آن کشور در زمستان است. به عبارتی با اتصال شبکه برق ما به روسیه تابستان به راحتی برق مازاد آن‌ها را با قیمت ارزان خریداری می‌کنیم و زمستان که برق مازاد داریم و کشور روسیه نیاز بیشتری به برق دارد، برق مازاد ما را دریافت می‌کند.

وی در مورد تفاوت تعرفه صادراتی و وارداتی برق توضیح داد: نرخ ترانزیت زمانی که برق را از نقطه‌ای به نقطه دیگری منتقل می‌کند، سرمایه‌گذاری برای زیرساخت‌های آن باید انجام‌شده باشد، اما نرخ‌هایی برای عبور این جریان وجود دارد که آن‌ها، نرخ‌هایی نیست که صادرات را تحت تأثیر قرار داده و توجیه‌ناپذیر کند. نوع تعامل دو کشور، فاصله دو کشور و مواردی ازاین‌دست موجب تغییر نرخ خواهد شد.

محرابیان پیرامون قراردادهای برقی ایران با دیگر کشورها گفت: برق مانند گاز نیاز به سرمایه‌گذاری‌های کلان و بهره‌برداری طولانی‌مدت ندارد به همین دلیل قراردادهای که اکنون در حوزه برق وجود دارد، قراردادهای ۵ ساله و پارت به پارت است. پارت به پارت به این معنا است که حجم صادرات و یا واردات برق مشخص است و بازه زمانی مشخص یک‌ماهه یا سه‌ماهه دارد.

وی ادامه داد: برخی از کشورهای منطقه برق را از طریق بورس خرید و فروش می‌کنند و نرخ برق در ماه‌ها و روزهای مختلف و در ساعت‌های مختلف متفاوت است. در مدتی از شبانه‌روز که اوج مصرف است، قیمت برق ممکن است به ۱۸ سنت برسد و در ساعاتی که اوج مصرف نیست ممکن است قیمت به ۱ سنت برسد. به همین دلیل قراردادهای پارت به پارت و با قیمت‌های متفاوت منعقد می‌شود و بخش خصوصی به راحتی می‌تواند به این بخش ورود پیدا کند.

محرابیان در همین باره بیان کرد: با اغلب کشورهای همسایه ارتباط الکتریکی داریم. کشورهایی نظیر ارمنستان، ترکیه، عراق، افغانستان، آذربایجان، ترکمنستان و روسیه همچنین با کشور قطر در مرحله مطالعات اجرای پروژه قرار داریم. برای مدت کوتاهی با روسیه سنکرون داشتیم و اکنون در حال مذاکره هستیم که این ارتباط از دو مسیر برقرار شود. همچنین باید در نظر داشت که روسیه برای ما بازار مهمی است، زیرا پیک مصرف‌های متفاوتی با یکدیگر داریم.

وی در بخش دیگری از سخنان خود در ارتباط با اهمیت نوسازی زیرساخت‌های آب و برق کشور گفت: شبکه برق هر کشوری مانند بدن یک انسان است که روزانه میلیون‌ها سلول می‌میرند و به‌جای آن سلول جدید تولید می‌شود. به همین دلیل باید اجزای پیر را به‌سرعت نوسازی کنیم. متأسفانه در سال‌های اخیر سرمایه‌گذاری در این بخش کاهش پیدا کرده است و بخش‌هایی که فرسوده شدند، نوسازی نشدند.

علی‌اکبر محرابیان
وزیر نیرو – ۳۱ تیرماه ۱۴۰۲

تحولات راهبردی

جهان و تجدیدپذیرها در سه ساله اخیر

افزایش ظرفیت برق تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۱ رکورد دیگری را شکست و باوجود تداوم چالش‌های لجستیکی و افزایش قیمت‌ها، تقاضای سوخت‌های زیستی تقریباً به سطح قبل از کووید رسید. بااین‌حال، در بسیاری از کشورها و دولت‌ها تلاش می‌کنند تا مصرف‌کنندگان را از قیمت‌های بالاتر انرژی محافظت کنند، وابستگی به منابع غیرتجدیدپذیر مثل گاز طبیعی را کاهش دهند و سیاست‌هایی را برای تسریع گذار به فناوری‌های انرژی پاک پیشنهاد می‌کنند.

انرژی‌های تجدیدپذیر پتانسیل زیادی برای کاهش قیمت‌ها و وابستگی به سوخت‌های فسیلی در کوتاه‌مدت و بلندمدت دارند. اگرچه هزینه‌های تأسیسات خورشیدی فتوولتائیک و بادی جدید افزایش یافته است، اما قیمت‌های گاز طبیعی، نفت و زغال‌سنگ بسیار سریع‌تر افزایش یافته است. همین امر رقابت‌پذیری برق تجدیدپذیر را بیشتر بهبود می‌بخشد. بااین‌حال، اینکه انرژی‌های تجدیدپذیر چقدر سریع می‌توانند سوخت‌های فسیلی را جایگزین کنند به عوامل زیادی بستگی دارد. آیا منابع برق تجدیدپذیر باوجود چالش‌های سیاسی و اقتصاد کلان در حال ظهور، از این بحران جهانی انرژی سرپیچی می‌کنند و به‌سرعت گسترش می‌یابند؟

در این گزارش و در بررسی جدیدترین تحولات بازار و سیاست تا آوریل ۲۰۲۲، مسائلی چون به‌روزرسانی بازار انرژی‌های تجدیدپذیر، افزایش ظرفیت جهانی انرژی تجدیدپذیر جدید و تقاضای سوخت زیستی را برای سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ پیش‌بینی می‌کند. همچنین عدم قطعیت‌های کلیدی و پیامدهای مرتبط با سیاست را موردبحث قرار می‌دهد که ممکن است بر پیش‌بینی‌ها برای سال ۲۰۲۳ تأثیر بگذارد.

تحولات بازار انرژی در ماه‌های اخیر (به‌ویژه در اروپا) بار دیگر نقش اساسی انرژی‌های تجدیدپذیر در بهبود امنیت انرژی، علاوه بر اثربخشی تثبیت‌شده آن‌ها در کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را ثابت کرده است. بحران جهانی انرژی کنونی فوریت جدیدی را برای تسریع گذار به انرژی پاک اضافه کرده است و بار دیگر نقش کلیدی انرژی‌های تجدیدپذیر

را برجسته کرده است. قابل توجه است که فتوولتائیک خورشیدی و انرژی بادی، پتانسیل کافی برای کاهش وابستگی بخش برق اتحادیه اروپا به گاز طبیعی را تا سال ۲۰۲۳ دارند. باوجود چالش‌های زنجیره تأمین ناشی از بیماری همه‌گیر کرونا، تأخیر در ساخت‌وساز و افزایش بی‌سابقه قیمت کالاها و مواد خام، افزایش ظرفیت سالانه تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۱، با افزایش ۶ درصدی به تقریباً ۲۹۵ گیگاوات، رکورد جدیدی را شکست. البته انتظار می‌رود که هزینه‌های فتوولتائیک خورشیدی و انرژی بادی در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ به دلیل افزایش قیمت کالاها و حمل‌ونقل، بیشتر از سطوح قبل از همه‌گیری باشد. بااین‌حال، رقابت آن‌ها به دلیل افزایش شدیدتر قیمت گاز طبیعی و زغال‌سنگ بهبود می‌یابد. بر اساس برنامه‌ها ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۲ بیش از ۸ درصد قابل‌افزایش است و می‌بایست به ۳۲۰ گیگاوات برسد. بااین‌حال، تا زمانی که سیاست‌های جدید به‌سرعت اجرا نشود، رشد در سال ۲۰۲۳ ثابت می‌ماند زیرا گسترش فتوولتائیک خورشیدی نمی‌تواند به‌طور کامل کاهش انرژی برق‌آبی و ثابت بودن میزان انرژی باد را جبران کند.

در سطح جهانی، به لطف حمایت‌های سیاسی قوی در چین، اتحادیه اروپا و آمریکای لاتین، و علیرغم پیش‌بینی‌های نزولی، رشد پیش‌بینی شده برای سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ به میزان ۸ درصد نسبت به دسامبر سال گذشته اصلاح‌شده است. از سوی دیگر، افزایش قیمت مواد اولیه و برخی سیاست‌ها در چندین کشور، روند رشد را در کوتاه‌مدت کند می‌کند و منجر به بازنگری در پیش‌بینی رشد تقاضای سوخت زیستی ۲۰ درصدی می‌شود. درگیری‌ها در روسیه و اوکراین همچنین فشار مضاعفی را بر محیطی که از قبل قیمت بالایی برای مواد اولیه سوخت زیستی، به‌ویژه روغن‌های گیاهی دارد، وارد می‌کند.

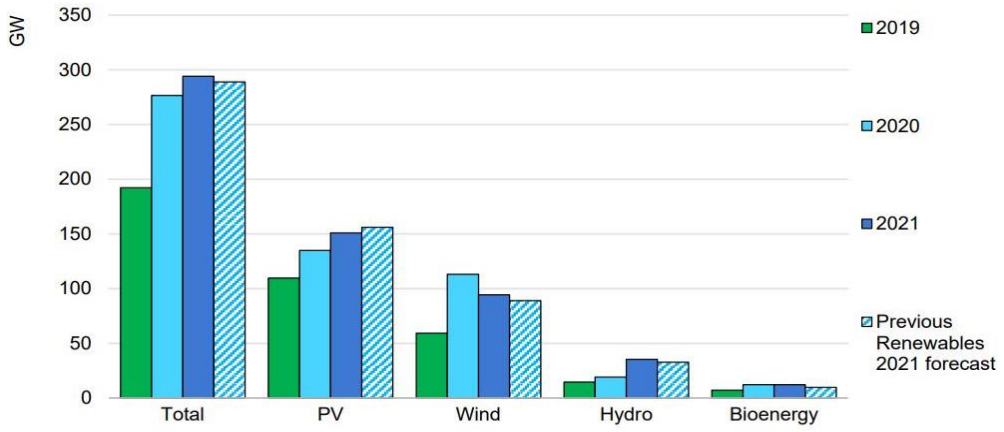
درحالی‌که ابهامات احتمالیِ بازار چالش‌ها را افزایش می‌دهد، تمرکز جدید بر امنیت انرژی (به‌ویژه در اتحادیه اروپا) باعث ایجاد یک حرکت سیاسی بی‌سابقه به سمت تسریع بهره‌وری انرژی و انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. درنهایت، پیش‌بینی بازارهای تجدیدپذیر برای سال ۲۰۲۳ و پس از آن به این بستگی دارد که آیا سیاست‌های جدید و قوی‌تر در شش ماه آینده معرفی و اجرا می‌شوند یا خیر.

❖ برق تجدید پذیر، نگاهی کوتاه به سال ۲۰۲۱

علیرغم چالش‌های مداوم زنجیره تأمین ناشی از بیماری همه‌گیر کووید، تأخیر در ساخت‌وساز و افزایش قیمت مواد خام و کالاها در سطح بی‌سابقه، ظرفیت تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۱، ۶ درصد افزایش یافت و رکورد دیگری را شکست و تقریباً به ۲۹۵ گیگاوات رسید. این رشد کمی بیشتر از پیش‌بینی سال گذشته در آژانس بین‌المللی انرژی است. در حقیقت در سطح جهانی، کاهش ۱۷ درصدی در افزایش ظرفیت انرژی بادی سالانه در سال ۲۰۲۱ با افزایش فتوولتائیک خورشیدی و رشد تأسیسات برق‌آبی جبران شد. گسترش زیست‌توده، انرژی خورشیدی متمرکز[1] و زمین‌گرمایی در سال

[1] Concentrated Solar Power(CSP)

۲۰۲۱ در مقایسه با سال ۲۰۲۰ ، پایدار بوده است. از نظر سرعت رشد نیز، افزایش ظرفیت سالانه تجدیدپذیر، با توجه به جهش استثنایی در سال ۲۰۲۰، کندتر بود.



ظرفیت خالص تجدیدپذیر افزوده شده – ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۱

جهش در سال ۲۰۲۰ زمانی اتفاق افتاد که توسعه‌دهندگان چینی برای اتمام پروژه‌ها (به‌خصوص برای نصب و احداث پروژه‌های بادی‌های خشکی) قبل از مرحله حذف یارانه‌ها، تعجیل کردند.

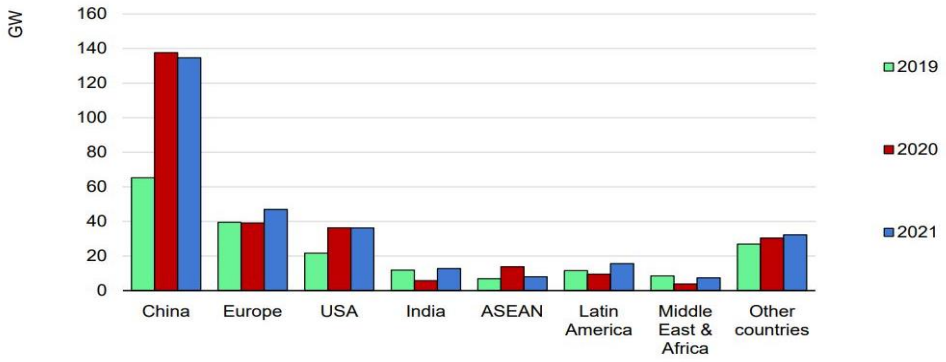
چین تا حد زیادی سهم بازار خود را در سال ۲۰۲۱ حفظ کرد و ۴۶ درصد از ظرفیت‌های تجدیدپذیر در سراسر جهان را به خود اختصاص داد. بااین‌حال، ظرفیت جدید چین نسبت به سال ۲۰۲۰، ۲ درصد کاهش یافت. نصب توربین‌های بادی خشکی و فتولتائیک خورشیدی در مقیاس کاربردی به ترتیب ۵۵ درصد و ۲۲ درصد در مقایسه با سال ۲۰۲۰ کاهش داشته است. از سوی دیگر، اضافه شدن سالانه پروژه‌های بادی دریایی، فتولتائیک خورشیدی مسکونی و انرژی زیست‌توده به دلیل در دسترس بودن یارانه‌ها تا سال ۲۰۲۱، رکوردهای جدیدی را شکست. به‌عنوان‌مثال، تأسیسات جدید بادی دریایی در سال ۲۰۲۱ در مقایسه با سال ۲۰۲۰ تقریباً شش برابر شده است. علاوه بر این، راه‌اندازی چندین واحد در نیروگاه برق‌آبی بایتان چین به شتاب جهانی توسعه نیروگاه‌های برق‌آبی کمک کرد.

خارج از چین، اتحادیه اروپا دومین بازار بزرگ از نظر افزایش ظرفیت بود و این منطقه برای اولین بار رکورد تاریخ را در سال ۲۰۱۱ پشت سر گذاشت. فتوولتائیک خورشیدی به تنهایی بیشترین گسترش اتحادیه اروپا را در سال ۲۰۲۱ به دلیل شتاب یافتن پروژه‌ها در اسپانیا، فرانسه، لهستان و آلمان به خود اختصاص داده است که این امر ثمره ترکیبی از مزایده‌های[۲] دولتی و مشوق‌های فتوولتائیک خورشیدی است.

در ایالات متحده، کاهش نرخ‌های اعتبار مالیاتی تولید[۳] منجر به کاهش یک‌چهارم نصب و احداث پروژه‌های بادی خشکی شد. گسترش فتوولتائیک خورشیدی به دلیل اعتبارات مالیاتی سرمایه‌گذاری[۴] موجود تا سال ۲۰۲۳–۲۰۲۴ ادامه

[2] Auctions
[3] Production Tax Credit(PTC)
[4] Investment Tax Credits(ITC)

دارد و علیرغم اینکه مشکلات زنجیره تأمین و چالش‌های لجستیکی رشد بسیار سریعی داشته باشند، یک محیط باثبات را فراهم آورده است.



ظرفیت خالص تجدیدپذیر افزوده‌شده بر اساس کشور و منطقه – ۲۰۱۹–۲۰۲۱

رشد انرژی‌های تجدیدپذیر در هند در سال ۲۰۲۰ با کاهش بی‌سابقه ناشی از تأخیر پروژه تحت تأثیر چالش‌های کووید۱۹ مواجه شد. اما این رشد در سال ۲۰۲۱ بهبود یافت. با راه‌اندازی پروژه‌های در مقیاس کاربردی[5] که از پیش به مناقصه[6] گذاشته شده بودند و سرعت بخشیدن به بازار فتوولتائیک توزیع‌شده[7] به‌واسطه بهبود سیاست‌ها، افزایش ظرفیت تجدیدپذیر هند در سال ۲۰۲۱ در مقایسه با سال ۲۰۲۰ بیش از دو برابر شده است.

در برزیل، مشوق‌ها برای استفاده از فتوولتائیک توزیع‌شده، منجر به تعجیل در تأسیسات شد. همچنین افزایش انرژی بادی خشکی به دلیل اقتصاد حمایتی ناشی از قراردادهای دوجانبه در بازار آزاد تسریع شد. در آفریقا، افزایش ظرفیت‌های تجدیدپذیر با راه‌اندازی پروژه‌های بادی و خورشیدی فتوولتائیک در آفریقای جنوبی رشد خود را از سر گرفت. خروج از طرح تعرفه تضمینی[8] در ویتنام منجر به رکود در چرخه استقرار شد و افزوده‌های این کشور از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۱ به نصف کاهش یافت. درنتیجه، تأسیسات سالانه اتحادیه کشورهای جنوب شرق آسیا (آسه‌آن)[9] نسبت به سال قبل ۴۰ درصد کاهش یافت.

❖ خلاصه شرایط ۲۰۲۲ و پیش‌بینی ۲۰۲۳

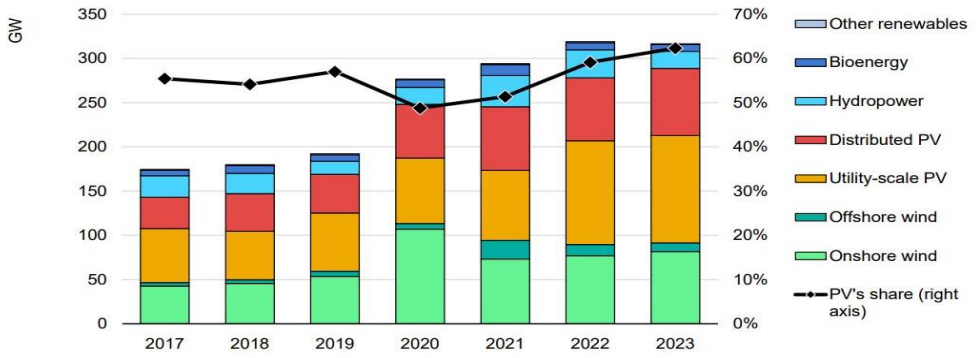
افزایش ظرفیت تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۲–۲۰۲۳ رکورد دیگری را با پیشتازی فتوولتائیک خورشیدی خواهد شکست. انتظار می‌رود ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۲–۲۰۲۳ در مقایسه با سال ۲۰۲۱ بیش از ۸ درصد افزایش یابد و برای اولین بار از مرز ۳۰۰ گیگاوات عبور کند. پیش‌بینی می‌شد که خورشیدی فتوولتائیک با راه‌اندازی ۱۹۰ گیگاوات،

[5] Utility-Scale
[6] Auctions
[7] Distributed PV Market
[8] Feed-In Tariff
[9] ASEAN

۶۰ درصد از افزایش ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر جهانی در سال ۲۰۲۲ را به خود اختصاص دهد که ۲۵ درصد افزایش نسبت به سال گذشته است. پروژه‌های در مقیاس کاربردی تقریباً دوسوم از کل توسعه فتوولتائیک را در سال ۲۰۲۲ تشکیل می‌دهند که عمدتاً ناشی از سیاستی قوی در چین و اتحادیه اروپا است که استقرار سریع‌تر را به ارمغان می‌آورد.

به دنبال کاهش ۳۲ درصدی نسبت به سال ۲۰۲۱، انتظار می‌رود که تأسیسات انرژی بادی در خشکی به‌طور جهانی کمی بهبود یافته و به ۸۰ گیگاوات برسد. همچنین که رشد انرژی بادی دریایی در سراسر جهان در سال ۲۰۲۲، به دنبال جهش استثنایی چهار برابری در سال گذشته در چین و به‌واسطه مهلت حذف تدریجی یارانه‌های ملی، ۴۰ درصد کاهش خواهد یافت. علیرغم این کاهش، به لطف تداوم مشوق‌های استانی در چین و گسترش در اتحادیه اروپا، افزایش ظرفیت بادی در دریا در سطح جهانی در سال ۲۰۲۲ همچنان در مقایسه با سال ۲۰۲۰ دو برابر بوده است. درنتیجه، انتظار می‌رفت چین تا پایان سال ۲۰۲۲ بیشترین ظرفیت بادی نصب‌شده در سراسر جهان را داشته باشد و از مجموع اتحادیه اروپا و بریتانیا پیشی بگیرد. تا زمانی که سیاست‌های جدید و قوی‌تر اجرا نشود، انتظار می‌رود که ظرفیت‌های جهانی تجدیدپذیر در مقایسه با سال ۲۰۲۲ ثابت بماند.

پیش‌بینی می‌شود که فتوولتائیک در سال ۲۰۲۳ رکورد دیگری را بشکند و به تقریباً ۲۰۰ گیگاوات برسد و گسترش انرژی بادی و زیست‌توده پایدار بماند. کاهش ۴۰ درصدی رشد انرژی برق آبی به دلیل کاهش در چین، مانع از رشد ظرفیت در بازار جهانی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود.

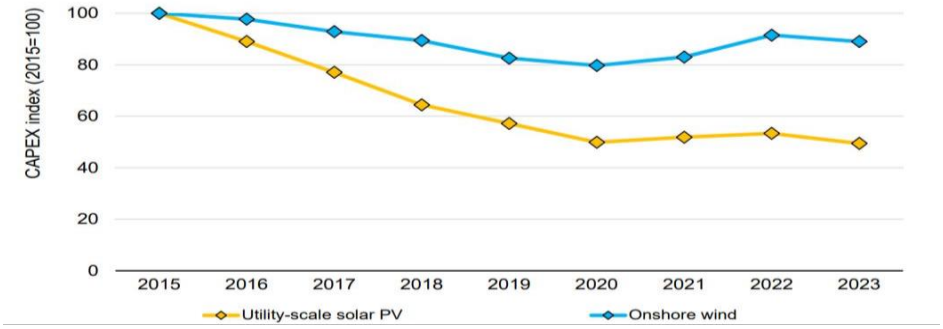


ظرفیت خالص تجدیدپذیر افزوده‌شده بر اساس فناوری – ۲۰۱۷–۲۰۲۳

❖ رقابت‌پذیری انرژی‌های خورشیدی و باد در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳

قیمت بسیاری از مواد خام و هزینه‌های حمل‌ونقل از ابتدای سال ۲۰۲۱ روند افزایشی داشته است. تا مارس ۲۰۲۲، قیمت پلی سیلیکون فتوولتائیک بیش از چهار برابر شد، فولاد ۱.۵برابر، مس ۱.۷برابر و آلومینیوم دو برابر شدند و هزینه حمل‌ونقل تقریباً پنج برابر شد و معکوس شدن روند بلندمدت کاهش هزینه‌ها در قیمت‌های توربین‌های بادی و تولیدکنندگان ماژول‌های فتوولتائیک از طریق افزایش هزینه‌های تجهیزات غیر قابل پیش‌بینی بود. در مقایسه با سال ۲۰۲۰، هزینه‌های کلی سرمایه‌گذاری فتوولتائیک در مقیاس کاربردی و نیروگاه‌های بادی در خشکی در سال ۲۰۲۲ بین ۱۵ تا ۲۵ درصد افزایش یافته است. افزایش هزینه‌های حمل‌ونقل، بیشترین عامل افزایش قیمت در بخش بادی در

خشکی است. برای فتوولتائیک خورشیدی، این تأثیر به‌طور مساوی بین قیمت‌های بالا برای حمل‌ونقل، پلی‌سیلیکون و فلزات تقسیم می‌شود.



برآورد هزینه سرمایه‌گذاری برای پروژه‌های جدید انرژی خورشیدی و بادی خشکی در شرایط قیمت بالای کالاها

❖ رشد قابل توجه چین و اتحادیه اروپا

باوجود حذف تدریجی مشوق‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۱، پیش‌بینی‌ها می‌شد که چین بیشترین رشد صعودی را برای سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ داشته باشد. این گسترش به دلیل عوامل متعدد دولتی و بازار است.

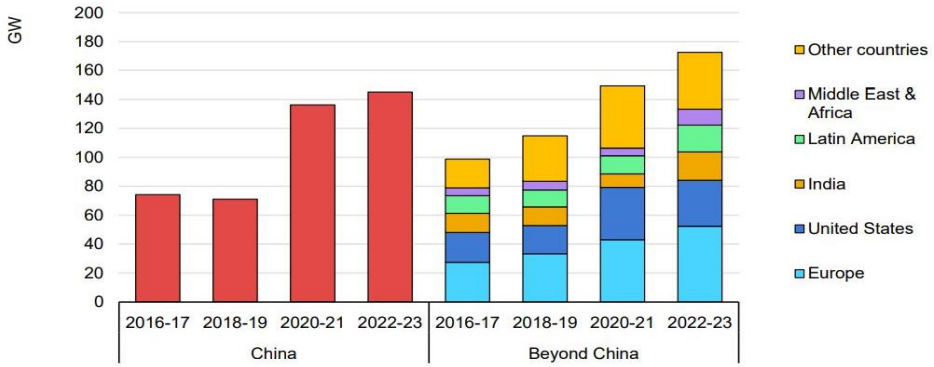
۱. هزینه‌های تولید فتوولتائیک خورشیدی و بادی در خشکی کمتر از قیمت‌های معیار زغال‌سنگ در اکثر استان‌ها است.
۲. در آغاز سال ۲۰۲۲ دولت ۴۵۰ گیگاوات از پروژه‌های خورشیدی و بادی در سین کیانگ و مغولستان داخلی را که به‌عنوان «مگاهاب» شناخته می‌شوند، با ظرفیت آغازین ۱۰۰ گیگاوات، توسعه داد.
۳. وزارت دارایی چین پرداخت یارانه انرژی تجدیدپذیر به ارزش ۶۰ میلیارد دلار را تائید کرد که تا سال ۲۰۲۲ پرداخت می‌شود و ترازنامه توسعه‌دهندگان را بهبود می‌بخشد و وجوه اضافی را به پروژه‌های جدید اختصاص می‌دهد.
٤. در غیاب یارانه‌های ملی، دولت‌های استانی همچنان مشوق‌های مالیاتی و حمایت از پروژه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر با هزینه کم را ارائه می‌کنند.

در اتحادیه اروپا، فتوولتائیک خورشیدی بیشترین بازنگری‌ها را به خود اختصاص می‌دهد که با اجرای سریع سیاست‌ها باعث رشد این فناوری در آلمان، هلند، لهستان، ایتالیا و فرانسه می‌شود.علاوه بر آن، رشد صنعت بادی در خشکی در اتحادیه اروپا به دلیل چالش‌های مستمر بازنگری شده است.

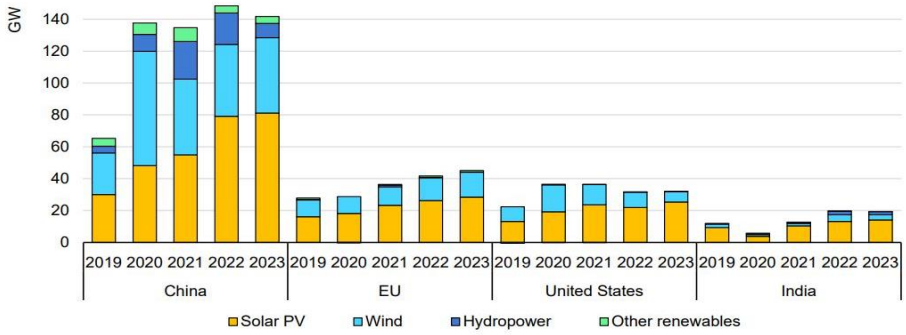
❖ رقابت چین، هند و اروپا

چین ۴۵ درصد از ظرفیت‌های جهانی تجدیدپذیر در سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۲۳ را به خود اختصاص داده است. راه‌اندازی بیش از ۱۴۰ گیگاوات به‌طور متوسط در سال عمدتاً توسط استقرار فتوولتائیک خورشیدی در مقیاس بزرگ انجام می‌شود. روند توسعه در چین کاملاً مطابق با هدف ۱۲۰۰ گیگاواتی بادی و فتوولتائیک خورشیدی دولت تا سال ۲۰۳۰ است.

در اتحادیه اروپا، اجرای سریع اهداف سیاست‌ها و مزایده‌های از پیش اعطاشده، همراه با مشوق‌های مستمر برای فتوولتائیک خورشیدی توزیع شده، باعث گسترش توسعه خواهد بود.



افزایش متوسط سالانه ظرفیت به تفکیک کشور و منطقه



افزایش ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر در چین، اتحادیه اروپا، ایالات متحده و هند، ۲۰۱۹–۲۰۲۳

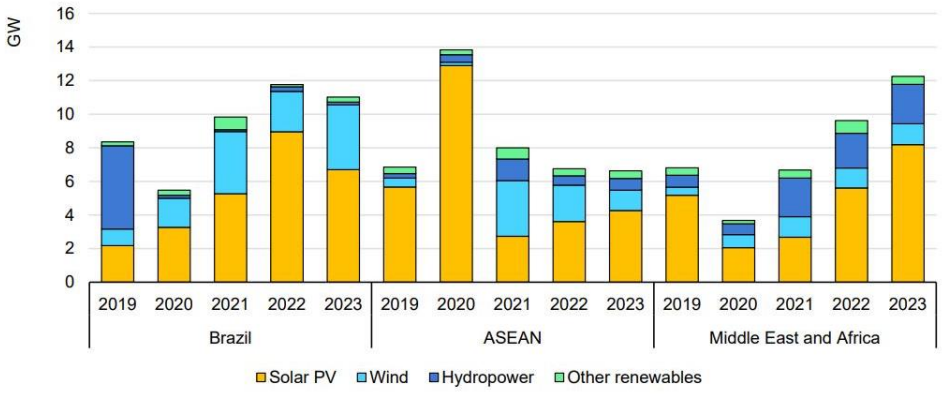
در هند، انتظار می‌رود که رکوردهای جدیدی برای توسعه ظرفیت تجدیدپذیر در سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ ثبت شود، زیرا پروژه‌های به تعویق افتاده از مزایده‌های رقابتی قبلی به‌ویژه برای فتوولتائیک خورشیدی راه‌اندازی می‌شوند.

با این وجود، سلامت مالی شرکت‌های توزیع، با احتمال لغو پروژه‌ها و مذاکرات مجدد قراردادهای طولانی، چالش اصلی برای استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر در هند خواهد بود.

در ایالات متحده، انتظار می‌رود که افزایش ظرفیت سالانه طی سال‌های ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ کاهش یابد. بخش‌های بادی و فتوولتائیک خورشیدی با دو چالش کلیدی برای دستیابی به رشد سریع‌تر در کوتاه‌مدت روبرو هستند.

اولاً، عدم مشاهده برنامه بلندمدت در طرح‌های مشوق‌های آینده، خطمشی پروژه را برای توسعه‌های بادی در خشکی کاهش داد و نرخ‌های اعتبار مالیاتی تولید از نرخ اولیه ۱۹ دلار در مگاوات ساعت برای پروژه‌های شروع ساخت در سال ۲۰۱۶، به ۱۰ دلار در مگاوات ساعت برای شروع ساخت‌وساز در سال ۲۰۱۹، کاهش داد. درحالی‌که تمدیدهای بعدی نرخ‌های اعتبار مالیاتی تولید در سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ با نرخ‌های بالاتری بوده است.

دوم، اقدامات بالقوه تجارت فتوولتائیک خورشیدی در برابر کشورهای آسیای جنوب شرقی (آسه‌آن)، علاوه بر چین، دسترسی به ماژول‌های خورشیدی را در کوتاه‌مدت کاهش می‌دهند و منجر به افزایش قیمت‌ها می‌شوند که به دلیل افزایش قیمت کالاها پیش از این نیز افزایش یافته بود. تولیدات فعلی ماژول‌ها در ایالات متحده تنها می‌تواند کمتر از ۲۰ درصد تقاضای سالانه سال گذشته را برآورده کند و تولیدکنندگان محدودی خارج از ویتنام، اندونزی، کامبوج، مالزی و چین وجود دارند که می‌توانند محصولات فتوولتائیک را به بازار ایالات متحده ارائه دهند.



ظرفیت افزوده‌شده انرژی‌های تجدیدپذیر در برزیل، آسه‌آن، خاورمیانه و آفریقا، ۲۰۱۹–۲۰۲۳

این در حالی است که رشد قابل توجهی در مناطق دیگر جهان، به‌ویژه آمریکای لاتین، خاورمیانه و شمال آفریقا، رخ می‌دهد. مهلت‌های مختلف راه‌اندازی مزایده‌های رقابتی و قراردادهای دوجانبه در آسه‌آن می‌تواند منجر به نوسان در بخش بادی و افزایش ظرفیت فتوولتائیک شود. چرخه‌های رونق و رکود سیاست‌گذاری ویتنام منجر به کاهش قابل توجه رشد ظرفیت در مقایسه با سال ۲۰۲۰ شده است. به دنبال رونق فتوولتائیک خورشیدی در سال ۲۰۲۰ و پروژه‌های بادی در خشکی در سال ۲۰۲۱، پیش‌بینی می‌شود که ظرفیت تجدیدپذیر ویتنام از ۱۷ گیگاوات طی سال‌های ۲۰۲۰–۲۰۲۱ به تنها ۶ گیگاوات برای سال‌های ۲۰۲۲–۲۰۲۳ کاهش یابد.

در خاورمیانه و آفریقا، تمهیدات اجراشده برای فتوولتائیک خورشیدی باعث افزایش ظرفیت سالانه می‌شود. کاهش هزینه‌های سیستم، منابع مناسب، شرایط مالی مطلوب و مقیاس‌های مقرون‌به‌صرفه، پروژه‌های فتوولتائیک خورشیدی را در خاورمیانه از نظر اقتصادی جذاب می‌کند. در کشورهای جنوب صحرای آفریقا، ضمانت‌های دولت یا حمایت بانک‌های توسعه برای پروژه‌های خورشیدی فتوولتائیک، بادی و برق‌آبی باعث رشد می‌شوند.

