

۲..... مصاحبه با دکتر حسینی

۶..... انرژی خورشیدی

۱۲..... انرژی بادی

۱۷..... انرژی دریایی

۲۳..... پیل سوختی

۲۹..... انرژی زمین گرمایی

۳۵..... انرژی بیومس؟

۳۹..... تحلیل اقتصادی



# INTERVIEW

## مصاحبه



اقیانوس ها با عمق آن‌ها و غیره هم هستند. اینها در مجموع منابع انرژی ای هستند که لایزالند ، مثل انرژی فسیلی نیستند. همان طور که می‌دانید این منابع نفت و گاز، با این نرخ مصرف، تا چندسال دیگر تمام می‌شوند. در میان انرژی های تجدیدپذیر که گفته شد انرژی خورشید از همه وسیع تر و مهم تر است؛ چون بقیه منطقه ای اند، مثلا انرژی ژئو ترمال در بعضی از مناطق قابل استفاده است و در ایران یکی دو تا منطقه بیشتر نداریم در کل کشور. اما کشوری مثل نیوزلند به دلیل داشتن شرایط خاص، تعداد مناطقی از نظر استحصال انرژی زمین گرمایی زیاد است. باد نیز همینجور است مثلا در تهران، استفاده از انرژی بادی اصلا مقرون به صرفه نیست. اما انرژی خورشیدی در هر مکانی در ایران میتواند مورد استفاده قرار بگیرد .

**پس فرمودید که در ایران فعلا بیشترین و به صرفه ترین انرژی تجدیدپذیری که میتوان مورد استفاده قرار داد همان انرژی خورشیدی است؟ انرژی دیگری بجز انرژی خورشیدی وجود دارد که بتوانیم از آن استفاده کنیم؟**

ببینید از این انرژی ها، به گونه های مختلفی میشود استفاده کرد . مثلا فرض کنید ما ظرفیت و پتانسیل انرژی بادی داریم تنها فقط در مناطق خاصی امکان پذیر اند. مثل دیزباد، مثل منجیل، یا دو سه جای دیگر . یعنی باید مقدار معینی باد به طور متوسط، فکر میکنم در حدود سرعت دو متر بر ثانیه، به صورت متوسط سالیانه بوزد تا صرف کند که شما از آن استفاده کنید. ضمنا برای استفاده از باد باید واحد های بزرگ نصب شوند. یعنی نمیتوانید مثلا یک پنکه بالای پشت بام خانه‌تان بگذارید و ازش برق بگیرید. اما انرژی خورشیدی اینچنین نیست . در بحث استفاده از انرژی خورشید یک واحد خیلی کوچک مسکونی، یک واحد اداری یا یک مجتمع بزرگ را میتوان با استفاده از انرژی خورشیدی برق دار کنید. از انرژی ژئو ترمال یا باد در مکان های خاصی میتوان استفاده کرد. دولت هم باید آنجا سرمایه گذاری کند. واحدهای کوچک اصلا معنی ندارند. ولی درمورد انرژی خورشیدی شما از یک سطح خیلی کوچک هم میتوانید استفاده بکنید برای مثال فرض کنید یک دستگاه کنترل از راه دور، ماشین حساب، ساعت، برق دار کردن یک فانوس دریایی یا یک نیروگاه بزرگ تا چند مگاوات.

**یک معرفی کلی اگر ممکن است از خودتان داشته باشید.**

بسم الله الرحمن رحیم. من رضا حسینی ابرده هستم در حال حاضر رئیس دانشکده مهندسی مکانیک ، از سال ۱۳۶۰ در استخدام دانشگاه صنعتی امیرکبیر هستیم. از دانشگاه برونل انگلستان کارشناسی ارشد و دکترا گرفتم و از دانشگاه فردوسی مشهد هم کارشناسی .

**علت علاقه شما به انرژی های نو چه چیزی بوده است؟**

اولین برخورد من با این موضوع درسی بود تقریبا شبیه کاربرد انرژی خورشیدی در دوره کارشناسی که من با مبنای استفاده از انرژی خورشیدی آنجا آشنا شدم. منتها وقتی که در دانشگاه برونل درس میخواندم کارشناسی ارشد در زمینه تکنولوژی و ساخت سلول های خورشیدی بود آنجا متنی دیدم توی یکی از کتابهایی که مطالعه میکردم، در آن کتاب نوشته شده بود اگر ما از یک درصد از سطح زمین استفاده کنیم و بتوانیم با مکانیزمی با ۱۰ درصد راندمان انرژی ای که روزانه از خورشید به زمین می‌تابد را به برق تبدیل کنیم، ده هزار برابر مقدار انرژی مورد نیاز تمام مردم روی زمین با مصرف سرانه ۱۰ کیلووات برای هر نفر تامین خواهدشد. از آنجا فهمیدم که انرژی لایزال خورشید، می‌تواند تمام نیازهای ما را به تولید انرژی برآورده سازد. این در واقع یکی از آن جرقه هایی بود که از آن زمان باعث علاقه مندی به استفاده از انرژی خورشید در اینجانب شد.

**تعریف شما از انرژی تجدید پذیر بالاخص انرژی خورشیدی چیست و اگر میشود توضیحی راجع به مزایا و معایب آن بدهید .**

ببینید در کل انرژی های تجدید پذیر آنهایی هستند که منبع بی پایانی دارند یا لاقط عمر هزار سال و دو هزار سال و میلیون ها سال و ... داشته باشند. منتهی منابع انرژی های تجدیدپذیر در دسته بندی های مختلفی قرار دارند . وسیع ترین منبع انرژی های تجدید پذیر خورشید است . عمر خورشید حدس میزنند که میلیاردها سال بوده ، میلیاردها سال دیگر هم خواهدبود . انرژی های دیگری مثل بادی ، ژئو ترمال، موج دریا، اختلاف دما در سطح دریاها و



پای بازده سلولهای خورشیدی ای که در خارج ساخته می شوند می رسد؟ و آیا میتوانیم کاری کنیم که دیگر واردکننده نباشیم که در آن صورت قیمت ها هم خیلی به صرفه تر برای ما در بیایند؟

- متأسفانه در ایران زمینه و مبانی اش هست ولی تولید نمیشود. اکثر سلول های خورشیدی که در ایران مصرف میشود، بعضا خود پنل وارد میشود، بعضا سلولهایش را وارد میکنند و اینجا مونتاژ میکنند که خیلی رایج نیست. ما در گذشته در همین پونک، یک مجموعه ای داشتیم وابسته به شرکت مخابرات، که متأسفانه تعطیلش کردند به دلایل مختلف. ما در آنجا سلول خورشیدی تولید میکردیم. البته راندمانش بالا نبود، حدود ۱۰ الی ۱۲ درصد بود، ولی خوب بود. ما باید آن را تقویت میکردیم، تکنولوژی های جدید را میآوردیم، راندمانمان را بالا میبردیم ولی متأسفانه همان هم تعطیل شد. الان من جایی را سراغ ندارم که این سلول ها را بسازند. البته تکنولوژی های مختلفی الان وجود دارند، مثلاً الان روی پلیمرها کار میکنند. ما در حد تحقیقاتی و آزمایشگاهی کار کرده ایم ولی هنوز در حد تجاری یا حتی نیمه تجاری نیستیم که بتوانیم این کار را انجام بدهیم. البته اگر دولت تشویق بکند، هستند سرمایه گذارانی که آمادگی احداث کارخانه ساخت سلول خورشیدی را دارند.

- فرمودید کارهای پژوهشی کردید در این زمینه، چه کارهایی بوده است؟ اگر میشود چند نمونه اش را برآیمان بگویید.

- ببینید ما در واقع بیشترین کاری که در اینجا کردیم روی کاربرد سلولای خورشیدی بوده است. روی ساخت سلول هایی خورشیدی الان پروژه ای را با همکاری آقای دکتر ستاری فر در دانشکده مهندسی مکانیک میخواستیم شروع کنیم. در دانشکده های مهندسی پلیمر و مهندسی شیمی و همین طور گروه مستقل شیمی، دارند روی یک نوع سلول کار میکنند. اما در دانشکده مهندسی مکانیک ما تمام کاری که کردیم، استفاده از اینها بوده است. مثلاً فرض کنید برای سرد کردن، برای گرم کردن و برای تولید توان برای هر دستگاهی، ما آمدم روی نوع استفاده از این سلولها کار کردیم. اما در زمینه آب گرم کن خورشیدی، تخصص خود من، این بوده که در واقع ما بیایم یک پوشش خاصی روی سطوح بزنیم که راندمان کلکتور را بالا ببرد. چند تا کار هم انجام دادیم. ولی ساخت سلولهای خورشیدی تا به حال در دستور کار ما نبوده است ولی از این به بعد هست و باید هم در واقع این کار را انجام دهیم.