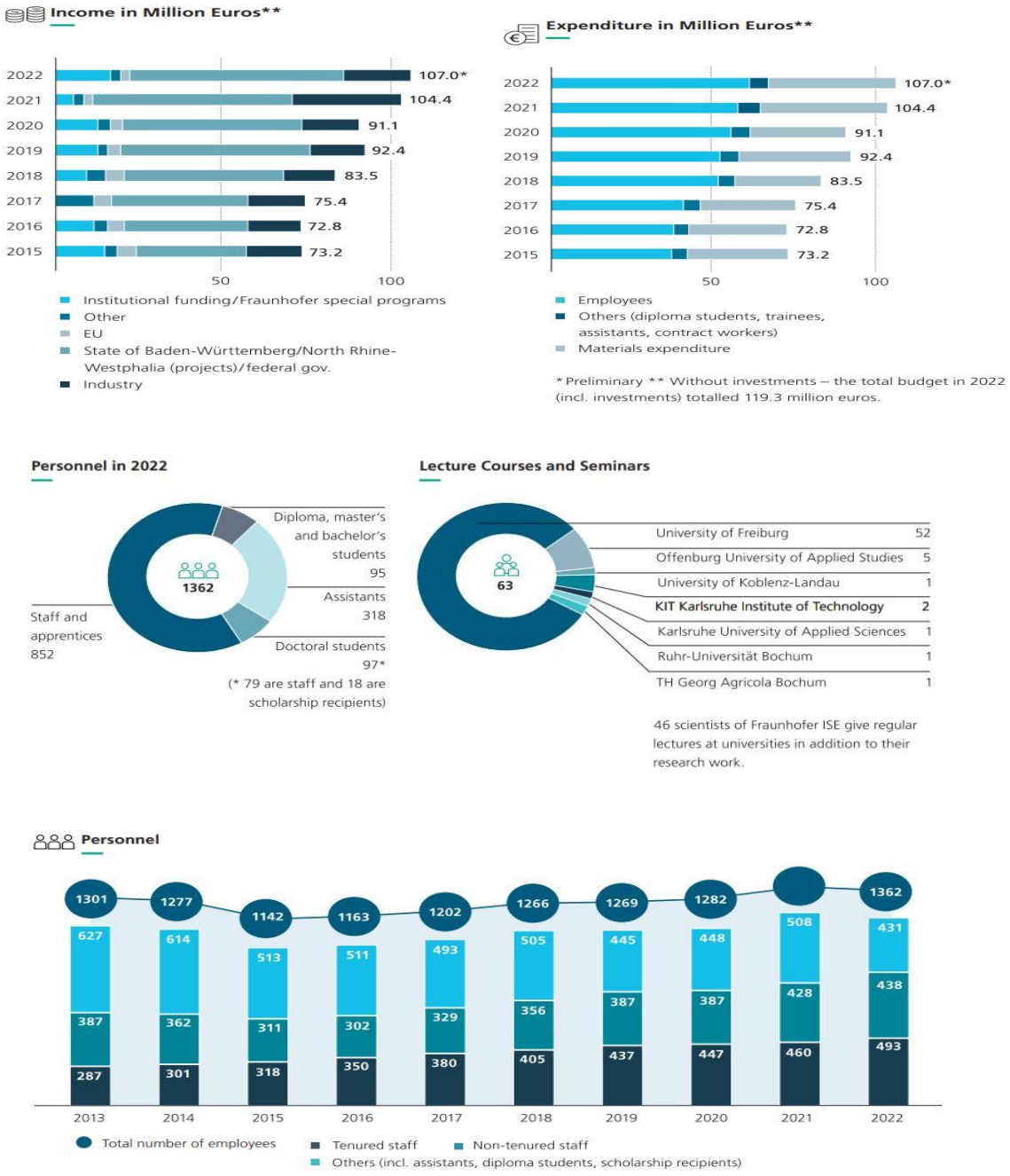
منبع : International Energy Agency - RenewableEnergyMarketUpdate2022

غول‌های فناوری

فرانهوفر خورشیدی آلمان

موسسه فرانهوفر برای سیستم‌های انرژی خورشیدی در فرایبورگ آلمان بزرگ‌ترین موسسه تحقیقات خورشیدی در اروپا است. این گروه با حدود ۱۴۰۰ پرسنل متعهد به ترویج یک سیستم تأمین انرژی پایدار، اقتصادی، ایمن و عادلانه اجتماعی مبتنی بر منابع انرژی تجدیدپذیر متمرکز است و از طریق زمینه‌های تحقیقاتی اصلی خود در حوزه تأمین انرژی، توزیع انرژی، ذخیره انرژی و استفاده از انرژی به این امر کمک می‌نماید. این موسسه در زمینه‌های تجاری‌سازی فتوولتائیک، ساختمان‌های کارآمد در بخش انرژی[10]، نیروگاه‌های حرارتی خورشیدی و فرآیندهای صنعتی، فناوری‌های هیدروژن و ذخیره‌سازی انرژی الکتریکی و همچنین شبکه‌ها و سیستم‌های هوشمند فعالیت دارد و به این منظور زیرساخت آزمایشگاهی عالی در اختیار دارد. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل، انجام مطالعات، ارائه مشاوره و روش‌های آزمایش و صدور گواهینامه را به مشتریان خود ارائه می‌دهد. نمودارهای زیر روند درآمد و هزینه‌های این شرکت بر حسب میلیون دلار از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ و تعداد کارکنان و سمینارهای برگزار شده را نشان می‌دهد.

[10] Energy Efficient Buildings



خلاصه‌ای از عملکرد درآمد و هزینه‌ها (بر حسب میلیون دلار)، تعداد کارکنان و سمینارهای برگزار شده در فرانهوفر از سال ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲

❖ مرکز سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا

در «مرکز سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا»، فناوری‌هایی ارزیابی می‌شوند که به‌وسیله آن‌ها می‌توان به بالاترین بازده فتوولتائیک دست یافت و سپس پیاده‌سازی این فناوری‌ها در بالاترین سطح بین‌المللی صورت می‌پذیرد. کاربردهای سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا نه‌تنها شامل ماژول‌های خورشیدی معمولی بلکه منابع تغذیه برای ماهواره‌ها، وسایل

نقلیه الکتریکی، حسگرهای مستقل و دستگاه‌های الکترونیکی نیز می‌شود. فرانهوفر دارای چندین رکورد جهانی در بخش سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا است، مانند رکورد ارزش راندمان برای سلول‌های خورشیدی سیلیکونی تماسی دوطرفه[11] (۲۶٪) و راندمان بالای ۴۷.۶٪ برای یک سلول خورشیدی چهار اتصالی[12] مبتنی بر معماری سلول چند اتصالی III. -V.[13]

این سازمان، با هدف پیشبرد موقعیت خود در تحقیقات سلول‌های فتوولتائیک، ساختمان آزمایشگاه جدید خود را در آوریل ۲۰۲۱، پس از تکمیل یک برنامه‌ریزی فشرده و مرحله ساخت که در سال‌های گذشته انجام‌شده بود، رسماً افتتاح نمود. ساختمان جدید شامل آزمایشگاه‌ها و تجهیزات اتاق تمیز پیشرفته است که برای رسیدگی به چالش‌های فناوری آینده مناسب است. در مرکز جدید سلول‌های خورشیدی با راندمان بالا، فناوری فتوولتائیک پیشرفته را می‌توان در آزمایشگاه‌های پیشرفته بیش از ۱۰۰۰ مترمربع آزمایش و بهینه کرد. در این تأسیسات، تحقیقاتی باید بر روی فرآیندهای نوآورانه و فناوری برای کاربردهای آتی در صنعت انجام شود. علاوه بر توسعه بیشتر فناوری سیلیکون و III-V، تمرکز مرکز جدید بر ترکیب این دو ماده است: سلول‌های تاندم مبتنی بر سیلیکون با راندمان بالا[14] یکی از امیدوارکننده‌ترین فناوری‌های فتوولتائیک است. با تأسیس آزمایشگاه جدید، فرانهوفر قصد دارد به توسعه انواع سلول‌های خورشیدی و فناوری‌های جدید و پیشگامانه در آینده ادامه دهد و درنتیجه رقابت صنعت فتوولتائیک آلمان و اروپا را در سطح بین‌المللی افزایش دهد. این شرکت همچنین روی موضوعات زیر در سال ۲۰۲۲ و ۲۰۲۳ تمرکز بیشتری داشته است:

❖ فتوولتائیک‌های تاندم سیلیکونی III-V[15]

سلول‌های خورشیدی تاندم III-V می‌توانند نور را در طیف وسیعی از طول‌موج‌های طیف خورشیدی جذب کنند و برای تبدیل مؤثر فوتون‌های فرابنفش، مرئی و مادون‌قرمز به الکتریسیته مناسب است. سلول‌های خورشیدی تاندم، در ترکیب با سیلیکون به‌عنوان سلول پایینی، بسیار کارآمد هستند و به‌وسیله دو یا حتی سه سلول فرعی می‌توان آن را تولید نمود. سلول‌های فرعی III-V تنها چند میکرومتر ضخامت دارند که دلیل آن خاصیت جذب بالای مواد نیمه‌هادی مرکب III-V است. این ترکیب مواد راه‌های جالبی را برای تولید مقرون‌به‌صرفه‌ایجاد می‌نماید، بااین‌حال، هنوز چالش‌هایی وجود دارد که در پروژه‌های تحقیق و توسعه[16] در حال بررسی است: یکی از چالش‌ها ایجاد مقرون‌به‌صرفه لایه‌های III-V روی سیلیکون است. در حال حاضر محققان این شرکت در حال بررسی دو مفهوم برای سلول‌های خورشیدی ۲ ترمینال یکپارچه[17] هستند. از یک طرف لایه‌های III-V مستقیماً روی سیلیکون قرار می‌گیرند و از طرف دیگر با استفاده از ویفر

[11] Both-Sides Contacted Silicon Solar Cells
[12] Four-Junction Solar Cell
[13] III-V multi-Junction Cell Architecture
[14] High efficiency silicon-based tandem cells
[15] III-V Silicon Tandem Photovoltaics
[16] R&D projects (Research & Development)
[17] 2-terminal monolithic solar cells

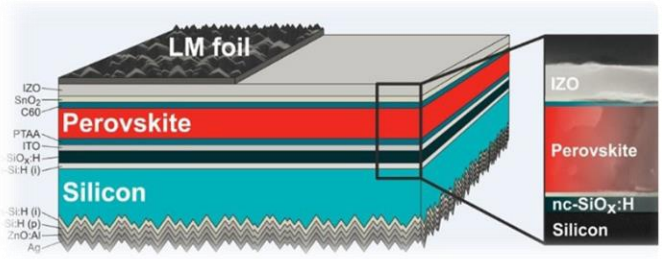
یا باندینگ چسبی از یک بستر گالیوم آرسناید[18] به سیلیکون[19] منتقل می‌شوند. در فرانهوفر به اوج بازده تبدیل ۳۴.۵٪ برای سلول خورشیدی تاندم سیلیکونی III-V دست‌یافته‌اند، که این یک رکورد جهانی است.

❖ سلول‌های زیرین سیلیکونی برای فتوولتائیک‌های تاندم

به‌منظور ارائه موفقیت‌آمیز فناوری فتوولتائیک تاندم به بازار، منطقی است که بر روی یک فناوری بلوغ‌یافته توسعه یابد که به‌خوبی در بازار شناخته شده است. در صنعت فتوولتائیک، شناخته‌شده‌ترین فناوری سلول خورشیدی سیلیکونی کریستالی[20] است. سلول‌های خورشیدی سیلیکونی به دلیل ویژگی‌های شکاف نواری[21]، به‌طور ایده‌آل برای کاربرد به‌عنوان سلول پایینی در یک سلول خورشیدی تاندم مناسب هستند. بااین‌حال، معیارهای طراحی برای سلول سیلیکونی زیرین با معیارهای یک سلول سیلیکونی استاندارد متفاوت است. در فرانهوفر، سال‌ها تجربه در توسعه سلول‌های خورشیدی سیلیکونی از مرحله آزمایشگاهی تا صنعتی شدن وجود دارد که به‌طور مؤثر از این دانش برای توسعه و تطبیق سلول‌های خورشیدی سیلیکونی برای کاربردهای سلول‌های تاندم استفاده می‌شود.

❖ فتوولتائیک های تاندم سیلیکونی پروسکایت[22]

سلول‌های خورشیدی تاندم سیلیکونی پروسکایت نویدبخش کاهش هزینه‌های تولید برق و مصرف کمتر منابع در مقایسه با سلول‌های خورشیدی سیلیکونی معمولی هستند. سلول خورشیدی پروسکایت مستقیماً روی سلول خورشیدی سیلیکونی قرار می‌گیرد. ازآنجایی‌که نیمه‌هادی پروسکایت دارای شکاف باند انرژی بالاتری نسبت به سیلیکون است، سلول خورشیدی پروسکایت می‌تواند از فوتون‌های پرانرژی بهتر از سلول خورشیدی سیلیکونی استفاده کند. سلول خورشیدی سیلیکونی می‌تواند به‌طور مؤثر از فوتون‌های کم انرژی استفاده کند که از طریق سلول خورشیدی پروسکایت منتقل می‌شوند. بنابراین راندمان کلی افزایش می‌یابد و راندمان بیش از ۳۰٪ امکان‌پذیر خواهد شد.



سلول‌های خورشیدی تاندم سیلیکونی پروسکایت

منبع : Fraunhofer-ISE Annual Report 2022 / 23

[18] GaAs
[19] Si
[20] Crystalline Silicon Solar Cell
[21] Gap Properties
[22] Perovskite Silicon Tandem Photovoltaics

تحولات راهبردی

رویکرد خورشیدی ایالات متحده تا سال ۲۰۵۰

این مطالعه بینش‌هایی را از تخصص و ابزار آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر(انرل)[۲۳] ایالات متحده برای ارائه تجزیه و تحلیل دقیق از آینده انرژی خورشیدی در ایالات متحده به دست می‌دهد. ۳۰ سال آینده انرژی خورشیدی احتمالاً بسیار متفاوت از ۳۰ سال گذشته به نظر می‌رسد. فتوولتائیک و انرژی خورشیدی متمرکز احتمالاً به‌سرعت به رشد خود ادامه می‌دهند مانند پروژه‌های آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر و انرژی خورشیدی می‌تواند ۴۵٪ از انرژی خورشیدی را تأمین کند. اما در دهه‌های آینده، تکامل فناوری‌های انرژی خورشیدی را می‌توان بیشتر با نحوه تعامل آن‌ها با سایر فناوری‌های انرژی مانند باد و ذخیره‌سازی تعریف کرد. تغییرات در سیستم انرژی گسترده‌تر، مانند افزایش برق ساختمان‌ها و وسایل نقلیه، ظهور سوخت‌های پاک، و تعهدات جدید به اقتصاد پایدار، آینده انرژی خورشیدی را شکل خواهد داد. این نکات بخشی از یافته‌های کلیدی مطالعه آینده خورشیدی است که توسط دفتر فناوری انرژی خورشیدی وزارت انرژی ایالات متحده منتشر شده و توسط اِنرل نوشته شده است. این مطالعه بر اساس تحلیل و مدل‌سازی گسترده انجام‌شده توسط اِنرل و تجزیه و تحلیل در بسیاری از حوزه‌ها است تا ارزیابی متعادل و دقیقی از آینده انرژی خورشیدی ارائه دهد. رابرت مارگولیس، سرپرست اِنرل در این مطالعه می‌گوید: «این مطالعه دیدگاه‌های متخصص را در صنعت، دولت، سازمان‌های غیردولتی و دانشگاه‌ها گرد هم آورد تا مسیر تحقیقاتی خود را مشخص کند. سپس از چندین ابزار دقیق مدل‌سازی برای بررسی اینکه چگونه نقش خورشیدی می‌تواند تحت مجموعه‌ای از سناریوهای کربن‌زدایی تکامل یابد، استفاده کردیم.»

[23] NREL

این مطالعه از سه سناریو استفاده می‌کند:

- یک مورد پایه با استفاده از سیاست‌ها و روندهای فعلی.
- یک سناریوی کربن‌زدایی که در آن سیستم برق فعلی تغییر یافته و ۹۵٪ تا سال ۲۰۳۵ و ۱۰۰٪ تا سال ۲۰۵۰ کربن‌زدایی شده است.
- یک سناریوی کربن‌زدایی به‌اضافه برق‌رسانی که در آن شبکه برق به‌طور قابل توجهی در مقیاس رشد می‌کند تا برق ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و صنعت را تأمین کند.

با این سناریوها، در بیش از ۳۰۰ صفحه، محققان اِنرل در بخش‌های مختلف همکاری داشته‌اند تا تعیین نمایند هر سناریو چگونه انجام می‌شود. نتایج آن‌ها آینده‌ای سرشار از فرصت‌های یکپارچه‌سازی خورشیدی را توصیف می‌کند: بهینه‌سازی مشترک با وسایل نقلیه الکتریکی، بازیافت و استفاده مجدد از سیستم خورشیدی، توزیع عادلانه‌تر و گسترده‌تر جامعه از انرژی خورشیدی و موارد دیگر. هر گزارش فنی از مجموعه ابزارهای تجزیه و تحلیل اِنرل خود استفاده می‌کند، اما نتایج در بسته مدل‌سازی شبکه برق اِنرل، سیستم استقرار انرژی منطقه‌ای[۲۴]، گرد هم آمدند. این سیستم نحوه اضافه شدن و ارسال نیروگاه‌ها به شبکه‌های برق ایالات متحده را شبیه‌سازی می‌کند. بااین‌حال، این مدل به ترکیبی از داده‌های اِنرل داخلی و منابع داده‌های خارجی برای تخمین تقاضا و تولید آینده بستگی دارد. فهرست کامل گزارش‌ها شامل موارد زیر است:

- اولویت‌های تحقیق و توسعه برای پیشبرد هزینه‌ها و عملکرد چرخه عمر فتوولتائیک خورشیدی: اولویت‌های تحقیق و توسعه فناوری فتوولتائیک را بیان می‌کند که هزینه‌های برق فتوولتائیک را برای دستیابی به اهداف مورد نیاز در سناریوهای مطالعه کاهش می‌دهد. این گزارش همچنین اثرات آن را در سراسر کشور در صورت دستیابی به اهداف بررسی می‌کند.
- نقش تمرکز فناوری‌های انرژی خورشیدی– حرارتی در شبکه کربن‌زدایی شده ایالات متحده: آینده تمرکز فن‌آوری‌ها و بازارهای خورشیدی– حرارتی را بررسی می‌کند. این گزارش همچنین جهت‌های تحقیقاتی احتمالی را موردبحث قرار می‌دهد و بازارهای فراتر از تولید برق را در نظر می‌گیرد.
- فرصت‌های از سمت تقاضا، نقش‌های سیستم‌های انرژی خورشیدی و ساختمانی توزیع‌شده در یک شبکه کربن‌زدایی شده: فرصت‌هایی را برای کربن‌زدایی سریع و مقرون‌به‌صرفه شبکه‌ها با استفاده از منابع انرژی توزیع‌شده، مانند فتوولتائیک پشت‌بام و پاسخ به تقاضا و موانع استفاده بهتر از این منابع ارائه می‌دهد.
- به حداکثر رساندن هم‌افزایی خورشیدی و حمل‌ونقل: مسیرهای فناورانه و بازار که استفاده بهتر از برق خورشیدی را به‌عنوان سوخت برای حمل‌ونقل ریلی، جاده‌ای، هوایی و دریایی ممکن می‌سازد.

[24] Regional Energy Deployment System(ReEDS)

- پتانسیل الکترون‌ها به مولکول‌ها با استفاده از انرژی خورشیدی: مجموعه‌ای از محصولات بالقوه الکترون به مولکول و طرح‌های سیستم را بررسی می‌کند که توسط نور خورشید یا الکتریسیته خورشیدی تغذیه می‌شوند و می‌توانند برای استفاده‌ها و کاربردهای نهایی متفاوت تنظیم شوند.
- انرژی خورشیدی مقرون‌به‌صرفه و در دسترس برای همه. موانع، راه‌حل‌ها و پتانسیل پذیرش در محل: خلاصه‌ای از موانعی که خانوارهای با درآمد کم و متوسط هنگام دسترسی به انرژی خورشیدی با آن مواجه می‌شوند، ازجمله تأمین مالی و بودجه، مشارکت جامعه، مناسب بودن سایت، سیاست‌ها و مقررات، و تاب‌آوری و بازیابی مطرح می‌شود. در این گزارش همچنین راه‌حل‌های ممکن برای رفع این موانع در نظر گرفته‌شده است.
- محیط‌زیست و اقتصاد دایره‌ای: به ملاحظات زیست‌محیطی مرتبط با فناوری‌های خورشیدی، ازجمله مسائل عدالت زیست‌محیطی می‌پردازد. این گزارش همچنین یک اقتصاد دایره‌ای را برای سیستم‌های فتوولتائیک پیش‌بینی می‌کند و مراحل اصلی چرخه عمر آن‌ها را به‌تفصیل شرح می‌دهد.

❖ پتانسیل خورشیدی استفاده نشده ساختمان‌ها

امروزه تنها حدود ۳ درصد از پشت‌بام‌های خورشیدی در ایالات متحده میزبان سیستم‌های فتوولتائیک هستند. رویکردهای سمت تقاضا (تغییر مصرف و ذخیره انرژی) اگر به‌درستی کار کنند می‌تواند هزینه کربن‌زدایی کامل شبکه برق را تا سال ۲۰۵۰ تا ۲۲ درصد کاهش دهد. در این گزارش، اِنرل در نرم‌افزار دی‌جن [۲۵] تحلیل تقاضای بازار را به هر سناریوی کربن‌زدایی تبدیل می‌کند تا پتانسیل کامل استقرار خورشیدی روی پشت‌بام را تحت ساختارهای نرخ الکتریکی مختلف و سناریوهای قیمت فتوولتائیک پیش‌بینی کند.

این گزارش بیشتر فرصت‌های ساختمان‌ها و محله‌ها را برای بهینه‌سازی انرژی مورد بررسی قرار می‌دهد، مانند هماهنگی گرمایش، تهویه مطبوع، شارژ وسایل نقلیه الکتریکی، ذخیره انرژی و فتوولتائیک پشت‌بام. این تنظیم و تعادل انرژی، مربوط به انواع ساختمان‌ها از مسکونی گرفته تا تجاری و صنعتی، با استفاده از دو ابزار اِنرل مورد بررسی قرار گرفت: ۱– ابزار ساختمان‌های تجدیدپذیر شهری و بهینه‌سازی محله[۲۶] برای مدل‌سازی بارهای ساختمان‌ها و مناطق نماینده، و ۲–بهینه‌سازی انرژی تجدیدپذیر[۲۷] برای یافتن ترکیب بهینه انرژی‌های تجدیدپذیر برای هر ساختمان. جدای از یافتن مقیاس برای کربن‌زدایی در آینده، این گزارش خلاصه‌ای از مسیرها و سیاست‌های ساختمان‌ها را ارائه می‌کند تا در خدمت بهبود کارایی سمت تقاضا باشند.

[25] dGen ™
[26] Urban Renewable Building and Neighborhood optimization(URBANopt ™)
[27] Renewable Energy Integration & Optimization (REopt ™)

❖ خورشیدی مقرون‌به‌صرفه و در دسترس برای همه

گسترش انرژی خورشیدی مزایای اقتصادی و انعطاف‌پذیری را برای بسیاری از جوامع به ارمغان می‌آورد، اما بدون توجه به اینکه چگونه و چرا جوامع و افراد از انرژی خورشیدی استفاده می‌کنند، نمی‌توان همه را از این مزایا به‌طور عادلانه برخوردار نمود. غلبه بر نابرابری‌های گذشته در دسترسی به خورشید مزایای آشکاری برای کیفیت هوای محلی، کاهش تغییرات آب و هوا و فرصت‌های جامعه دارد. در مطالعه «خورشیدی مقرون‌به‌صرفه و قابل دسترس برای همه: موانع، راه‌حل‌ها، و پتانسیل پذیرش در محل»، اِنرل فرصت را در هر دو طرف (برای جوامع و برای کربن‌زدایی در مقیاس وسیع) اندازه‌گیری می‌کند. یک بار دیگر، نرم‌افزار دی‌جن[۲۸] ثابت کرد که ابزار ارزشمندی برای در نظر گرفتن فاکتورهای با مقیاس خوب در برابری انرژی خورشیدی است. دی‌جن به‌ویژه در لحاظ نمودن واقعیت‌های متفاوتی که جوامع مختلف با توجه به هزینه‌های انرژی، اعتبار مالی، آشنایی فرهنگی و سایر عواملی که در گزارش توضیح داده شده است، مفیدفایده است. دی‌جن فرصت ازدست‌رفته خورشیدی روی پشت‌بام را در خانه‌های خانواده‌های با درآمد پایین، ساختمان‌های مستأجران و چند خانواری و استقرار خورشیدی در جامعه تعیین می‌کند. این گزارش دستورالعملی را در مورد چگونگی اولویت‌بندی برابری انرژی برای دستیابی به کربن‌زدایی همه‌جانبه سریع‌تر ارائه می‌دهد. یکی از یافته‌های اصلی این است که اگر مشکل انگیزه حل شود، استفاده از انرژی خورشیدی می‌تواند ۱۰ برابر بیشتر در خانه‌های با درآمد کم و متوسط باشد (مشکل مالکان خانه که انگیزه‌ای برای نصب انرژی خورشیدی ندارند، و اجاره‌کنندگانی که پس‌انداز بالقوه از انرژی خورشیدی نصب‌شده را از دست می‌دهند). اِنرل راه‌حل‌های احتمالی را برای این مشکل و سایر مشکلات، پیشنهاد می‌نماید.

❖ هم‌افزایی خودرویی – خورشیدی

حمل‌ونقل الکتریکی یکی دیگر از نکات کلیدی مهم در آینده انرژی خورشیدی است. مطالعه آینده خورشیدی نشان می‌دهد که انرژی خورشیدی می‌تواند تا سال ۲۰۵۰ حدود ۱۴ درصد از مصارف نهایی حمل‌ونقل را تأمین کند. فتوولتائیک خورشیدی به‌خوبی با شارژ وسایل نقلیه الکتریکی همراه می‌شود. هر دو از برق جریان مستقیم استفاده می‌کنند که از تلفات کارایی در تبدیل به برق با جریان متناوب جلوگیری می‌کند (در برخی موارد این تلفات ۲۶٪ گزارش شده است). سایر هم‌افزایی‌های خودرویی–خورشیدی شامل هماهنگی شارژ خودرو با در دسترس بودن خورشید، استقرار انرژی

[28] Distributed Generation Market Demand(dGen)

خورشیدی در سایبان‌ها و سازه‌های پارکینگ، استفاده از باتری‌های وسایل نقلیه الکتریکی برای کاربردهای ذخیره‌سازی عمر دوم و حتی تجهیز پنل های فتوولتائیک خورشیدی به‌طور مستقیم بر روی وسایل نقلیه است. هر یک از این احتمالات در «به حداکثر رساندن هم‌افزایی خورشیدی و حمل‌ونقل» موردبحث قرارگرفته است. در دوره زمانی این مطالعه که نسبت به مطالعات پیشین بلندمدت‌تر است، فناوری‌هایی بررسی می‌شود که نیازمند توجه بیشتر برای توسعه و گسترش هستند. مانند هماهنگی خودروهای هیدروژنی با الکترولیزهای خورشیدی، و طرح‌های شارژ زمان‌بندی شده برای هماهنگ کردن شارژ ناوگان وسایل نقلیه الکتریکی. این گزارش موانع فعلی، محدودیت‌های هزینه فناوری و برابری و عدالت در توزیع انرژی را در نظر می‌گیرد.

منبع :

nrel.gov - Building a Solar-Powered Future - 7 FEBRUARY 2022[29]

[29] https://www.nrel.gov/news/program/2022/building-a-solar-powered-future.html#:~:text=Photovoltaics%20(PV)%20and%20concentrating%20solar,are%20projected%20to%20continue%20to

تحولات راهبردی

ژاپن و بهره‌برداری از انرژی خورشید باوجود چالش کمبود زمین

سیاست‌گذاران ژاپنی اکنون به صفحه‌های خورشیدی روی پشت‌بام توجه ویژه‌ای دارند زیرا زمین در این کشور کمیاب است و فتوولتائیک یکپارچه ساختمان[۳۰] و خورشیدی شناور هنوز در مراحل اولیه خود هستند. اگرچه ژاپن در این زمینه بسیار فعال است و حتی بر روی جاده‌های خورشیدی تمرکز دارد.

از آوریل ۲۰۲۵، ساختمان‌های جدید در منطقه توکیو برای نصب انرژی خورشیدی موردتوجه خواهند بود و پیش‌بینی می‌شود سایر مناطق نیز سیاست‌های مشابهی را تا سال ۲۰۳۰ اجرا کنند. با نزدیک شدن به سال ۲۰۳۰ و اهداف آن برای کربن‌زدایی، ژاپن به دنبال راه‌هایی برای افزایش تعهد خود به انرژی‌های تجدیدپذیر است. برای انرژی خورشیدی که در حال حاضر به دلیل کمبود زمین مناسب برای توسعه پروژه‌های جدید محدود شده است، پشت‌بام‌ها بهترین فرصت را برای ایجاد سریع ظرفیت تولید جدید ارائه می‌دهند. اکنون هم دولت مرکزی و هم مقامات منطقه‌ای ژاپن در حال رونمایی از سیاست‌هایی برای حمایت از نصب خورشیدی در پشت‌بام خانه‌ها و مشاغل در سراسر کشور هستند.

ژاپن در نظر دارد تا سال ۲۰۳۰ با استفاده از انتشار سال ۲۰۱۳، انتشار گازهای گلخانه‌ای را ۴۶ درصد کاهش دهد. در راستای دستیابی به این هدف، در همین مهلت زمانی، حداقل ۳۶ تا ۳۸ درصد انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی قرار خواهد گرفت. کازویا اینوئه، مدیر سیاست تغییر اقلیم در وزارت محیط‌زیست ژاپن، در کنفرانسی که در هفته جهانی انرژی هوشمند در توکیو در ماه مارس برگزار شد، خاطرنشان کرد که انرژی خورشیدی بیشترین نقش را برای رسیدن به هدف انرژی‌های تجدید پذیر خواهد داشت. مزایایی فراتر از کربن‌زدایی، با برنامه‌هایی برای تأسیسات جدید خورشیدی در راستای ایجاد شغل و احیای اقتصادهای محلی در سراسر ژاپن دارد. بااین‌حال، تحقق تمام اهداف مذکور مستلزم تلاش

[30] BIPV

زیادی است. بر اساس برنامه‌های فعلی، دستیابی به اهداف ۲۰۳۰ مستلزم دو برابر شدن کل ظرفیت فتوولتائیک نصب‌شده ژاپن است که در پایان سال ۲۰۲۲ کمتر از ۷۰ گیگاوات بوده است. پتانسیل انرژی تجدیدپذیر ژاپن تا سال ۲۰۵۰، ۱.۸ برابر تقاضای مورد انتظار است.

پنل‌های خورشیدی شناور در ژاپن

ژاپن با نرخ تعرفه تضمینی[31] بالا، در اوایل دهه ۲۰۰۰ به‌عنوان پیشرو در انرژی خورشیدی ظاهر شد و از آن زمان تاکنون تأسیسات حدود ۵ گیگاوات در سال را حفظ کرده است. اگرچه امروزه زمین برای این پروژه‌ها کمیاب است و انرژی خورشیدی در رقابت با کشاورزی و سایر صنایع است. در بلندمدت، ترکیب زمین‌های خورشیدی و کشاورزی در پروژه‌های اگری‌ولتائیک[32] باید برخی از سایت‌های جدید را ایجاد نماید. اما این برنامه‌ها هم از نظر فنی و هم از نظر مقرراتی در مراحل اولیه هستند و تا قبل از سال ۲۰۳۰ سهم عمده‌ای در بازار برای آن‌ها قابل فرض نیست. فتوولتائیک یکپارچه ساختمان، یک فناوری کلیدی برای کاهش استفاده انرژی‌های تجدیدپذیر از زمین، در وضعیت مشابه است. قوانین ساختمانی سختگیرانه ژاپن و الزامات ایمنی در برابر زلزله به این معنی است که دریافت هر محصول فتوولتائیک برای استفاده به‌عنوان مصالح ساختمانی یک فرآیند طولانی‌مدت خواهد بود. فتوولتائیک شناور نیز شاهد پیشرفت‌هایی بوده است، اما مسائل نظارتی و همچنین چند مورد برجسته از سیستم‌هایی که به شدت توسط طوفان آسیب دیده‌اند، به این معنی است که این بخش نیز با مشکلات اجرایی مواجه است. این امر، فتوولتائیک پشت‌بام را در میان جذاب‌ترین گزینه‌ها برای توسعه بیشتر انرژی‌های تجدیدپذیر در ژاپن قرار می‌دهد و دولت با مجموعه‌ای از یارانه‌های جدید در سطح مرکزی و منطقه‌ای برای تشویق بیشتر انرژی خورشیدی خانگی انگیزه می‌دهد. دولت مرکزی، از طریق وزارت اقتصاد، تجارت و صنعت، نرخ تعرفه تضمینی را برای تأسیسات فتوولتائیک روی پشت‌بام بزرگ‌تر از ۱۰ کیلووات تعیین کرده است. تأسیسات بزرگ پشت‌بام (با حداقل ۲۵۰ کیلووات ظرفیت تولید) از طرح ملی مناقصه مستثنا شده‌اند. ازآنجایی‌که

[31] Feed in Tariffs
[32] Agrivoltaics

مکان‌های مناسب برای نصب ماژول‌های فتوولتائیک در حال حاضر رو به کاهش است، وزارت اقتصاد، تجارت و صنعت قیمت‌های خروجی سیستم‌های فتوولتائیک تجاری پشت‌بام را ۲۰ تا ۳۰ درصد بالاتر از سیستم‌های فتوولتائیک نصب‌شده روی زمین تعیین می‌کند و هدف آن افزایش تمایل شرکت‌ها برای نصب سیستم‌های فتوولتائیک تجاری روی پشت‌بام است.

جاده‌های خورشیدی در ژاپن

قوانین بیشتر، که در ابتدای آوریل معرفی شدند، باید برای راه‌اندازی بیشتر تأسیسات فتوولتائیک تجاری مفید باشند. بازنگری در قانون صرفه‌جویی انرژی ژاپن اکنون از شرکت‌هایی با مصرف انرژی بالا می‌خواهد که وضعیت خود و برنامه‌های میان‌مدت و بلندمدت خود را برای تبدیل به انرژی غیرفسیلی به‌طور منظم گزارش دهند و اهداف سال ۲۰۳۰ را بر روی صنایع خاصی که نیاز به کاهش مصرف سوخت فسیلی دارند، قرار می‌دهد.

مشوق‌ها برای نصب جدید خورشیدی نیز در سطح منطقه‌ای موجود است که عمدتاً بر فتوولتائیک پشت‌بام متمرکز هستند. از سال ۲۰۲۰، شهر کیوتو برای ساختمان‌های جدید و بازسازی‌شده با زیربنای بیش از ۲۰۰۰ مترمربع برای نصب پنل‌های خورشیدی الزاماتی را در نظر گرفته است. در دسامبر ۲۰۲۲، توکیو با گسترش این الزام به خانه‌های تک‌خانواده و سایر ساختمان‌های کوچک‌تر، قدمی فراتر برداشت. همچنین در هفته جهانی انرژی هوشمند، کازومی آرای، مدیر هماهنگی سیستم برای دولت شهری توکیو اشاره کرد که درحالی‌که تخمین زده می‌شود ۷۰ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای در توکیو از ساختمان‌ها است، تنها ۴.۲۴ درصد از پشت‌بام‌های شهر در حال حاضر دارای انرژی خورشیدی هستند. بنابراین زمان آن است که در مورد بحران‌های اقلیمی و انرژی اقدامات مؤثری صورت بپذیرد.