- بحث را از ایران فراتر ببریم. در دنیا چه موانعی سر راه انرژی های تجدید پذیر هست؟

- ببینید، در دنیا به نظر من الان مانعی نیست. کشورها به سرعت دارند روی استفاده از انرژی های خورشیدی کار می کنند. مثلاً شما وقتی به کشورهای اروپایی میروید در اتوبانها، به صورت متعدد مزارع تولید انرژی خورشیدی

یا بادی میبینید. من دو سال پیش به اسپانیا و ایتالیا رفتم، تعجب میکردم، از کثرت استفاده از اینها. الان پروژه های بسیار بسیار بزرگی در حال اجرا هست، و یکی از آنها این است که مثلاً کف یک اتوبان را با سلول خورشیدی بسازند. علاوه بر این ها آب گرم کن خورشیدی چیزی هست

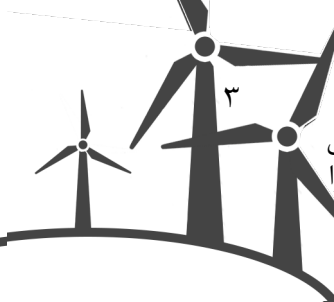
- بحث انرژی دریایی را مطرح کردید، کمتر دیده ایم در دنیا رویش کار کنند؛ یعنی بیشتر بعد علمی قضیه مطرح است، به دلیل جدید بودن. میخواستیم ببینیم پتانسیل این نوع انرژی در ایران هست با توجه به این که در کشور دو دریا داریم: شمال و جنوب. در ایران تا چه اندازه می توان از انرژی دریایی استفاده کرد؟

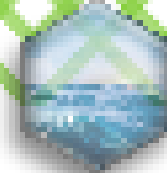
- در خلیج فارس ممکن است، ولی دریای خزر اصلاً. مقدار موج آنقدر نیست که سرمایه گذاری در مقیاس صنعتی برای گرفتن برق به صرفه باشد. ممکن است به شکل آزمایشگاهی کارهایی صورت بگیرد ولی در ابعاد بزرگ خیر. - این اختلاف دمای سطح آب و عمق آب این هم یک تکنولوژی است که ازش انرژی میگیرند - بله آن هم در مناطق وسیع باید مورد استفاده قرار بگیرد؛ مثلاً در اقیانوس ها یا دریا های آزاد. در دریای خزر امکانش هست ولی شاید صرف نکند. دیگر این که باید منطقه ای بزرگ تحت پوشش باشد چرا که چنین تاسیساتی، رفت و آمد در آن منطقه را مختل میکند. حال اگر گذرگاه باریک باشد خیلی امکان پذیر نیست.

- با توجه به قیمت اولیه بالای صفحات خورشیدی، در ایران خیلی از آنها استقبال نمی کنند. آیا تدبیری اندیشیده شده است تا این قیمت ها به گونه ای کنترل شوند که انرژی های نو جایگزین انرژی حاصل از سوخت های فسیلی شوند؟

- در بحث قیمت زمانی که من در انگلیس درس میخواندم، هر وات تولیدی از طریق این سلولهای خورشیدی، حدود ۱۰ دلار بود. الان این عدد رسیده است به ۷۵ سنت. اگر در ابعاد بزرگ بخواهید برق تولید کنید در سلول های خورشیدی، الان در حد ۵۰ سنت بر وات هم امکان پذیر است. ما خودمان در اینجا برای مسابقه آب سرد کن خورشیدی ۱ کیلوواتش را ۷۵۰ دلار خریدیم. به نظر من کاری که باید انجام بشود این است که فرهنگ سازی بکنیم که از این سلولها استفاده بشود. ببینید نیروگاه خورشیدی فقط هزینه نصب اولیه دارد. شما هزینه تولید ندارید. فقط نگهداری است که خیلی کم هزینه دارد. دولت اگر سرمایه گذاری کند اگر تشویق کند، امکانپذیر است. انگلستان در سال ۸۰ روز آفتابی دارد، آنها برنامه ریزی کردند و در حال حاضر حدود ۱۵ درصد از انرژی الکتریکی مصرفی شان را از باد و سلول خورشیدی تامین میکنند. ما در ایران ۳۰۰ روز آفتابی داریم، اصلاً هنوز استفاده از انرژی خورشیدی جایگاهی در مقابل مثلاً ۵۰ هزار ۶۰ هزار مگاواتی که ما داریم از طریق نیروگاه های گازی، بخار، سیکل ترکیبی، آبی و غیره استفاده میکنیم، ندارد؛ در حالی که در کشورهای دیگر دارند کار میکنند و به موفقیت های زیادی رسیده اند. الان آلمانی ها برنامه ریزی کرده اند که تا سال ۲۰۵۰ تمام انرژی الکتریکی مورد نیازشان را از منابع تجدید پذیر تهیه کنند. ما هم باید همچین برنامه ای داشته باشیم و این قابلیت مخصوصاً در کشور ما بسیار بالاست.

- آقای دکتر، سلولهای خورشیدی بازدهی در حدود ۲۰ درصد دارند، آیا در ایران تولید انبوه سلول خورشیدی داریم؟ اگر داریم آیا بازده آنها به





**آقای دکتر با توجه به این که منابع سوخت های فسیلی در ایران به وفور یافت میشوند و روند انرژی های تجدید پذیر هم به کندی پیش می رود، اگر ما بخواهیم در این زمینه ادامه تحصیل بدهیم شرایطش در ایران هست یا خیر؟ با وجود این شرایط برای ادامه تحصیل در این زمینه با هدف های تجاری و علمی، در ایران بمانیم بهتر است یا به خارج از کشور برویم؟**

– ببینید اتفاقا در ایران الان زمینه بسیار فراهم تر است. یعنی اگر ما بیایم واقعا تلاش کنیم، هم از منظر علمی هم سرمایه گذاری، کشور ما بسیار از این بابت آماده است. مثلا برای ساخت تجهیزات استفاده از انرژی خورشید و بعد صادر کردنشان به کشورهای همسایه، رقابت یک اصل خدشه ناپذیر است. اگر سلولهای خورشیدی تولید خوب داشته باشید، به نسبت رقبا هم ارزان ارائه بدهید، الان واتی ۷۵ سنت از بازارهای جهانی قابل خریداری است، شما اگر بتوانید سلولهای تولیدی را واتی ۴۰ سنت تولید کنید، حتما موفق خواهید شد.

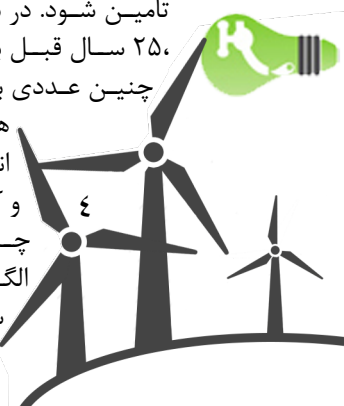
**چرا انرژی خورشیدی نسبت به سوخت های فسیلی انقدر گران است؟ ماده خاصی استفاده میشود؟**

– ببینید، این تکنولوژی در حال توسعه است. گفتم مثلا در سال ۱۹۷۵ که من درس میخواندم، سلولهای خورشیدی هر وات ۱۰ دلار بود. به تدریج تکنولوژی های جدید و مواد جدید به بازار آمدند. قبلا سلولهای خورشیدی بطور عمده از سیلیکان ساخته می شدند. سیلیکان با ناخالصی نوع p و n درست میکردند، خب این فرایند هم دشوار بود و هم هزینه بر. استاد خود من میگفت که ما دنبال این هستیم که این سلولهای خورشیدی را مثل دو لایه رنگی که شما میزنید روی یک صفحه، تهیه بکنیم. که الان بعد از گذشت حدودا ۴۰ سال، این تقریبا دارد محقق میشود. با قاطعیت میگویم، ۱۰ سال دیگر همه پشت بامها مثل همین ایزولاسیونی که میکنند، دو لایه رنگ میزنند و سلول الکتریکی می سازند. ببینید تکنولوژی جای خودش را پیدا کرده است و اهمیت هم پیدا کرده است، انرژی فسیلی ارزان است، مخصوصا در کشور ما. یکی از دلایلی هم که بقیه تکنولوژی ها رشد نکرده اند، همین امر بوده است. یکی از مسایلی که الان مطرح است بحث آلودگی است. به ازای هر تن دی اکسید کربن که در هوا آزاد می شود برای تولید انرژی از سوخت های فسیلی، حاضرید چقدر خرج کنید تا این دی اکسید کربن به اتمسفر وارد نشود؟ امروزه یکی از ملاک هایی که در نظر میگیرند همین است. میگویند که یک نیروگاه خورشیدی اگر ما احداث کنیم، در سال، مثلا ۲۰۰۰ تن، ۱۰۰۰۰۰ تن کمتر دی اکسید کربن به فضا وارد میکنند. این را چند حساب کنیم؟ اگر نرخ آلوده کردن اتمسفر در نیروگاه های فسیلی را هم محاسبه کنید، میبینید که این سلولها کاملا مقرون به صرفه اند. برای این که این همه مرگ و میر، این همه بیماری در جامعه به علت آلودگی را باید در محاسبات وارد کنید. اینها همه را باید به حساب آلودگی بگذارید. فرض کنید اگر همه اتومبیل ها الکتریکی باشند، مثلا از انرژی خورشید استفاده کنند. اگر نرخ تولید آلوده ها را در محاسبات منظور کنیم آنوقت دیگر انرژی های تجدیدپذیر مقرون به صرفه اند.