در توکیو، قانون جدید برای سازندگان خانه‌های بزرگ (کسانی که پروژه‌هایی با مساحت بیش از ۲۰۰۰۰ مترمربع در سال دارند) موظف است که به خانه‌های جدید و ساختمان‌های دیگر با فضای کمتر از ۲۰۰۰ مترمربع انرژی خورشیدی اضافه کنند. این شرکت‌ها (حدود ۵۰ کسب‌وکار مشمول این قانون خواهند بود) بر اساس تعداد ساختمان‌ها و شرایط آفتابی در هر منطقه، سهمیه‌ای دریافت خواهند کرد. علاوه بر این، ساختمان‌های بزرگ جدید، برای مالک ساختمان موظف هستند که حداقل ۵ درصد از مساحت ساختمان را با پنل پوشش دهند. پس از تصویب توسط دولت شهر توکیو،

این قانون قرار است از آوریل ۲۰۲۵ و پس از «دوره حمایت از سازندگان خانه و سایر ذینفعان» لازم‌الاجرا شود. همچنین اخیراً اعلام شده است که توکیو قصد دارد ۷۴۰ میلیارد ین برای طرح «توکیوی قوی و پایدار» ازجمله ۱۵۰ میلیارد ین برای «ترویج نصب تأسیسات انرژی تجدیدپذیر در ساختمان‌های جدید» هزینه کند. انتظار می‌رود که سایر مناطق ژاپن در سال‌های آتی با دستورات مشابهی در زمینه انرژی خورشیدی روی پشت‌بام از پایتخت پیروی کنند.

با در دسترس بودن این تعرفه‌های تضمینی و سایر یارانه‌ها، و همچنین افزایش قیمت برق و یک مدل تجاری جذاب توافق خرید نیرو، انتظار می‌رود فتوولتائیک جدید روی پشت‌بام تعداد نصب و راه‌اندازی بالاتری را در سراسر ژاپن ایجاد کند. در سناریوی «کسب و کار به‌طور معمول»، انتظار می‌رود که تأسیسات فتوولتائیک سالانه کشور در سال ۲۰۳۰ به ۸ گیگاوات برسد، درحالی‌که طی یک سناریوی تسریع شده می‌تواند تا ۱۴ گیگاوات افزایش یابد.

شرکت‌هایی که بازار ژاپن را تأمین می‌کنند، راه‌حل‌هایی شامل ماژول‌ها، اینورتر، قفسه‌بندی و باتری است تا فرآیند عرضه را ساده‌تر کند. یارانه برای باتری‌های مسکونی و تجاری نیز در دسترس است. بااین‌حال، قیمت‌ها باید بیشتر کاهش یابد تا میزان جذب رشد یابد. مدیر تحقیقات کایزوکا در مورد تلاش‌ها برای یارانه دادن به ذخیره‌سازی تا حدی که انرژی خورشیدی به برابری هزینه برق شبکه برسد، می‌گوید که وزارت محیط‌زیست و سایر شهرداری‌ها، ازجمله توکیو، مقدار زیادی یارانه برای دستیابی به برابری ذخیره‌سازی ارائه می‌دهند.

منبع: pv magazine - Weekend Read: Japan turns to the rooftop – 6 May 2023[33]

[33] Weekend Read: Japan turns to the rooftop – pv magazine International (pv-magazine.com)

تحولات راهبردی

چشم‌انداز هند در بومی‌سازی زنجیره ارزش پنل‌های فتوولتائیک

براساس گزارش مرکز تحقیقات جی.ام.کا[۳۴] و موسسه اقتصاد انرژی و تحلیل مالی[۳۵] در کشور هند، صنعت ساخت تجهیزات انرژی خورشیدی در این کشور باید به‌جای تمرکز صرف بر ظرفیت تولید پنل خورشیدی، بر ساخت یک اکوسیستم ادغام عمودی پایدار[۳۶] متمرکز شود. کشور هند احداث نیروگاه‌های خورشیدی با ظرفیت ۳۰۰ گیگاوات را تا سال ۲۰۳۰ هدف قرار داده و در حال حاضر، دارای ظرفیت تولید ۳/۴ گیگاوات سلول خورشیدی و ۱۸ گیگاوات پنل خورشیدی است. اما، تولید واقعی حتی از این مقدار هم کمتر است؛ چراکه تولید واقعی این کارخانه‌ها ۴۰ تا ۵۰ درصد کمتر از ظرفیت اسمی آن‌ها می‌باشد. بر طبق این گزارش، کشور هند نه‌تنها در تولید اجزاء و قطعات بالادستی مانند سلول‌ها بلکه حتی در تولید پنل فتوولتائیک نیز وابسته به کشورهای دیگر است. از نظر ظرفیت نیز در مقایسه با کشور چین که حدود ۶۱ درصد ظرفیت تولید پنل‌های خورشیدی جهان را در اختیار دارد، حدود ۱۸ گیگاوات ظرفیت تولید پنل خورشیدی هند تقریباً برابر با افزایش ظرفیت سالانه تولیدی توسط برترین برندهای فتوولتائیک چینی است. این امر نشان از فاصله زیاد شرکت‌های هندی برای مطابقت با مقیاس‌های اقتصادی خود دارد.

در زمینه مواد اولیه (خام)، تولیدکنندگان هندی به‌طورعمده به واردات از چین وابسته هستند و با خطرهای مرتبط با کمبود و افزایش قیمت مواجه هستند. این مهم، نیاز به یک اکوسیستم داخلی تجهیزات خورشیدی پایدار را برجسته می‌کند. به‌گفته ویبوتی گارگ، اقتصاددان انرژی و از نویسندگان این گزارش، بدون تولید داخلی در مقیاس بزرگ (مواد خام تا ماژول‌های فتوولتائیک)، خطرهای عمده لجستیک و نوسان‌های قیمت کالا برای واردات ادامه خواهد داشت.

[34] JMK
[35] IEEFA
[36] Vertically Integrated Ecosystem

❖ مشوق‌ها

گزارش نشان می‌دهد که هدف مهم هند برای احداث نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک با حمایت دولت، چشم‌انداز تولید فتوولتائیک بومی را به‌طور چشمگیری پر جنب‌وجوش کرده است. ده‌ها شرکت در بخش انرژی خورشیدی هند برای نشان دادن برند خود در حال رقابت هستند. مشوق‌های تولید دولت هند طرحی را با هزینه اولیه ۴۵۰۰ کرور (نسبت نرمال شده بین‌المللی) معادل ۶۱۶ میلیون دلار به‌علاوه تخصیص ۵/۲ میلیارد دلار در بودجه سال ۲۰۲۲ برای تولید سلول‌های فتوولتائیک مطرح کرده است که پتانسیل مرکب برای تولید پنل‌های خورشیدی با حداقل ظرفیت ۴۰ گیگاوات را فراهم خواهد کرد. به گفته جیوتی گولیا مؤسس مرکز تحقیقات جی.م.کا طرح مشوق‌های تولید دولت هند، اگر معقولانه اجرا شود، می‌تواند ظرفیت تولید سلول‌های خورشیدی، ویفرهای خورشیدی و پنل‌های فتوولتائیک داخلی را در طی سه تا چهار سال آینده چندین برابر افزایش دهد. این طرح همچنین به ایجاد فرصت‌های شغلی در بازار جانبی شامل شیشه‌های خورشیدی، اتیلن وینیل استات و نیروی کار ماهر کمک خواهد کرد و سرمایه‌گذاری مستقیم در کشور هند به دلیل طرح‌های مشوق به‌طور چشم‌گیری افزایش می‌یابد.

❖ مسیر پیش‌رو

مسئله دیگر برای صنعت خورشیدی کشور هند آن است که نرخ استفاده از ظرفیت کارخانه‌هایی که در آن سلول‌خورشیدی می‌سازند، به‌نسبت پایین است. به‌علاوه، حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد سلول‌های خورشیدی که در داخل تولید می‌شوند از نوع فناوری پلی‌کریستال هستند که درحال منسوخ شدن است. تولیدکنندگان جدید که قصد توسعه یا ورود به بازار انرژی خورشیدی را دارند، درنظر دارند تا ماشین‌آلاتی را برای تولید ماژول‌های فتوولتائیک مونوکریستال که فناوری غالب است، نصب کنند. این پیشرفت به تولیدکنندگان داخلی کمک خواهدکرد تا با رقبای جهانی از نظر کیفیت و قیمت رقابت کنند. صنعت فتوولتائیک هند هم‌چنین با چالش بلندمدت و کوتاه‌مدت هزینه‌های بالای تولید، ناکارآمد بودن واحد تحقیق‌وتوسعه و کمبود نیروی انسانی ماهر مواجه است. توسعه قابل‌توجه ظرفیت تولید موادخام، به‌ویژه پلی‌سیلیکون، نیازمند فناوری پیچیده و به‌شدت سرمایه‌بر خواهد بود. شرکت‌های تولیدکننده داخلی نیازمند داشتن مشارکت فعال فناوری با مبتکران و مؤسسات تحقیقاتی هستند. ویبوتی گارگ می‌گوید: ایجاد زیرساخت‌های داخلی قوی جهت توسعه پایدار و همه‌جانبه صنعت تولید تجهیزات نیروگاه‌های خورشیدی ضروری است و صرفاً نباید بر تولید پنل خورشیدی فتوولتائیک تمرکز نمود.

منابع:

PV Magazine - Sustainable, vertically integrated solar manufacturing in India – 25 FEBRUARY 2022[37]

[37] Sustainable, vertically integrated solar manufacturing in India – pv magazine International (pv-magazine.com)

تحولات راهبردی

نگاهی به صنعت خورشیدی ۲۰۲۳

با ادامه رشد تقاضا برای منابع انرژی پاک و تجدیدپذیر، پیش‌بینی می‌شود که صنعت انرژی خورشیدی در سال ۲۰۲۳ رشد و نوآوری قابل توجهی تجربه نماید. مهم‌ترین روندهایی که پیش‌بینی می‌شود سهم بیشتری در شکل‌دهی به صنعت خورشیدی داشته باشند به شرح زیر هستند:

- **رشد مزارع خورشیدی در مقیاس بزرگ:** رشد مزارع خورشیدی در مقیاس بزرگ در سال ۲۰۲۳ ادامه خواهد یافت، چرا که کشورهای بیشتری سرمایه‌گذاری خود را در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر افزایش می‌دهند. مزارع خورشیدی می‌توانند یک منبع مقرون‌به‌صرفه و مقیاس‌پذیر از انرژی پاک ارائه دهند و به کاهش اتکا به سوخت‌های فسیلی و بهبود امنیت انرژی کمک کنند.
- **گسترش پنل‌های خورشیدی روی پشت‌بام:** نصب و راه‌اندازی پنل های خورشیدی روی پشت‌بام در سال ۲۰۲۳ به گسترش چشم‌گیری خواهد داشت، به‌خصوص که تعداد بیشتری از خانوارها و مشاغل به دنبال کاهش هزینه‌های انرژی و بهبود ردپای زیست‌محیطی خود هستند. پنل‌های خورشیدی پشت‌بام می‌توانند منبع مقرون‌به‌صرفه‌ای از انرژی پاک باشند و در کاهش وابستگی به شبکه مؤثر باشند.
- **اتخاذ روش‌های ذخیره‌سازی انرژی:** روش‌های ذخیره‌سازی انرژی، مانند باتری‌ها، در سال ۲۰۲۳ به‌طور فزاینده‌ای فراگیر خواهند بود. روش‌های ذخیره‌سازی انرژی می‌توانند به بهبود امنیت انرژی و کاهش وابستگی به شبکه کمک کنند، درحالی‌که امکان استفاده مؤثرتر از منابع انرژی تجدیدپذیر را فراهم می‌نمایند.

- **رشد انرژی خورشیدی جامعه‌محور**[۳۸]: انرژی خورشیدی جامعه‌محور، که به چندین خانوار یا کسب و کار اجازه می‌دهد تا یک تأسیسات خورشیدی در مقیاس بزرگ را به اشتراک بگذارند، در سال ۲۰۲۳ به رشد خود ادامه خواهد داد. انرژی خورشیدی جامعه‌محور می‌تواند به دسترسی بیشتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر شدن انرژی خورشیدی کمک کند و درعین‌حال مشارکت جامعه را ترویج و آگاهی زیست‌محیطی را نیز ارتقا دهد.
- **گسترش انرژی خورشیدی خارج از شبکه**: انرژی خورشیدی خارج از شبکه، که برق را برای جوامع و افرادی که به شبکه متصل نیستند، تأمین می‌نماید؛ در سال ۲۰۲۳ رشد چشمگیری خواهد داشت. انرژی خورشیدی خارج از شبکه می‌تواند به رساندن برق به مناطق دورافتاده یا روستایی کمک کرده و همچنین از رشد و توسعه اقتصادی حمایت نماید.
- **افزایش استفاده از فناوری شبکه هوشمند:** فناوری شبکه هوشمند که امکان مدیریت هوشمند عرضه و تقاضای انرژی را فراهم می‌کند، انتظار می‌رود در سال ۲۰۲۳ به‌طور فزاینده‌ای گسترش یابد. شبکه‌های هوشمند می‌توانند در بهبود بهره‌وری انرژی، کاهش اتلاف انرژی و ترویج ادغام منابع انرژی تجدیدپذیر در شبکه مؤثر واقع شوند.
- **توسعه مدل‌های تأمین مالی جدید:** پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که مدل‌های تأمین مالی جدید، مانند تأمین مالی جمعی و تأمین مالی خرد، در سال ۲۰۲۳ پدیدار خواهند شد و در دسترسی بیشتر و مقرون‌به‌صرفه‌تر شدن انرژی خورشیدی برای جوامع و افراد تأثیرگذار باشند. این مدل‌های تأمین مالی می‌توانند به غلبه بر موانع سرمایه‌گذاری و حمایت از رشد بخش انرژی خورشیدی کمک نمایند.

درنتیجه، انتظار می‌رود که سال ۲۰۲۳ سال رشد و نوآوری برای بخش انرژی خورشیدی باشد، زیرا تعداد بیشتری از خانوارها، مشاغل و کشورها از این منبع انرژی پاک و تجدید پذیر استقبال می‌نمایند. انتظار می‌رود این روندها به کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی، بهبود امنیت انرژی و حمایت از گذار به آینده انرژی پایدارتر کمک کند.

منبع :

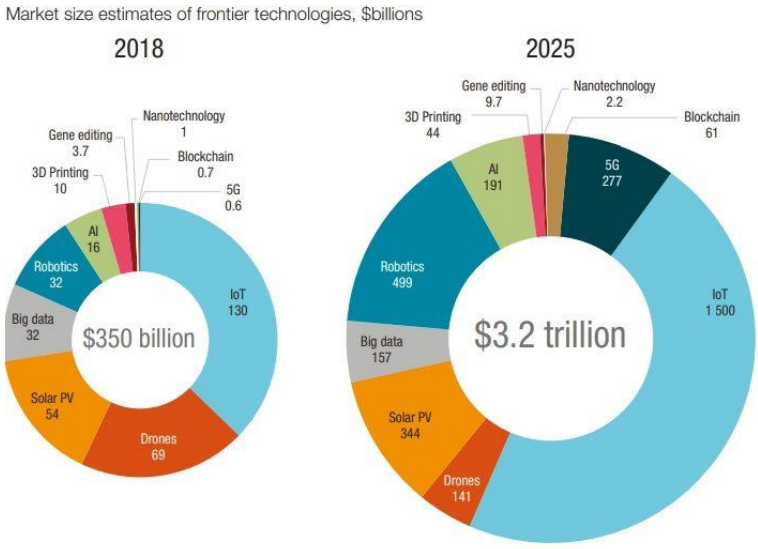
solarquarter.com - Top Solar Energy Trends Expected To Shape The Industry In 2023 – 1 FEBRURAY 2023[۳۹]

[38] Community solar

[39] https://solarquarter.com/2023/02/01/top-solar-energy-trends-expected-to-shape-the-industry-in-2023/#:~:text=Expansion

تحولات راهبردی

جایگاه تجدیدپذیرها در فناوری‌های مرزی



«فناوری‌های مرزی»[40] گروهی از فناوری‌های جدید هستند که از دیجیتالی شدن بهره برده و تلاش می‌شود تا با ترکیب این فناوری‌ها، میزان اثرگذاری‌شان چندین برابر شود. نمودار بالا سهم بازار ۱۱ فناوری در سال ۲۰۱۸ و پیش‌بینی میزان سهم هر یک در سال ۲۰۲۵ را نمایش می‌دهد. این فناوری‌ها عبارت‌اند از: هوش مصنوعی، اینترنت اشیا[41]، داده‌های بزرگ، زنجیره‌های بلوکی[42]، ۵جی[43]، چاپ سه‌بعدی، رباتیک، هواپیماهای بدون سرنشین، ویرایش ژن، فناوری نانو و فتوولتائیک خورشیدی. بنابراین نمودار، در سال ۲۰۱۸ میزان سهم فتوولتائیک از بازار فناوری‌های مرزی ۵۴ میلیارد دلار بوده که پیش‌بینی می‌شود این سهم در سال ۲۰۲۵ بیش از ۵ برابر رشد داشته و به ۳۴۴ میلیارد دلار افزایش یابد.

منبع: گزارش فناوری و نوآوری UNCTAD، ۲۰۲۱

[40] Frontier technologies
[41] IoT
[42] Blockchain
[43] 5G

تحولات فناورانه

پنجره‌های ترموکرومیک[۴۴] و صرفه‌جویی در انرژی ساختمان

ساختمان‌های با نمای شیشه‌ای با پنجره‌های ترموکرومیک در ایالت کارولینای شمالی

بر اساس یک تلاش تحقیقاتی که توسط آزمایشگاه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر وزارت انرژی ایالات‌متحده[۴۵] رهبری می‌شود، استفاده از پنجره‌های ترموکرومیک در ساختمان‌های اداری با تعدیل دمای داخل، کارایی انرژی را در تمام مناطق آب‌وهوایی در ایالات‌متحده بهبود می‌بخشد که منجر به صرفه‌جویی گسترده می‌شود. پنجره‌های ترموکرومیک بر اساس استفاده از مواد پروسکایتی برای جذب انرژی از خورشید از حالت شفاف به حالت جذب یا بازتابی، تغییر می‌کنند. این فناوری بارهای گرمایشی را در مناطق گرم و بارهای سرمایشی را در مناطق سرد کاهش می‌دهد.

لنس ویلر، محقق اصلی این پروژه، گفت که تغییر به پنجره‌های ترموکرومیک سالانه مقدار قابل‌توجهی در مصرف انرژی صرفه‌جویی می‌کند و منبع اصلی صرفه‌جویی از نیاز به انرژی گرمایشی کمتر برای ساختمان‌های اداری غالباً شیشه‌ای در هوای سرد یا فصلی است. این تحقیق بر نرم‌افزار مدل‌سازی آن به نام پی‌وی‌ویندو[۴۶]، که ویلر به توسعه آن پرداخته است، متکی است و نشان می‌دهد که افزودن یک لمینت ترموکرومیک بر روی یک پنجره تک‌جداره یا حتی دوجداره صرفه‌جویی قابل‌توجهی را به همراه خواهد داشت.

ساختمان‌ها حدود ۴۰ درصد از کل مصرف انرژی اولیه در ایالات‌متحده را به خود اختصاص می‌دهند و گرمایش بیشترین سهم را دارد. تکنولوژی پوشش‌دهی[۴۷] در دهه ۱۹۸۰ با جذب یا بازتاب انتخابی نور مادون قرمز، و اجازه عبور

[44] Thermochromic windows
[45] U.S. Department of Energy's National Renewable Energy Laboratory
[46] PVwindow
[47] Coating

نور در بخش مرئی طیف خورشیدی از شیشه، بهره‌وری انرژی پنجره‌ها را متحول نمود. با این حال، کمی بیش از نیمی از انرژی خورشید در طول‌موج‌های مرئی واقع شده است، بنابراین انرژی بیشتری برای گرم کردن یا خنک کردن ساختمان‌هایی با نمای شیشه‌ای قابل‌توجه، موردنیاز است.

محققان از یک سازه ۱۲ طبقه با نسبت پنجره به دیوار ۹۵ درصد به‌عنوان مدل خود استفاده نمودند. آن‌ها مصرف انرژی در ساختمان را در فواصل ۱۵ دقیقه‌ای به مدت یک سال در هشت منطقه آب و هوایی در سراسر کشور شامل هاوایی، آریزونا، کالیفرنیا، کلرادو، نیویورک، ویسکانسین، مینه سوتا و آلاسکا شبیه‌سازی کردند و نتایج زیر حاصل شد:

- پنجره‌های دوجداره ترموکرومیک بازده انرژی ساختمان را نسبت به پنجره‌های دوجداره در هر منطقه بهبود بخشید.
- صرفه‌جویی انرژی در مناطق سردتر بیشتر بود.
- پنجره‌های دوجداره ترموکرومیک حتی از پنجره‌های سه‌جداره در گرم‌ترین مناطق آب و هوایی عملکرد بهتری داشته‌اند.

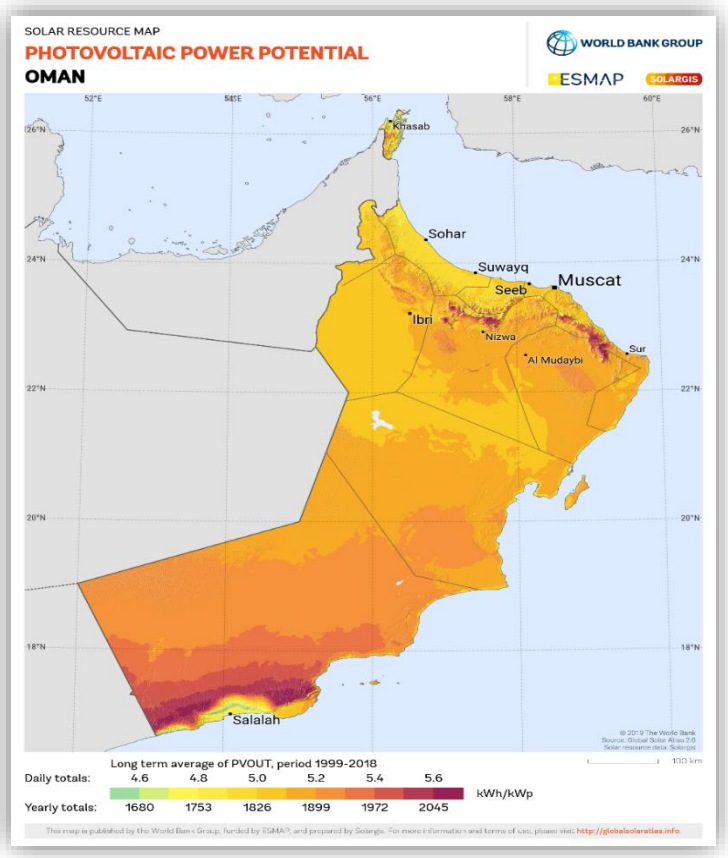
محققان خاطرنشان کردند که در مناطق سردتر، پنجره‌های سه‌جداره نسبت به پنجره‌های دوجداره ترموکرومیک صرفه‌جویی بیشتری در مصرف انرژی داشتند، اما افزودن لمینت ترموکرومیک برای ایجاد پنجره سه‌جداره، بیشترین صرفه‌جویی در انرژی سالانه را در مقایسه با پنجره‌های دوجداره با بالاترین راندمان ایجاد نمود. پنجره‌های ترموکرومیک توسط دما فعال می‌شوند و محققان محاسبه کردند که دمای انتقال ایده‌آل در محدوده ۲۰ تا ۲۷.۵ درجه سانتی‌گراد (۶۸ تا ۸۱.۵ درجه فارنهایت) کاهش می‌یابد. ویلر می‌گوید: «اگر دمای انتقال بیش‌ازحد بالا باشد، ممکن است پنجره در مصرف انرژی صرفه‌جویی نکند. جالب است که این محدوده در بسیاری از اقلیم‌های مختلف، از شمال مینه‌سوتا تا جنوب کالیفرنیا معتبر است. دلیل این امر این است که پنجره‌های پویا برای صرفه‌جویی در تهویه مطبوع، افزایش گرمای خورشیدی را در تابستان‌ها کاهش می‌دهند و همچنین در هنگام نیاز به گرما در زمستان، گرمای خورشیدی را افزایش می‌دهند.» و «ما توانستیم دمای انتقال را در آزمایشگاه به میزان قابل‌توجهی کاهش دهیم تا با دمای ایده‌آل پیش‌بینی‌شده مطابقت داشته باشد. این کار زمینه‌های بسیاری از تخصص‌ها و قدرت همکاری بین علم مواد و علم انرژی ساختمان را نشان می‌دهد».

محققان این مدل‌سازی را با کار تجربی همراه کردند و یک فیلم پروسکایتی را که بین دولایه شیشه قرار گرفته بود نشان دادند. دفتر فناوری‌های ساختمانی وزارت انرژی[۴۸] این تحقیق را تأمین مالی نمود.

منبع : NREL.gov – ۹ فوریه ۲۰۲۳

[48] Department of Energy's Building Technologies Office

چشم‌انداز انرژی خورشیدی در عمان



پتانسیل برق فتوولتائیک کشور عمان – منبع : globalsolaratlas.info

عمان برای بهره‌برداری از پرتوهای انرژی‌بخش خورشید از موقعیت مناسبی برخوردار است. در واقع، طی چند سال گذشته، مجموعه‌ای از گزارش‌ها منتشر شده است که در آن از برتری‌های بهره‌برداری از این منبع انرژی تجدیدپذیر تجلیل می‌شود. با افزایش روزافزون جمعیت شهری که مقادیر بیشتری انرژی مصرف می‌کنند، دولت‌ها در سراسر خلیج‌فارس و مناطق وسیع‌تر منا[۴۹] به‌طور جدی به دنبال بهره‌برداری از انرژی خورشیدی برای کمک به کمبودهای انرژی هستند.

[۴۹] MENA مجموعه‌ای از کشورها که به خاورمیانه و شمال آفریقا اشاره دارد. M: Middle ،E: East ،N: North ،A: Africa. کشورهای زیر معمولاً در منا گنجانده می‌شوند: الجزایر، بحرین، مصر، ایران، عراق، اسرائیل، اردن، کویت، لبنان، لیبی، مراکش، عمان، قطر، عربستان سعودی، سوریه، تونس، امارات متحده عربی، فلسطین و یمن. سودان و ترکیه گاهی اوقات جزو کشورهای منا هستند.

آقای جایگرشاه[۵۰]، که در مقاله اخیر خود گفت که سرمایه‌گذاران از سرمایه‌گذاری در صنعت خورشیدی خاورمیانه ناامید هستند و منتظر دستورالعمل‌های روشن از سوی دولت‌های منطقه هستند. او گفت: «اقتصاد روی آوردن به انرژی خورشیدی در اینجا بسیار بهتر از آفریقای جنوبی، هند، برزیل، چین و ایالات‌متحده است. اکنون که هزینه‌های توسعه فناوری‌های خورشیدی به میزان قابل‌توجهی کاهش یافته است، زمان آن فرا رسیده است که خاورمیانه گفتگو را به عمل تبدیل کند.»

اعلام پروژه ۲ میلیارد دلاری در سال گذشته برای توسعه پروژه‌های انرژی خورشیدی در عمان صورت پذیرفت. در این طرح‌ها همچنین ایجاد کارخانه‌های صنعتی برای تولید پنل‌های خورشیدی و فریم‌های آلومینیومی پیش‌بینی شده است که توسط نیروگاه و همچنین برای مصارف محلی و صادرات استفاده می‌شود.

انتقال دانش و فناوری نیز نقش مهمی در موفقیت این پروژه داشت. ارتباط با شرکت‌های بزرگ فناوری بین‌المللی و دانشگاه‌های بین‌المللی متخصص در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌منظور آموزش جمعیت محلی، در خدمت به این صنعت در حال رشد کمک‌کننده بود.

دیوید هیمهوفر، رئیس گروه ترانکس[۵۱] و مدیرعامل صندوق بهترین انتخاب خاورمیانه[۵۲]، گفت: «با جذب سرمایه‌گذاری مستقیم خارجی در بخش رو به رشد انرژی‌های تجدیدپذیر و استفاده از تخصص آلمان، عمان نه‌تنها به یک رهبر منطقه‌ای در این زمینه تبدیل خواهد شد، بلکه همچنین از ارزش ذاتی بزرگ در زنجیره ارزش کامل مرتبط با این بخش اقتصادی بهره‌مند می‌گردد. او می‌گوید: «این پروژه علاوه بر ایجاد مشاغل جدید برای مردم عمان و افزایش صادرات، صنعت کاملی را ایجاد می‌کند که عمان می‌تواند به آن افتخار کند.»

انتظار می‌رود این پروژه بیش از ۲۰۰۰ شغل برای عمانی‌ها در طیف متنوعی از بخش‌های صنعتی و خدمات ایجاد کند. به‌منظور افزایش مجموعه مهارت‌های جمعیت محلی برای کمک به خدمات‌رسانی به این مشاغل جدید، دانشگاه زوریخ پیشنهاد راه‌اندازی یک موسسه آموزشی در عمان را با تخصص در زمینه مهندسی انرژی‌های تجدید پذیر ارائه نمود.

منبع: bioenergyconsult.com – نوشته سلمان ظفر – ۲۳ آگوست ۲۰۲۳

[50] Jigar Shah
[51] Terra Nex
[52] Middle East Best Select Fund

تحولات فناورانه

میکروواینورترها و بهبود حداکثری راندمان انرژی خورشیدی

در مسیر توسعه پایدار و انرژی سبز امروزی، انرژی خورشیدی به‌عنوان یک انتخاب انرژی پاک و تجدیدپذیر توجه زیادی را به خود جلب نموده است. با این حال، کاربرد عملی چالش‌هایی را ایجاد می‌کند، به‌ویژه برای ساکنان آپارتمان‌ها یا محیط‌های شهری و مشاغل صنعتی و تجاری در مقیاس کوچک که فضای نصب محدود مانع توسعه سیستم انرژی خورشیدی می‌گردد. برای غلبه بر این مانع، میکروواینورترها به‌عنوان راه‌حل‌های نوآورانه متناسب با این سناریوهای خاص ظهور یافته‌اند.

- فتوواتاییک بالکنی[۵۳]: میکروواینورترها یک انتخاب ایده‌آل برای راه‌حل‌های بالکن هستند. با طراحی فشرده و کاهش اتلاف گرما، می‌توان آن‌ها را در نزدیکی بالکن یا پنجره نصب نمود و نور خورشید موجود را به انرژی الکتریکی تبدیل کرد. این امر نه‌تنها امکان استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر را فراهم می‌آورد، بلکه یک جایگزین انرژی سبز را برای ساکنان فراهم می‌سازد و اتکا به شبکه‌های برق سنتی را کاهش می‌دهد.
- راه‌حل‌های تجاری و صنعتی در مقیاس کوچک[۵۴]: میکروواینورترها همچنین نقش مهمی در راه‌حل‌های صنعتی و تجاری در مقیاس کوچک دارند. برای مغازه‌های کوچک، رستوران‌ها، دفاتر و سایر مؤسسات، میکروواینورترها یک راه‌حل اقتصادی و کارآمد تبدیل انرژی را ارائه می‌دهند. در مقایسه با اینورترهای مقیاس بزرگ سنتی، میکروواینورترها دارای ظرفیت و توان خروجی کمتری هستند که همین امر میکروواینورترها را برای نیازهای انرژی در مقیاس کوچک

[53] Balcony Solutions
[54] Small-Scale Commercial and Industrial(C&I) Solutions

مناسب می‌کند. نصب آسان، طراحی مدولار، و فناوری ردیابی نقطه‌ای حداکثری برق[55]، راه‌حل انرژی انعطاف‌پذیرتر، مقرون‌به‌صرفه و کارآمدتری را برای شرکت‌های صنعتی و تجاری در مقیاس کوچک فراهم می‌سازد.

- ایمنی: علاوه بر این، میکروواینورترها ویژگی‌های ایمنی فوق‌العاده‌ای ارائه می‌نمایند و حفاظت پیشرفته‌تری را برای کاربران فراهم می‌سازند.

در مرحله اول، میکروواینورترها دارای عملکرد ایزولاسیون[56] هستند. بنابراین به‌طور مؤثر مدارها را جدا می‌کنند و خطر شوک الکتریکی را به حداقل می‌رسانند. این به این معنی است که کاربران می‌توانند با خیال راحت از میکروواینورترها در هنگام خرابی یا تعمیر و نگهداری بدون تماس مستقیم با قطعات ولتاژ بالا استفاده نمایند.

ثانیاً، میکروواینورترها دارای قابلیت خاموش شدن سریع هستند. به‌محض تشخیص خطاهای شبکه، نوسانات برق یا سایر ناهنجاری‌ها، میکروواینورترها به سرعت سیستم برق خورشیدی را از شبکه جداسازی می‌نمایند. این مکانیسم خاموش کردن سریع از آسیب احتمالی سیستم و تجهیزات ناشی از خطاهای شبکه جلوگیری و ایمنی کاربران و پرسنل تعمیر و نگهداری را تضمین می‌نماید.

ایمنی همچنین در فضاهای عمومی یا محیط‌های مشترک چند واحدی موردتوجه قرار می‌گیرد. میکروواینورترها که به ویژگی‌های نظارت و حفاظت هوشمند مجهز شده‌اند، امکان نظارت به‌صورت آنی[57] وضعیت عملکرد سیستم، دما، ولتاژ، جریان و سایر پارامترها را فراهم می‌کنند. در صورت بروز ناهنجاری، اقدامات حفاظتی مناسب به سرعت اجرا می‌شود. این رویکرد پیشگیرانه به جلوگیری از خطرات احتمالی ایمنی کمک و از رفاه مناطق عمومی محافظت می‌نماید.

- گواهینامه: علاوه بر این، میکروواینورترها با دقت و با رعایت استانداردها و مقررات ایمنی دقیق طراحی و تولید می‌شوند. آزمایشات صورت گرفته و گواهینامه دریافت‌شده، پایبندی این محصول به تمام الزامات ایمنی را تضمین می‌نماید. کاربران می‌توانند به میکروواینورترها اعتماد کنند و بدانند که تأیید و گواهی ایمنی قابل‌اعتماد را پشت سر گذاشته‌اند.

منبع: beny.com -۲۰۲۳/۰۷/۱۳

[55] Maximum Power Point Tracking Technology
[56] Isolation
[57] Real-time

تحولات فناورانه

سانورتر خورشیدی

سانورتر[۵۸] خورشیدی که با نام شارژ اینورتر نیز شناخته می‌شود ترکیبی از اینورتر، شارژر باتری و یک‌سوئیچ انتقال به سیستم خورشیدی می‌باشد. بیشترین کاربرد این دستگاه برای سیستم‌های خورشیدی جهت کاهش هزینه‌ها و کارایی بالاتر با اتلاف انرژی کمتر می‌باشد. مزیت اصلی این سیستم این است که عملیات مداوم مربوط به بارهای بحرانی را صرف‌نظر از حضور یا شرایط شبکه فراهم می‌کنند. اینورتر/شارژر شامل یک‌سوییچ انتقال خودکار است، به‌طوری که وقتی سانورتر شما یک منبع دیگر از برق AC را تشخیص می‌دهد سیستم را از اینورتر به شارژ کردن باتری سیستم خورشیدی انتقال می‌دهد و اگر منبع خارجی برق AC قطع شود مجدداً سیستم از باتری به اینورتر انتقال پیدا می‌کند.