که برای کشورهایی مثل کشور ما بسیار کارساز است. حساب کنید که اگر ما مثلا ۲ میلیون ۳ میلیون، فقط آبگرم کن خورشیدی کار بگذاریم، آب مصرفی اغلب مناطق کشور ما را ۹ ماه از سال بدون تعطیلی گرم می کند. ولی متاسفانه، این کار انجام نمیگردد. حالا دلایل مختلفی دارد. ولی در خارج به نظر من موانع دارد بر طرف میشود و به شدت سرمایه گذاری صورت میگیرد و اگر رشد تولید سلولهای خورشیدی و استفاده از سلولهای خورشیدی را نگاه بکنید متوجه منظور من می شوید. قیمت هارو به کاهش اند و تولید در حال فزونی. به نظر من آنها مانعی ندارند، ما متاسفانه در اینجا مانع داریم. تکنولوژی دیگری که ما در اینجا چند سالی هست شروع کرده ایم بحث دودکش خورشیدی است. دودکش خورشیدی بحثی شناخته شده است منتها نیروگاهی برای تولید توان ساخته نشده است. البته یک نیروگاه حدودا ۵۰ کیلووات در اسپانیا بوده است. این نیروگاه دودکشی دارای ارتفاع ۱۹۴ متر، قطر ۱۰ متر و قطر مزرعه خورشیدی ۲۴۰ متر بوده و ۷ سال تولید داشته است. اساس کارش اینگونه است یک مزرعه خورشیدی، مثل گلخانه. نور خورشید که میتابد، هوای زیر این گلخانه گرم میشود و بعد هوای گرم هدایت میشود به وسط. در وسط این مزرعه یک دودکش قرار میگیرد هوای گرم از این دودکش بالا می رود و می تواند توربینی را بگرداند. در طراحی، اندازه سطح مزرعه خورشیدی، طول دودکش و قطر دودکش بسیار دارای اهمیت اند. الان دو تا نمونه یکی در آمریکا یکی در چین با ارتفاع دودکش حدود ۷۰۰ متر به بالا در حال بررسی برای ساخت است که قرار است چند صد مگاوات برق تولید کنند. این هم یکی از آن تکنولوژی هایی است که ما چند ساله تحقیقاتش را اینجا شروع کرده ایم. همین الان هم داریم کار میکنیم. و امیدواریم ظرف چند سال آینده بتوانیم یک نمونه ای با دودکش ۲۰۰ متر در ایران بسازیم. دودکش های بزرگ مقیاس، تخمین زده می شود که هزینه تولید برق را تا حد ۰/۰۷ یورو برای هر کیلووات ساعت پایین بیاورد.

**چشم انداز جهانی و ملی انرژی های نو را چطور می بینید؟**

– این سوال خیلی خوب است. اگر تحت عنوان سیاست انرژی (Energy policy) جست و جو کنید می بینید که تمام کشورها مخصوصا کشورهای اروپایی کاملا تایید کرده اند که تا ۳۰ الی ۵۰ سال آینده سبد انرژی شان از چه باشد. چند درصد از باد، چند درصد از خورشید، چند درصد ژئو ترمال. همه این ها را دارند بررسی می کنند. برای نمونه آمریکا در سال ۱۹۷۵، پیش بینی کرده است که در سال ۲۰۰۰، ۷۵۰۰ مگاوات بایستی از ژئو ترمال، انرژی الکتریکی تامین شود. در سال ۲۰۰۰ به ۷۰۰۰ مگاوات رسیدند یعنی ۲۵ سال قبل برنامه ریزی کردند که در سال ۲۰۰۰ به چنین عددی برسند. با تقریبی ۵۰۰ مگاواتی هم رسیدند. هر کشوری را که نگاه بکنید سیاست انرژی (Energy policy) دارد. در قطب انرژی و کنترل سه کشور موفق را بررسی کردیم، که چه کارهایی کردند. بر مبنای کار آن ها یک الگو ارائه شد. که اگه ایران هم میخواهد، سیاست انرژی اش را ترسیم کند از این الگو ها میتواند استفاده کند.





## - در ایران اصلا به ایده ها در این زمینه بها میدهند؟

- ببینید یکی از مشکلاتی که وجود دارد، نداشتن متولی مشخص یک کار است. انرژی‌های تجدید پذیر دارای متولی مشخص و معینی نیست. اصلا تکنولوژی در کشور ما دارای متولی معینی نیست.

### - حتی سازمان انرژی‌های نو؟

- آنها متولی نیستند، آنها هم کار میکنند مثل ما که داریم کار میکنیم. ممکن است یک ایده‌هایی داشته باشند ممکن است برنامه‌هایی داشته باشند اما باید کسی یا مجموعه‌ای متولی کار باشد. سه تا از کشورهای موفق در این زمینه را ما رصد کردیم که چه کارهایی کردند و چه کارهایی ما باید انجام دهیم اما نمی دانیم به کجا این پیشنهادها و راه‌کارها را ارائه دهیم که به نتیجه برسد. بنابراین متولی خیلی مهم است. باید برنامه را برای انرژی کشور ما تنظیم کند و بعد نظارت کند که به اهداف آن برنامه برسیم مثلا کشور ما، مثل آلمان باید بگوید که سال ۱۴۱۰، فرضا ۱۵ یا ۲۰ درصد انرژی الکتریکی مصرفی را از باد تامین کنیم و بعد حمایت کند و بعد در سال ۱۴۱۰، بگوید چرا نرسیدید؟ انرژی خورشیدی همینطور، ژئو ترمال همینطور، بقیه مسائل همینطور. ولی این متولی نیست. عین این چیزی که الان ما برای اتومبیل با آن روبرو هستیم. ما هیچ سیاستی نداریم. برنامه‌ای نداریم که آقا ما در سال مثلا ۱۴۲۰ خلاصه قرار است اتومبیل تولید کنیم، چه نوع اتومبیلی با چه سوختی با چه استانداردها و قابلیت، قرار است اتومبیل وارد کنیم، چه اتومبیلی وارد کنیم؟ چه نوع سوختی؟ الان که کشورهای اروپایی دارند سراغ گازوئیل میروند. میگویند گازوئیل آلودگی‌اش کمتر از بنزین است و خیلی جالب است که الان گازوئیل در کشور های اروپایی خیلی گرانتر از بنزین است. در حالی که در اینجا گازوئیل ارزانتر است. آنها دارند کار میکنند ولی ما هیچ سیاستی حتی راجع به سبد انرژی خودمان نداریم. ما بالاخره چه کار می‌خواهیم بکنیم؟ ۲۰ سال آینده، ۳۰ سال آینده، سبد انرژی ما ... اتومبیل‌هایمان صنعت‌مان چگونه باید باشد؟

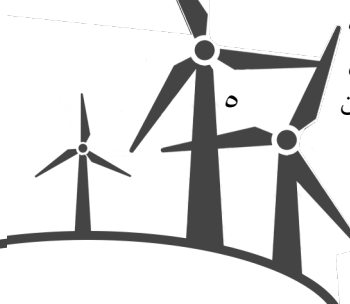
### - درباره سوخت های زیستی هم کار میکنند؟ اتانول و ...؟

- ببینید به صورت آزمایشگاهی ما خودمان داریم الان در این آزمایشگاه ترمودینامیک، روی بیوفیول کار میکنیم. ولی فعلا تنها در حد آزمایشگاهی است. ممکن است که ما یک موتورسیکلت فرض کنید باتری ای هم بسازیم استفاده کنیم ولی این که شما بتوانید این را در ابعاد بزرگ عرضه کنید بحث دیگری است. آیا در سال ۱۴۱۰ دیگر موتورسیکلت بنزینی نخواهیم داشت؟ همه باید باتری‌ای باشند؟ این یک سیاست است. باید کسی این را ترسیم کند، نظارت کند و سر موقع بگوید آهان، ما قرار بود که برسیم، حالا رسیدیم به ۹۰٪ خوب است. ولی ما وقتی ترسیم نمیکنیم که ۲۰ سال بعد کجا باشیم به هر جا برسیم میگوییم همینجا خوب است.