[58] SUNVERTER

تحولات فناورانه

خنک‌سازی پنل خورشیدی با ژل پلیمری

یکی از عوامل کاهش راندمان پنل های خورشیدی، افزایش دمای سطح پنل می‌باشد. شاید کمی پیچیده به‌نظر بیاید اما پنل های خورشیدی که درست با تابش خورشید تولید برق می‌نمایند، درعین‌حال تحت تأثیر این تابش گرم می‌شوند و به‌خاطر گرما راندمانشان پایین می‌آید. محققان و فعالان حوزه انرژی خورشیدی از روش‌های متعددی مانند جریان هوای اجباری، جریان آب اجباری و یا ساخت مواد خنک‌کننده برای کنترل دمای سطح پنل های خورشیدی استفاده کرده‌اند؛ اما اغلب روش‌های خنک‌سازی نیاز به انرژی و یا هزینه‌ی غیر قابل توجیهی داشته که سبب می‌شود این مقدار افزایش راندمان پنل خورشیدی در اثر خنک شدن، توجیه‌پذیری اقتصادی نداشته باشد. دانشمندان حوزه برق خورشیدی اخیراً یک ژل پلیمری که از کلرید کلسیم و نانولوله‌های کربنی ساخته شده است را پیشنهاد می‌دهند که باعث می‌شود این پنلها افزایش دمای زیاد نداشته باشند و بازدهی‌شان بیشتر شود.

کلرید کلسیم به‌راحتی در پشت پنل های خورشیدی استفاده می‌شود. این ماده که خواص خشک‌کنندگی بالا و البته چسبندگی فراوانی دارد، در طول شب می‌تواند هوای مرطوب فضای بیرون را به درون ژل منتقل کند و درجایی به‌عنوان مایع ذخیره نماید. این ژل با جذب رطوبت محیط منبسط می‌شود و توان آن به‌صورت بالقوه دو برابر می‌گردد. درطول روز نانولوله‌های کربن گرمای خورشید را از پنل خورشیدی جذب می‌کنند. وقتی‌که گرما به‌اندازه‌ی کافی به ژل منتقل شد، آب ذخیره‌شده در ژل به‌قدر کافی داغ می‌گردد و به بخار تبدیل می‌شود. در مرحله بعد این آب از ژل تبخیر می‌شود و گرمای ناشی از تابش خورشید را با خود به بیرون منتقل می‌نماید. و باعث خنک شدن سطح پنل خورشیدی می‌گردد.

با آزمایش این ژل، بر روی پنل های خورشیدی تحت تابش مصنوعی، مشاهده شد که دمای پنل خورشیدی ۱۰ درجه سانتی گراد کاهش پیدا کرد. جالب این است که آزمایش این ژل در فضای بیرون و محیط طبیعی سبب کاهش دمای بیشتری در سطح پنل شد و به‌طور کلی راندمان پنل خورشیدی را تا ۱۹ درصد بهبود داد. «رنویان لی»، دانشمندی که بر روی این پروژه کار می‌کند اعتقاد دارد که این فناوری خنک‌کننده می‌تواند در برنامه‌های زیادی مورد استفاده قرار بگیرد؛ چون بخار آب در همه جا وجود دارد. این فناوری نوین ژل خنک‌کننده به سادگی در مقیاس‌های مختلف کارایی دارد. ژل پلیمری می‌تواند از اندازه چند میلی‌متر برای استفاده در دستگاه‌های الکترونیکی تا مقیاس صدها مترمربع برای ساختمان‌ها و یا حتی خنک‌سازی نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار بگیرد.

ابزار پتانسیل سنجی

ابزار تحلیل مکانی و پتانسیل سنجی خورشیدی

سولار جی.ای.اس[59] ابزاری است که برای تحلیلگران داده‌های خورشیدی طراحی شده است. این ابزار راهی سریع‌تر و کارآمدتر برای نمایش داده‌های کلیدی، شناسایی خطاها در اندازه‌گیری‌های داده‌های خورشیدی و اجرای تجزیه و تحلیل منابع خورشیدی، همه در یک پلتفرم، ارائه می‌دهد. به بیان دیگر، سولار جی.ای.اس داده‌های آب و هوا، نرم‌افزار و خدمات مشاوره‌ای را برای ارزیابی دقیق و کارآمد انرژی خورشیدی ارائه می‌دهد. راه‌حل‌های این فناوری به صنعت خورشیدی کمک می‌کند تا ریسک پروژه را کاهش داده و عملکرد نیروگاه‌های خورشیدی را بهینه سازد، چرا که اکثر پروژه‌های خورشیدی از تناقض در داده‌های مؤثر بر انرژی خورشیدی متأثر می‌شوند. داده‌های با کیفیت پایین بر دقت برآوردها و عملیات تأثیر می‌گذارد، همچنین بر بازده مالی نیز تأثیر گذاشته و اعتماد سرمایه‌گذاران را کاهش می‌دهد.

چندین مقایسه مستقل از پایگاه‌های داده تابش خورشیدی در سال‌های اخیر انجام‌شده است. در تمامی این مقایسه‌ها، سولار جی.ای.اس به‌عنوان بهترین پایگاه داده شناخته شده است. مطالعاتی همچون: اعتبارسنجی داده‌های ماهواره‌ای آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۱۴ – توسط پیراینیشن، دانشگاه ژنو، مطالعه مقایسه‌ای بین داده‌های *IEA SHC Task 36* در سال ۲۰۱۱ – توسط پیر اینیشن، دانشگاه ژنو و مقایسه نقشه‌های تابش افقی جهانی سالانه برای استرالیا – توسط جسی کی مس و آنا بروس، دانشگاه نیو ساوت ولز، اعتبار داده‌های سولار جی.ای.اس را تائید نموده‌اند.

[59] SolarGIS

❖ ویژگی‌های سولار جی.ای.اس

- **داده‌های دقیق منابع خورشیدی**

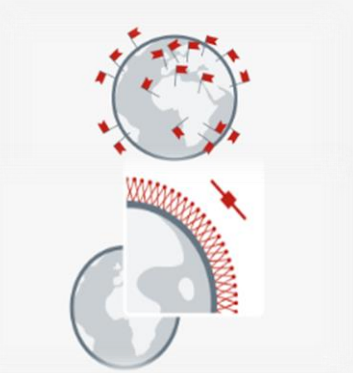
بر اساس پژوهش‌های تائید شده، داده‌های سولار جی.ای.اس بهترین دقت و قابلیت اطمینان را در بین پایگاه‌های داده خورشیدی موجود دارند.

- **پوشش داده‌های تاریخی، اخیر و پیش‌بینی شده**

داده‌های سولار جی.ای.اس برای دوره‌های زمانی گذشته، حال و آینده در دسترس هستند. داده‌ها به‌صورت آنی به‌روزرسانی می‌شوند. بنابراین، می‌تواند نیازهای ارزیابی انرژی را از ایده‌پردازی پروژه تا مدیریت معمول روزانه برآورده نماید.

- **پوشش جهانی**

داده‌ها و خدمات سولار جی.ای.اس برای هر مکانی بین عرض‌های جغرافیایی N۶۰ و S۵۰ در دسترس هستند و به‌طور گسترده تائید شده‌اند. تابه‌حال، داده‌های «سولار جی.ای.اس» در بیش از ۲۰۰ مکان در سطح جهانی تائید شده است و اعتبارسنجی مدل به‌طور سیستماتیک در حال گسترش است. عدم قطعیت داده‌های سولار جی.ای.اس را می‌توان به‌راحتی برای مناطق مختلف آب و هوایی تخمین زد.



- **حاوی سطح بالایی از جزئیات برای بهبود مدل‌سازی انرژی**

داده‌ها با وضوح بالا (رزولوشن مکانی ۲۵۰ متر و رزولوشن زمانی کمتر از ساعتی) آب و هوای معمولی و شدید را بهتر نشان می‌دهد و دقت شبیه‌سازی انرژی خورشیدی را بهبود می‌بخشد.

- **تجربه طولانی‌مدت**

گروه پشتیبان، ۱۶ سال تجربه در ارزیابی منابع خورشیدی و مدل‌سازی انرژی فتوولتائیک دارد.

- **مستقل و شفاف**

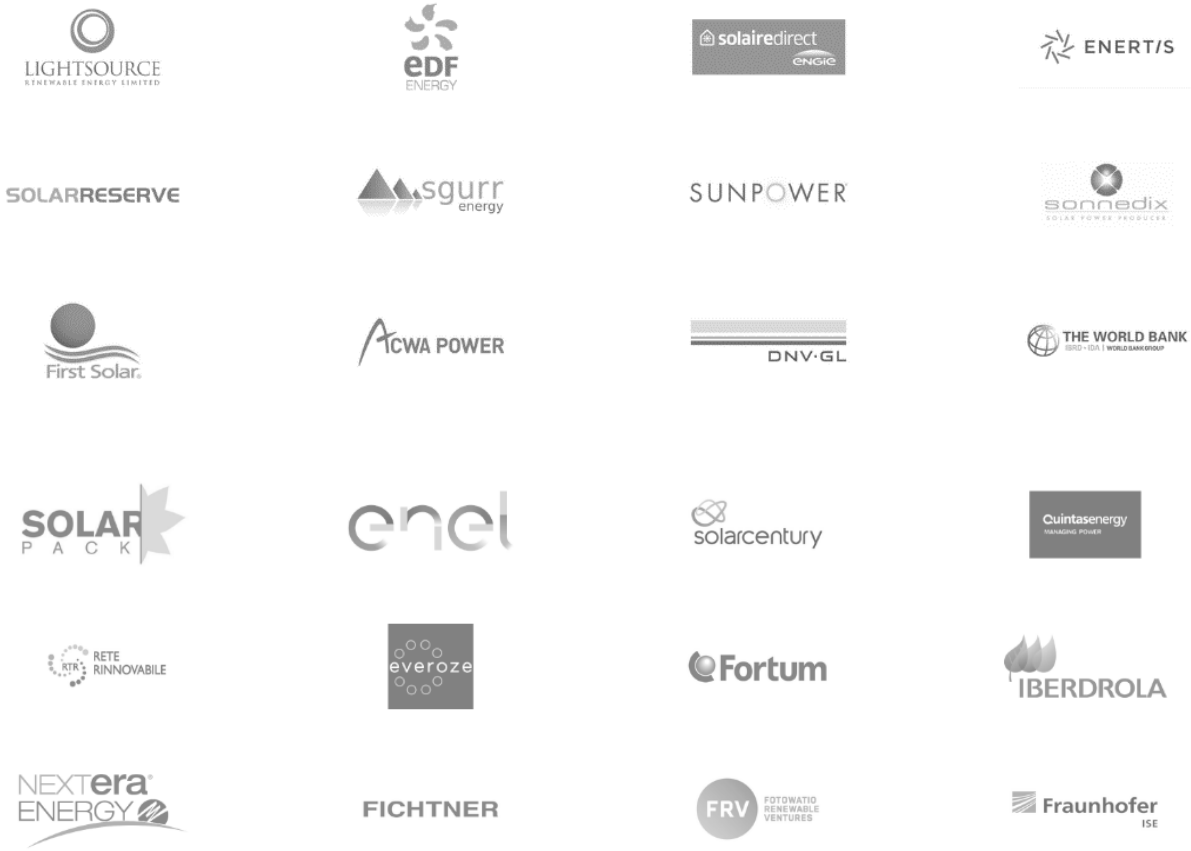
داده‌های «سولار جی.ای.اس» مستقل هستند و هر کسی در هر کجا می‌تواند آن را بر اساس متدولوژی شفاف آن که منتشر شده است، به کار گیرد.

- **داده‌های بدون شکاف**

شکاف‌های گاه‌به‌گاه در جریان داده‌های ماهواره‌ای را با الگوریتم‌های هوشمند پوشش داده‌اند.

❖ شرکت‌های همکاری کننده

این شرکت مورد اعتماد هزاران شرکت در سراسر جهان بوده و تیمی از کارشناسان و دانشمندان برتر را با هدف کمک به موفقیت شرکت‌های خورشیدی گردآوری نموده است. تصویر زیر نام برخی شرکت‌هایی که «سولار جی.ای.اس» را تائید و با آن همکاری داشته را نشان می‌دهد.



شرکت‌های همکاری‌کننده با سولار جی‌آی‌اس

از کارکردهای مهم این شرکت می‌توان به فراهم آوردن امکان دسترسی آنلاین به داده‌های خورشیدی با وضوح بالا، سایر داده‌های هواشناسی، نرم‌افزار شبیه‌سازی فتوولتائیک، نقشه‌های خورشیدی، پایگاه داده GIS و خدمات مانیتورینگ فتوولتائیک برای انرژی خورشیدی اشاره نمود.

جدول زیر خلاصه‌ای از عملکرد بخش‌های مختلف «سولار جی.ای.اس» را بیان می‌دارد.

نام و هدف و داده‌های ابزار	ویژگی‌ها و مزایا
prospect ابزاری برای پیش امکان‌سنجی پروژه خورشیدی سریع و قابل‌اعتماد	**عوامل فنی:** • داده‌های با دقت و مطمئن • امکان مدیریت داده‌های خورشیدی ، مدل‌سازی فتوولتائیک و پیش امکان‌سنجی در یک پلتفرم • بررسی ۳۶۰ درجه عوامل محیطی • تجزیه و تحلیل و مقایسه پیشرفته مانند امکان دریافت داده‌های خروجی به‌صورت میانگین‌های سالانه و ماهانه و میانگین پروفایل‌های ساعتی برای هرماه • تفکیک دقیق و تفصیلی ضرر و زیان به دلیل بررسی تمام عوامل مؤثر بر عملکرد نیروگاه • امکان محاسبه خودکار تلفات دور از سایه **عوامل غیرفنی:** • امکان پشتیبانی چندزبانه • همکاری بهتر • ماشین‌حساب مالی
solarMaps حاوی داده‌های منابع خورشیدی و نقشه‌های PV و داده‌های GIS برای تحلیل‌های بیشتر	**داده‌های موجود برای کشور ایران:** • پتانسیل برق فتوولتائیک(PVOUT) • تابش افقی جهانی(GHI) • تابش عادی مستقیم (DNI) • داده‌های GIS
ClimData فروشگاه آنلاین برای داده‌های خورشیدی و هواشناسی ❖ **داده‌های تابش خورشیدی:** • تابش افقی جهانی / تابش، GHI • تابش عادی مستقیم، DNI • تابش افقی پراکنده، DIF • تابش شیب جهانی، GTI • ناحیه پرتو فرابنفش A و B، UVA، UVB ❖ **داده‌های هواشناسی :** • دمای هوا در ارتفاع ۲ متر، TEMP • سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متر، WS • جهت باد در ارتفاع ۱۰ متر، WD • وزش باد در سطح، WG • رطوبت نسبی، RH • فشار اتمسفر، AP • آب قابل رسوب، PWAT • کل بارش، PREC	• قابلیت ارزیابی سری زمانی • قابل‌اعتمادترین منبع داده تابش خورشیدی مدل‌سازی شده (کمترین عدم قطعیت) • فواصل زمانی کمتر از ساعتی در جمع‌آوری داده‌ها(کسب داده‌های با فرکانس بالا) • داده‌های ۱ دقیقه‌ای تابش خورشیدی • وضوح مکانی ۲۵۰ در ۲۵۰ متر • پوشش جهانی • فروشگاه اینترنتی برای سفارش و تحویل سریع • حاوی مجموعه کاملی از پارامترهای مؤثر بر انرژی خورشیدی

نام و هدف و داده‌های ابزار	ویژگی‌ها و مزایا
PVSpot نظارت مستقل بر تولید برق از نیروگاه‌های فتوولتائیک. بر اساس بهترین داده‌های تابش خورشیدی مشتق شده از ماهواره (فرآیند Monitoring یا نظارت عملکرد فتوولتائیک مستقل) ❖ **داده‌های موجود:** • خروجی برق فتوولتائیک، PVOUT • تابش/تابش افقی جهانی، GHI • تابش کج جهانی/تابش، GTI • تابش مستقیم عادی / تابش، DNI • دمای هوا در ۲ متر، TEMP • سرعت باد در ۱۰ متر، WS • جهت باد در ۱۰ متر، WD • وزش باد در ۱۰ متر، WG • فشار اتمسفر، AP • رطوبت نسبی، RH • آب قابل رسوب، PWAT • نرخ بارش، PREC • معادل آب عمق برف، SDWE	• کاهش عدم قطعیت داده‌ها در مقایسه با اندازه‌گیری‌های زمینی و دقت قابل مقایسه‌ای با اندازه‌گیری‌های زمینی برای مقادیر ماهانه و سالانه • دسترسی به داده‌ها از طریق پلتفرم نظارتی دلخواه خود • دسترسی به داده‌های تابش خورشیدی و دمای هوا و همچنین قابلیت شبیه‌سازی میزان تولید برق فتوولتائیک
Dataservices ابزار ارائه خدمات وب و FTP API برای درخواست داده‌های فوری و بزرگ	• خودکار سازی جریان داده‌ها و پشتیبانی از ارزیابی عملکرد نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک
Solar forecast پیش‌بینی انرژی خورشیدی تا ۱۴ روز آینده ❖ **داده‌های موجود :** • خروجی برق فتوولتائیک، PVOUT • تابش/تابش افقی جهانی، GHI • تابش کج جهانی/تابش، GTI • تابش مستقیم عادی / تابش، DNI • دمای هوا در ۲ متر، TEMP • سرعت باد در ۱۰ متر، WS • جهت باد در ۱۰ متر، WD • وزش باد در ۱۰ متر، WG • فشار اتمسفر، AP • رطوبت نسبی، RH • آب قابل رسوب، PWAT • نرخ بارش، PREC • معادل آب عمق برف، SDWE	• پیش‌بینی تا ۱۴ روز آینده، بر اساس پس پردازش خروجی‌های هواشناسی بهترین مدل‌های NWP • ارائه خروجی‌ها با پیش‌بینی کوتاه‌مدت (اکنون، تا ۶ ساعت) توسط مدل "سولار جی.ای.اس» Cloud Motion Vector Solargis • رویکرد دقیق‌تر برای محاسبه توان فتوولتائیک بر اساس مدل‌های نیمه فیزیکی(آماری) با استفاده از داده‌های خورشیدی یا فتوولتائیک تاریخی(گذشته) به‌عنوان ورودی مدل • دریافت گزارش‌های عملکرد پیش‌بینی در فواصل زمانی هرماه و کنترل صحت پیش‌بینی‌ها و شناسایی خطاهای سیستماتیک • امکان پیش‌بینی برای ردیاب‌های فتوولتائیک

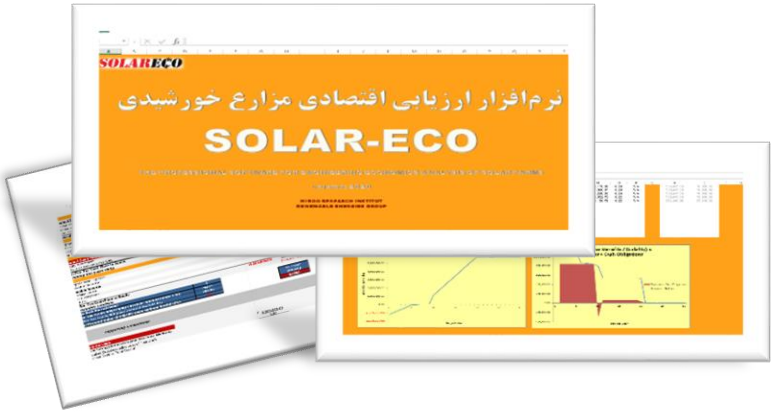
نام و هدف و داده‌های ابزار	ویژگی‌ها و مزایا
Analyst برای تجسم مؤثر، مدیریت کیفیت و تجزیه و تحلیل داده‌های خورشیدی ❖ مدیریت اطلاعات: • وارد کردن مجموعه داده‌ها • مدیریت منطقه زمانی داده • ذخیره الگوهای ورودی • سازمان‌دهی و ذخیره‌سازی پایگاه‌های داده • ماشین‌حساب مجموعه داده • تبدیل واحدها • تلفیق و ترکیب مجموعه داده‌ها • ادغام داده‌ها • خروجی گرفتن از مجموعه داده‌ها ❖ ارزیابی کیفی: • کنترل مرجع زمان • تست‌های خودکار برای تابش و آلبدو • تست‌های خودکار برای پارامترهای هواشناسی • پرچم گذاری تعاملی دستی • تشخیص سایه تعاملی پیشرفته • تشخیص خودکار نقص ردیاب • پس فیلترینگ اتوماتیک • گزارش ارزیابی کیفیت ❖ تحلیل و بررسی: • تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی • نقشه‌های حرارتی، هیستوگرام ها، CDF ها • محاسبه آماری: حداقل، حداکثر، میانگین، صدک و • مقایسه داده‌ها، نمودارهای پراکندگی	• عدم نیاز به کار با صفحات گسترده و متعدد و پلتفرم کاربرپسند • شناسایی و برطرف سازی خطاهای موجود در داده‌های منبع خورشیدی با قابلیت تشخیص خودکار خطا • کمک به تصمیم‌گیری فنی و مالی با پایگاه داده

منبع : SolarGIS.com

ابزار ارزیابی اقتصادی

SOLARECO

نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه خورشیدی



بر اساس تجربه سال‌ها تحلیل و ارزیابی نیروگاه‌های تجدیدپذیر و در پی یک تجربه موفق در خصوص انرژی بادی و توسعه نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های بادی (WENRI-ECO) در مرکز باد پژوهشگاه نیرو، گروه انرژی‌های تجدیدپذیر پژوهشگاه نیرو بدین نتیجه رسید که توسعه یک نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی منعطف و کارا بر اساس قوانین و شرایط کشور می‌تواند برای سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران این حوزه بسیار مفید باشد. در این راستا نرم‌افزار ارزیابی اقتصادی نیروگاه‌های خورشیدی (SOLAR-ECO) در محیط اکسل توسعه داده شد. یکی از ویژگی‌های مهم این نرم‌افزار، مطابقت آن با قوانین موجود در کشور جهت احداث و بهره‌برداری از نیروگاه خورشیدی و قابلیت تغییر سریع و دقیق پارامترها و ارزیابی اثر تغییرات و همچنین شفافیت بالای محاسبات و امکان مشاهده و تحلیل جزییات محاسباتی برای کاربران متخصص است. لازم به ذکر است برای توسعه این نرم‌افزار، نرم‌افزارهای گوناگون این حوزه بررسی و ارزیابی شدند. برای تحلیل‌های فنی یا اقتصادی نیروگاه‌های خورشیدی نرم‌افزارهایی وجود دارند که از آن میان می‌توان به عبارت‌اند از RETScreen، SAM، PVSOL، PVsys، NREL_CREST و COMFAR اشاره کرد که هر یک معایب و مزایای خاص خود را دارا هستند. گفتنی است در توسعه این نرم‌افزار تلاش شد با محوریت هدف، چارچوب و دیدگاه‌های پروژه، از این نرم‌افزارها ایده دریافت شود و البته مدل NREL_CREST مناسب‌ترین مورد برای بهره‌گیری و بومی‌سازی بود. نرم‌افزار SOLAR-ECO در محیط اکسل شامل کاربرگ‌های زیر می‌باشد که در اینجا به اختصار درباره آن توضیحاتی ارائه می‌گردد:

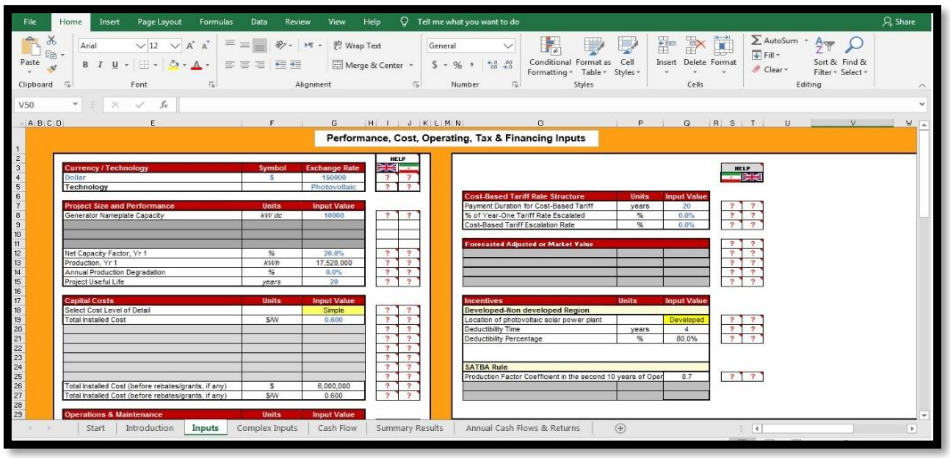
۱-شروع (*Start*)، ۲-مقدمه (*Introduction*)، ۳-ورود اطلاعات کلی (*Input*)، ۴-ورود اطلاعات جزئی (*Complex Input*)، ۵-جریان مالی (*Cash Flow*)، ۶-خلاصه نتایج (*Summery Results*)، ۷-عواید و جریان مالی سالیانه (*Annual Cash Flow & Returns*).

کاربرگ *Start* به‌نوعی بیان‌کننده عنوان و موسسه مالک و سال توسعه نرم‌افزار است و کاربرگ *Introduction* به توضیح قوانین کلی محیط نرم‌افزار که با هدف سهولت کاربری تعبیه شده است می‌پردازد.

کاربرگ *Input* یکی از قسمت‌های مهم نرم‌افزار است که جهت ورود اطلاعات نیروگاه خورشیدی از آن استفاده می‌شود. در این کاربرگ، کاربر اطلاعات زیر را به نرم‌افزار می‌دهد:

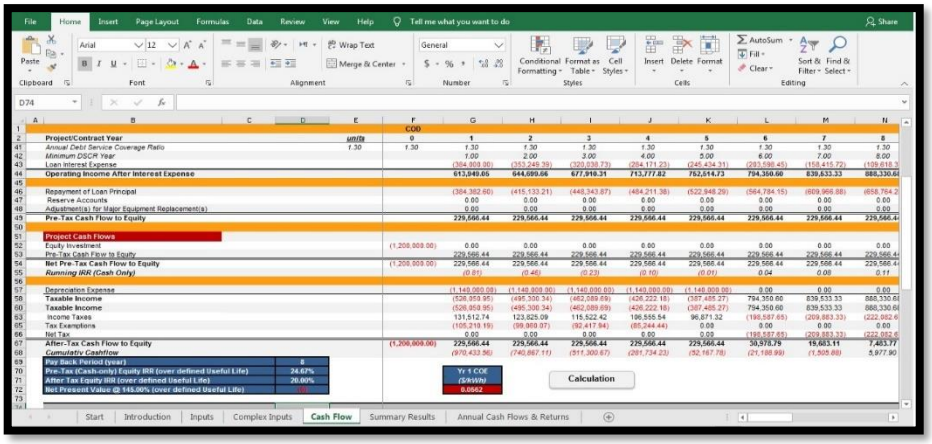
۱. واحد پولی (Currency)
۲. اندازه و عملکرد پروژه (Project Size and Performance)
۳. هزینه‌های سرمایه‌گذاری (Capital Costs)
۴. هزینه عملیاتی و نگهداری (Operations & Maintenance)
۵. تأمین مالی دوره ساخت –کلیات شرایط (Construction Financing)
۶. شرایط تأمین مالی پروژه –جزئیات شرایط مالی (Permanent Financing)
۷. خلاصه وضعیت تأمین مالی (Summary of Sources of Funding for Total Installed Cost)
۸. مالیات، شرایط و معافیت‌های مربوط به آن (Tax)
۹. ساختار و شرایط خرید تضمینی برق (Cost-Based Tariff Rate Structure)
۱۰. قیمت پیش‌بینی شده تعدیل‌شده یا بازار فروش برق (Forecasted Adjusted or Market Value of Production)
۱۱. مشوق‌های خصوصی و دولتی احداث نیروگاه (Incentives)
۱۲. هزینه‌های مربوط به تعویض قطعات و تجهیزات (Capital Expenditures During Operations)
۱۳. ذخایر احتیاطی هزینه اسقاط (Reserves Funded from Operations)
۱۴. ذخایر احتیاطی پرداخت وام یا هزینه‌های بهره‌برداری (Initial Funding of Reserve Accounts)
۱۵. استهلاک (Depreciation Allocation)

کاربر می‌تواند بر حسب جزئیات داده‌های پروژه خود، یکی از گزینه‌های "Simple"، "Intermediate" و یا "Complex" را در کاربرگ Input انتخاب کند و اطلاعات را وارد نماید. درصورتی‌که کاربر قصد ورود اطلاعات جزئی را داشته باشد، مثلاً بخواهد ریز اطلاعات سرمایه‌گذاری اعم از هزینه‌های دریافت مجوزها تا خرید و حمل‌ونقل و غیره را به تفکیک وارد نماید، ضمن انتخاب گزینه Complex در باکس‌های مرتبط در کاربرگ Input، به کاربرگ Complex وارد شده و اطلاعات جزئی را وارد نماید.



نمای کاربرگ *Input* در نرم‌افزار *SOLAR-ECO*

در این نرم‌افزار محاسبات مربوط به جریان مالی پروژه، در کاربرگ Cash Flow انجام می‌شود. در این کاربرگ از اطلاعات ورودی که توسط کاربر به نرم‌افزار داده شده است و یا داده‌های محاسبه‌شده، به‌منظور محاسبه درآمد و هزینه‌های طرح و بررسی وضعیت جریان مالی استفاده می‌شود. هدف از انجام این محاسبات، متناسب با نیاز کاربر، محاسبه قیمت تمام‌شده برق خورشیدی نیروگاه، محاسبه ارزش خالص فعلی، نرخ برگشت داخلی، دوره برگشت سرمایه، یا تحلیل جریان مالی و شرایط اقتصادی نیروگاه بر اساس تعرفه ساتبا و یا تعرفه‌های موردنظر تحلیلگر می‌تواند باشد. امکان مشاهده و بررسی دقیق سایر اعداد و ارقام و محاسبات جریان مالی نظیر مقادیر اصل و سود وام و مالیات و سایر هزینه‌ها از مزایای سودمند نرم‌افزار در این بخش است.

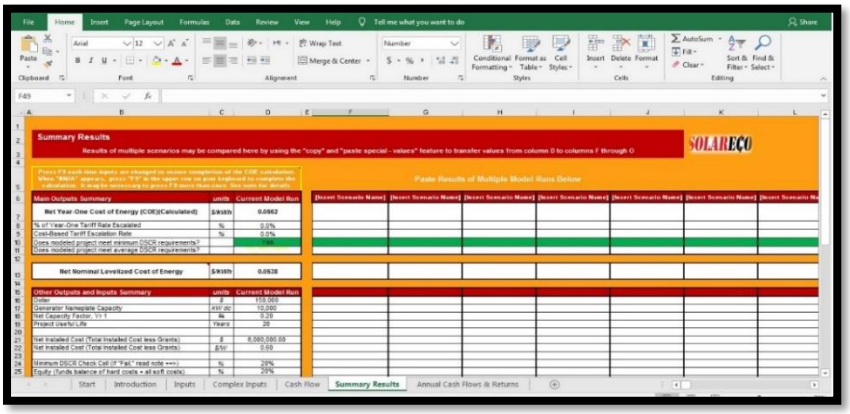


نمای کاربرگ *Cash Flow* در نرم‌افزار *SOLAR-ECO*

اساس محاسبات در کاربرگ فوق‌الذکر، دانش اقتصاد مهندسی است. به عبارتی باتوجه به ویژگی‌های نیروگاه‌های خورشیدی در دوره عمر خود و رفتار پارامترهای درآمدی و هزینه‌ای در این دوران، مطابق شکل زیر نمودار جریان مالی رسم و تحلیل شده است. این دوره عمر از امکان‌سنجی و کسب مجوزهای اولیه و احداث نیروگاه تا بهره‌برداری از نیروگاه

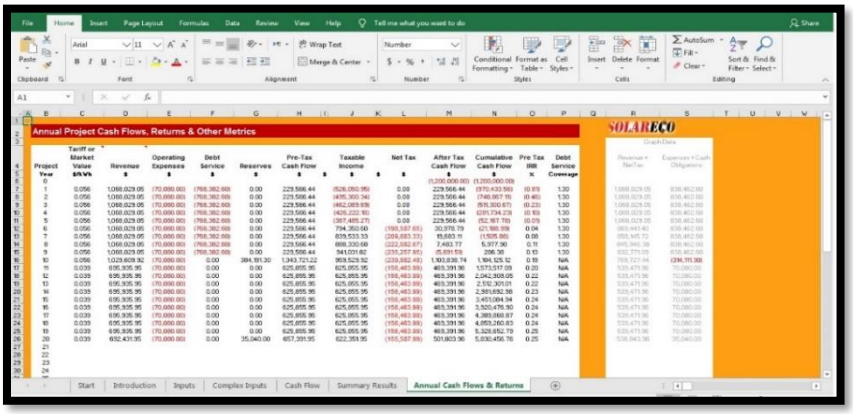
خورشیدی و سرانجام اسقاط آن، ادامه دارد. روش تحلیل، روش ارزش حال خالص یا (NPV) به‌عنوان یکی از معروف‌ترین و مهم‌ترین روش‌های تحلیل پروژه‌های اقتصادی است. قابل توجه اینکه هریک از پارامترهای درآمدی و هزینه‌ای مطابق قوانین کشور و ویژگی‌های فنی نیروگاه‌های خورشیدی توسعه داده شده‌اند. به‌عنوان‌مثال تولید سالانه هر نیروگاه وابسته به ویژگی‌های تکنولوژیکی و برنامه‌ریزی صاحبان آن برای زمان‌های بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات و سرانجام ضریب ظرفیت است. لذا لازم است این پارامترهای فنی در نرم‌افزار مختص به هر نیروگاه وارد شود. یا در خصوص قیمت خرید برق خورشیدی بسته به ظرفیت نیروگاه تعرفه‌های مخصوص وجود دارد و طبق آخرین تصمیمات ساتبا در ابتدای سال‌های هشتم و دوازدهم و شانزدهم در ضریب ۶۰ درصد ضرب می‌شود.

گزیده‌ای از اطلاعات اصلی ورودی و محاسباتی طرح مانند هزینه‌های سرمایه‌گذاری، هزینه‌های تعمیر و نگهداری در سال اول و آخر بهره‌برداری، اقساط وام در سال اول و آخر زمان بازپرداخت و تعرفه محاسبه‌شده و پارامترهای متعدد دیگر و دلخواه کاربر در کاربرگ Summary Results نشان داده می‌شود.



نمای کاربرگ *Summary Results* در نرم‌افزار *SOLAR-ECO*

درنهایت محاسبات اصلی انجام‌شده در کاربرگ Cash Flow برای سال‌های عمر پروژه در کاربرگ Annual Cash Flow & Returns به‌صورت طبقه‌بندی‌شده و خلاصه مطابق زیر آورده می‌شود. همچنین با استفاده از داده‌های پروژه، نمودار جریان مالی تجمعی و نمودار مقایسه هزینه‌ها و درآمدهای طرح در نرم‌افزار رسم می‌شود.