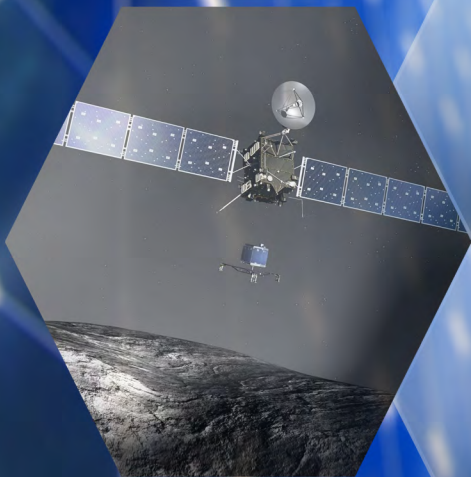
### - سخن نهایی

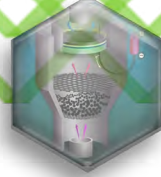
- سخن آخر، ما باید فرهنگ سازی استفاده از انرژی‌های تجدید پذیر را از کودکستان شروع کنیم. نه این که به کودکستان ختم کنیم، نه. از کودکستان باید شروع کنیم. در کودکستان آموزش بدهیم، در دبستان در راهنمایی، در

دبیرستان، در دانشگاه ... باید فرهنگ عام و عمومی استفاده از انرژی خورشیدی را در کشور بالا ببریم. این هم با آموزش است، با نمایشگاه است، با کارگاه است. یکی از آن چیزهایی که من بسیار به آن معتقدم، نمایشگاه هاست. ما باید اصلا این ایده استفاده از انرژی خورشیدی، وسائلی که می‌شود با استفاده از انرژی خورشیدی ساخت را نشان بدهیم. نه این که فقط یک جا نشان بدهیم نهایتا صد نفر ببینند. نه، باید در هر محله ای در هر شهری و هر منطقه ای وجود داشته باشد. هر کس باید بداند، از انرژی خورشیدی میشود آب گرم کرد، از انرژی خورشیدی می‌توان برق تولید کرد، از انرژی خورشیدی میشود باتری شارژ کرد! از انرژی خورشیدی میشود پنکه و ماشین لباسشویی به کار انداخت! از انرژی خورشیدی میتوان هوای سرد و گرم تولید کرد و اتومبیل را به حرکت درآورد! عمده‌ترین کاری که باید انجام بشود همین است. آمریکا در واقع با همین شروع کرد. تعداد زیادی نمایشگاه گذاشت. مردم فهم عمومیشان بالا رفت. بعد تشویق کردند، ترغیب کردند. همین الان مثلا یکی از پیشنهاد های من این است که واقعا اگر وزارت نیرو بیاورد این سلول های خورشیدی را تهیه و نصب کنند. با قیمتی ارزان و یارانه بدهند با پشتیبانی و خدمات پس از فروش. دولت بیاورد اینها را حتی رایگان در اختیار خانواده ها بگذارد و خدمات نصب و پشتیبانی را ارائه دهد. صرف میکند از نظر کلی در مقابل نصب نیروگاه های بزرگ. در نیروگاه های بزرگ الان ما مطابق آمار رسمی ۱۵٪ تلفات انتقال نیرو داریم. یعنی برقی که تولید میشود که بسیار کم راندمان است، سوخت را می‌سوزانید مثلا در نیروگاه بخار، انرژی حرارتی را به آب میدهند، تبدیل به بخار میکنند، بخار سوپر هیت میکنند، فشارش را بالا میبرید. به توربین انتقال و با استفاده از ژنراتور برق تولید میکنند. این برق به پست و از پست برق منتقل میکنیم به شهرهای بزرگ. ۱۵٪ از این انرژی الکتریکی ای که با این زحمت و با این راندمان تولید میشود، در راه تلف می‌شود. البته انرژی خورشیدی هم تمهیداتی میخواهد، و آن این است که سطح بزرگ لازم دارد، برای خانه های ویلایی، هیچ مشکلی نداریم ولی برای برج های مسکونی مشکل داریم. برای برج ها البته میشود از بدنه اش، دیوارهایش استفاده کرد. در حریم جاده ها سلولهای خورشیدی می‌توان نصب کرد در هر دو طرف جاده و اتوبان. برق مصرفی برای روشنایی در جاده ها از همین‌ها تامین میشود. سلول خورشیدی را در دو طرف حریم جاده قرار میدهند به هیچ کس آزاری نمیرساند. یکی از کارهایی که ما میتوانیم انجام دهیم - البته دارد انجام میگیرد - منتهی باید وسیع تر بشود، کار روی باتری است. ببینید سلولهای خورشیدی در طی روز هیچ مشکلی ندارند، برق تولید میکنند برای هر نوع مصرفی ولی در شب برای روشنایی باید از باطری ها که در طی روز شارژ شده اند استفاده کنید. در شهر فیلادلفیای آمریکا روی هر ستون برق یک پنل سلول خورشیدی نصب کرده اند، روشنایی شهر در شب از طریق همین پنلهای خورشیدی به همراه باطری تامین میشود.



# انرژی نور خورشیدی





# SOLAR ENERGY

## انرژی خورشیدی

جذب شده و درجه حرارت داخل جعبه را به  $88^{\circ}\text{C}$  افزایش می داد.

آنتوان لاوازیه (۱۷۹۴ - ۱۷۴۳) خالق شیمی نوین برای کسب بیشترین انرژی از خالص ترین منبع حرارتی، تحقیقاتی در کوره های خورشیدی انجام داد و کوره ای ساخت که برای تشکیل یک عدسی محدب این کوره از دو صفحه شیشه ای که بین این دو صفحه با الکل پر شده بود، استفاده نمود. عدسی مایع به قطر ۱۳۰ سانتیمتر و به فاصله کانونی ۳۲۰ سانتیمتر بود. چون قدرت انکسار این عدسی مایع برای بدست آوردن درجه حرارت زیاد در کانون آن موثر نبود، لاوازیه عدسی کوچک دیگری را در کانون آن قرار داد و با کوچکتر کردن فاصله کانونی موثر، این دستگاه قادر شده حتی پلاتینیوم را در دمای  $1760^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد ذوب نماید. بسمر (BESSMER ۱۸۱۳ - ۱۸۹۸) پدر فولاد جهان، حرارت مورد نیاز کوره خود را با استفاده از انرژی خورشیدی تامین کرد. در قرن نوزدهم تلاش هایی جهت تبدیل انرژی خورشیدی به دیگر فرم های انرژی مثل تولید بخار و استفاده در موتورهای بخار انجام گرفت، در این سالها چندین موتور بخار خورشیدی ساخته شد و مورد آزمایش قرار گرفت.

سال ۱۸۷۸ موشو (MUCHO) اولین کلکتور خورشیدی با متمرکز کننده مخروطی شکل را طراحی کرد. آینه های داخل مخروط تمام اشعه های خورشیدی را در نقطه ای در وسط مخروط ناقص که جذب کننده ای در آنجا نصب شده بود متمرکز می کرد. این کلکتور را اسیکون (AXICON) می نامند.

در سال ۱۸۸۰ اولین کلکتور تخت خورشیدی بوسیله چارلز تلییر (TELIER) ساخته شد. در سال ۱۸۸۸ وستر (WESTER) پیشنهاد استفاده از انرژی خورشیدی در ترموکوپلها را ارائه داد. به این ترتیب که با متمرکز کردن انرژی خورشیدی بر روی ترموکوپل وبا استفاده از اساس کار آنها و با ایجاد منابع گرم و سرد، انرژی الکتریکی در دو سر سیم های نیکل و آهن ایجاد نمود.

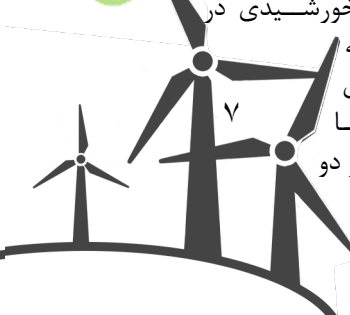
### تاریخچه

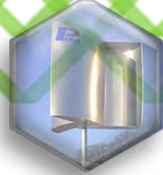
مهم ترین روایتی که در رابطه با استفاده از تابش خورشید بیان شده داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ ۲۸۷ ق-م است که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید. گفته می شود که ارشمیدس با نصب تعداد زیادی آئینه ی کوچک مربعی شکل در کنار یکدیگر که روی یک پایه متحرک قرار داشته است، اشعه خورشید را از راه دور روی کشتی های رومیان متمرکز ساخته و به این ترتیب آنها را به آتش کشیده است. به همین علت از ارشمیدس بعنوان بنیان گذار استفاده از تابش خورشید نام می برند.

حدود ۱۸۰۰ سال پس از ارشمیدس شخصی به نام کیریچر شاهکار ارشمیدس را تکرار کرد و با استفاده از تعدادی آئینه، یک لنگرگاه چوبی را از فاصله دور آتش زد و ثابت کرد که داستان حقیقت دارد. در سال ۱۶۱۵ سالمون (SALMON DE CAUM) اهل فرانسه بیانیه ای راجع به موتور خورشیدی منتشر کرد. او با استفاده از تعدادی عدسی که در یک قاب نصب شده بودند اشعه خورشید را بر روی یک استوانه فلزی سربسته که قسمتی از آن از آب پر شده بود متمرکز نمود. تابش خورشید باعث گرم شدن هوای داخل استوانه شده و با انبساط هوا، فشار داخل محفظه افزایش یافته و آب به بیرون رانده می شد.

در قرن هجدهم ناتورا اولین کوره خورشیدی را در فرانسه ساخت. بزرگترین کوره او از ۳۶۰ قطعه آئینه تخت کوچک تشکیل شده بود که هر کدام به طور مستقل اشعه خورشید را به یک نقطه متمرکز می کردند. این محقق کوره کوچکی را نیز که از ۱۶۸ قطعه آئینه تشکیل شده بود، در سال ۱۷۴۷ طراحی و تولید کرد و به وسیله آن یک تل چوبی را در فاصله ۶ متری آتش زد.

دستگاه خوراک پز خورشیدی اولین بار بوسیله شخصی بنام NICHELAS DE SAUCER ساخته شد، اجاق او شامل یک جعبه عایق شده با صفحه سیاه رنگی بود که قطعات شیشه ای درپوش آن را تشکیل می دادند، اشعه خورشید با عبور از میان شیشه ها وارد جعبه و به وسیله سطح سیاه





این است که با وجود در دسترس بودن این گونه از انرژی، هزینه ی تبدیل انرژی خورشیدی به سایر انرژی ها از جمله انرژی الکتریکی به نسبت گران بوده و از همه ی انرژی خورشیدی نیز استفاده نمی شود و بازده سلول های خورشیدی چندان مطلوب نیست. در همین راستا، تلاش های زیادی برای تولید سلول های خورشیدی با بازده بالا در سراسر دنیا شروع شده است. در بخش بعدی، قسمت هایی از این تلاش ها بیان خواهد شد.

در قرن نوزدهم دستگاه های آب شیرین کن خورشیدی رواج پیدا کردند و دستگاه هایی ساخته شدند که قادر بودند در روزهای آفتابی روزانه حدود ۲۰ هزار لیتر آب مقطر تولید نمایند. در قرن بیستم استفاده از کلکتورها جهت تولید بخار در نیروگاه های برقی مورد توجه زیاد قرار گرفت. گرم کردن ساختمان ها با استفاده از انرژی خورشیدی، ایده تازه ای بود که در سالهای ۱۹۳۰ مطرح و در یک دهه به پیشرفت های قابل توجهی نائل آمد. اولین خانه خورشیدی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست آمریکا (MIT) در سال ۱۹۳۸ ساخته شد. در قرن حاضر نیز تلاش ها و پیشرفت های زیادی در زمینه تولید انرژی از خورشید انجام شده است که به بعضی از آن ها اشاره خواهیم کرد. از جمله مسائلی که در مورد انرژی خورشیدی مطرح است



افزایش بازده و در عین حال کاهش قیمت تولید انرژی الکتریکی از انرژی خورشیدی هستند. این گروه سلول های خورشیدی جدیدی را تولید کرده اند که ترکیبی از دو لایه متفاوت جاذب نور خورشید می باشد که این محصول طیف وسیع تری از انرژی خورشیدی را جذب می کند. محققان این نوع سلول را «Step cell» نامیده اند. دلیل این نام گذاری جذب انرژی خورشیدی به صورت پله ای و لایه لایه می باشد. در این نوع سلول همه ی لایه ها در معرض تابش خورشید قرار می گیرند. این گروه از محققین برای این دسته از سلول های خورشیدی بازده نظری را حدود ۴۰٪ و بازده عملی را حدود ۳۵٪ تخمین می زنند.

مسئول محققان این گروه در موسسه Masdar ، Ammar Nayfeh، دانشیار مهندسی برق و علوم کامپیوتر و هم چنین Eugene Fitzgerald مهندس مواد در دانشگاه MIT است. Fitzgerald که بسیاری از تحقیقات مانند Amber Wave

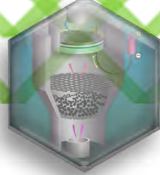
### سلول های خورشیدی جدید، پر بازده تر و ارزان تر از سلول های فعلی

قیمت انرژی خورشیدی در حال نزدیک شدن به قیمت ارزان سوخت های فسیلی تولید کننده برق است. در حالی که هنوز این منبع انرژی چیزی در حدود ۱ تا ۲ درصد از تولید برق جهان است. خورشید و یا سلول های فوتولتائیک که تابش خورشید را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند، نقش بزرگی در افزایش تولید برق خورشیدی در جهان ایفا می کنند. اما متخصصان هنوز محدودیت هایی برای مقیاس های بزرگ دارند. برای مثال تبدیل کردن مقدار زیادی از تابش خورشید به مقدار زیادی از انرژی الکتریکی قابل مصرف با قیمت کم از چالش های جهانی است.

گروهی از محققین دانشگاه MIT و موسسه علم و فناوری Masdar به دنبال راهی برای





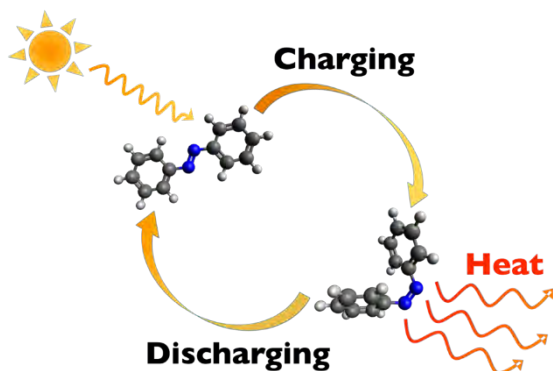


داد. به طوری که گالیوم آرسنید فسفید به طور مستقیم بالای لایه ی سیلیکونی قرار می گیرد. در واقع برای لایه سیلیسیم ژرمانیم نوعی قاب در نظر گرفته شده است که می توان این لایه را وارد و یا خارج کرد.

### مواد ذخیره کننده انرژی خورشیدی

همواره در سطح خورشید انفجار هایی صورت می گیرد که انرژی های آزاد شده ناشی از این انرژی ها بسیار بیشتر از انرژی های حال حاضر بر روی زمین است. این انرژی از طریق تابش نور به سطح زمین می رسد. اما آیا این شیوه انتقال انرژی به این معنی است که از انرژی خورشید فقط در زمان روز می توان استفاده کرد؟ آیا نمی توان در شب یا در هوای ابری از انرژی خورشید استفاده نمود؟ جواب این سوالات در ذخیره ی انرژی خورشیدی است. محققین دانشگاه MIT ماده ای ساخته اند که می تواند انرژی خورشیدی را در قالب گرما ذخیره کند و در زمان مورد نیاز می توانیم از آن استفاده کنیم.

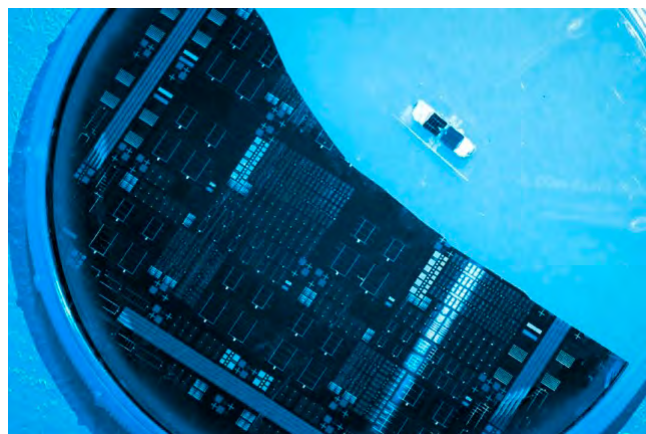
بیشتر روش های موجود برای ذخیره انرژی خورشیدی، استفاده از باتری هاست. اما این ماده ی جدید می تواند این ذخیره سازی ها را پر بازده تر کند. ساز و کار این مواد بر اساس واکنش های شیمیایی می باشد. این مواد فوق العاده تطبیقی را می توان به صورت فیلم پلیمری شفاف (شکل زیر) در آورد. از این مواد می توان برای شیشه ماشین ها، به منظور جلوگیری از یخ زدن استفاده نمود. یا این که می توان به عنوان لایه ای برای لباس های گرم استفاده کرد.



محققین توانسته اند این ماده را از مولکول هایی بسازند که می توانند در دو وضعیت شارژ شدن و تخلیه شدن قرار بگیرند. این مواد که اکنون با نام Solar Thermal Fuel شناخته می شوند، در سال های قبل نیز وجود داشتند ولی اکنون نسبت به قبل بسیار بهتر عمل می کنند. در سال هایی گذشته این مواد فقط در فاز مایع سوسپانسیون وجود داشتند.

وقتی این مواد جلوی نور خورشید قرار می گیرند به حالت شارژ می روند. این مواد می توانند تا چند روز در حالت شارژ باقی بمانند. از طرف دیگر این مولکول ها می توانند با افزایش دما یا سایر محرک های دیگر به آزاد کردن انرژی در قالب انرژی گرمایی پردازند. البته لازم به ذکر است که میزان حرارت تولید شده به قدری نیست که بتوان به کمک آن آب را به جوش آورد. ولی

system، تحقیقاتی در رابطه با Paradigm و ... را انجام داده است، معتقد است که این گونه از سلول ها برای یک یا دو سال آینده برای فروش روانه بازار می شوند. این گروه نتایج اولیه پیشرفت های خود را در زمینه ی Step cell در ۴۳ امین کنفرانس متخصصان فوتوولتائیک در پورتلند (Portland) بیان کردند.