نمای کاربرگ Annual Cash Flow & Returns در نرم‌افزار SOLAR-ECO

❖ مزایای نرم‌افزار

- امکان تحلیل تخصصی اقتصادی نیروگاه خورشیدی با توجه به کلیه پارامترهای درآمدی و هزینه‌ای و رفتار و زمان وقوع آن‌ها و قوانین و مقررات و فرآیندهای مالی و اداری کشور در مراحل گوناگون اخذ مجوز تا بهره‌برداری و سرانجام اسقاط؛
- امکان ورود اطلاعات در سه سطح کلی، میانی و جزئی با توجه به سطح اطلاعات در دسترس تحلیلگر و تدقیق اطلاعات در آینده با سهولت قابل‌ملاحظه؛
- انعطاف‌پذیری فوق‌العاده نرم‌افزار برای مدل کردن سناریوهای مختلف و امکان تحلیل حساسیت پارامترهای اثرگذار در هر مرحله و ملاحظه اثر آن بر اقتصادی بودن نیروگاه؛
- امکان بهره‌مندی سرمایه‌گذاران به جهت تحلیل اقتصادی نیروگاه خورشیدی خود و بهره‌مندی سیاست‌گذاران به سبب تعیین دقیق اثر تصمیم‌های خود بر وضعیت اقتصادی سرمایه‌گذاران و انگیزه ایشان؛
- امکان ملاحظه نتایج تحلیل اقتصادی نیروگاه خورشیدی در سطوح و سال‌های گوناگون عمر نیروگاه ازجمله ملاحظه شاخص‌ها و نمودارهای کلیدی ارزیابی اقتصادی تا جریان مالی تک‌تک پارامترها و جریان مالی نهایی پروژه ؛
- امکان توسعه و رسم ساده نمودارها و محاسبه پارامترهای موردنظر تحلیلگر به سهولت بر اساس نتایج نرم‌افزار؛
- امکان آزمودن ساده نتایج و مقایسه با سایر نرم‌افزارهای موجود در صورت تسلط بر پیش‌فرض‌های هر نرم‌افزار؛
- امکان تهیه و دسترسی و اجرای ساده نرم‌افزار بر روی سیستم‌های گوناگون کامپیوتری؛
- امکان ملاحظه روابط و فرمول‌ها و تحلیل کاربران متخصص؛
- بومی بودن نرم‌افزار.

امید که این نرم‌افزار با کمک به سرمایه‌گذاران و سیاست‌گذاران سهم کوچکی در برنامه‌ریزی و توسعه سهل‌تر و دقیق‌تر انرژی خورشیدی در کشور داشته باشد.

تحولات فناورانه

نیروگاه نور ابوظبی، بزرگ‌ترین نیروگاه خورشیدی تک‌سایتی جهان

در نور ابوظبی بزرگ‌ترین نیروگاه خورشیدی عملیاتی مستقل جهان در سویهان[60] ابوظبی ، با ظرفیت کل ۱.۲ گیگاوات و بیش از ۳.۳ میلیون پنل خورشیدی در یک سایت به مساحت ۸ کیلومترمربع واقع است. این نیروگاه که تحت مالکیت و بهره‌برداری شرکت برق فتوولتائیک سوئیهان[61] است، عملیات تجاری خود را در ۳۰ آوریل ۲۰۱۹ آغاز نمود و از طریق قرارداد خرید برق بلندمدت با شرکت آب و برق امارات[62] انرژی پاک را به ابوظبی عرضه کرد. نتیجه استفاده از انرژی پاک این نیروگاه، کاهش وابستگی به استفاده از گاز طبیعی برای تولید برق و کاهش ردپای کربن به میزان ۱ میلیون تن در سال می‌شود که معادل عبور ۲۰۰۰۰۰ خودرو از جاده‌ها است.

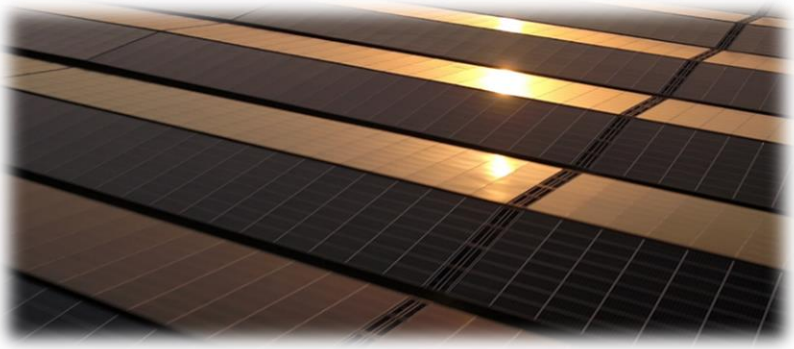
❖ استراتژی انرژی امارات ۲۰۵۰

در سال ۲۰۱۷، امارات متحده عربی اولین استراتژی انرژی یکپارچه ۲۰۵۰ خود را راه‌اندازی کرد. این استراتژی مبتنی بر عرضه و تقاضا است و هدف آن افزایش سهم انرژی پاک از ۲۵ درصد به ۵۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ و کاهش ردپای کربن در بخش تولید برق تا ۷۰ درصد و درنهایت صرفه‌جویی ۷۰۰ میلیارد درهمی در هزینه‌ها می‌باشد. نور ابوظبی یکی از اولین ابتکاراتی است که این اهداف بلندپروازانه انرژی را تحقق می‌بخشد. داشتن بیش از ۱۲۰۰ مگاوات ظرفیت فناوری فتوولتائیک کاملاً عملیاتی (پاسخگوی تقاضای ۹۰۰۰۰ شهروند)، نقطه عطف مهمی در استراتژی انرژی امارات متحده عربی است. شرکت ملی انرژی ابوظبی مالک ۶۰ درصد پروژه و شرکت‌های Marubeni و JinkoPower هرکدام مالک

[60] Sweihan
[61] Sweihan PV Power Company
[62] Emirates Water and Electricity Company (EWEC)

۲۰ درصد این پروژه هستند. علاوه بر آن، نور ابوظبی رکورد دیگری را در زمان ارائه پیشنهاد در سپتامبر ۲۰۱۶ شکست و رقابتی‌ترین تعرفه جهان ۸.۸۸۸ fils/kWh را به خود اختصاص داد.

این پروژه برنده جوایز متعددی در طول توسعه شده است، که اخیراً برنده جایزه پروژه سال تولید برق در جوایز MEED Projects 2020 و جایزه پروژه مفید سال در جوایز خورشیدی خاورمیانه۲۰۲۰ شده است که توسط انجمن صنعت خورشیدی خاورمیانه[۶۳] برگزار می‌شود. در ژانویه ۲۰۲۲، بورس اوراق بهادار ابوظبی[۶۴] اولین اوراق قرضه سبز خود را منتشر کرد که شرکت برق فتوولتائیک سویهان، سازنده، مالک و مجری پروژه انرژی خورشیدی نور ابوظبی، در فهرست قرار دارد.



پنل‌های نیروگاه ابوظبی

❖ پنل‌های خورشیدی تک کریستالی

پنل‌های خورشیدی تک کریستالی در نور ابوظبی نصب می‌شود. این نوع ماژول‌ها در مقایسه با انواع دیگر ماژول‌های فتوولتائیک دارای راندمان و بهره‌وری بالایی هستند. راندمان آن به ۲۰ درصد می‌رسد که با چرخه عمر طولانی‌تر، نسبتاً بالاتر است.

❖ ترانسفورماتورهای ۵۰۰MVA

پست‌های اصلی نور ابوظبی از تابلو برق ۳۳ کیلوولت و دو ترانسفورماتور برق ۵۰۰ مگاولت آمپر تشکیل‌شده است. ترانسفورماتورها برای افزایش ولتاژ برق از ۳۳ کیلوولت به ۲۲۰ کیلوولت و انتقال برق به شبکه تراناسکو[۶۵] از طریق کابل‌های ۲۲۰ کیلوولت استفاده می‌شوند.

❖ اینورترها

نیروگاه نور ابوظبی دارای ۸۲۸ اینورتر است که برق DC را با راندمان بالا به برق AC قابل‌اعتماد تبدیل می‌کند.

[63] Middle East Solar Industry Association
[64] Abu Dhabi Securities Exchange
[65] TRANASCO Grid

❖ سیستم تمیزکننده رباتیک

نور ابوظبی از یک سیستم تمیزکننده رباتیک برای تمیز کردن صفحات خورشیدی استفاده می‌کند. این شرکت ۱۴۳۰ ربات خشکشویی را مستقر می‌نماید که ۸۰۰ کیلومتر در روز را طی می‌کنند تا بیش از ۳.۳ میلیون پنل خورشیدی را بدون استفاده از یک قطره آب تمیز کنند. این سیستم برای پاسخگویی به نیازهای خاص نور ابوظبی ساخته و طراحی شده است.

❖ طراحی شرقی–غربی

نور ابوظبی دارای طراحی ساختاری و مهندسی خاصی است که در آن نیمی از پنل های خورشیدی رو به غرب و بقیه ماژول‌ها رو به شرق با زاویه شیب ۵ درجه بین آن‌ها قرار دارند. این طراحی به نیروگاه اجازه می‌دهد تا حداکثر تابش را برای تولید انرژی پاک دریافت و تبدیل نماید.

منابع:

- noorabudhabi.ae
- ewec.ae

تحولات فناورانه

نیروگاه فتوولتائیک فرودگاهی کوچین هند

پروژه انرژی خورشیدی فرودگاه کوچین هند[۶۶] یک نیروگاه فتوولتائیک ۴۰ مگاواتی است که در فرودگاه بین‌المللی کوچین، هند، توسط شرکت «سیال»[۶۷] ساخته شده است. فرودگاه بین‌المللی کوچین با راه‌اندازی این نیروگاه به اولین فرودگاه تمام انرژی خورشیدی در جهان تبدیل شد. این نیروگاه شامل ۴۶۱۵۰ پنل خورشیدی است که در ۴۵ هکتار زمین در نزدیکی مجتمع باربری هوایی گذاشته شده است. فرودگاه بین‌المللی کوچین، اولین فرودگاه هند که بر اساس مدل مشارکت عمومی–خصوصی[۶۸] ساخته شده است، با تبدیل شدن به اولین فرودگاه در جهان که به‌طور کامل با انرژی خورشیدی کار می‌کند، فصل دیگری را در تاریخ هوانوردی ثبت کرده است. نیروگاه خورشیدی ۱۲ مگاواتی در ۱۸ آگوست ۲۰۱۵ افتتاح شده است. اکنون فرودگاه کوچین روزانه ۵۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ واحد برق برای تأمین انرژی تمام عملکردهای عملیاتی خود در دسترس خواهد داشت و این فرودگاه را «کاملاً خالص[۶۹] و غیر وابسته» می‌کند.

«سیال» که همیشه به فلسفه توسعه پایدار پایبند بوده است، در اوایل سال ۲۰۱۳ با نصب یک نیروگاه فتوولتائیک خورشیدی ۱۰۰ کیلووات بر روی سقف بلوک ترمینال ورودی، وارد بخش فتوولتائیک خورشیدی شد. این اولین بار در زمینه فتوولتائیک خورشیدی متصل به شبکه در ایالت کرالا بود. این نیروگاه دارای ۴۰۰ ماژول پلی کریستالی ۲۵۰ وات، با پنج اینورتر رشته‌ای با ظرفیت ۲۰ کیلووات می‌باشد. پس از راه‌اندازی موفقیت‌آمیز این نیروگاه، «سیال» یک نیروگاه

[66] Cochin International Airport Ltd
[67] Cochin International Airport Limited (CIAL)
[68] public-private-partnership
[69] Absolutely power neutral

فتوولتائیک خورشیدی ۱ مگاواتی را بخشی در بالای پشت‌بام و بخشی را روی زمین در تأسیسات آشیانه تعمیر و نگهداری هواپیما نصب کردند. این نیروگاه شامل ۴۰۰۰ ماژول مونوکریستال ۲۵۰ وات پیک با ۳۳ رشته‌اینورتر با ظرفیت ۳۰ کیلووات بود. این نیروگاه اولین نصب سیستم فتوولتائیک خورشیدی در مقیاس مگاوات در ایالت کرالا است. هردوی این نیروگاه‌ها مجهز به سیستم مانیتورینگ از راه دور هستند.

از زمان راه‌اندازی، این نیروگاه‌ها بیش از ۵۵۰ میلیون تن در انتشار کربن‌دی‌اکسید صرفه‌جویی کرده‌اند، بنابراین به‌طور قابل توجهی به تلاش‌های «سیال» برای کاهش تخریب محیط‌زیست کمک می‌کند. «سیال» با الهام از موفقیت نیروگاه‌های فوق‌الذکر، تصمیم گرفته است تا به‌عنوان بخشی از طرح‌های سبز خود، نیروگاه خورشیدی ۱۲ مگاواتی در مقیاس بزرگ‌تر راه‌اندازی کند. این تأسیسات در منطقه‌ای به مساحت حدود ۴۵ هکتار در مجاورت ترمینال باربری بین‌المللی ساخته خواهد شد و شامل ماژول‌های فتوولتائیک با ظرفیت ۲۶۵ وات پیک و اینورترهایی با ظرفیت ۱مگاوات خواهد بود و حدود ۴۸۰۰۰ واحد برق در روز تولید می‌نماید که همراه با برق تولیدشده از نیروگاه‌های ۱.۱۰ مگاواتی موجود برای برآوردن نیازهای برق فرودگاه کافی است. این یک سیستم متصل به شبکه بدون ذخیره باتری است. البته یک ماژول پاوربانک با برد تخصصی برق ایالت کرالا[70] ساخته شده است که در آن، «سیال» به همان اندازه برقی را که تولید می‌کند (در ساعات روز) به شبکه برق ایالت کرالا می‌دهد و در صورت نیاز (به‌خصوص در شب) برق را از شبکه ایالت کرالا «بازخرید» می‌کند. این نیروگاه سالانه ۱۸ میلیون واحد برق از خورشید تولید خواهد کرد که برای تأمین برق ۱۰۰۰۰ خانه برای یک سال کافی است. طی ۲۵ سال آینده، این پروژه انرژی سبز انتشار کربن دی‌اکسید از نیروگاه‌های زغال‌سنگ را با بیش از ۳۰۰۰۰۰ تن جایگزین خواهد کرد که معادل کاشت ۳ میلیون درخت یا عدم رانندگی با وسیله نقلیه موتوری ۷۵۰ میلیون مایل است.

❖ افزایش دوبرابری ظرفیت خورشیدی

در نوامبر ۲۰۱۵، هیئت‌مدیره «سیال» تصمیم گرفت ظرفیت خورشیدی فرودگاه را دو برابر کند تا نیازهای ترمینال بین‌المللی جدید را که در حال حاضر در دست ساخت است، برآورده کند. پیش‌بینی می‌شود برق مصرفی این مجتمع جدید تقریباً ۱۰۰۰۰۰ واحد برق در روز باشد. تصمیم «سیال» برای نصب پنل‌های بیشتر برای پاسخگویی به این تقاضا است و همچنین موقعیت منحصربه‌فرد خود را به‌عنوان یک فرودگاه کاملاً با انرژی خورشیدی[71] حفظ می‌کند. در حال حاضر، پروژه انرژی خورشیدی متشکل از ۴۶۰۰۰ پنل در ۴۵ هکتار در کنار مجتمع باربری توزیع شده است. ۱۰۰۰۰ پنل دیگر در فضای باقی‌مانده نصب می‌شود تا ۲.۴۰ مگاوات برق اضافی تولید نماید. پنل‌هایی که در بالای ساختمان نصب می‌شوند به تولید ۳ مگاوات کمک می‌کنند و انتظار می‌رود که پنل‌هایی که در بالای پارک جدید نصب می‌شوند، یک مگاوات

[70] Kerala State Electricity Board (KSEB)
[71] Fully solar energy-powered

دیگر را به استخر برق فرودگاه به ارمغان بیاورند. تولید ۷ مگاوات دیگر از طریق پنل‌هایی که بر روی کانال آبیاری به طول سه کیلومتر نصب می‌شود، مجموع ظرفیت نصب‌شده را به ۲۶.۵۰ مگاوات می‌رساند.

فرودگاه بین‌المللی کوچین، اولین فرودگاه جهان که به‌طور کامل با انرژی خورشیدی کار می‌کند:

- فرودگاه بین‌المللی کوچین ابتکارات خورشیدی خود را در سال ۲۰۱۳ با یک نیروگاه آزمایشی ۱۰۰ کیلووات بر ثانیه آغاز کرده است.
- فرودگاه بین‌المللی کوچین ظرفیت خورشیدی خود را در فازها گسترش داد و تا سال ۲۰۱۵ با ظرفیت نصب‌شده ۱۳.۱ مگاوات بر ثانیه به‌عنوان "اولین فرودگاه جهان که به‌طور کامل از انرژی خورشیدی نیرو می‌گیرد" به بهره‌برداری رسید.
- فرودگاه بین‌المللی کوچین اکنون مجموعاً ظرفیت نصب‌شده خورشیدی ۵۰ مگاوات بر ثانیه دارد.
- فرودگاه بین‌المللی کوچین به همراه پروژه برق آبی ۴.۵ مگاواتی خود در آریپارا، اکنون دومین تولیدکننده بزرگ برق در کرالا پس از هیئت برق ایالت کرالا است.
- تا به امروز، فرودگاه بین‌المللی کوچین بیش از ۲۵ کرور واحد انرژی سبز را از تأسیسات مختلف فتوولتائیک خورشیدی در فرودگاه تولید کرده است که باعث کاهش ردپای کربن تا ۱۶۰۰۰۰ تن متریک شده است.
- نیروگاه خورشیدی ۱۲ مگاواتی در پایانور که در مارس ۲۰۲۲ افتتاح شد، تا به امروز تقریباً یک کرور واحد برق سبز تولید کرده است.
- پروژه برق آبی کوچک آریپارا فرودگاه بین‌المللی کوچین که در نوامبر ۲۰۲۲ راه‌اندازی شد نیز تا به امروز حدود ۷۵ هزار واحد تولید کرده است.

❖ انرژی آبی

در ۶ نوامبر ۲۰۲۱، فرودگاه بین‌المللی کوچین وارد شاخه انرژی آبی شد. نیروگاه ۴.۵ مگاواتی آریپارا با ظرفیت کل ۴.۵ مگاوات راه‌اندازی شد. CIAL SHP در آریپارا به‌عنوان اجرای پروژه رودخانه، بر روی ذخیره‌سازی محدود آب کار می‌کند که هیچ اثر نامطلوبی بر محیط‌زیست ندارد.

❖ شیوه‌های فتوولتائیک کشاورزی

در جولای ۲۰۲۱، فرودگاه بین‌المللی کوچین با استفاده از روش مدرن روش کشاورزی–ولتائیک، کشاورزی را افزایش داد. فرودگاه بین‌المللی کوچین دارای هشت نیروگاه خورشیدی در محوطه فرودگاه است. بزرگ‌ترین آن نزدیک ترمینال بار دارای مساحت ۴۸ هکتار است. که از ۲۰ هکتار آن برای فعالیت کشاورزی فتوولتائیک استفاده‌شده است. این مزرعه دارای سبزیجاتی مانند یام[۷۲] لوبیا، زنجبیل کوهی، زردچوبه، کلم، گل کلم و فلفل سبز است. آب مورد استفاده برای تمیز

[72] Yam

کردن پنل‌های فتوولتائیک خورشیدی برای آبیاری کشت استفاده می‌شود. انتظار می‌رود این محصولات زیر ماژول‌های فتوولتائیک، ریز اقلیم[۷۳] را در کاهش دما تنظیم نماید که منجر به افزایش کارایی آن‌ها در تولید برق می‌شود. علاوه بر این، پوشش محصول در بین آرایه‌های فتوولتائیک فرسایش خاک و درنتیجه بار گردوغبار روی ماژول فتوولتائیک را کاهش می‌دهد. مزیت دیگر این است که کشت، رشد علف‌های هرز را در زیر پایه‌های پانل فتوولتائیک کاهش می‌دهد.

فعالیت‌های آگروفتوولتائیک با استفاده از فضاهای خالی بین پنل‌های خورشیدی در نیروگاه خورشیدی کوچین، تاکنون تقریباً ۹۰ تن سبزیجات بدون آفت‌کش تولید کرده است.

❖ نیروگاه خورشیدی شناور

ایده مربوط به مدیریت پایداری کل[۷۴] در زمین گلف فرودگاه کوچین است که در آن آب تصفیه‌شده از کارخانه تصفیه فاضلاب فرودگاه برای برداشت آب با کمک ۱۲ دریاچه مصنوعی استفاده می‌شود. آب این دریاچه‌ها برای آبیاری چمن‌های زمین گلف مصرف می‌شود و اکنون با نصب نیروگاه‌های شناور، یک‌قدم دیگر در راستای مدیریت پایداری کل برداشته شده است. این شرکت شناورهای پلی‌اتیلن با چگالی بالا و مقرون‌به‌صرفه فناوری فرانسوی را معرفی کرده است. ۱۳۰۰ پنل فتوولتائیک نصب و بر روی دو دریاچه مصنوعی واقع در زمین گلف ۱۳۰ هکتاری فرودگاه کوچین قرار گرفتند. مجموع ظرفیت نصب‌شده این نیروگاه ۴۱۶ کیلوولت است. این پروژه‌ها در ۲۰۲۰–۲۰۲۱ ردپای کربن را ۲۸۰۰ تن در سال کاهش می‌دهد و همگام با هوای تازه‌ای است که با کاشت ۴۶ میلیون نهال درخت به مدت ۱۰ سال دریافت می‌شود که این مقدار معادل نسوختن ۱۱.۹ میلیون لیتر سوخت فسیلی است. همچنین تقریباً همان مقدار سوختی است که سالانه بیش از ۷۰۰۰ خودرو مصرف می‌کنند. چشم‌انداز فرودگاه کوچین تمرکز بر فرصت‌هایی است که می‌تواند تفاوت واقعی ایجاد کند و اقدامات بعدی را که به کره زمین کمک می‌کند، تسهیل کند.

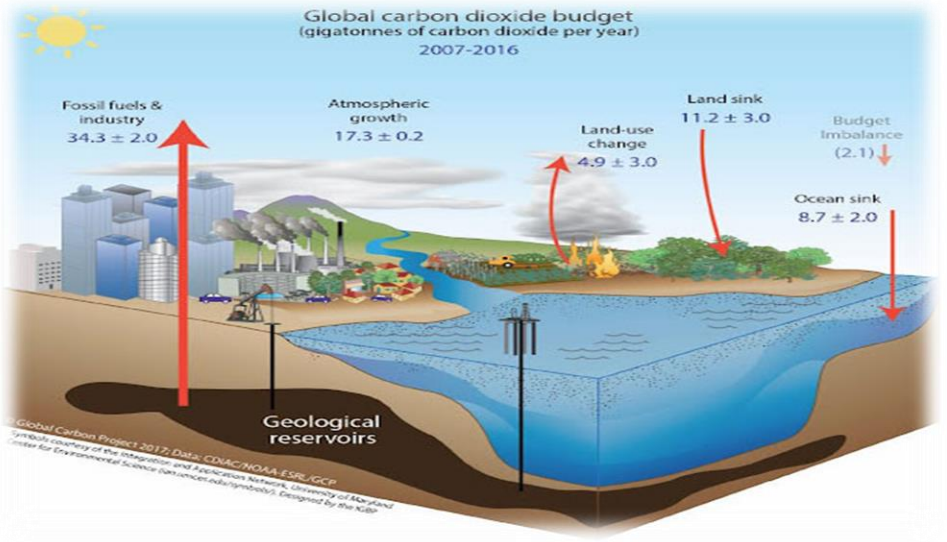
منابع:

cial.aero
icao.int
routesonline.com

[73] Micro-climates
[74] Total sustainability management(TSM)

تجدیدپذیرها و محیط زیست

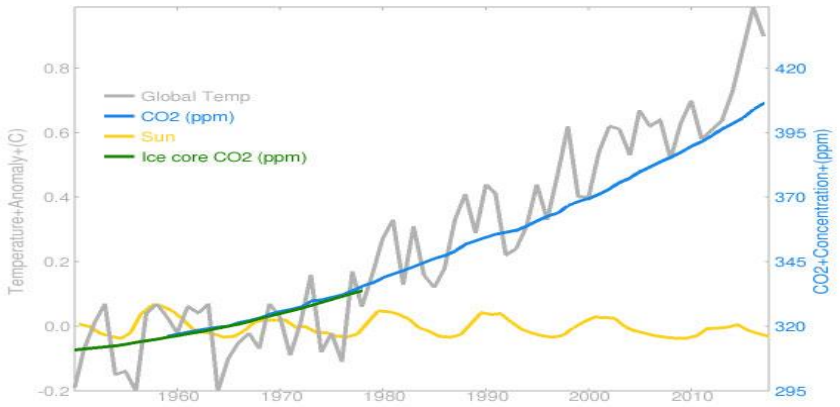
تجدیدپذیرها، ابزار رهایی زمین از گازهای گلخانه‌ای



انرژی‌های تجدیدپذیر، تأمین انرژی آینده ایمن‌تر، در قلب چالش آب و هوا است. بخش بزرگی از گازهای گلخانه‌ای که زمین را پوشانده و گرمای خورشید را به دام می‌اندازند، از طریق تولید انرژی، با سوزاندن سوخت‌های فسیلی برای تولید برق و گرما تولید می‌شوند. دمای زمین نتیجه تعادلی است که بین تابش ورودی خورشید و انرژی تابش شده توسط کره زمین به فضا برقرار است. تابش برگشتی از زمین به سمت جو به شدت تحت تأثیر حضور و ترکیب جو زمین است. سوخت‌های فسیلی، مانند زغال‌سنگ، نفت و گاز، بیشترین سهم را در تغییرات آب و هوایی جهانی دارند و بیش از ۷۵ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی و نزدیک به ۹۰ درصد از کل انتشار دی‌اکسید کربن را تشکیل می‌دهند. برای جلوگیری از بدترین تأثیرات تغییرات آب و هوایی، انتشار گازهای گلخانه‌ای باید تا سال ۲۰۳۰ تقریباً به نصف کاهش یابد و تا سال ۲۰۵۰ به صفر برسد. سوخت‌های فسیلی هنوز بیش از ۸۰ درصد از تولید جهانی انرژی را تشکیل می‌دهند، اما منابع پاک‌تر انرژی در حال افزایش هستند. در حال حاضر حدود ۲۹ درصد برق از منابع تجدیدپذیر تأمین می‌شود. اگر زمین مانند ماه اتمسفر نداشت، میانگین دما در سطح زمین حدود منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد بود. اگر مقدار طبیعی دی‌اکسید کربن در جو را ۲۷۰ ppm در نظر بگیریم این مقدار کافی است تا پس از جذب تابش‌ها بتواند دمای زمین را به میزان ۱۵ تا ۳۳ درجه سانتی‌گراد نسبت به ماه بالا ببرد. نور خورشید که به زمین می‌رسد، اتمسفر و سطح زمین را گرم می‌نماید. بنابراین اتمسفر زمین حرارت آن را به‌صورت تابش‌های مادون‌قرمز بازمی‌تاباند. این بازتاب‌ها توسط گازهای

متعددی ازجمله گازکربنیک، متان و انواع کلروفلوروکربن‌ها(CFCs) مجدداً جذب شده و اتمسفر را گرم می‌نماید. این به دام اندازی گرما شبیه به کار گلخانه است به همان دلیل به این فرآیند اثر گلخانه‌ای می‌گویند.

شواهد موجود نشان می‌دهد که میزان کربن‌دی‌اکسید تا سال ۲۰۳۰ دو برابر خواهد شد و باعث گرم شدن کره زمین بین ۱ تا ۴ درجه سانتی‌گراد می‌شود. این امر منجر به تغییر در الگوهای باد و بارندگی می‌شود و درنتیجه ممکن است باعث خشک شدن قاره‌ها و افزایش سطح اقیانوس‌های زمین شود. حدود ۸۵٪ از کل گرمایش گلخانه‌ای در سطح زمین مربوط به بخار آب در اتمسفر و ۱۲٪ مربوط به گازهای گلخانه‌ای است. واضح است نگرانی درباره افزایش بخار آب نیست بلکه نگرانی اصلی در خصوص انتشارات گازهای گلخانه‌ای مخصوصاً گازکربنیک است که در اثر فعالیت‌های انسانی حاصل می‌شود.



تغییرات دمای کره زمین، غلظت کربن‌دی‌اکسید و فعالیت‌های خورشیدی[۷۵]

واضح است که فعالیت‌های انسانی اکنون به مقیاسی رسیده‌اند که بر محیط کره زمین تأثیر می‌گذارند. این عوارض جانبی می‌تواند ویرانگر باشد و به احتمال زیاد در دهه‌های آینده فناوری‌هایی با تأثیر زیست‌محیطی کم و بدون انتشار "گازهای گلخانه‌ای" از اهمیت بیشتری برخوردار می‌شوند. ازآنجاکه بخش عمده تولیدکننده "گازهای گلخانه‌ای" مربوط به احتراق سوخت‌های فسیلی است، توصیه می‌شود از فناوری‌هایی مانند فتوولتائیک یا سایر تجدیدپذیرهای بدون آلودگی، که می‌توانند جایگزین سوخت‌های فسیلی شوند، استفاده شود.

منابع :

- dadmann.com
- un.org

[75] www.realclimate.or

تحولات فناورانه

فتوولتائیک و فناوری‌های نوظهور خورشیدی

فتوولتائیک که فرایند تولید الکتریسیته از نور خورشید با استفاده از سلول‌های خورشیدی است، در سال ۱۸۳۹ توسط فیزیکدان فرانسوی ادموند بکرل کشف شد، اما در دهه ۱۹۵۰ بود که اولین سلول‌های خورشیدی مبتنی بر سیلیکون به نمایش گذاشته شد. از آن زمان، رقابت برای کارآمدتر کردن انرژی خورشیدی و هزینه کمتر در جریان بوده و پیشرفت چشمگیری نیز به وقوع پیوسته است. تنها در ده سال گذشته، هزینه هر وات انرژی خورشیدی از نزدیک به ۲ دلار به حدود ۳۴ سنت کاهش یافته است. ابزارهای فتوولتائیک (سلول‌های خورشیدی) بدون تولید صدا، آلودگی و حرکت، انرژی تابشی خورشیدی را به برق تبدیل می‌کنند و به همین دلیل مقاوم و دارای عمر طولانی می‌باشند. انرژی خورشیدی نیز مانند سایر منابع انرژی تجدیدپذیر از مزایای زیست‌محیطی و کاربردی بسیاری نسبت به دیگر منابع انرژی برخوردار است.

❖ اجزای اصلی نیروگاه‌های خورشیدی

- **پنل‌های خورشیدی فتوولتائیک**

در نیروگاه‌های بزرگ (اصطلاحاً مگاواتی) عموماً از ماژول‌های نوع پلی‌کریستال و مونوکریستال استفاده می‌گردد.

- **اینورتر**

اینورتر را شاید بتوان مهم‌ترین تجهیز در نیروگاه خورشیدی معرفی کرد. کیفیت اینورترها در میزان و کیفیت توان تولیدی نیروگاه سهم بسزایی دارد. اینورترها به دو دسته کلی متصل به شبکه و منفصل از شبکه تقسیم می‌گردند، اینورترهای متصل به شبکه برق که با نام‌هایی همچون On-Grid Inverter یا Grid Tied Inverter یا GTI شناخته می‌شوند می‌توانند مستقیم به شبکه برق سراسری متصل شوند و از این طریق انرژی الکتریکی تولیدشده توسط ماژول‌های فتوولتائیک را جهت استفاده مصرف‌کنندگان به شبکه سراسری تزریق نمود. اینورترهای منفصل از شبکه یا Off-Gridبه‌طور کامل از شبکه جدا هستند. در سیستم‌های خورشیدی منفصل از شبکه معمولاً انرژی الکتریکی تولیدشده توسط پنل‌های خورشیدی در باتری‌ها ذخیره می‌شود. اینورترهای منفصل از شبکه جریان DC باتری را به جریان AC

مورد نیاز تجهیزات برقی تبدیل می‌کند. هم‌چنین این نوع اینورترها برخلاف اینورترهای متصل به شبکه می‌توانند برای استفاده پرتابل نیز بکار روند.

- **سیستم‌های اسکادا و مانیتورینگ نیروگاه‌های خورشیدی**

در نیروگاه‌های خورشیدی نیز مشابه سایر پروژه‌های نیروگاهی ارتباط (سیگنال‌ها و فرمان‌ها) با شبکه بالادست توسط سیستم‌های اسکادا در پست‌ها استفاده می‌گردد. سیستم مانیتورینگ در این نیروگاه‌ها امکان مشاهده وضعیت کمیت‌های الکتریکی، سیگنال‌های آنالوگ و دیجیتال از قبیل دما و انرژی تابشی لحظه‌ای خورشید و سایر کمیت‌های مربوطه از طریق آلارم‌ها و به تبع آن‌ها امکان اقدام کنترلی متناسب جهت تنظیم برخی از کمیت‌ها از قبیل محدوده توان اکتیو و راکتیو تولیدی (اصلاح ضریب توان) را به بهره‌بردار می‌دهد.

❖ فناوری‌های کاربردی و نوین فتوولتائیک

انواع مختلفی از پنل‌های خورشیدی وجود دارد که در اینجا انواعی از نظر تفاوت‌های اصلی، هزینه‌ها، رتبه‌بندی کارایی و دوام آن‌ها بررسی خواهد شد: تک کریستالی[۷۶]، پلی کریستالی[۷۷]، لایه‌نازک[۷۸]، شفاف[۷۹]، فتوولتائیک متمرکز[80]،PERC[۸۱]، پروسکایت[۸۲]، کاشی خورشیدی[۸۳]، و حرارت خورشیدی[۸۴].

نوع سلول خورشیدی	هزینه بر مترمربع	کارایی(%)	طول عمر(سال)	تجاری
تک کریستالی	£393	18-24	25-40	بله
پلی کریستالی	£325	13-16	25-30	بله
لایه‌نازک	£99	7-13	10-20	بله
شفاف	£250	1-10	25-30	بله
فتوولتائیک متمرکز	N/A	35-50	25-35	خیر
PERC	£360	17-20	25-35	بله
پروسکایت	N/A	28.6-33.7	25-30	خیر
کاشی خورشیدی	£294	10-20	25-30	بله
حرارت خورشیدی	£670	70	20-25	بله

76 Monocrystalline
77 Polycrystalline
78 Thin film
79 Transparent
80 Concentrator Photovoltaics
81 Passivated Emitter and Rear Contact
82 Perovskite
83 Solar tile
84 Solar thermal

- **سلول‌های تک کریستالی**

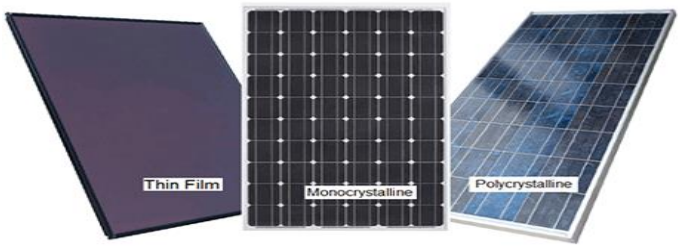
پنل‌های مونوکریستال از سیلیکون تک کریستالی ساخته‌شده‌اند که به‌صورت ویفر بریده می‌شود و با پوشش ضد انعکاس پوشش داده می‌شود که کارایی آن را بهبود می‌بخشد و ظاهری تیره به آن می‌بخشد. اگرچه این پنل‌های خورشیدی مشکی از نظر زیبایی‌شناسی بهتر از گزینه‌های دیگر هستند، اما کارآمدترین پنل‌ها برای خانوارهای خانگی نیز هستند، به‌طوری که بسیاری از شرکت‌ها اکنون سیستم‌هایی با بازدهی بیش از ۲۲ درصد ارائه می‌دهند. اگر بتوان هزینه آن را پرداخت نمود، که معمولاً بین ۴۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ پوند است، ارزش خرید دارند، زیرا معمولاً مبالغ قبض برق را ۶۴٪ کاهش می‌دهند و بعد از ۱۴.۱ سال مبلغ پرداخت شده، جبران می‌شود.