### مراحل رسیدن به این موفقیت

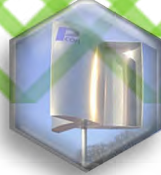
Step cell از لایه هایی از جنس گالیوم آرسنید فسفید (GaAsP)، شامل مواد نیمه هادی ای که با جذب و بازده بالا انرژی زیاد فوتون را به انرژی الکتریکی تبدیل می کنند، برای سلول های خورشیدی استفاده می شود. این گونه از چینش که با برنامه و دلیل انجام می شود، به لایه بالایی که از گالیوم آرسنید فسفید می باشد اجازه می دهد که فوتون هایی با انرژی زیاد را جذب کند. از لایه پایینی سیلیکونی برای جذب انرژی پایین تر فوتون ها مانند نور قرمز و سایر فوتون هایی که از لایه های بالاتر انتقال می یابند، استفاده می شود.

پایان نامه Sabina Abdoulhadi که دانشجوی دکتری موسسه Masdar است، درباره ی تحقیقات بنیادین Step cell است. او در این رابطه بیان می کند که زمانی که لایه بالایی گالیوم آرسنید فسفید به طور کامل لایه ی سیلیکونی پایین را می پوشاند، فوتون های با انرژی پایین تر از طریق سیلیسیم ژرمانیم جذب می شود که باعث کاهش بازده می شود.

در MIT گروهی در حال رشد دادن و تولید کردن آلیاژهای نیمه هادی بر روی لایه هایی از سیلیسیم ژرمانیم برای بهبود دادن گالیوم آرسنید فسفید می باشد. Nayfeh در این باره گفته است: گالیوم آرسنید فسفید به طور مستقیم نمی تواند روی سیلیسیم ژرمانیم تولید شود. چراکه ساختار بلوری آن ها با هم متفاوت است. بنابراین بر روی لایه ای از سیلیسیم ژرمانیم دندان هایی ایجاد می کنند که باعث استحکام بیشتر سلول می شود. مشکلی که نیاز اصلی به Step cell را به وجود آورد این بود که لایه سیلیسیم ژرمانیم فوتون های با انرژی پایین را جذب می کند ولی نمی توان از انرژی جذب شده استفاده نمود.

اما موضوعی که موجب کاهش قیمت انرژی به دست آمده از انرژی خورشیدی می شود، این است که می توان لایه ی سیلیسیم ژرمانیم را دوباره مورد استفاده قرار





ماشین های الکتریکی و تکنولوژی انرژی خورشیدی می باشند. شرکت ReVision Energy با ایجاد ایستگاه های سطح دو شارژ ماشین های الکتریکی با استفاده از برق تولیدی از سلول های خورشیدی گامی در این راه برداشته است. هرچه تولید برق مقرون به صرفه تر باشد، موجب افزایش استفاده از این نوع وسایل نقلیه می شود. اگرچه هیچ کارخانه ای هم اکنون به طور کامل از انرژی خورشیدی استفاده نمی کند اما روشن است که بازار تجارت از نیاز جهانی به این نوع انرژی پایدار آگاهی دارد. پروژه هایی مثل Stella و یا Toyota Prius' Solar ثابت کرده اند که انرژی خورشیدی در ارتباط با صنایع حمل و نقل پیشرفت های چشم گیری خواهد کرد. علاوه بر صنایع، امروزه در دانشگاه های معتبر جهان تحقیقات زیادی در زمینه اتومبیل های خورشیدی صورت می گیرد.

### خورشید+آب = انرژی

با کاتالیزورهایی که یک شیمیدان از دانشگاه MIT اختراع کرده است، نور خورشید میتواند آب را به هیدروژن تبدیل کند. اگر این فرایند در ابعاد بزرگ به انجام برسد میتواند انرژی خورشیدی را به منبع پر قدرت تری تبدیل کند.

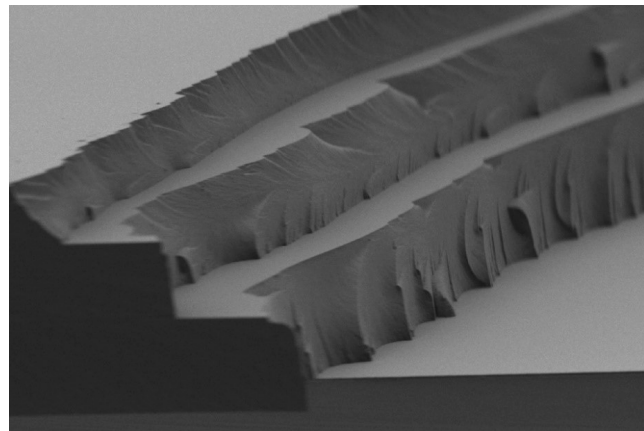
دنیل نوکرا سرازیر شدن حباب های اکسیژن از رشته مواد داخل آب را نشان می دهد.

نوکرا و همکارانش به کمک کاتالیزوری که اختراع کردند مهم ترین و سخت ترین قسمت پروژه را گذارند؛ یعنی تجزیه ی آب به مولکول های هیدروژن و اکسیژن. و اگر بتوان راهی اقتصادی برای فرایند تولید هیدروژن از آب بدست آورد بزرگ ترین مانع بر مسیر فناوری استفاده از انرژی خورشیدی از راه برداشته میشود: ذخیره ی انرژی خورشیدی برای استفاده در شب، یا روزهای ابری.

انرژی خورشیدی میتواند منبع عظیمی از انرژی پاک در اختیار ما بگذارد، اما تا وقتی که نتوان راهی برای ذخیره ی آن پیدا کرد، در مقیاس بزرگ عملاً نمیتواند با انرژی حاصل از سوخت های فسیلی رقابت کند. طبق سناریوی نوکرا، نور خورشید میتواند آب را به هیدروژن تبدیل کند به شکلی که استفاده و ذخیره ی هیدروژن بسیار آسان باشد. پس از ذخیره ی هیدروژن میتوان آن را در ژنراتور احتراق داخلی سوزاند یا دوباره در یک سلول سوختی با اکسیژن ترکیب کرد. حتی اگر بخواهیم جاه طلبانه تر به قضیه نگاه کنیم میتوان این فرایند را آب دریا انجام داد که علاوه بر تولید برق، آب خالص اختیار ما میگذارد.

شبهه سازی عمل فوتوسنتز گیاهان کاری بوده است که دانشمندان از اوایل دهه ی ۱۹۷۰ سعی به انجامش داشتند. البته پیش از آن هم شیمیدان ها میتوانستند آب را تجزیه کنند اما با روش هایی نه چندان اقتصادی که نیاز به دمای خیلی بالا، محلول های قوی آلکالین یا کاتالیزورهایی کمیاب مثل پلاتین داشتند. اختراع جدید اساتید MIT عملیات اکسیژن گیری از آب را در دمای اتاق، با کاتالیزوری ارزان و بدون هیچ محلول پیچیده ای انجام می دهد. برای تولید هیدروژن البته، نیاز به چند کاتالیزور مکمل است. به گفته ی نوکرا از این دستگاه به دو روش می توان استفاده کرد. یکی استفاده از پنل های خورشیدی و تولید

در مقایسه با STF های اولیه پیشرفت چشم گیری داشته است. فیلم های پلیمری که در MIT طراحی شده است می تواند گرمایی در حدود ۱۰ درجه سانتی گراد بیشتر از دمای محیط آزاد کند.



محققین در حال پیدا کردن راهی برای استفاده از این ماده در شیشه جلوی اتومبیل هستند. یکی از طرح های پیشنهادی این است که به صورت ساندویچی از این مواد استفاده کنند. به این صورت که این ماده بین دو لایه شیشه قرار بگیرد. البته هم اکنون گرم کردن شیشه ی اتومبیل به وسیله ی سیم هایی در شیشه ی عقب انجام می شود که انجام این کار در شیشه ی جلو امکان پذیر نیست. از طرفی دیگر STF بسیار پر بازده تر از این سیم هاست و هم چنین از انرژی باتری ماشین استفاده ی چندانی نمی کند. دانشمندان معتقدند که می توان با تنظیم دقیق تر STF گرمای آزاد شده را به ۲۰ درجه سانتی گراد بیشتر از دمای محیط رساند.

### آینده ماشین های خورشیدی

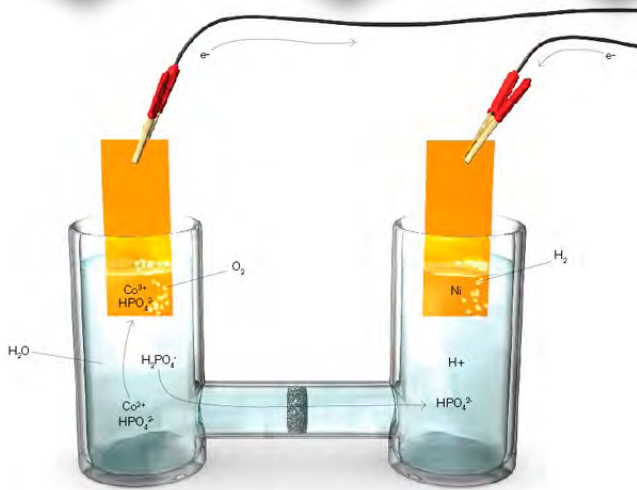
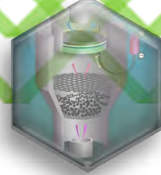
پیش بینی می شود که قیمت انرژی خورشیدی و خودرو های الکتریکی رو به کاهش باشد. بسیاری از کارشناسان صنعتی مانند Tony Seba نویسنده ی Solar Trillions، افزایش



اجتناب ناپذیر استفاده از برق خورشیدی در صنایع مختلف از جمله خودرو سازی و مسکن را پیش بینی کرده اند. کاهش قیمت همراه با افزایش بازده می تواند باعث توسعه و گسترش استفاده از ماشین های خورشیدی در آینده ی نزدیک شود.