- **سلول‌های پلی کریستالی**

پنل‌های خورشیدی پلی‌کریستالی از ذوب کریستال‌های سیلیکونی متعدد و ریختن آن‌ها در قالب مربعی ساخته می‌شوند که ظاهر موزاییکی آبی این پنل را ایجاد می‌کند. این نوع سلول‌ها نسبت به همتایان تک کریستالی خود دوستدار محیط‌زیست هستند، زیرا سیلیکون کمتری در طول فرآیند هدر می‌رود و اغلب گزینه ارزان‌تری هستند. بااین‌حال، پنل‌های پلی‌کریستال هزینه بیشتری به ازای هر وات توان خروجی دارند، زیرا کارایی آن‌ها حدود یک‌سوم کمتر از پنل‌های تک کریستالی است. این بدان معناست که برای دستیابی به توان خروجی یکسان باید از مساحت بیشتری استفاده نمود و درنهایت برای آرایه خورشیدی که زیبا و مدرن به نظر نمی‌رسد، بیشتر هزینه می‌شود.

- **پنل‌های لایه‌نازک**

پنل‌های خورشیدی لایه‌نازک با قرار دادن چندین لایه‌نازک از مواد فتوولتائیک (سیلیکون آمورف، تلورید کادمیوم، گالیوم سلنید مس ایندیم مس، یا سلول‌های فتوولتائیک آلی) بر روی یکدیگر ایجاد می‌شوند. بسته به نوع ماده، درجه کارایی آن‌ها از ۷٪ تا ۱۳٪ متغیر است. این بدان معناست که پنل‌های لایه‌نازک دارای رتبه بازده بسیار پایین‌تری نسبت به سایر انواع پنل‌های خورشیدی هستند، اما ویژگی اصلی آن‌ها انعطاف‌پذیری است و برای خانه‌هایی با فضای سقف محدود مناسب هستند، زیرا می‌توان آن‌ها را در اطراف اشیاء نصب نمود. این پنل‌ها معمولاً ارزان‌تر از پنل‌های تک کریستالی و پلی‌کریستال هستند، اما ازآنجایی‌که به‌طور گسترده در دسترس نیستند، قیمت آن‌ها بسته به تأمین‌کنندگان محلی می‌تواند متفاوت باشد.



پنل‌های لایه نازک، مونوکریستال و پلی‌کریستال

- **پنل‌های خورشیدی شفاف**

پنل‌های خورشیدی شفاف را می‌توان در بالای شیشه قرار داد تا انرژی تولید شود و درعین‌حال نور خورشید را از خود عبور دهد. پیش‌بینی می‌شود در آینده، این نوع سلول در تمام پنجره‌ها، تلفن‌های همراه و گلخانه‌ها ادغام شوند. این سلول‌ها در حال حاضر برای خانوارها در دسترس هستند، اما نرخ بازده پایین و هزینه بالای آن‌ها به این معنی است که معمولاً مقرون‌به‌صرفه نیستند. البته پنل‌های شفاف معمولاً در ساختمان‌های تجاری استفاده می‌شوند، جایی که صرفه‌جویی می‌تواند در صدها یا هزاران پنجره چند برابر شود. در حال حاضر این پنل‌ها شبیه به پنل‌های لایه‌نازک هستند، اما مدل‌های جدید از یک متمرکز کننده خورشیدی درخشان شفاف برای جذب نور نامرئی برای انسان (یعنی ماوراءبنفش و مادون‌قرمز) استفاده می‌کنند. بنابراین این قابلیت به دانشمندان اجازه داده است تا به شفافیت ۸۶ درصد برسند، اگرچه نسخه‌های موجود در بازار معمولاً بین ۳۰ تا ۴۰ درصد هستند.

- **فتوولتائیک های متمرکز**

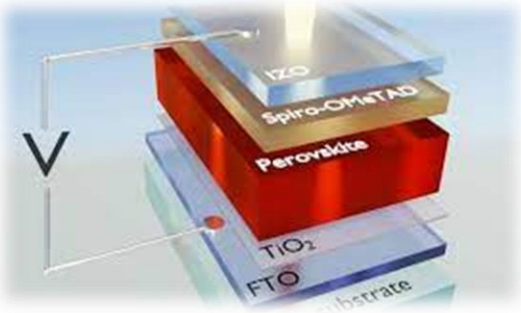
فتوولتائیک متمرکز فرآیندی است که در آن نور خورشید با آینه‌ها یا عدسی‌های منحنی متمرکز شده و به سلول‌های خورشیدی کوچک و فوق کارآمد تبدیل می‌شود. این فرآیند منجر به شدت ۱۰۰۰ خورشید یا بیشتر می‌شود. برای درک بهتر می‌توان گفت، سناریوی ایده آل برای یک پنل خورشیدی متوسط خانگی، شدت یک خورشید است. سیستم‌های CPV معمولاً از ردیاب‌های خورشیدی برای اطمینان از دریافت بیشترین نور خورشید در تمام نقاط روز و تجهیزات خنک‌کننده برای جلوگیری از داغ شدن بیش از حد شبکه استفاده می‌کنند. آرایه‌های CPV بیشتر در مناطق گرم کشورهایی مانند اسپانیا، آفریقای جنوبی و ایالات متحده یافت می‌شوند و معمولاً متعلق به شرکت‌های انرژی هستند که برق تولیدی خود را به شبکه ملی می‌فروشند.

- **پنل‌های PERC**

PERC یک سیستم تکنولوژیکی است که می‌تواند به هر پنل خورشیدی خانگی در فرآیند تولید اضافه شود تا کارایی آن را افزایش دهد. در این فرآیند قسمت پشتی پنل خورشیدی (که رو به سقف است) بازتابی می‌شود، که نور جذب نشده را از طریق سلول به عقب بازمی‌گرداند، بنابراین قسمت جلویی فرصت دیگری برای جذب آن دارد. لایه غیرفعال نیز به‌گونه‌ای طراحی شده است که گرمای کمتری دریافت می‌نماید، بنابراین پنل در دماهای بالا کارایی کمتری را از دست می‌دهد. بااین‌حال، بازار PERC در حوزه خورشیدی ممکن است به پایان برسد. چرا که بهترین پنل های خورشیدی در

حال حاضر از فناوری تماسی غیرفعال شده[85] با اکسید تونل[86] استفاده می‌کنند. این تکنیک‌ها بر پایه PERC با ویژگی‌های دیگری ساخته می‌شوند که کارایی پنل را بیشتر افزایش می‌دهند و برای مصرف خانگی مقرون‌به‌صرفه‌تر از مدل‌های PERC می‌باشد.

- **پنل‌های خورشیدی پروسکایت**



پنل‌های خورشیدی پروسکایت، سلول‌های خورشیدی پشت سر هم (تاندم) هستند و زمانی ایجاد می‌شوند که یک سلول پروسکایتی نازک در بالای یک سلول سیلیکونی استاندارد قرار گیرد. ماده‌ای مصنوعی که از ساختار کریستالی یک ماده معدنی با همین نام الهام گرفته‌شده است. این ماده در بالای سیلیکون استاندارد قرارگرفته است تا یک مدل پشت سر هم یا تاندم[87] شکیل شود. سیلیکون می‌تواند انتهای قرمز طیف خورشیدی را جذب کند، اما پروسکایت قادر به جذب قسمت آبی است. در سال ۲۰۱۸، آکسفورد فتوولتائیک[88] نشان داد که سلول‌های سر هم شده پروسکایت–سیلیکون آن می‌توانند با راندمان ۲۸ درصد کار کنند (حدود یک‌سوم بیشتر از پنل‌های فتوولتائیک استاندارد فعلی). دکتر کریس کیس، مدیر ارشد فناوری در آکسفورد فتوولتائیک اذعان داشته که این سلول‌ها می‌توانند «به‌طور بالقوه ۵۰ درصد کارآمدتر» از پنل‌های فعلی باشند. سلول‌های خورشیدی پروسکایت را می‌توان ارزان‌تر از پنل‌های مبتنی بر سیلیکون ساخت، اما برای کاربردهای تجاری خیلی سریع خراب می‌شوند. محققان دانشگاه پرینستون اخیراً یک دستگاه پروسکایت جدید با طول عمر قابل‌استفاده ۳۰ سال ساخته‌اند که فرصت‌های جدیدی را برای این فناوری باز می‌کند. این پنل می‌تواند به بازدهی ۳۳.۷ درصدی برسد که تیمی از دانشمندان در عربستان سعودی در می ۲۰۲۳ با یک سلول پروسکایت–سیلیکون به آن دست یافتند. در همان ماه، شرکت بریتانیایی آکسفورد فتوولتائیک اعلام کرد که پانل با اندازه کامل[89] آن به بازده ۲۸.۶٪ رسیده است. این شرکت قصد دارد تا پایان سال ۲۰۲۳ تولید این تغییر دهنده‌های بازار را برای مشتریان داخلی آغاز کند.

- **پنل‌های کاشی خورشیدی**

کاشی‌های خورشیدی، درست مانند سایر فناوری‌های خورشیدی، نور خورشید را جذب می‌کنند و آن را به برق تبدیل می‌کنند. اما به‌گونه‌ای ساخته‌شده‌اند که شبیه کاشی‌های سقف معمولی باشند. این بدان معنی است که آن‌ها کاملاً با سقف ترکیب می‌شوند. البته می‌بایست کل سقف در طول نصب تعویض گردد. این واقعیت، همراه با بازار کوچک کاشی خورشیدی، هزینه بیشتر در مقایسه با سایر پنل‌های خورشیدی را برای مصرف‌کنندگان در پی خواهد داشت. کاشی‌های

[85] Heterojunction (HJT)
[86] Tunnel Oxide Passivated Contact(TOPCon)
[87] Tandem model
[88] Oxford PV
[89] Full-sized panel

خورشیدی سقف نیز حدود ۴۰ درصد کارایی کمتری نسبت به پنل‌های خورشیدی دارند، بنابراین پس‌انداز سالانه نیز کمتر خواهد بود. انتخاب کاشی‌های خورشیدی فقط در صورتی منطقی است که بحث اقتصادی موردتوجه نباشد و همچنین ظاهر پنل‌های خورشیدی نیز موردتایید افراد نباشد و یا محل اجرای پروژه در یک منطقه حفاظت‌شده[۹۰] یا ساختمان‌های خاص فهرست‌شده[۹۱] واقع شده باشد.

- **پنل‌های حرارتی خورشیدی**

پنل‌های حرارتی خورشیدی به‌جای تأمین برق، از اشعه‌های خورشید برای گرم کردن آب گرم خانه استفاده می‌کنند. این پنل‌ها که به‌عنوان آبگرمکن‌های خورشیدی نیز شناخته می‌شوند، قبض‌های گرمایشی یک خانه معمولی را تا ۵۰ درصد کاهش می‌دهند. بنابراین یکی از ارزان‌ترین راه‌های گرمایش خانه است. این پنل‌ها از پنل‌های صفحه تخت یا کلکتورهای لوله‌ای تخلیه شده تشکیل‌شده‌اند که گرمای خورشید را جمع‌آوری می‌کنند و مخلوط گلیکول و آب را در داخل گرم می‌کنند. این مخلوط سپس به مبدل حرارتی داخل مخزن آب گرم جریان می‌یابد و گرمای خود را به منبع آب منتقل می‌کند. بنابراین تعیین بهترین پنل‌های خورشیدی بسته به اولویت‌های مصرف‌کننده است.

❖ فناوری‌های نوین فتوولتائیک

برخی از دانشمندان مواد بنیادی پانل‌های خورشیدی (سیلیکون) را زیر سؤال می‌برند و روی سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک آلی و پروسکایت آزمایش انجام می‌دهند که جایگزین سیلیکون با ترکیبات گسترده‌تر برای تولید ارزان‌تر شود و همچنین سلول‌های خورشیدی کوانتومی، که از ذرات نیمه‌رسانای میکروسکوپی ساخته‌شده‌اند و می‌تواند انرژی خورشید را به‌طور مؤثرتری برداشت کند. این سلول‌های فتوولتائیک نسل سوم ممکن است قادر به غلبه بر محدودیت‌های بازده خورشیدی معاصر باشند و به آینده‌ای اشاره می‌کنند که در آن انرژی مقرون‌به‌صرفه‌تر است و به‌طور اساسی متفاوت از پنل‌های معمولی است.وسایل سبک‌تر و کاربردی‌تر برای جمع‌آوری انرژی خورشید را می‌توان در ساختمان‌های بیشتری و در مکان‌های بیشتری به کار برد. طراحان در حال حاضر سقف‌ها، کناره‌ها و حتی پنجره‌ها را برای تولید انرژی تطبیق داده‌اند. شرکت گاف انرژی[۹۲] در سن خوزه، کالیفرنیا یک سیستم سقف خورشیدی ایجاد کرده است که مانند آسفالت

[90] Conservation area
[91] Listed building
[92] GAF Energy

معمولی احداث می‌شود، درحالی‌که یوبی‌کتس‌انرژی[۹۳]، مستقر در شهر ردوود مجاور، یک پنل شفاف ایجاد کرده است که نور را از طیف نامرئی برداشت می‌کند و می‌تواند روی پنجره‌ها و سایر موارد استفاده شود. اما سرعت نوآوری‌ها در انرژی خورشیدی ممکن است خیلی سریع باشد، به این معنی که سلول‌های خورشیدی امروزی ممکن است فردا منسوخ شوند. جایی که برخی مشکل تولید زباله‌های الکترونیکی را می‌بینند، برخی دیگر فرصتی را از آن استخراج می‌نمایند. برای مثال، شرکت فرانسوی رسی[۹۴] بیان کرده است که بازیافت پنل‌های خورشیدی یک تجارت بزرگ خواهد بود. این شرکت فناوری را برای بازیابی مواد ارزشمند مانند نقره و سیلیکون از لمینیت پیچیده پنل‌ها با هدف استفاده از مواد نسل گذشته برای ساخت نسل بعدی توسعه داده است.

- **پنل‌های سولار چندمنظوره[۹۵]**

این نوع سلول‌های فتوولتائیک خورشیدی، که برای افزایش بازده تبدیل انرژی و کارایی بیشتر صفحه خورشیدی استفاده می‌شوند، به‌صورت یک طرح چندلایه هستند که حاصل از اتصال مجدد بین لایه‌های مختلف صفحه پنل فتوولتائیک می‌باشد. نورهای عبوری از هر لایه توسط لایه‌های بعدی جذب می‌شوند. مزیت فناوری صفحه چندمنظوره این است که هر لایه از صفحه خورشیدی برای طیف خاصی از فوتون‌های نوری تعریف شده است که باعث افزایش کارایی کلی، افزایش بازده تبدیل انرژی و کاهش زوال کارایی می‌شود. پنل‌های چندمنظوره را می‌توان با سلول‌های سیلیکون آمورف استاندارد تولید کرد.

- **پنل‌های خورشیدی حساس به نور[۹۶]**

نسل سوم فناوری پنل خورشیدی متعلق به سلول‌های فتوولتائیک حساس به نور است که به‌جای استفاده از پیوند PNجامد ، از پیوند مایع برای تولید سلول‌های فتوولتائیک استفاده می‌شود. به این سلول‌های فتوولتائیک حساس به نور سلول‌های الکتروشیمیایی یا الکترولیت فتوولتائیک گفته می‌شود. این نوع سلول خورشیدی با استفاده از یک مولکول میکروسکوپی حساس به نور روی یک فیلم نانوکریستالی یا پلیمری تولید می‌شود. اساس کار این سلول‌ها یک نیمه‌رساناست که به‌وسیله یک آند حساس به نور و یک الکترولیت تشکیل می‌گردد. انرژی نور فوتونی جذب شده توسط رنگ، الکترون را هدایت می‌کند و از طریق نیمه‌هادی‌ها برق را هدایت می‌کند. مزیت سلول فتوولتائیک الکتروشیمیایی

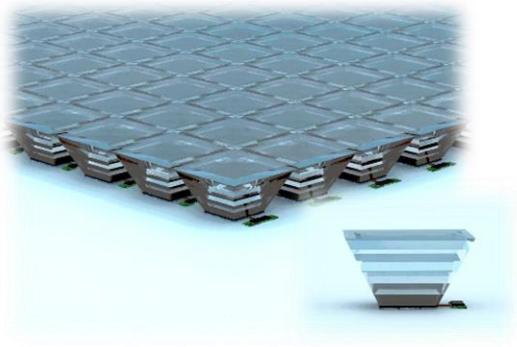
[93] Ubiquitous Energy
[94] ROSI
[95] Multipurpose solar panel
[96] Dye-sensitized solar cell

نانوکریستالی حساس به رنگ این است که رنگ می‌تواند در هر سطح با بازده تبدیل حدود ۱۰٪ تولید شود. مزیت این نوع فناوری این است که می‌توان با صرف هزینه کم، تولید انرژی در خانه را روی هر سطحی تنظیم کرد.

- **پنل‌های خورشیدی سه‌بعدی**

این نوع سلول‌های فتوولتائیک از یک ساختار سه‌بعدی منحصربه‌فرد برای جذب انرژی بیشتر خورشید در همه جهات استفاده می‌کند و به‌عنوان صفحه‌های سه‌بعدی شناخته می‌شود. سلول از یک آرایه سه‌بعدی از ساختارهای مولکولی کوچک تشکیل‌شده است که نور خورشید را تا آنجا که ممکن است جذب می‌کند، درنتیجه باعث افزایش کارایی و ولتاژ خروجی می‌شود. صفحه سه‌بعدی دارای اندازه ، وزن و پیچیدگی کمتری نسبت به انواع دیگر پنل‌ها است.

- **عدسی‌های هرمی[۹۷]**



فناوری‌های نوظهور شامل عدسی‌های هرمی است که توسط محققان دانشگاه استنفورد ساخته‌شده‌اند، که وعده می‌دهند مقدار نوری را که به سلول خورشیدی برخورد می‌کند متمرکز کند (همان مقدار نور را به ناحیه‌ای به یک‌سوم اندازه برساند). پیشرفتی که می‌تواند پنل‌های خورشیدی را در شرایط نور غیرمستقیم کارآمدتر کند.

- **پارچه‌های خورشیدی**

مهندسان MIT سلول‌های خورشیدی پارچه‌ای فوق سبک ساخته‌اند که می‌توانند به‌سرعت و به‌راحتی هر سطحی را به منبع انرژی تبدیل کنند. این سلول‌های خورشیدی یک‌صدم وزن پنل‌های خورشیدی معمولی هستند اما می‌توانند ۱۸ برابر بیشتر در هر کیلوگرم انرژی تولید کنند و از جوهرهای نیمه‌رسانا با استفاده از فرآیندهای چاپ ساخته می‌شوند. محققان دوام این دستگاه‌ها را آزمایش کرده و دریافتند که بعد از بیش از ۵۰۰ بار چرخاندن و بازکردن پنل خورشیدی پارچه‌ای، سلول‌ها ۹۰ درصد از قابلیت‌های اولیه تولید برق خود را حفظ کردند. این سلول‌های خورشیدی بادوام و انعطاف‌پذیر که بسیار نازک‌تر از موی انسان هستند، به پارچه‌ای محکم و سبک چسبانده شده‌اند که نصب آن‌ها را بر روی یک سطح ثابت آسان می‌کند. به‌عنوان‌مثال، می‌توان آن‌ها را روی بادبان‌های یک قایق نصب کرد تا نیرویی را در دریا تأمین کنند، روی چادرها و برزنت‌هایی که در عملیات بازیابی بلایا مستقر می‌شوند، چسبانده شوند، یا روی بال‌های هواپیماهای بدون سرنشین اعمال شوند تا برد پروازی آن‌ها را افزایش دهند. سلول‌های خورشیدی سیلیکونی سنتی شکننده هستند، بنابراین باید در شیشه محصور شوند و در قاب آلومینیومی سنگین و ضخیم بسته‌بندی شوند، که مکان

[97] Pyramidal lenses

و نحوه استقرار آن‌ها را محدود می‌کند. شش سال پیش، گروه آزمایشگاه وان[98] سلول‌های خورشیدی را با استفاده از یک کلاس نوظهور از مواد لایه‌نازک تولید کردند که آن‌قدر سبک بودند که می‌توانستند بالای حباب صابون بنشینند. اما این سلول‌های خورشیدی فوق نازک با استفاده از فرآیندهای پیچیده و مبتنی بر خلاء ساخته‌شده‌اند، که می‌تواند گران و چالش‌برانگیز باشد. در این کار، با استفاده از مواد مبتنی بر جوهر و تکنیک‌های ساخت مقیاس‌پذیر، سلول‌های خورشیدی لایه‌نازک را که کاملاً قابل چاپ هستند، توسعه دادند. برای تولید سلول‌های خورشیدی از نانومواد استفاده می‌کنند که به شکل جوهر الکترونیکی قابل چاپ هستند. با کار در اتاق تمیز MIT.nano، ساختار سلول خورشیدی را با استفاده از روکش شکافی می‌پوشانند، که لایه‌هایی از مواد الکترونیکی را روی یک بستر آماده و قابل رهاسازی که تنها ۳ میکرون ضخامت دارد، رسوب می‌دهد. با استفاده از چاپ روی صفحه (تکنیکی مشابه نحوه اضافه شدن طرح‌ها به تی‌شرت‌های ابریشمی)، یک الکترود بر روی ساختار قرار می‌گیرد تا ماژول خورشیدی تکمیل شود. سپس محققان می‌توانند ماژول چاپ شده را که ضخامت آن حدود ۱۵ میکرون است، از روی بستر پلاستیکی جدا کنند و یک دستگاه خورشیدی فوق سبک را تشکیل دهند. اما کار با چنین ماژول‌های خورشیدی نازک و مستقلی چالش‌برانگیز است و به‌راحتی می‌توانند پاره شوند، که استقرار آن‌ها را دشوار می‌کند. برای حل این چالش، گروه MIT به دنبال بستری سبک، انعطاف‌پذیر و با استحکام بالا بودند که بتوانند سلول‌های خورشیدی را به آن بچسبانند. و پارچه‌ها را به‌عنوان راه‌حل بهینه شناسایی کردند، زیرا انعطاف‌پذیری مکانیکی و انعطاف‌پذیری را با وزن اضافه کمی فراهم می‌کنند. بنابراین یک ماده‌ایده آل یافته شد. یک پارچه کامپوزیتی که تنها ۱۳ گرم در هر مترمربع وزن دارد، که با نام تجاری Dyneema شناخته می‌شود. این پارچه از الیافی ساخته شده است که به‌قدری مستحکم هستند که به‌عنوان طناب برای بلند کردن کشتی تفریحی غرق شده Costa Concordia از کف دریای مدیترانه استفاده می‌شود. با افزودن یک لایه چسب با اشعه ماوراءبنفش که تنها چند میکرون ضخامت دارد، ماژول‌های خورشیدی را به ورق‌های این پارچه می‌چسبانند. این فرآیند ساختار خورشیدی فوق سبک و از نظر مکانیکی قوی را تشکیل می‌دهد. اگرچه ممکن است ساده‌تر به نظر برسد که سلول‌های خورشیدی مستقیماً روی پارچه چاپ شود، این امر انتخاب پارچه‌های ممکن یا سایر سطوح دریافتی را محدود به سطوحی می‌کند که از نظر شیمیایی و حرارتی با تمام مراحل پردازش موردنیاز برای ساخت دستگاه‌ها سازگار هستند. درحالی‌که این سلول‌های خورشیدی بسیار سبک‌تر و بسیار انعطاف‌پذیرتر از سلول‌های سنتی هستند، برای محافظت از آن‌ها در برابر محیط، باید در ماده دیگری محصور شوند. محصور کردن این سلول‌های خورشیدی در شیشه‌های سنگین، همان‌طور که استاندارد سلول‌های خورشیدی سیلیکونی سنتی است، ارزش پیشرفت کنونی را به حداقل می‌رساند، بنابراین گروه در حال حاضر در حال توسعه راه‌حل‌های بسته‌بندی بسیار نازک است که وزن دستگاه‌های فوق‌سبک فعلی را تنها به میزان جزئی افزایش دهد.

[98] ONE

- **پنل‌های خورشیدی زامبی**[99]

در تلاش برای بهبود کارایی پنل‌های خورشیدی، محققان پنل‌های خورشیدی زامبی را ایجاد کرده‌اند. نوع جدیدی از سلول‌های خورشیدی که می‌تواند با میزان نور موجود سازگار شود. این نوآوری حتی می‌تواند در داخل خانه نیز کارایی داشته باشد. این سلول‌ها بر اساس یک کشف شگفت‌انگیز ساخته‌شده‌اند که نشان می‌دهد برخی از سلول‌های خورشیدی درواقع زمانی بهتر عمل می‌کنند که الکترولیت مایع ساخته شده در آن‌ها خشک شود. ازاین‌رو آن را «سلول‌های خورشیدی زامبی» نامیده‌اند. سلول‌ها نوعی ماده لایه‌نازک هستند که معمولاً از رنگی تشکیل‌شده‌اند که نور را جذب می‌کند. این امر الکترون‌ها را تشویق می‌کند تا جریانی ایجاد کنند که توسط محلول الکترولیت مایع به الکترودهای سلول منتقل می‌شود. آنچه در مورد پنل‌های خورشیدی زامبی بسیار چشمگیر است این است که بازده تبدیل انرژی ۳۰٪ تا ۳۴٪ دارد.

- **پنل‌های خورشیدی نقطه کوانتومی**[100]

این نوآوری جدید خورشیدی از «نقاط کوانتومی» استفاده می‌کند، که کره‌های کوچکی از مواد نیمه‌رسانا هستند که هرکدام فقط حدود ۲ تا ۱۰ میلیاردم متر قطر دارند. پنل‌های خورشیدی نقطه کوانتومی می‌توانند راندمان خورشیدی را به‌طور جدی افزایش دهند. نور از ذراتی به نام فوتون ساخته شده است و فناوری فتوولتائیک خورشیدی فوتون‌ها را به انرژی تبدیل می‌کند. اما نقاط کوانتومی چیزی به نام اثر «تولید اکسایتون چندگانه[101]» دارند که انرژی بیشتری را از هر فوتون خارج می‌کند. اگرچه هنوز آغاز مطالعات است، اما سلول‌های خورشیدی نقطه کوانتومی این پتانسیل را دارند که حداکثر راندمان تبدیل پنل‌های خورشیدی را به حدود ۶۶٪ افزایش دهند. برای مقایسه، پنل‌های خانگی موجود در بازار فقط در ۱۵–۲۵٪ عملکرد دارند.

- **پنل‌های خورشیدی دو وجهی**[102]

سلول‌های خورشیدی دو وجهی می‌توانند نور خورشید را از هر دو طرف جذب کنند و این نور خورشید را به انرژی تبدیل کنند. مقداری از نوری که بین سلول‌ها می‌تابد، توسط صفحه پشتی در قسمت زیرین منعکس می‌شود. مطالعات نشان داده‌اند که مدل‌های دو وجهی می‌توانند بین ۱۰ تا ۲۰ درصد برق بیشتری نسبت به پنل های تک وجهی (سنتی) تولید کنند. اما این کارایی بیشتر، هزینه بیشتری نیز در پی دارد. پنل‌های دو وجهی می‌توانند تقریباً ۱۵ درصد بیشتر از پنل‌های تک وجهی قیمت داشته باشند. اگرچه این پنل‌های خورشیدی نسبتاً جدید در بازار تجاری هستند، اما برخی از

[99] Zombie solar panels
[100] Quantum dot solar panels
[101] multiple exciton generation
[102] Bifacial solar panels

شرکت‌ها ازجمله ال‌جی، لانگی[۱۰۳]، لوموس‌سولار[۱۰۴]، پریسم‌سولار[۱۰۵]، سیلفاب[۱۰۶]، سوپریم[۱۰۷]، ترینا‌سولار و ینگلی‌سولار[۱۰۸] در حال حاضر آن‌ها را عرضه می‌کنند.

منابع:

- *theecoexperts.co*
- *metropolismag.com*
- *World Economic Forum*
- *mapnaec.com* - ۲٤ژانویه ۲۰۱۹
- *theecoexperts.co.uk*

[103] LONGi
[104] Lumos Solar
[105] Prism Solar
[106] Silfab
[107] Sunpreme
[108] Yingli Solar

تحولات فناورانه

پنل‌های خورشیدی شناور[۱۰۹]

انرژی فتوولتائیک خورشیدی یکی از مهم‌ترین و باسابقه‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر است. در چند سال گذشته، فتوولتائیک خورشیدی شناور در حال افزایش است، که به گفته بانک جهانی، می‌تواند ظرفیت نصب‌شده را به دو برابر برساند. در حال حاضر، از ۶۱ مگاوات در سال ۲۰۱۵ به بیش از ۳ گیگاوات در سال ۲۰۲۱ رسیده است که تنها در سال ۲۰۲۰، ۶۸۸ مگاوات اضافه شده است.

از لحاظ تاریخی، تأسیسات فتوولتائیک، در مکان‌هایی قرارگرفته‌اند که آب و هوا برای تعداد زیادی ساعات در سال آفتابی است و همیشه روی زمین یا روی پشت‌بام‌ها مناسب بوده است. به‌این‌ترتیب، منابع آبی بسیار مهم دیگری یا بلا استفاده می‌ماندند یا در معرض تبخیر بیشتر قرار می‌گرفتند. بنابراین، فتوولتائیک‌های شناور متولد شدند که از سطح این آب‌ها با نصب پانل‌های فتوولتائیک شناور استفاده و حفاظت کنند.

خورشیدی شناور یک روش سازگار با محیطزیست برای تولید برق است. این فناوری انرژی‌های دریایی و انرژی‌های تجدیدپذیر را ترکیب می‌کند. برق حاصل از پنل شناور از طریق کابل‌های زیر آب به یک برج انتقال ارسال می‌شود. در این روش ماژول‌های فتوولتائیک که بر روی سکوهایی نصب‌شده‌اند که روی مخازن آب، دریاچه‌ها و شرایط مناسب دریاها و اقیانوس‌ها شناور هستند. این پنل‌های خورشیدی شناور بیشتر در دریاچه‌ها و سدها یافت می‌شوند، زیرا معمولاً آرام‌تر از اقیانوس‌ها هستند. بااین‌حال، ساخت این پنل‌های خورشیدی شناور روی آب چالش‌برانگیزتر و پرهزینه‌تر است. بر اساس گزارش بانک جهانی، نیروی خورشیدی شناور می‌تواند ظرفیت نصب‌شده انرژی خورشیدی موجود را دو برابر کند، زیرا بیش از ۴۰۰۰۰۰ کیلومترمربع مخازن مصنوعی آب، یعنی باتلاق‌ها، مخازن و موارد مشابه در جهان وجود دارد.

[109] Floating photovoltaics

این نوع فتوولتائیک خورشیدی در آسیا، به‌ویژه در چین (در مجموع ۱.۳ گیگاوات پیک[۱۱۰]) توسعه بیشتری داشته است. یکی دیگر از نمونه‌ها سنگاپور است که یک نیروگاه ۶۰ مگاواتی را در ژوئن ۲۰۲۱ افتتاح و علاوه بر آن مطالعات جهت احداث ۱۴۰ مگاوات دیگر را نیز آغاز نموده است. درمیان کشورهای اروپایی نیز، هلند در حال حاضر چندین نیروگاه فتوولتائیک شناور دارد.

مزارع خورشیدی شناور در کشورهای مختلف

ردیف	مزرعه خورشیدی شناور	موقعیت مکانی	ظرفیت
1	Saemangeum floating solar energy project	Yellow Sea, Saemangeum, South Korea	2.1GW
2	Omkareshwar Dam floating solar farm	Narmada river in Khandwa district of Madhya Pradesh, India	600MW
3	Hangzhou Fengling Electricity Science Technology's solar farm	Cixi, Zhejiang Province, China	320MW
4	Three Gorges New Energy's floating solar farm	Huainan City, Anhui Province, China	150MW
5	Cirata Reservoir floating photovoltaic (PV) power project	West Java province, United Arab Emirates	145MW
6	NTPC Kayamkulam solar project	RGCCPP Kayamkulam, Kerala, India	105MW
7	NTPC Ramagundam solar power plant	Peddapalli district, Telangana, India	100MW
8	CECEP's floating solar project	Bengbu, in the province of Anhui, China	70MW
9	Sembcorp's Tuas floating solar project	Tengeh Reservoir in Tuas, South Korea	60MW
10	Hapcheon Dam floating PV power plant	South Gyeongsang Province, South Korea	41MW

یکی از شرکت‌های پیشرو در حوزه فتوولتائیک های شناور شرکت ایبردرولا[۱۱۱] است که در حال توسعه تأسیسات مختلف انرژی خورشیدی فتوولتائیک شناور می‌باشد. شرکت bayWa r.e. با سابقه اجرای ۱۷ پروژه نصب فتوولتائیک شناور از شرکت‌های نامی اسن عرصه می‌باشد. جدول زیر ۱۰ مزرعه خورشیدی شناور برتر به همراه ظرفیت و موقعیت مکانی هر یک نشان می‌دهد.

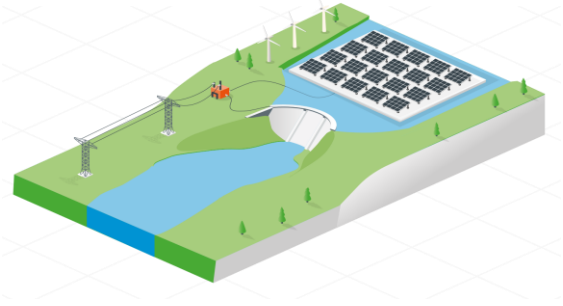
❖ ویژگی‌های نیروگاه فتوولتائیک شناور

نیروگاه‌های فتوولتائیک شناور شباهت‌های زیادی با نیروگاه‌های فتوولتائیک سنتی دارند، اما تفاوت‌هایی نیز دارند، به‌ویژه در مورد لنگر انداختن، سیستم شناورسازی و تخلیه انرژی از نیروگاه. فتوولتائیک شناور معمولاً مشابه ماژول‌های فتوولتائیک خشکی و معمولاً دو وجهی هستند، زیرا ماژول‌های شیشه‌ای دو وجهی، محافظت بهتری در برابر رطوبت و

[۱۱۰] حداکثر توان الکتریکی است که می‌تواند توسط یک پنل فتوولتائیک تحت شرایط دمای استاندارد و نور خورشید (تابش خورشیدی ۱۰۰۰ وات بر متر مربع، دمای محیط ۲۵ درجه سانتی گراد، آسمان صاف، حوالی ظهر) تامین شود.

[111] Iberdrola

خوردگی ایجاد می‌کند. از نظر سیستم شناور، اساساً چهار نوع وجود دارد، اگرچه نوآوری در حال حرکت به سمت انواع مخلوط است. این چهار مدل به شرح زیر است:

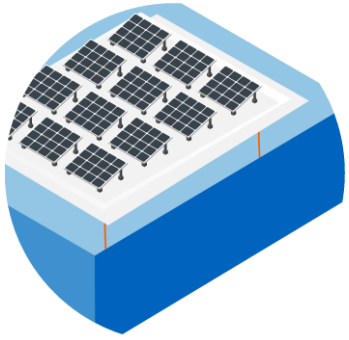


پنل فتوولتائیک شناور

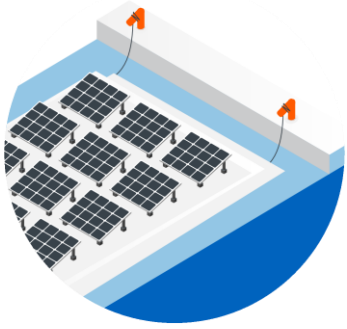
- خالص: در این سیستم‌ها، پانل‌های فتوولتائیک در بالای سیستم فلوتاسیون قرار دارند. در این سیستم‌ها محاسبه حداکثر زاویه شیب برای جبران افزایش هزینه سیستم‌های لنگرگیری ناشی از بارهای وارده بر سازه با افزایش احتمالی تولید با بهینه‌سازی زاویه شیب اهمیت دارد.
- متالیک: دارای ساختاری فولادی هستند که توسط یک سیستم شناور پشتیبانی می‌شود که پانل‌های فتوولتائیک روی آن پشتیبانی می‌شود و اگرچه خنک‌کننده بهتری را با تأثیر بر تولید ارائه می‌دهند، اما هزینه‌های سیستم‌های شناور می‌تواند بالاتر باشد.
- غشاء: در این سیستم‌ها، ماژول‌ها مستقیماً روی غشا در تماس با آب قرار می‌گیرند.
- سیستم‌های دیگر: سیستم‌هایی با مواد جایگزین، معمولاً از آهن و بتن، در حال حاضر در سطح اجرایی پایین‌تری هستند.

یک کارخانه پنل خورشیدی شناور از ماژول خورشیدی، مواد ضدزنگ ، قاب‌های عمودی و افقی، بدنه شناوری، زیرپایی بازرسی و مجموعه پایه ماژول تشکیل‌شده است. ماژول خورشیدی باید در برابر رطوبت بسیار مقاوم، گردوغبار، عاری از سرب و به‌خوبی از اثرات آب محافظت شود. شناوری که از پلی اتیلن ساخته شده است که می‌تواند ۲.۵ برابر وزن را تحمل کند. ساختار شناور از پوشش آلیاژ منیزیم ساخته شده است که در برابر خوردگی بسیار مقاوم است.

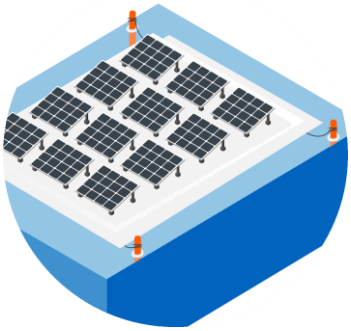
سیستم‌های لنگر، یکی از کلیدهای اساسی انرژی خورشیدی فتوولتائیک برای نگه داشتن پلتفرم در موقعیت است. در این خصوص، به‌عنوان نخستین کار می‌بایست بررسی ژرفاسنجی انجام شود، به‌عنوان‌مثال، یک مطالعه توپوگرافی از بستر دریا، چرا که معمولاً منظم و یکسان نخواهد بود. علاوه بر این، همچنین می‌بایست در نظر داشت که نصب باید دارای شیوه خاصی باشد و همچنین با توجه به مخزن سطح و عمق آب بسیار متفاوت است، بنابراین در طراحی لنگر باید این نکات را مدنظر داشت. سه نوع متداول لنگر عبارت‌اند از:لنگر انداختن در عمق، لنگر انداختن در ساحل، و روش شمع.



لنگر انداختن در عمق



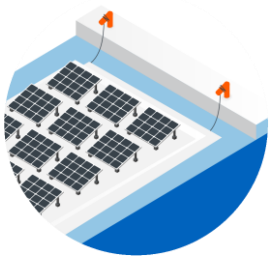
لنگر انداختن در ساحل



روش شمع

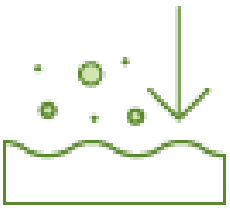
❖ مزایا و معایب نیروگاه‌های فتوولتائیک شناور

امکان استفاده حداکثری از فضا

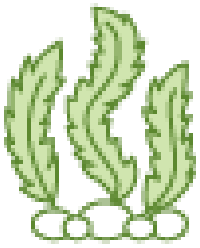


بسیاری از صفحات خورشیدی نصب‌شده روی زمین منجر به از دست دادن فضای ارزشمند زمین می‌شوند یا منجر به جنگل‌زدایی می‌شوند. با فتوولتائیک های شناور، نیازی به فضای زمین نیست. این نصب‌ها می‌توانند در فضای بلا استفاده روی بدنه‌های آبی مانند تصفیه‌خانه‌های فاضلاب، مخازن آب آشامیدنی یا مخازن سدهای برق آبی باشد.

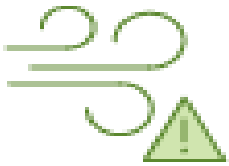
حفاظت چندجانبه از محیط‌زیست



- آب اثر خنک‌کننده برای ماژول‌های فتوولتائیک ارائه می‌دهد. بعلاوه تبخیر از این توده‌های آبی را کاهش می‌دهند، که در مناطق مستعد خشک‌سالی بسیار مهم است. بنابراین از بدنه آب در برابر تبخیر زیاد محافظت و در مصرف آب صرفه‌جویی می‌کند.

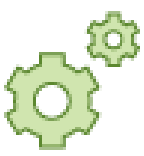


- علاوه بر این، شناور بودن پنل‌های خورشیدی روی آب باعث کاهش شکوفایی جلبک‌ها در بدنه‌های آب شیرین می‌شود. شکوفایی جلبک‌ها زمانی که در منابع آب آشامیدنی ظاهر می‌شوند می‌توانند عوارضی برای سلامتی ایجاد نمایند. همچنین می‌توانند منجر به مرگ حیوانات و گیاهان در بدنه‌های آبی شوند.



- فتوولتائیک های شناور مانع از فرسایش شدیدترین باد در سواحل می‌شوند و شناور انرژی پاک تولید می‌کنند. درنتیجه انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش می‌یابد.

بهبود عملکرد و راندمان پنل‌ها



هنگامی‌که ماژول‌های فتوولتائیک روی بدنه‌های آبی نصب شوند ، آب اثر خنک‌کننده ایجاد می‌کند که کارایی آن‌ها را بهبود می‌بخشد. معمولاً خنک‌سازی بهتر منجر به افزایش تولید می‌شود.

در مورد معایب این نوع انرژی فتوولتائیک خورشیدی شناور، می‌توان گفت که این فناوری هنوز به‌طور کامل توسعه نیافته است و هنوز تجربه کمی در مورد نصب و نگهداری آن‌ها وجود دارد. به عبارتی:

- عملیات تعمیر و نگهداری ممکن است پیچیده‌تر باشد و نیاز به غواصان داشته باشد و در مورد هزینه‌های آن‌ها اعداد قطعی در دست نیست.
- هزینه‌های سرمایه‌گذاری در حال حاضر بیشتر از فتوولتائیک های زمینی است.
- در مورد نحوه عملکرد عناصری مانند پانل‌ها یا لنگرها در محیط‌های مرطوب یا شور دانش کافی وجود ندارد.

منابع :

۱. *iberdrola.com*
۲. *dynamicslr.com*
۳. *SolarisFloat*
٤. *www.baywa-re.com*
٥. *sunketsolar.com*

تحولات فناورانه

پارکینگ‌های خورشیدی

پارکینگ خورشیدی، یک پارکینگ سرپوشیده با یک سایبان ساخته شده از پنل‌های فتوولتائیک است. مزارع خورشیدی در زمین‌های بایر در حال تکثیر هستند و اغلب به اکوسیستم‌ها آسیب می‌رسانند. اما قرار دادن سایبان‌های خورشیدی در پارکینگ‌های بزرگ مزایای زیادی دارد. نصب هر پنل خورشیدی بر اساس عرض جغرافیایی و زاویه‌ای که در آن نصب می‌شوند، ارزیابی انرژی و مالی متفاوتی دارد. مالکان پارکینگ ممکن است به دلایلی ازجمله هزینه و صعوبت کار از پنل‌های خورشیدی صرف نظر کنند. بااین‌حال، برخی از کارشناسان انرژی خورشیدی افزایش علاقه به پارکینگ‌های خورشیدی و توسعه بیشتر آن را پیش‌بینی می‌کنند. به‌عنوان‌مثال شرکت آمریکایی پیو ادعا کرده آمریکایی‌ها در سال ۲۰۲۰، ۹۰ درصد از مزارع خورشیدی استقبال بیشتری داشته‌اند. ازجمله این پارکینگ‌های خورشیدی پارکینگ دانشگاه میشیگان است. بر اساس تخمین و بررسی‌های دانشگاه میشیگان، پنل‌های پارکینگ (که در بیش از پنج قسمت قرار دارند) در طی ۲۵ سال ۱۰ میلیون دلار صرفه‌جویی خواهند نمود. دانشگاه برق را از پنل‌ها بر اساس قرارداد خرید برق دریافت می‌کند، به این معنی که مالک پنل‌ها نیست اما برای خرید برق موافقت دارد. مشخصات این پارکینگ عبارت است از ۴۰۰۰۰ کیلووات ظرفیت، ۵ پارکینگ، ۷ اینورتر خورشیدی ۱۰۰۰ ولت، ۲۶۰۰ میکرو پایه فولادی و ۱۳۰۰ پایه بتنی.

❖ پارکینگ خورشیدی ایکیا

ایکیا/ایکه[112] شرکت سوئدی و چندملیتی است، که در زمینه فروش تخت‌خواب، میز و دیگر لوازم اصلی و فرعی خانگی فعالیت می‌کند. این شرکت به‌تازگی یک پارکینگ خورشیدی به ظرفیت ۳۵/۱ مگاوات در یکی از شعب خود در

[112] IKEA

شهر بالتیمور ایالت مریلند، احداث کرده است. سامانه‌های پارکینگ خورشیدی به آیکه‌آ کمک می‌کند تا به هدف ۱۰۰٪ تأمین انرژی خود از منابع تجدیدپذیر انرژی و هم‌چنین افزایش بهره‌وری انرژی تا سال ۲۰۲۵، نزدیک‌تر شود.

پارکینگ خورشیدی ایکیا

پروژه پارکینگ خورشیدی بالتیمور اولین پروژه از هشت پروژه با مجموع ظرفیت ۷ مگاوات است که ایکه‌آ در فروشگاه‌های زنجیره‌ای خود در ایالت مریلند آمریکا احداث خواهد کرد. انتظار می‌رود که این پارکینگ‌های خورشیدی در مجموع ۷/۱۰ گیگاوات ساعت برق در طول سال را تولید کنند. پنج مورد از این هشت پروژه دارای سیستم ذخیره‌سازی انرژی است که در مجموع دارای ظرفیت ۵ مگاوات ساعت خواهند بود. شرکت زنجیره‌ای ایکه‌آ در حال‌حاضر مالک ۱۰۴ توربین بادی، دو سامانه زمین‌گرمایی، ۲۴۰۷۸۴ عدد پنل خورشیدی و ۱۴۳ ایستگاه شارژ خودروهای برقی در ایالت‌های مختلف آمریکا است. در سال گذشته میلادی، شرکت اینگکا[۱۱۳]، یکی از شرکای ایکه‌آ، بیش از ۷۰۰ میلیون دلار برای حمایت از رسیدن به اقتصاد کربن خالص صفر، اختصاص داده است. به‌عنوان بخشی از این سرمایه‌گذاری، شرکت اینگکا دو پارک خورشیدی به مجموع ظرفیت ۴۰۳ مگاوات در ایالت‌های یوتا و تگزاس آمریکا احداث کرده است.

منابع:

- selgeconstruction.com
- nsenergybusiness.com
- ikea.com
- Yale Environment 360
- iransolarmag.com

[113] Ingka Group

تحولات فناورانه

طراحی نیروگاه خورشیدی برای ساختمان‌ها

سیستم‌های فتوولتائیک منبعی مطمئن از برق خورشیدی هستند که هیچ آلودگی یا انتشار در محل ایجاد نمی‌کند. سیستم‌های فتوولتائیک هزینه‌های عملیاتی کمی را متحمل می‌شوند و می‌توانند روی هر نوع ساختمانی اعم از مسکونی، تجاری، صنعتی، سازمانی، کشاورزی و سایر نصب شوند. به همین منظور دو دیدگاه موجود در طراحی نیروگاه خورشیدی برای ساختمان‌ها را به‌طور کلی بررسی می‌نماییم:

❖ روش فتوولتائیک افزوده‌شده به ساختمان[۱۱۴]

این روش معمول‌ترین روش مورد استفاده برای نصب نیروگاه فتوولتائیک در منازل مسکونی است و به‌خصوص برای منازل مسکونی موجود بیشتر موردتوجه است. این نوع نصب به دو روش انجام می‌شود. در روش اول نیروگاه با کمک سازه‌های فلزی با در نظر گرفتن بهترین شیب و جهت برای بالاترین تولید نصب می‌شود ولی در روش دوم نیروگاه بر روی سطوح موجود در ساختمان مثل شیروانی یا دیوارهای محکم می‌شود که البته در روش دوم احتمال اجرای سیستم در شیب و جهت مناسب کاهش می‌یابد اما با هزینه کمتری قابل انجام است.

[114] Building-applied Photovoltaics(BAPV)

❖ روش فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان[۱۱۵]

در روش فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان، محصولات یا سیستم‌های تولید انرژی خورشیدی به‌طور یکپارچه در پوشش ساختمان و بخشی از اجزای ساختمان مانند نماها، سقف‌ها یا پنجره‌ها ادغام شده‌اند. این روش هدف دوگانه‌ای را دنبال می‌کند. یک سیستم فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان یک جز جدایی‌ناپذیر از ساختمان است که به‌طور هم‌زمان انرژی خورشیدی را به برق تبدیل می‌کند و درعین‌حال کاربردهایی مانند حفاظت از هوا (ضد آب، ضد آفتاب)، عایق حرارتی، حفاظت از صدا، نور روز، ایمنی را بر عهده دارد. سیستم‌های فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان را می‌توان در مرحله ساخت یک ساختمان نصب کرد یا در هنگام مقاوم‌سازی ساختمان موجود زمانی که نیاز به تعویض یکی از اجزای بدنه برونی است، مستقر نمود. بسته به نوع کاربرد و سایز بدنه بیرونی راه‌های زیادی را برای ادغام فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان وجود دارد. به‌طور کلی، سه فضای اصلی برای فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان وجود دارد:

فتوولتائیک یکپارچه در ساختمان

- سقف (به‌عنوان‌مثال پوشش یا نورگیر)
- نماها (به‌عنوان‌مثال روکش، دیوارهای پرده، پنجره‌ها)
- سیستم‌های خارجی یکپارچه (به‌عنوان‌مثال نرده‌های بالکن، سیستم‌های سایه‌انداز)

ماژول‌های یکپارچه در ساختمان که در حال حاضر در بازار موجود است یا از سلول‌های خورشیدی متبلور بر اساس سیلیکون یا از فناوری‌های فیلم نازک مانند سیلیکون مبتنی بر آمورف، تلوراید کادمیوم و سلنیید گالیوم ایندیم مس استفاده می‌کنند. به‌عنوان‌مثال برای کاربردهای نورگیر یا دیوار پرده، می‌توان با فاصله دادن سلول‌های خورشیدی مات c Si یا شفاف‌سازی لایه‌ی نازک، هم نور و هم برق به دست آورد. اما لازم به ذکر است، با افزایش شفافیت، کارایی ماژول کاهش می‌یابد زیرا نور خورشید کمتر جذب شده و لذا کمتر توسط لایه فتوولتائیک به برق تبدیل می‌شود. البته بیش از یک دهه است که دانشمندان بر روی نسل سوم سلول‌های خورشیدی با نام «سلول‌های خورشیدی رنگ‌دانه ای»[۱۱۶] کار می‌کنند که می‌تواند به‌راحتی نور را از خود عبور دهد و به رنگ‌های مختلف هم ساخته می‌شوند و در حال حاضر مشکل بازدهی و پایداری را دارند.

[115] Building-integrated Photovoltaic(BIPV)
[116] Dye-sensitized solar cell

کاربردی

نکات کلیدی در خرید و نگهداری پنل‌های خورشیدی خانگی

حرکت به سمت استفاده از برق پاک و ارزان خورشیدی در سطح خانه‌ها، مستلزم آموزش نکات لازم در خرید پنل‌های خورشیدی در سطح جامعه است تا پنلی انتخاب شود که با بهترین وجه، بیشترین تطابق با نیازها را داشته باشد. هر سیستم خورشیدی خانگی توسط یک مهندس و با کمک نرم‌افزار به‌صورت سفارشی طراحی شده است. یک پنل گران‌قیمت با بازدهی بالا ممکن است دقیقاً به‌اندازه‌ی یک پنل استاندارد یا مقرون‌به‌صرفه تحت شرایط مشابه خوب عمل کند. بهترین پنل‌های خورشیدی برای شرایط خانه بشدت به دو عامل زیر بستگی دارند:

- میزان مصرف سالیانه‌ی برق خانگی
- ویژگی‌های بام (سقف)

بیشتر سیستم‌های خانگی بر روی سقف قرار داده می‌شوند. شیب، نوع و سن سقف و همچنین میزان سایه‌افکنی همگی می‌توانند بر تعداد پنل های مورد نیاز تأثیرگذار باشند. به‌طور کلی، بهتر است که پنل های بیشتری در سمت جنوبی سقف قرار داده شود این همان مکانی است که خورشید در نیمکره‌ی شمالی زمین بیشتر بر آن می‌تابد. ازآنجاکه سیستم پنل خورشیدی یک سرمایه‌گذاری بلندمدت می‌باشد؛ لازم است در کنار موارد فوق‌الذکر، به عوامل دیگری نیز توجه شود.

۱ -قیمت پنل خورشیدی

- قیمت اولین عاملی است که افراد در هنگام مقایسه پنل های خورشیدی به آن توجه می کنند. قیمت یک پنل خورشیدی به متغیرهای مختلفی وابسته است که از جمله آنها می‌توان به این موارد اشاره کرد: اندازه (برحسب وات)، اندازه فیزیکی، برند، کیفیت مواد اولیه، دوام (یا دوره گارانتی) و هر گونه گواهینامه‌ای که ممکن است یک پنل خورشیدی داشته باشد.
- با این حال قیمت تنها عاملی نیست که باید در هنگام انتخاب پنل خورشیدی موردتوجه قرار بگیرد؛ زیرا با دیدگاه بلند مدت، ارزان‌ترین پنل الزاما کارآمدترین و بهترین گزینه ممکن نیست. با توجه به این نکته که پنل‌ها عمری طولانی دارند (گاهاً بیشتر از ۳۰ سال)، لذا اطمینان از خرید یک سیستم با کیفیت، بهتر از انتخاب ارزان‌ترین گزینه است.
- اگر به دنبال تهیه پنل با کمترین قیمت با توان خاصی باشید، توصیه می‌شود پانل‌های فیلم نازک بررسی گردد، که از نظر هزینه‌های صفحه می‌تواند مقرون به صرفه‌تر باشد. البته این نوع سلول خورشیدی در ایران مرسوم نیست و سلول‌های خورشیدی پلی‌کریستال را می‌توان جایگزین این نوع قلمداد کرد.

۲ -کیفیت پنل خورشیدی و برند

- کیفیت یک پنل خورشیدی شامل نحوه تولید پنل و کیفیت مواد اولیه مورد استفاده آن می‌شود. تولید کنندگان غالباً پنل‌های مختلفی را تولید می نمایند که از نظر کیفیت، قیمت و کارآیی با هم تفاوت دارند. برخی از تولیدکنندگان پنل‌های خورشیدی به صورت ادغام عمودی کار می‌کنند؛ یعنی هر مرحله از فرآیند تولید را کاملاً تحت کنترل داشته و توجه زیادی به کیفیت محصولات خود دارند و بر روی بخش تحقیق و توسعه سرمایه گذاری می‌نمایند. اما برخی از تولید کنندگان تنها پنل‌ها را مونتاژ می‌کنند و نقشی در تولید سلول‌های خورشیدی ندارند و معمولاً بر روی بخش تحقیق و توسعه سرمایه گذاری انجام نمی‌دهند. به جای رباتیک، از تولیدات انسانی استفاده می‌کنند؛ در عوض مقرون به صرفه‌ترین پنل‌ها را تولید می‌نمایند. توصیه می‌شود در هنگام انتخاب تامین‌کننده پنل، تاریخچه شرکت‌ها را مورد بررسی قرار گیرد و از تجربیات مشتریان نیز بهره‌گیری نمود.
- در خصوص بررسی برندهای معتبر لیست‌های مختلفی ارائه می‌گردد که یکی از معتبرترین لیست‌ها مربوط به Bloomberg است که تحت عنوان TIER-1 از درگاه اینترنتی solaranalytica قابل دستیابی است.

۳ -بازده انرژی

- بازده یک پنل خورشیدی نشان می‌دهد که پنل تا چه اندازه می‌تواند نور دریافتی را به انرژی الکتریکی تبدیل نماید و در نتیجه سیستم خورشیدی موردنظر چه مقدار انرژی تولید خواهد نمود. هر چه بازده یک پنل بیشتر باشد؛ پنل بهتر و البته گران‌تر است. اما همیشه بزرگ‌ترین و پربازده‌ترین پنل، بهترین انتخاب برای افراد نیست؛ زیرا ممکن است بیش از نیاز انرژی خود، هزینه انجام دهند. بنابراین نخست باید افراد نیازهای خود را ارزیابی کرده و پنلی مطابق با نیازهایشان را بیابند.
- برای پنل‌های سیلیکونی معمولی، این مقدار معمولاً بین ۱۴ تا ۲۲ درصد است.
- هر پنل دارای یک خروجی برق متفاوت است. این عدد میزان انرژی تولیدی یک پنل را نشان می‌دهد که معمولاً بین ۲۵۰ تا ۳۵۰ وات است. پنل‌های وات بالاتر اغلب کارآمدتر هستند ، اما در عین حال بزرگ‌تر و گران‌ترند.

۴ -ضریب دما

- این معیار به تاثیر گرما بر بازده عملیاتی پنل خورشیدی، پس از نصب آن اشاره دارد. از آنجایی که گرمای بیش از حد باعث پایین آمدن عمر مفید پنل‌های خورشیدی می‌شود؛ لذا هر چه درصد ضریب دما برحسب درجه سانتیگراد پایین‌تر باشد، نشان از کارآمدی بیشتر پنل دارد.

۵ -دوام

- دوام یا ماندگاری یک پنل خورشیدی، نشان‌دهنده اعتماد تولیدکننده به محصولاتش است. معمولاً پنل‌های خورشیدی دارای ۲۵ سال گارانتی هستند. اگر تولیدکننده‌ای حاضر نباشد دوره گارانتی بلندمدتی ارائه دهد، باید در کیفیت محصولات آن‌ها دچار تردید شد؛ زیرا این به این معناست که نمی‌خواهند مسئولیت محصولاتشان را برعهده بگیرند.
- البته نباید سهم نگهداری صحیح از پنل‌های خورشیدی را در افزایش طول عمر آن‌ها نادیده گرفت. اما باید توجه داشت که خوشبختانه مراقبت از پنل‌های خورشیدی آسان است.

۶-قابلیت چرخش

- بهترین برندهای پنل خورشیدی برای خانه‌ها دارای این قابلیت هستند. این پنل‌ها با تغییر در زاویه خورشید می‌توانند در فصول مختلف سال حرکت کنند و عمود بر خورشید قرار گیرند تا بیشترین انرژی را از آن دریافت نمایند.

۷-اندازه (فضای قابل اشغال و اندازه برحسب وات)

- اندازه یک پنل خورشیدی شامل اندازه فیزیکی و اندازه آن برحسب وات است. پنل خورشیدی می‌بایست به حدی بزرگ باشد که برق تمام وسایل برقی منزل را تامین نماید. در ضمن باید به وجود فضای برای نصب پنل خورشیدی نیز توجه نمود. اندازه فیزیکی یک پنل خورشیدی به قدرت سیستم (هر چه تعداد وات پنل بیشتر باشد، پنل بزرگ‌تر است) و نوع سلول‌های خورشیدی مورد استفاده برای ساخت پنل بستگی دارد.
- هر دو صفحه پلی‌کریستالی و مونوکریستال معمولاً مزایای یکسانی دارند. اگرچه پنل‌های پلی‌کریستال به فضای نصب بیشتری نیاز دارند و پنل‌های مونوکریستال در همان سطح انرژی بیشتری تولید می‌کنند، اما همیشه چنین نیست و تأکید می‌شود که انجام این کار بدون تجزیه و تحلیل کافی از شرایط خاص پروژه تقریباً غیرممکن است.
- بهترین برند پنل‌های خورشیدی کمی گران‌تر هستند، اما کمی فضای کمتری را اشغال می‌کنند و به فضای کمتری نیز نیاز دارند، به عنوان مثال اگر یک صفحه پلی‌کریستالی و یک صفحه مونوکریستال موجود باشند که قدرت یکسانی دارند (به عنوان مثال ۲۲۰ وات)، هر دو مقدار یکسانی برق تولید می‌کنند، اما صفحه تک کریستالی فضای کمتری را می‌گیرد.
- معمولاً یک خانواده متوسط به یک سیستم خورشیدی ۴ کیلو واتی نیاز دارند. وات به خروجی پنل مرتبط است (یک پنل ۲۰۰ واتی در شرایط ایده آل، در هر ساعت ۲۰۰ وات برق تولید می‌کند.) و مسلماً به قیمت سیستم هم ارتباط دارد.
- وات پنل خورشیدی مهمترین نکته‌ای است که باید به آن توجه نمود؛ زیرا می‌تواند منجر به کمبود انرژی و یا از طرف دیگر باعث افزایش هزینه‌ها بیش از نیاز واقعی شود.

۸ -انواع سلول‌های خورشیدی مورد استفاده

- سلول‌های خورشیدی انواع مختلفی دارند و بازده هر کدام با دیگری متفاوت است. سلول های سیلیکون مونوکریستالی بازده بالایی دارند، به خوبی گرما را تحمل کرده و ردپای زیست محیطی کمی دارند. در حال حاضر پنل‌های خورشیدی مبتنی بر سلول‌های سیلیکونی پلی‌کریستالی پرکاربردترین نوع پنل در تاسیسات مسکونی هستند. سلول‌های سیلیکونی آمورف (یا لایه نازک) نیز وجود دارند که کمترین میزان سیلیکون را مصرف می‌کنند و کارآیی چندانی ندارند. در یک وات برابر، یک پنل کریستالی از یک پنل آمورف کوچک‌تر است.

۹–ضمانت یا گارانتی

- تولیدکنندگان سیستم های و تجهیزات خورشیدی تضمین‌های زیادی را برای اطمینان از عملکرد سیستم در طول عمر خود ارائه می دهند. ضمانت ها از نظر زمان و شرایط متفاوت هستند اما معمولاً بین ۱۰ تا ۲۵ سال دارند.
- دوره ضمانت برای صفحات خورشیدی پیامی از طرف سازنده صفحه است که آن‌ها بهترین نوع صفحه خورشیدی را تولید کرده‌اند. هرچه ضمانت بیشتر باشد، کیفیت پنل نیز بالاتر است. زیرا سازنده برای اثبات ادعای خود اقدامی عملی انجام داده است. هنگام مقایسه صفحات خورشیدی، حتماً شرایط گارانتی هر سازنده می‌بایست در نظر گرفته شود.
- کاملا مستند است که سیلیکون در سلول‌های خورشیدی در طی زمان به آرامی رسانایی را از دست میدهد و هدف سازنده نیز این است که این خرابی را تا حد امکان در طول دوره گارانتی محدود کند. پنل‌های خورشیدی ممتاز می‌بایست برای انجام حداقل ۸۵ درصد خروجی توان نامی گارانتی شوند.

۱۰–کارایی پنل خورشیدی

- برخورداری هر سیستم خورشیدی خانگی از یک سیستم مانیتورینگ حائز اهمیت است. این سیستم اجازه می‌دهد داده های تولید انرژی تاریخی و اندازه گیری زمان حقیقی سیستم نشان داده شود. برخی سیستم های مانیتورینگ داده تولید انرژی را توسط یک واحد نمایشگر فیزیکی نمایش می دهند در حالیکه دیگران از فصل مشترک (اینترفیس) آنلاین و یا هر دوی اینها استفاده می کنند. هرچه منازل هوشمند یا متصل بیشتر رواج می یابند، نصاب های خورشیدی می توانند مانیتورینگ مصرف کل انرژی خانه را نیز فراهم سازند. برای حصول اطمینان از اینکه سیستم خورشیدی به شکل نرمالی انرژی تولید می کند، مهم است که پنل های خورشیدی با یک سیستم مانیتورینگ تولید انرژی تنظیم گردند.

۱۱–زیبایی شناسی پنل خورشیدی

- همانطور که افراد بیشتری به سوی صنعت خورشیدی می روند، نیاز برای پنل های زیبا و خوب طراحی شده تبدیل به یک خواسته ی روزافزون مشتری ها می شود. بسیاری از مالکان منازل با عنایت به چنین ملاحظاتی در ذهن، هنگام مقایسه ی پنل های خورشیدی پنل های مشکی را ترجیح می دهند اما انواع زیادی از پنل های مشکی وجود دارند که باید از آنها مطلع گشت.
- اکثر سلول های سیلیکونی یا آبی تیره یا مشکی هستند. این سلول ها مربع هایی هستند که رویه ی پنل های خورشیدی را شکل می دهند. فاصله ی بین این سلول ها همانجایی است که شما می توانید بک شیت را ببینید. داشتن یک بک شیت مشکی باعث براق تر نشان دادن آن است. در پایان، توجه به رنگ فریم (قاب) دارای اهمیت است. اکثر فریم های پنل های خورشیدی آلومینیوم آنودی هستند که یا نقره ای یا مشکی هستند. انتخاب فریم مشکی رنگ می تواند شکل و قیافه ی سیستم تان را بهبود دهد. ممکن است که به پنل های تمام مشکی نیز علاقه نشان دهید که در آنها فریم، بک شیت و سلول ها همگی مشکی رنگ هستند.
- افزون بر این، سازندگان ممتاز پنل های خورشیدی نظیر "سوپریم" و "ترینا سولار"، پنل های خورشیدی بدون قاب و بدون بک شیت را تولید می کنند. این پنل ها که کاملا" بوسیله ی پوشش شیشه ای محافظت می شوند، گزینه های خوبی برای گاراژهای بدون سقف، سیستم های نصب شده بر زمین، سایبان ها و هرجای دیگری که زیبایی و ظاهر دارای اهمیت است، هستند.

به‌طور کلی برای تهیه یک پنل خورشیدی باید پارامترهای دیگری را نیز مورد بررسی قرار داد:

- میزان و کیفیت تابش نور خورشید در محل نصب پنل‌ها
- کنترل سطح گردوغبار و آلودگی (۱ تا ۵ درصد به‌طور متوسط)
- سایه‌اندازی
- زاویه نصب پنل
- ضریب دمایی پنل (این فاکتور برای پلی کریستال ۵ و مونو کریستال ۴۵. درصد می‌باشد)
- خطای سازنده بین ۱ تا ۳ درصد
- سرعت باد و رطوبت محل نصب پنل‌ها
- کیفیت تجهیزات مورد استفاده در ساختمان پنل
- طراحی و اجرای صحیح نصب پنل‌های خورشیدی

همچنین:

برای تهیه پنل‌های خورشیدی باید توجه داشت که:

- پنل از بازدهی بالایی برخوردار باشد.
- خدمات پس از فروش شرکت نقش بسیار مهمی در خرید پنل‌های خورشیدی دارد.
- گارانتی ۲۵ ساله داشته باشد و در این ۲۵ سال راندمان آن از ۸۰ درصد کمتر نشود.
- هرچه ظرفیت پنل بالاتر باشد هزینه احداث کمتر است. بنابراین توصیه می‌شود پنل‌های بالای ۴۰۰ وات خریداری شود.
- ضریب دمایی پنل نکته مهمی است. برای مناطق گرمسیر توصیه می‌شود از پنل‌های خورشیدی با ضریب دمایی کمتر استفاده شود.
- پنل‌های مونوکریستال راندمان و کارایی بهتری دارند. تفاوت قیمتی پنل‌های مونوکریستال با پلی‌کریستال قابل اغماض است.
- در مناطقی که گردوخاک و آلایندگی زیاده پنل‌های پلی‌کریستال توصیه می‌شود.
- حمل‌ونقل پنل‌ها می‌بایست به‌صورت استاندارد انجام گیرد تا آسیب احتمالی ایجاد نشود. پنل‌ها به‌قدری حساس و شکننده هستند که با یک فشار ساده ترک مویی برمی‌دارند.
- به بازه ولتاژ و جریان پنل برای طراحی توجه شود که از بازه ولتاژ اینورتر بالاتر نرود.
- حتماً دیودهای بای پس و جریان معکوس داشته باشند.
- نیم سلولی‌ها راندمان بالاتری دارند اما گران‌تر هم هستند.

- نصب پنل باید استاندارد انجام شود. حتی محل بست/کلمپ پنل به استراکچرها مشخص است که می‌بایست درست نصب شوند.
- نباید بیش از ۶ ماه از تولید پنل گذشته باشد.

❖ نکات موردتوجه در خصوص پنل‌ها با توجه به استاندارد ایران:

- راندمان بالای ۱۴ درصد برای پنل‌های داخلی و خارجی
- حداقل توان مورد قبول ساتبا ۲۵۰ وات می‌باشد.
- عمر حداقل ۲۵ سال برای شرایط آب و هوایی مختلف
- با توان نیروگاه احداثی متصل به شبکه STC برابری توان تجمعی پنل ها، در شرایط استاندارد
- پنل‌ها مجهز به دیود بای پس باشند و در دمای ۴۰ – تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد عملکرد مناسبی داشته باشند.
- تحمل بار استاتیکی مطابق استاندارد ۵۴۰۰ پاسکال یا ۵۵ کیلوگرم بر سانتی مترمربع باشد.
- راندمان پنل‌ها در ۲۵ سال از ۸۰ درصد کمتر نشود.
- پنل خورشیدی پلی کریستال برای استفاده در مناطق گرمسیر مناسب‌تر است به این دلیل که سطح آن روشن‌تر می‌باشد و انرژی تابشی خورشید را جذب می‌کند و همچنین افزایش مقاومت در اثر گرم‌تر شدن افت توان پنل خورشیدی در این نوع پنل کمتر می‌باشد. با توجه به راندمان بالای پنل‌های مونوکریستال برای بهینه‌سازی فضا در نیروگاه‌های خورشیدی بزرگ استفاده از پنل‌های خورشیدی مونو کریستال توجیه اقتصادی دارد. در غیر این صورت قیمت بالاتر پنل‌های خورشیدی مونو کریستال تنها می‌تواند به ضرر صاحب نیروگاه تمام شود.