بعضی از شرکت ها مانند شرکت ReVision Energy در حال کار کردن برای پل زدن بین





برق سپس استفاده از برق تولیدی برای به کار انداختن دستگاهی به نام الکترولیزور که داخلش کاتالیزورهای مورد نظر به کار رفته اند که میتواند آب را تجزیه کند. روش دیگر شباهت بیشتری به عملکرد درختان دارد. در این روش کاتالیزور ها موازی با سلول های جذب کننده ی انرژی خورشیدی نصب میشوند. این انرژی جذب شده مستقیماً سبب تجزیه ی آب می شود. در هر دو روش انرژی خورشیدی به انرژی هیدروژنی تبدیل میشود که میتواند در شب و یا هر زمان مورد نیاز دیگری استفاده شود.

مدل آزمایشی شبیه سازی فوتوسنتز. وقتی ولتاژ بالا رود کبالت و فسفات محلول (سمت چپ) روی الکترود جمع میشوند که ضمن خروج الکترون ها از الکترود، باعث آزاد سازی گاز اکسیژن از آب میشود. از طرف دیگر یون های هیدروژن از غشاء عبور میکنند و به کمک یک کاتالیزور از جنس نیکل، گاز هیدروژن تولید میشود.



### شناخت ناکافی از تکنولوژی های موجود برای استفاده از انرژی خورشیدی

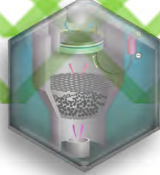
شناخت تکنولوژی های استفاده از انرژی خورشیدی می تواند منجر به بسط و گسترش استفاده از این نوع انرژی شود. علاوه بر مسئولیت سنگینی که در این راستا بر عهده دولت است، متخصصین و رسانه ها نیز می توانند سهم قابل توجهی در این امر داشته باشند؛ به عنوان مثال ایجاد نمونه های کاربردی توسط دولت در اقصی نقاط کشور و آشنا کردن کشاورزان با این کاربردها به صورت عملی بسیار مفید است.

• لزوم حمایت بیشتر و هدفمند از تولید یا استفاده از تکنولوژی های مبتنی بر انرژی های تجدید پذیر به دلیل صیانت از منابع ملی و همچنین جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوخت های فسیلی، بسیاری از کشورهای جهان برنامه های بسیار جدی برای حمایت از تولیدکنندگان و کاربران انرژی های تجدیدپذیر دارند. با وجود آنکه در ایران نیز اقداماتی در این خصوص انجام شده است لیکن این برنامه ها در وهله اول باید بر مبنای یک نقشه راه مشخص انجام شوند.



# انرژی بادی





# WIND ENERGY

## انرژی بادی

جریان هوا بر روی هر سطحی دو نوع نیروی ایرودینامیکی با نام های درگ و لیفت به وجود می آورد که نیروی درگ در جهت جریان باد است و نیروی لیفت عمود بر جریان باد می باشد. یکی از این نیروها یا هر دو می توانند نیروی مورد نیاز برای چرخش پره های توربین های بادی را تامین نمایند.

نخستین توربین بادی تجاری در انگلستان در سال ۱۹۹۱ ساخته شد و از آن ۴۰۰ کیلووات توان گرفته می شد. این در حالی است که آخرین نمونه آزمایشی توربین دارای توانی ده برابر اولین نمونه است. توربین های بادی دارای عمر متوسط بین ۲۰ تا ۲۵ سال هستند.

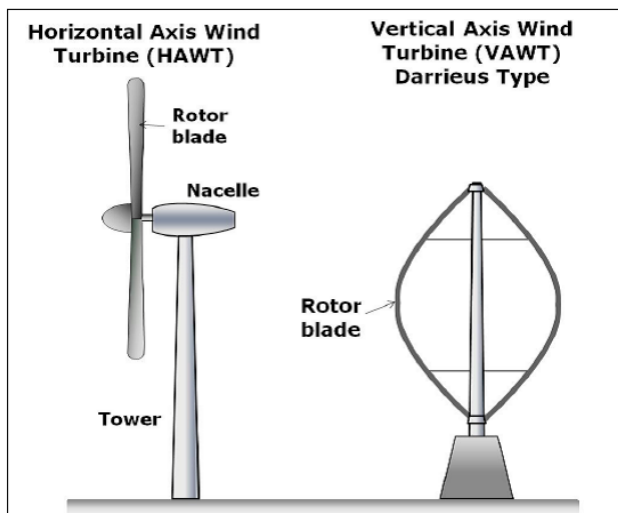
تشعشعات دریافتی خورشید توسط زمین، موجب گرم شدن هوای اتمسفر شده و به همین دلیل هوا به سمت بالا حرکت می کند. شدت این گرمایش در استوا؛ جایی که خورشید عمود می تابد؛ بیشتر از هوای اطراف قطبین؛ جایی که زاویه تابش خورشید تند می باشد، خواهد بود و هوای اطراف قطبین نسبت به هوای استوا کمتر گرم می گردد. دانسیته هوا با افزایش دما کاهش پیدا کرده و بنابراین هوای سبک تر استوا به سمت بالا حرکت کرده و در اطراف یخچ می گردد. این عمل موجب افت فشار در این ناحیه گردیده و موجب می شود هوای سرد از قطبین به سمت استوا جذب گردند.

همچنین وقتی خورشید در طول روز می تابد، هوای روی سرزمین های خشک سریع تر از هوای روی دریا ها و آب ها گرم می شود. هوای گرم روی خشکی بالا رفته و هوای خنک تر و سنگین تر روی آب جای آن را می گیرد که این فرآیند بادهای محلی را می سازد این به آن معناست که روز از سمت دریا به سمت ساحل باد می وزد. در شب، از آنجا که هوا روی خشکی سریع تر از هوای روی آب خنک می شود، جهت باد برعکس می شود. بنابراین باد به علت گرادیان فشار به وجود آمده از تابش غیر یکنواخت خورشید به سطح زمین به وجود می آید.

امروزه از انرژی بادی جهت تولید الکتریسیته، پمپاژ آب از چاه ها و رودخانه ها، آرد کردن غلات، کوپیدن گندم، گرمایش خانه و مواردی نظیر این ها می توان استفاده نمود. استفاده رایج از انرژی بادی در توربین های بادی و به منظور تولید الکتریسته به کار گرفته می شوند.

اگرچه طراحی های مختلفی برای توربین بادی موجود است ولی به طور عمده به دو دسته کلی بر اساس جهت محور چرخش تقسیم بندی می شوند:

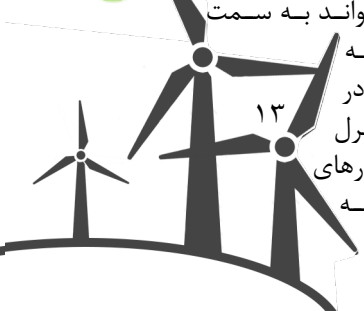
۱. محور افقی
۲. محور عمودی

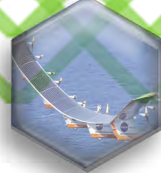
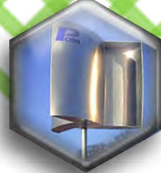


### توربینهای محور افقی

روتورهای توربینهای محور افقی جدید بسیار شبیه ملخ هواپیما می باشند. جریان هوا روی مقطع ایرودینامیکی شکل پرها حرکت می کند و نیروی لیفت را به وجود آورده که باعث چرخش روتور می گردد. ناسل توربینهای محور افقی محلی برای گیرکس و ژنراتور است.

توربینهای محور افقی باید سیستمی برای تنظیم در مقابل باد قرار گرفتن داشته باشند که به آن مکانیزم yawing می گویند. به طوری که کل ناسل می تواند به سمت باد بچرخد. در توربینهای کوچک دنباله باد نما این کنترل را بر عهده دارد. ولی در سیستم های متصل به شبکه سیستم کنترل yaw فعال است که به وسیله سنسورهای تعیین کننده جهت باد و موتورها، ناسل به سمت باد می چرخد.





دادن تجهیزات سنگین آن از جمله گیربکس و ژنراتور نزدیک به سطح زمین است، هرچند که شدت باد در سطح زمین کمتر است و در نتیجه برق کمتری تولید خواهد نمود. از دیگر مزایای این نوع توربین‌ها می‌توان به عدم نیاز به سیستم yaw اشاره کرد چراکه این نوع توربین‌ها، باد را از هر جهت مهار می‌کنند و این مزیت بسیاری نسبت به کمبدهای آن دارد.