❖ خرید پنل خورشیدی کارکرده

خرید پنل خورشیدی دست‌دوم یا پنل خورشیدی کارکرده اگر با بررسی ابعاد مختلف صورت بگیرد می‌تواند در هزینه‌ها و ابعاد اقتصادی راه‌اندازی یک سیستم و نیروگاه خورشیدی تأثیر مثبتی بگذارد. واقعیت این است که عمر مفید پنل های

خورشیدی با کیفیت ۲۵ تا ۳۰ سال می‌باشد و در این مدت پنل های خورشیدی در نزدیک به حداکثر بازدهی قرار دارند.

پس پنل خورشیدی دست‌دومی که:

۱. آسیب‌دیده نباشد.
۲. از برند خوب و قابل‌اطمینانی باشد.
۳. ویژگی‌های فنی آن واقعاً مطابق با آنچه بر روی پلاک پنل نصب‌شده باشد.
۴. افت راندمان چشمگیری در طول سال‌های کارکرد اولیه آن صورت نگرفته باشد.

می‌تواند برای راه‌اندازی سیستم خورشیدی استفاده شود. فقط باید نکاتی را در نظر داشت تا به‌جای کاهش هزینه‌ها مجبور به صرف هزینه‌های چندباره به دلیل عدم سلامت و کیفیت لازم پنل های خورشیدی دست‌دوم نشد.

❖ نکات کاربردی حین خرید پنل خورشیدی دست‌دوم

می‌توان با بررسی نکات زیر تا حدودی دربارهٔ مسائل و مشکلات احتمالی آسوده‌خاطر شد:

- توان و ولتاژ خروجی پنل را بررسی شود تا دقیقاً با مشخصات قید شده بر روی پلاک آن مطابق باشد.
- سطح ظاهری پنل از نظر نداشتن ترک و آسیب‌دیدگی بررسی شود.
- صفحات سلول خورشیدی از شیشه محافظ رویی آن جدا نشده باشد.
- به آثار تعمیر و پرشدگی ترک‌های روی شیشه پنل نیز دقت شود.
- درهرصورت راندمان پنل های خورشیدی قدیمی کمتر از پنل های جدید است؛ درنتیجه باید این امر را در محاسبات نیروگاه خورشیدی مدنظر قرار داشت.
- وزن و ابعاد پنل های خورشیدی که ۱۰ یا ۱۵ سال قبل ساخته‌شده‌اند، قطعاً ۲ تا ۳ برابر پنل های خورشیدی با تکنولوژی جدید تک کریستال هستند که همان توان را دارند.

❖ مقایسه قیمت پنل خورشیدی نو و کارکرده

به‌طور کلی قیمت پنل خورشیدی دست‌دوم در جهان در حدود ۵۰ درصد پنل خورشیدی نو است اما این عدد در ایران به ۸۰ درصد نیز می‌رسد و باید بررسی‌های لازم را به عمل آورد که این کاهش قیمت حدوداً ۲۰ درصدی نسبت به استفاده از پنل نو ارزندگی کافی را دارد یا خیر. پنل های خورشیدی در ایران اغلب در دو نوع مونوکریستال و پلی کریستال وجود دارند. نوع مونوکریستال یا تک کریستال به دلیل خلوص بیشتری که دارد، دارای راندمان مطلوب‌تری است و این امر باعث می‌شود در توان یکسان وزن و ابعاد پنل های مونو کریستال نسبت به پلی کریستال‌ها کمتر باشد. البته استفاده از پنل های نوع مونو کریستال در مناطق سرد و شرجی پیشنهاد می‌شود و برای مناطق گرمسیری از لحاظ فنی پنل های پلی کریستال که ارزان‌تر هستند پیشنهاد می‌شوند.

❖ نکاتی در خصوص شرایط محل نصب و نگهداری فتوولتائیک

در سرتاسر جهان از سیستم‌های خورشیدی استقبال و استفاده فراوان می‌شود. نکته‌هایی که باعث دریافت کم‌نور روی سلول‌های خورشیدی می‌شود دمای بالای هوا، غبار و رطوبت است. درنتیجه منطقه‌ی نصب باید قابل توجه با شرایط پنل باشد

- **اثر گرما**

صفحات خورشیدی در دمای پایین و مناطق سردسیر نسبت به مناطق گرم، میزان تولید برق بیشتر و عملکرد بهتری دارد. در یک سیستم فتوولتائیک، برق تولیدشده در یک روز غبارآلود و آفتابی با وزش باد ملایم، بیشتر از یک روز صاف و آفتابی و بدون وزش باد است. درنتیجه کارایی و راندمان سیستم خورشیدی در چنین وضعیت‌هایی بیشتر است.

- **اثر گردوغبار**

وجود گردوغبار روی پنل‌های خورشیدی باعث کم شدن شفافیت سطح پنل می‌شود و درنتیجه پنل، میزان نور کمتری دریافت می‌کند.

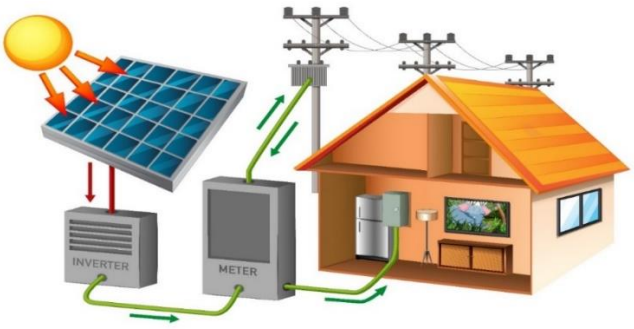
- **اثر رطوبت**

اگر در مناطقی که میزان رطوبت بالایی دارند، صفحه خورشیدی نصب شود، راندمان صفحات خورشیدی پایین می‌آید؛ زیرا رطوبت باعث می‌شود این پنل‌ها میزان نور کمتری را جذب کنند.

- **اثر ارتفاع**

در شرایطی که ارتفاع پنل از سطح زمین زیاد باشد، در زمان بارندگی برف و باران آسیب کمتری به پنل وارد می‌شود. هم‌چنین در این شرایط ضخامت جو کمتر است و میزان جذب نور صفحه خورشیدی بهتر و راحت‌تر انجام می‌شود.

- **سازگاری اینورتور پنل خورشیدی**



بطورخلاصه، پنل‌های جریان الکتریسیته‌ی مستقیم یا دی سی را تولید می‌کنند و سپس اینورتورهای پنل خورشیدی آن نیرو را به برق جریان متناوب یا ای سی تبدیل می‌کند. این امری ضروری است زیرا لوازم خانگی و شبکه‌ی برق تحت نیروی جریان متناوب کار می‌کند.

بنابراین توجه به اینورتر نیز امری لازم و ضروری است. دو نمونه از اینورترهای موجود به شرح ادامه موجود هستند:

- اینورتورهای رشته‌ای: اگر سقف موردنظر تنها به یک سطح از پنل‌ها نیاز دارد و به‌خوبی در معرض جهت جنوبی قرار دارد، یک اینورتور رشته‌ای استاندارد برای مدیریت پنل‌های خورشیدی کافی خواهد بود. اینورتورهای رشته‌ای تمامی پنل‌های خورشیدی را یکجا به‌صورت یک‌رشته‌ی تکی یا اتصال سری کنترل می‌کنند.
- میکرواینورتور: اگر سقف نیازمند چندین سطح برای پنل‌ها باشد و یا اینکه سایه‌اندازی‌هایی بوسیله درختان را تجربه نماید، به میکرو اینورتورها نیاز خواهد بود. میکرواینورتورها نیروی حورشید را به‌صورت پنل به پنل تبدیل می‌کنند. اگر یک پنل متأثر از سایه گردد، تمامی پنل‌های دیگر همچنان به تولید با تمام قدرت ادامه می‌دهند در حالیکه با اینورتور رشته‌ای، تمامی پنل‌ها در سطح پنلی که متأثر از سایه‌اندازی شده است، تولید می‌کنند.

غول‌های فناوری

تولیدکنندگان برتر پنل‌های خورشیدی

یکی از چالش‌های پیش روی احداث نیروگاه خورشیدی، انتخاب تجهیزات نیروگاه خورشیدی به‌خصوص پنل خورشیدی از بین برندهای موجود در بازار است. این انتخاب معمولاً بر اساس یک سری ویژگی‌ها و امکانات محصول و تولیدکننده است که از مهم‌ترین این پارامترها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- اعتبار شرکت تولیدکننده مانند حجم تولید در سال و مدت‌زمان فعالیت
- تکنولوژی به‌روز و امکانات جهت اجرای ساده‌تر نیروگاه
- راندمان پنل خورشیدی به جهت کاهش مساحت نیروگاه خورشیدی
- گارانتی و خدمات پس از فروش

پنل‌های خورشیدی با کیفیت بالا و بالاترین قابلیت اطمینان براساس تاریخچه تولید، کیفیت محصول، عملکرد پنل‌ها در دنیای واقعی، خدمات ارائه شده توسط شرکت به‌صورت زیر لیست شده‌اند. باید خاطرنشان کرد که محصولات شرکت پاناسونیک در ژاپن و سان‌پاور در آمریکا از جایگاه ویژه‌ای برخوردار هستند که برای این کشورها در صدر لیست قرار می‌گیرند. شرکت‌های سان‌تک، ترینا سولار، جینکو سولار و کندین سولار نیز از قدیمی‌ترین و معروف‌ترین تولیدکنندگان پنل‌های خورشیدی با پیشینه تاریخی طولانی در تحقیق و توسعه می‌باشند. در ادامه به بررسی تعدادی از تولیدکنندگان مطرح در حوزه سلول‌های خورشیدی پرداخته می‌شود:

لوگو	مشخصات
LG Life's Good	شرکت ال‌جی به‌عنوان یک تولیدکننده پیشرو با محصولات با کیفیت، قابلیت اطمینان و عملکرد بالا معرفی می‌شود. شرکت ال‌جی با ارائه گارانتی ۲۵ ساله برای محصولات ۲Neon و Neon R که هردو با عمر طولانی و بهترین عملکرد با سلول‌های N-type ارائه می‌شوند. • بازه توان: ۳۲۵–۳۸۰ وات • بازدهی: ۱۹.۳–۲۲ درصد • قیمت: متوسط – بالا
SUNPOWER	این شرکت بالاترین بازدهی را در میان تولیدکنندگان پنل‌های خورشیدی دارد. تولیدات این شرکت با بازدهی بالا و N-type ارائه می‌شود که بروزترین فناوری موجود در تولید پنل‌های خورشیدی است. محبوبیت سری p این برند در مصارف خانگی و تجاری با مقیاس بزرگ در حال افزایش است. در آمریکای شمالی سان‌پاور از محبوبیت بالایی برخورداراست. ویژگی‌های پنل‌های خورشیدی شرکت سان‌پاور به شرح زیر می‌باشد: • بازه توان: ۳۴۰–۴۰۰ وات • بازدهی: ۱۹–۲۲.۶ درصد • قیمت: متوسط – خیلی بالا
REC	این برند از اولین ارائه کنندگان پنل‌های تاشو می‌باشد که اخیراً پنل‌های N-Peak را به محصولات خود اضافه کرده است. REC با ارائه پنل‌های با کیفیت N-type با قابلیت تاشو توانسته است جایگاه خود را در میان تولیدکنندگان پنل‌های خورشیدی بیابد. ویژگی‌های پنل‌های خورشیدی شرکت REC به شرح زیر می‌باشد: • بازه توان: ۳۰۰–۳۸۰ وات • بازدهی: ۱۸–۲۱.۷ درصد • قیمت: متوسط – بالا
WINAICO	وینایکو یک شرکت تولیدکننده تقریباً کوچک با پنل‌های باکیفیت و قیمت مناسب می‌باشد. پنل شناخته شده PERC ۶M با گارانتی ۱۵ ساله مورد تائید مهندسین اجرا کننده پروژه‌های نیروگاه خورشیدی می‌باشد. توجه شرکت وینایکو به جزئیات، طراحی فرم بسیار قدرتمند باعث ورود این کمپانی در لیست ۱۰ تولیدکننده پنل‌های خورشیدی شده است. پنل ۳۴۰ واتی mono PERC با کیفیت بسیار بالا در سال ۲۰۲۰ به بازار عرضه شده است.. ویژگی‌های پنل‌های خورشیدی شرکت وینایکو به شرح زیر می‌باشد: • بازه توان: ۳۱۰–۳۴۰ وات • بازدهی: ۱۸.۸–۱۹.۸ درصد • قیمت: متوسط – بالا
Q CELLS	کیوسلز یک تولیدکننده پنل‌های خورشیدی با ارائه رنج گسترده‌ای از محصولات برای کاربردهای متفاوت می‌باشد. پنل‌های Duo۶G + جدیدترین محصول این شرکت می‌باشد که ۲۵ سال عمر محصول با عملکرد کامل و بازدهی ۸۳ درصد برای بالاتر از ۲۵ سال ارائه شده است. ویژگی‌های پنل‌های خورشیدی شرکت کیوسلز به شرح زیر می‌باشد:

لوگو	مشخصات
	• بازه توان: ۲۷۵–۳۶۰ وات • بازدهی: ۱۷.۸–۲۰.۳ درصد • قیمت: متوسط

جدول زیر پنل‌های خورشیدی با بالاترین کارایی را همراه شرکت سازنده، نوع سلول، حداکثر بازدهی و گارانتی هریک در سال ۲۰۲۰ را نمایش می‌دهد :

	Make	Leading Model *	Cell type *	Max Efficiency *	Product Warranty **
1	LG Energy	Neon R	N-type IBC	22.0%	25 yr
2	Sunpower	Maxeon 3	N-type IBC	22.6%	25 yr
3	REC	Alpha	N-type HJT MBB	21.7%	20 yr
4	Panasonic	EverVolt	N-type HJT MBB	21.2%	25 yr
5	Solaria	Power XT	P-type Half-cut MBB	20.5%	25 yr
6	Qcells	QPeak DUO G9	P-type Half-cut MBB	20.6%	25 yr
7	Trina Solar	Vertex S	P-type Half-cut MBB	21.1%	12 yr
8	Winaico	WST-375MG	P-type Half-cut MBB	20.6%	25 yr
9	JinkoSolar	Tiger Pro N-type	N-type Half-cut MBB	20.7%	15 yr
10	Canadian Solar	HiKu6	N-type Half-cut MBB	20.8%	12 yr

❖ لیست Tier 1 پنل خورشیدی

امروزه بسیاری از برندهای تولیدکننده پنل خورشیدی، تمام تلاش خود را در جهت بهبود این پارامترها انجام می‌دهند و به دلیل رقابت تنگاتنگ با یکدیگر از بسیاری موارد بسیار شبیه به هم شده‌اند. در این میان برخی کمپانی‌ها بر اساس اطلاعات آماری و تحقیقات بازار تلاش می‌کنند همه‌ساله لیستی از بهترین برندهای تولیدکننده پنل خورشیدی و سایر تجهیزات نیروگاه خورشیدی ارائه کنند که به این لیست معمولاً لیست Tier 1 گفته می‌شود. لیست Tier 1 به‌طور معمول شامل برندهای معتبر پنل خورشیدی است که این برندها بر اساس معیارهایی سنجیده می‌شوند و در لیست قرار می‌گیرند. از مهم‌ترین این معیارها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- تجربه کاری و مدت‌زمان فعالیت در بازار
- وضعیت مالی و حجم تولید و فروش پنل خورشیدی
- حداکثر ظرفیت تولید پنل خورشیدی در یک ماه یا سال
- کیفیت و ماندگاری محصولات
- قابلیت‌های فنی و امکانات به‌روز
- گارانتی و خدمات پس از فروش

به‌منظور اندازه‌گیری این مشخصه‌ها به‌طور معمول کمپانی‌های تحقیقات بازار وارد عمل می‌شوند و لیستی کامل از تولیدکنندگان برتر بازار ارائه می‌کنند که یکی از معروف‌ترین آن‌ها کمپانی بلومبرگ است. کمپانی بلومبرگ به‌صورت فصلی یک لیست از برترین تولیدکنندگان پنل خورشیدی را ارائه می‌نماید. آخرین به‌روزرسانی لیست Tier 1 کمپانی Bloomberg فصلQ1به شرح زیر است:

نام شرکت سازنده	رتبه	نام شرکت سازنده	رتبه	نام شرکت سازنده	رتبه
Renesola Yixing	41	Talesun	21	Sunpower/ Maxeon	1
Recom	42	Jolywood	22	LG Solar	2
Neo Solar Power	43	ZNShine	23	Trina Solar	3
Leapton Energy	44	Haitai	24	REC Group	4
Hansol Technics	45	Jetion	25	Jinko	5
Exiom Group	46	Boviet	26	QCells	6
AE Solar	47	Adani	27	LONGi	7
Vikram	48	DMEGC	28	Canadian Solar	8
Motech	49	GCL System	29	Risen Energy	9
CECEP	50	AU Optronics	30	JA Solar	10
ET Solar Inc	51	Beyond Sun	31	Astronergy	11
Solargiga	52	Tongwei	32	Suntech	12
Sunport	53	TSEC	33	First Solar	13
Hevel	54	UREC	34	Hyundai	14
Yingli Silfab	55	Waaree	35	Phono Solar	15
Dongfang	56	VSUN Solar	36	BYD	16
ShinSung	57	Ulica Solar	37	Seraphim	17
Renewsys	58	Swelect	38	EGing PV	18
		Sharp	39	HT-SAAE	19
		S-Energy	40	Jinergy	20

منابع:Bloomberg New Energy Finance Report

خبر داخلی

ادارات دولتی و بورس انرژی‌های تجدیدپذیر

توجه به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر یکی از وجوه سیاست‌های کلی محیطزیستی بوده و دولت سیزدهم نیز برای این موضوع اهمیت ویژه‌ای قائل است، تا جایی که وزیر نیرو در اواخر سال گذشته از عبور وزارت نیرو از تولید ۱۰۰۰ مگاوات انرژی تجدید پذیر در کشور خبر داد و افزود : در حال حاضر کاهش منابع تجدید ناپذیر، تأمین آب و موضوع محیطزیست سه چالشی است که در کشور با آن مواجه هستیم. توجه به انرژی‌های تجدید پذیر ازجمله خورشید و باد، راهکار برون‌رفت از این چالش‌ها است. علاوه بر این به‌منظور رفع ناترازی قابل توجه در تولید و تقاضای برق، برنامه جامعی تقدیم دولت و مجلس شورای اسلامی شده است، در این برنامه ۱۰ هزار مگاوات به ظرفیت نیروگاه‌های کشور افزوده می‌شود، بخشی از این نیروگاه‌ها را نیروگاه‌های خورشیدی و بادی تشکیل می‌دهد، درعین‌حال از روش‌های دیگر برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه انرژی زیست‌توده بهره‌مند شده‌ایم. توجه به انرژی پاک به معنی اهمیت به محیط زندگی مردم و تولید سوخت اقتصادی است، در این راستا با سه محدودیت شامل محدودیت در استفاده از سوخت‌های فسیلی، منابع آبی و محیطزیست روبه‌رو هستیم که تولید انرژی‌های تجدیدپذیر پاسخی معتبر برای رفع این سه محدودیت است.

در این بین تأمین درصدی از برق مصرفی ادارات از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر جزو شاخص‌های قانون مدیریت سبز مصوب برنامه پنج‌ساله ششم توسعه کشور (بند ز ماده ۳۸) است. آیین‌نامه این قانون در خرداد ۱۳۹۸ در هیئت‌وزیران تصویب شد و طبق آن شاخص مصرف انرژی ۳۰۰ امتیاز از هزار امتیاز را دارد و تأمین برق اداره توسط انرژی‌های تجدیدپذیر با ضریب دو برابر در این آیین‌نامه محاسبه می‌شود. این شاخص‌ها برای هر اداره توسط اداره کل محیطزیست

استان بررسی و امتیازدهی می‌شود و سه ارگان دارای بیشترین و کمترین امتیاز در هر استان معرفی و اعلام عمومی می‌شود. همچنین در امتیازدهی سازمان خدمات کشوری نیز محسوب می‌شود.

آمار اعلام شده از سوی صنعت برق نشان می‌دهد که برق تحویلی به ادارات و نهادهای دولتی به ۴۲۰۰ مگاوات می‌رسد که رقم قابل توجهی است. اقدام مهمی که در بخش اداری برای امسال انجام خواهد شد، اجرای مصوبه دولت برای تأمین ۲۰ درصد برق موردنیاز ادارات از انرژی تجدیدپذیر است که به‌این‌ترتیب هم میزان قابل توجهی برق تجدیدپذیر تولید می‌شود که تولید در محل مصرف است، هم مقداری از ناترازی کشور جبران می‌شود.

❖ تأمین ۵ درصدی برق ادارات از منابع تجدیدپذیر در فاز نخست

رجبی مشهدی در خصوص تأمین برق ادارات از طریق نیروگاه‌های تجدیدپذیر گفت: در فاز اول این برنامه قرار است که ادارات تا ۵ درصد از برق مورد نیاز خود را از طریق انرژی خورشیدی تأمین کنند. بعضی از ساختمان‌های اداری در کل کشور، مولدهای خورشیدی دارند که بخشی از این نیاز را تأمین می‌کنند. اما اداراتی که امکان تولید این‌گونه انرژی را نداشته باشند، قطعاً باید از طریق بورس، برق مورد نیاز خود را تأمین کنند. درصورتی‌که این ادارات نتوانند این موضوع را محقق کنند شرکت‌های توزیع به نمایندگی از آن‌ها برق را از تابلوی سبز خریداری می‌کنند و هرچه که قیمت برق بود، هزینه را روی قبض آن‌ها اعمال می‌کنند.

در قانون رفع موانع توسعه صنعت برق هم پیش‌بینی‌شده در سال ۱۴۰۲، صنایع و بخش اداری یک درصد از برق مورد نیاز خود را از طریق انرژی تجدیدپذیر تأمین کنند، در چنین شرایطی صنایع و ادارات می‌توانند به احداث نیروگاه تجدیدپذیر اقدام کنند و در صورت عدم امکان می‌توانند از طریق بورس انرژی اقدام به خرید برق تجدیدپذیر کنند. بر اساس مصوبه هیئت دولت از ابتدای سال‌جاری لازم است رفته رفته بخش‌های اداری کشور ۲۰ درصد برق مصرفی خود را از طریق برق تجدیدپذیر تأمین کنند و در صورت عدم امکان ایجاد نیروگاه‌های تجدیدپذیر این امکان را خواهند داشت تا برق مورد نیاز خود را از طریق بورس انرژی تأمین کنند.

منابع:

- ایسنا
- باشگاه خبرنگاران

خبر داخلی

ساتبا و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

امروزه با مواجه با بحران ناترازی در تأمین انرژی کشور، بیش‌ازپیش ضرورت توجه به قوانین بالادستی در جهت توسعه صنعت انرژی کشور احساس می‌شود. عدم‌توجه کافی تصمیم‌گیران و مدیران اجرایی کشور به این سیاست‌ها و قوانین در مقام عمل و وجود فاصله زیاد تا اهداف کمی و کیفی تعیین‌شده، منجر به کمبود انرژی و ضررهای اقتصادی هنگفت ناشی از قطعی برق در کشور شده است. حال، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (به‌اختصار ساتبا) بیش‌از گذشته نقش و جایگاه تعیین‌کننده‌ای در رفع چالش‌های حوزه انرژی کشور پیدا کرده است.

قرارداد بلندمدت خرید تضمینی برق تجدیدپذیر جزو اولین سیاست‌های تشویقی در کشور ایران هست که براساس ماده ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف (مصوب سال ۱۳۸۹) و به‌منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی (شامل انرژی‌های بادی، خورشیدی، زمین‌گرمایی، زیست‌توده و غیره)، وزارت نیرو موظف به اجرای آن شده است. دراین‌راستا، بند ج از تبصره ۶ قانون بودجه کل کشور یکی از اصلی‌ترین منابع جهت تأمین بودجه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر هست که از بخشی از عوارض مشترکان برق به‌دست می‌آید و به سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) تخصیص داده می‌شود. بااین‌حال، اگرچه که این طرح باعث شد تا سرمایه‌گذاران خرد و کلان غیردولتی به عرصه تولید برق از منابع تجدیدپذیر انرژی وارد شوند، اما باتوجه‌به افزایش شدید تورم و نرخ ارز در سال‌های اخیر و درنتیجه افزایش بهای خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر احداث‌شده ازیک‌سو و عدم‌افزایش منابع بودجه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر ازسوی‌دیگر، وزارت نیرو با انبوهی از مطالبات مالی فزاینده به سرمایه‌گذاران بزرگ نیروگاه‌های تجدیدپذیر مواجه شده است. این امر با کاهش اعتماد سرمایه‌گذاران داخلی و خارجی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر منجر به افول سرعت توسعه نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر در سال‌های اخیر شده است. علاوه‌براین، وزارت نیرو امکان افزایش متناسب نرخ پایه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر را برای متقاضیان احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر جدید را پیدا

نکرد که این موضوع نیز از جذابیت سرمایه‌گذاری در این حوزه از طریق فرآیند خرید تضمینی برق تجدیدپذیر کاسته است. لذا، امروزه، اگرچه ضروری هست که فرآیند خرید تضمینی برق تجدیدپذیر با رفع چالش‌های موجود با قوت ادامه پیدا کند، اما باید مسیرهای موازی دیگری (و نه الزاماً جایگزین) به‌منظور جذب سرمایه‌گذاری در حوزه نیروگاه‌های تجدیدپذیر برنامه‌ریزی شود تا ضمن حرکت به‌سمت تحقق وعده ۱۰۰۰۰ مگاوات برق تجدیدپذیر وزیر نیرو، بخشی از بحران کمبود انرژی کشور رفع شود. در این شرایط، وزارت نیرو در دولت سیزدهم، ضمن فعال‌سازی و بهره‌گیری از ظرفیت‌های قانونی که تاکنون مسکوت و مغفول مانده و هم‌چنین پیشنهاد طرح‌های جدید با همکاری دیگر سازمان‌ها، اقدام به تنوع‌بخشی به مدل‌های توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر کرده است.

آقای مهندس کمانی، رئیس سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، در جلسه خود با فعالان صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر کشور در محل اتاق بازرگانی ایران اذعان داشت که تنها خرید تضمینی برق تجدیدپذیر برای توسعه این صنعت کافی نیست و باید مسیرهای جدید نیز ایجاد شود. ایشان با ذکر این نکته که ساتبا در تلاش است که تا پایان سال مطالبات نیروگاه‌داران را پرداخت کند، راهکارهای جدیدی را تشریح کردند که در ادامه به آن‌ها اشاره شده است:

❖ ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر

آقای مهندس کمانی اظهار داشت که یکی از این مسیرهای مهم، فعال‌سازی ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر است که ساتبا در تلاش است تا در جدول تبصره ۱۴ لایحه بودجه ۱۴۰۱ کل کشور بودجه مناسبی از این محل برای توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر درنظر گرفته‌شده است.

❖ توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر توسط صنایع بزرگ و انرژی‌بر

علاوه‌براین، رئیس ساتبا با اشاره به اینکه قطعی برق صنایع بزرگ باعث شده است که آن‌ها به احداث نیروگاه ترغیب کند، افزودند که براساس تفاهم‌نامه‌ای که بین وزارت نیرو و وزارت صمت منعقد شد، قرار شده است که ۱۰۰۰۰ مگاوات نیروگاه جدید توسط صنایع بزرگ کشور احداث شود. هم‌چنین، باتوجه‌به پیگیری‌های صورت گرفته، به میزان ۲۰۰۰ مگاوات از آن به نیروگاه‌های تجدیدپذیر اختصاص خواهد یافت با این مدل که به میزان انرژی تزریق‌شده به شبکه توسط آن نیروگاه تجدیدپذیر (برای مثال نیروگاه خورشیدی)، شبکه نیز به‌طور ثابت انرژی واحد صنعتی را تأمین کند و به‌میزان نیروگاهی که احداث شده است برق آن قطع نشود؛ قرار هست که این نکته هم در قرارداد احداث نیروگاه تجدیدپذیر ذکر شود و هم در طی بخش‌نامه‌ای که توسط وزیر نیرو صادر می‌شود این مهم تضمین شود.

❖ صادرات برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر

آقای مهندس کمانی، با اشاره به اینکه صادرات برق تجدیدپذیر می‌تواند کمک بسیار بزرگی به توسعه این صنعت نماید، افزود که دراین‌باره جلسه‌هایی در وزارت نیرو برگزار شده است و موافقت‌های اولیه‌ای از وزیر نیرو اخذ شده است.

دراین‌راستا، دو مدل مطرح است؛ مدل اول آنکه صادرات برق کماکان برعهده توانیر باشد و معادل بهای برق صادرشده، به نیروگاه برق تجدیدپذیر پرداخت مالی انجام شود. مدل دوم آن است که توسط مجموعه‌هایی که تولید انرژی‌های تجدیدپذیر می‌کنند (با درنظر گرفتن یک حداقل میزان ظرفیت نیروگاه– برای مثال نیروگاه‌های بالای ۵۰۰ مگاوات) و به کمک وزارت نیرو خطوط جدیدی به ظرفیت صادراتی کشور اضافه شود و سپس امکان صادرات برق به‌طور مستقیم برای آن نیروگاه‌ها فراهم شود.

❖ توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر با استفاده از رمز ارزها

معاون وزیر نیرو اضافه کردند که باتوجه به آیین‌نامه‌ای که به‌تازگی منتشر شد، این امکان فراهم شده است که مزارع تولید رمز ارزی که درحال‌حاضر مجوز دارند، بتوانند از نیروگاه‌های برق تجدیدپذیر برای تأمین برق موردنیاز خود استفاده کنند. هم‌چنین ساتبا پیگیر آن است که متقاضیان احداث مزارع تولید رمز ارز جدید ابتدا با ساتبا توافق‌نامه‌ای مبنی‌بر تأمین برق از منابع تجدیدپذیر امضا کنند و سپس از طرف ساتبا برای دریافت مجوز احداث مزرعه رمز ارز به وزارت صمت معرفی شوند.

❖ استفاده از منابع صندوق توسعه ارزی

در ادامه جلسه، مهندس کمانی بیان داشتند که برخی از سرمایه‌گذران حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر درخواست داشته‌اند که بتوانند بخشی از سرمایه اولیه موردنیاز احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر به‌صورت وام از محل صندوق توسعه ارزی تأمین کنند که این موضوع در دست پیگیری هست.

❖ تهاتر با نفت خام

تهاتر با نفت خام نیز یکی دیگر از راهکارهایی هست که به‌گفته مهندس کمانی، ساتبا در پی تحقق آن جهت توسعه هرچه بیش‌تر انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور و جبران عقب‌افتادگی فعلی در این صنعت هست

در ادامه، مهندس کمانی با اشاره به کمبود گاز در کشور افزودند که باتوجه به ناترازی گاز کشور در فصول سرد سال، چالش‌های مربوط به کمبود آب و مسائل زیست‌محیطی، توسعه نیروگاه‌های فسیلی نیز با محدودیت روبه‌رو است. وی اظهار داشت که طبق آخرین مناقصه برگزار شده، قیمت خرید برق فسیلی به‌ازای هر کیلووات ساعت ۸۰۰ تومان بوده است که فقط نرخ تبدیل لحاظ شده است و اگر قرار باشد که قیمت گاز را لحاظ کنیم این مبلغ به بیش از ۲۵۰۰ تومان خواهد رسید که نشان می‌دهد احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور به‌مراتب به‌صرفه‌تر هست. لذا، این مهم باید موردتوجه سیاست‌گذاران کشور قرار گیرد که مسیر توسعه برای نیروگاه‌های برق در کشور مسیر نیروگاه‌های تجدیدپذیر هست که دنیا نیز بر آن تأکید دارد و ضرورت دارد که سرعت توسعه آن در کشور چند برابر شود.

منبع : ساتبا – بهمن‌ماه ۱۴۰۰

خبر داخلی

مرکز توسعه فناوری تجدیدپذیر طالقان

دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری ساتبا هم‌اکنون سه مرکز توسعه فناوری دارد. مرکز توسعه فناوری انرژی خورشیدی در شیراز، مرکز توسعه فناوری زیست‌توده در ساوه و مرکز توسعه فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر در طالقان در حال حاضر با راهبری دفتر پژوهش، فناوری و نوآوری خدمات آموزشی، تحقیقاتی و مطالعاتی به فعالان و علاقه‌مندان این حوزه ارائه می‌کنند.

عملیات ساخت خورشیدی طالقان از سال ۱۳۷۵ آغاز شد و در سال ۱۳۸۴ به پایان رسید و در حال حاضر در مرحله برداشت اطلاعات می‌باشد. نیروگاه خورشیدی طالقان به ظرفیت ۲۰۰ کیلووات اولین و بزرگ‌ترین نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک تزریق به شبکه در ایران می‌باشد. این نیروگاه توسط شرکت مهندسی کاراندیشان، پیمانکار سازمان انرژی‌های نو ایران (گرمخانه) وابسته به وزارت نیرو (معاونت انرژی) اجرا و به بهره‌برداری رسیده است.

در حال حاضر تولید متوسط روزانه این مجموعه براساس ماه‌های مختلف سال در حدود یک‌صد کیلووات ساعت می‌باشد و مشتمل بر تعداد ۶۸۴ عدد پانل خورشیدی ۴۵ واتی ساخت شرکت فیبر نوری ایران، ۱۲ عدد اینورتر ۲۵۰۰ واتی و یک دستگاه سیستم ثبت و کنترل اطلاعات ساخت شرکت SMA آلمان می‌باشد. میزان انرژی تولیدی توسط این نیروگاه حدود ۴۰ مگاوات ساعت در سال می‌باشد.

نیروگاه پایلوت هیدروژن خورشیدی طالقان (استان البرز، شهرستان طالقان، تأسیس ۱۳۸۴)، یکی از نیروگاه‌های ایران متشکل از سلول‌های فتوولتائیک با ظرفیت تولید ۱۰ کیلووات، دستگاه الکترولیز آب به ظرفیت ۵ کیلووات و ظرفیت اسمی تولید ۱ نرمال مترمکعب در ساعت هیدروژن سیستم پیل سوختی به ظرفیت ۲/۱ کیلووات از نوع پلیمری، کمپرسور هیدروژن، مخزن هیدروژن ۱ مترمکعبی، باتری‌خانه و مبدل‌های DC/AC می‌باشد.

زمانی که نور خورشید به سلول‌های فتوولتائیک می‌تابد، طی پدیده فتوولتائیک انرژی نورانی به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود و سلول‌های فتوولتائیک برق مورد نیاز دستگاه الکترولیز آب را تأمین می‌نماید. هیدروژن تولیدشده از دستگاه الکترولیز آب با عبور از دستگاه کمپرسور هیدروژن فشرده‌شده و در یک مخزن یک مترمکعبی تا فشار ۱۰ بار ذخیره می‌شود تا در مواقع نیاز، ساعات پیک مصرف، شب و روزهای ابری در مصرف‌کننده (پیل سوخت) مورد استفاده قرار گیرد.

این نیروگاه، در ابتدای جاده طالقان بعد از عبور از شهرک زیاران و روستای خوزنان در کیلومتر ۱۱ ، در ابتدای جاده ورودی روستای زیبای آقچری واقع شده است.

برونداد تخصصی

انرژی‌های تجدیدپذیر

شماره ۱ – تیر ۱۴۰۲