### توربینهای محور عمودی

این توربینها به دو نوع اصلی تقسیم بندی می‌شوند Savonius و Darrieus. Savonius مانند یک چرخ آب با نیروی درگ کار می‌کند در حالی که Darrieus از تیغه‌هایی مشابه توربینهای محور افقی استفاده می‌کند. توربینهای محور عمودی بسیار نزدیک به زمین قرار می‌گیرند که از مزیت‌های آن قرار



سیستم‌های هوشمند مستند سازی، آموزش، ارتباطات و صنعت استفاده می‌شود. شارژ کردن وسایل الکترونیکی در زمانی که مردم خارج از شهرها و در طبیعت هستند کار دشواری است. پنل‌های خورشیدی تنها راه حل در دسترس هستند.

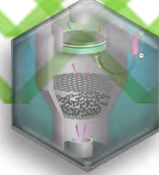
شکل روتورهای عمود محور بر مبنای اپتیمم حالت توربین های savonius است. دستگاه‌های ساده توربین‌های بادی می‌توانند در مناطق مختلف و با سرعت‌های مختلف وزش

### میکرو توربین‌های بادی:

میکرو توربین‌های بادی از منابع قابل حمل انرژی در مناطق دور دست هستند و مردم به وسیله آن‌ها قادرند که دستگاه‌های USB را در مناطق خارج از شهر شارژ کنند. وزن این توربین‌ها کمتر از یک کیلوگرم است.

دستگاه‌های الکتریکی در زندگی ما دارای نقش مهمی هستند. از آن‌ها در حمل و نقل





به پره های بلند برای تبدیل نیروی باد به الکتریسیته نیست. ژنراتورهای گردابه‌ای از جریان‌های گردابی که ناشی از پتانسیل گردابی است برای تامین انرژی استفاده می‌کنند.

جریان گردابی را می‌توان جایی که آب مسیر پیچ‌داری را طی می‌کند تا از آبگذر رد شود، مشاهده کرد؛ همچنین هنگام گردش جریان هوایی در طوفان‌ها و تندبادها در نواحی کم‌فشار و پرفشار این جریانات گردابه‌ای قابل رویت هستند.

یکی دیگر از همکاران David Suriol توضیح می‌دهد: این گردابه‌های کوچک مشکلاتی هستند که اغلب مهندسان سعی می‌کنند از بهادادن به آن‌ها خودداری کنند چون به بناها آسیب وارد می‌کنند. ما از روی عمد در صدد جستجو و استفاده بهینه از آن‌ها برآمدیم.

پژوهشگران این زمینه از ناپایداری‌های آیرودینامیکی در جهت بهره بردن از نوسانات و تبدیل آن‌ها به انرژی استفاده می‌کنند. دستگاهی را که در شکل مشاهده می‌کنید برای به نوسان در آوردن باد به‌کار می‌رود و دارای یک ژنراتور است. هیچ کدام از بخش‌های این ژنراتور که با یکدیگر در تماسند حرکت نمی‌کنند. این دستگاه از یک سیلندر نیمه صلب با جنس فایبرگلاس ساخته شده است. ژنراتور این دستگاه متشکل از سیستم کوپل مغناطیسی است.

در حال حاضر محققان بر روی القای مغناطیسی برای تبدیل توان به انرژی کار می‌کنند ولی در آینده پژوهشگران بر روی مواد پیزوالکتریک کار خواهند کرد.

در وضعیت یکسان توان تولیدی توسط ژنراتورهای گردابی ۳۰ درصد از توربین‌های بادی سنتی کمتر است ولی هزینه نگه‌داری ژنراتورهای گردابه‌ای ۸۰ درصد نسبت به توربین‌های بادی کمتر می‌باشد همچنین چون پره‌ای ندارند به پرنده‌گانی که اطرافشان پرواز می‌کنند آسیبی نمی‌زنند. اهداف کوتاه مدت این پروژه آن است که این دستگاه‌ها با ارتفاع ۴۹ اینچ و وزن ۲۲۰ پوند توان ۴ کیلووات را برای ما تولید کنند.

باد برای ما برق تولید کنند. این توربین‌ها برای بادهای شدید و ناپایدار بسیار مناسب هستند.

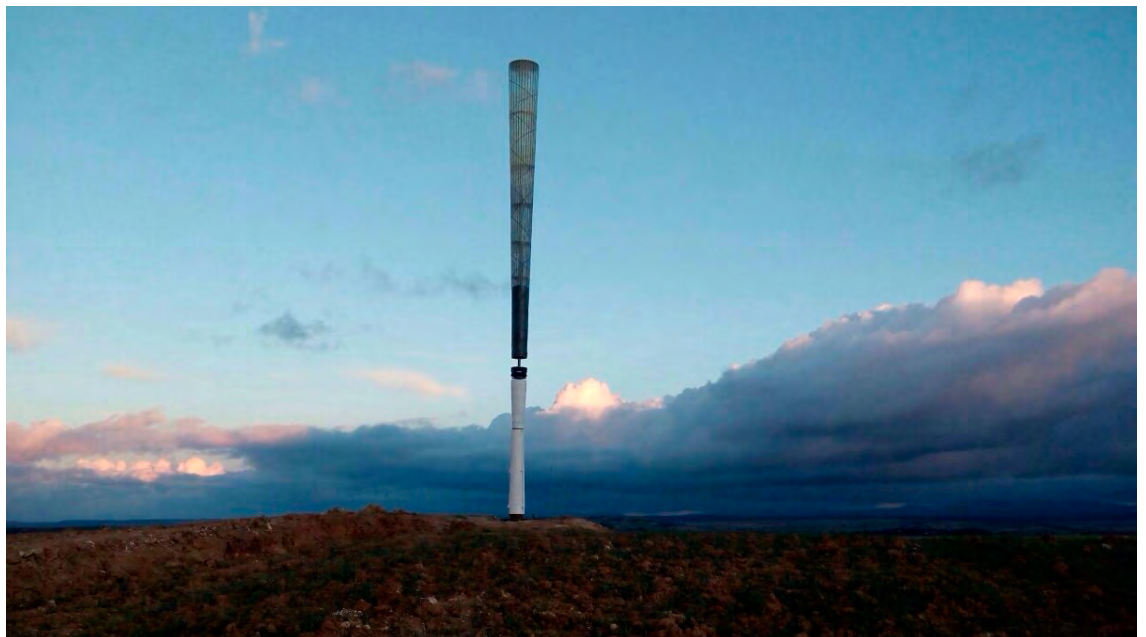
برای جلوگیری از اتلاف انرژی به وسیله اصطکاک و انتقال انرژی، روتور بر روی شفتی سوار شده است که در پایین ترین قسمت بدنه قرار دارد. انرژی تولید شده همچنین می‌تواند برای شارژ مستقیم دستگاه‌هایی که بر مبنای پورت‌های USB کار می‌کنند، بکار رود یا در باتری‌هایی با توان ۲۴ وات ساعت ذخیره شود.

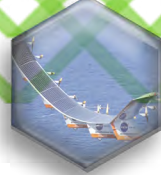
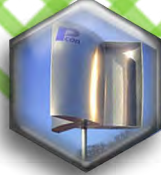
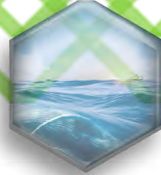
طراحی رایج امروزه برای دستگاه‌های USB بگونه‌ای بهینه شده است که به ازای وزش باد با سرعت  $18 \text{ km/h}$  توان خروجی ۵ وات را به ما می‌دهند.



:VORTEX

دستگاه گردابه‌ای در اسپانیا و توسط سه فرد که از همکاران David Yáñez بودند پایه‌گذاری شد. این طرح ژنراتور توربین‌های بادی را توسعه داد به گونه‌ای که دیگر نیازی





در توربین‌های flow design هوا با پره‌های ثابتی که استاتور نامیده می‌شوند برخورد می‌کند که باعث تغییر مسیر هوا به سمت روتور (پره‌های متحرک) می‌شود. جریان هوا سبب چرخش روتور می‌گردد و سپس از سمت دیگر با سرعت کمتر نسبت به هوای بیرون خارج می‌شود. پوشش این توربینها به گونه‌ای طراحی شده است که هوای با سرعت بالا را به فضای پشت روتور هدایت می‌کند. هوای پرسرعت سبب افزایش سرعت هوای سرعت پایین می‌گردد و این امر سبب ایجاد یک فضای فشار پایین در پشت پره‌های توربین و مکش هوای بیشتر به سمت این فضا می‌گردد.

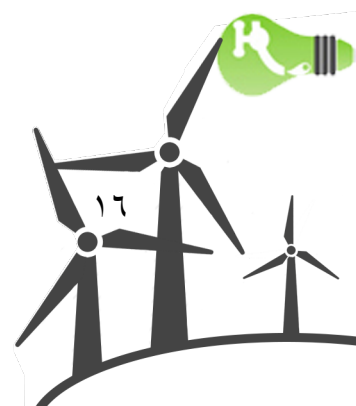
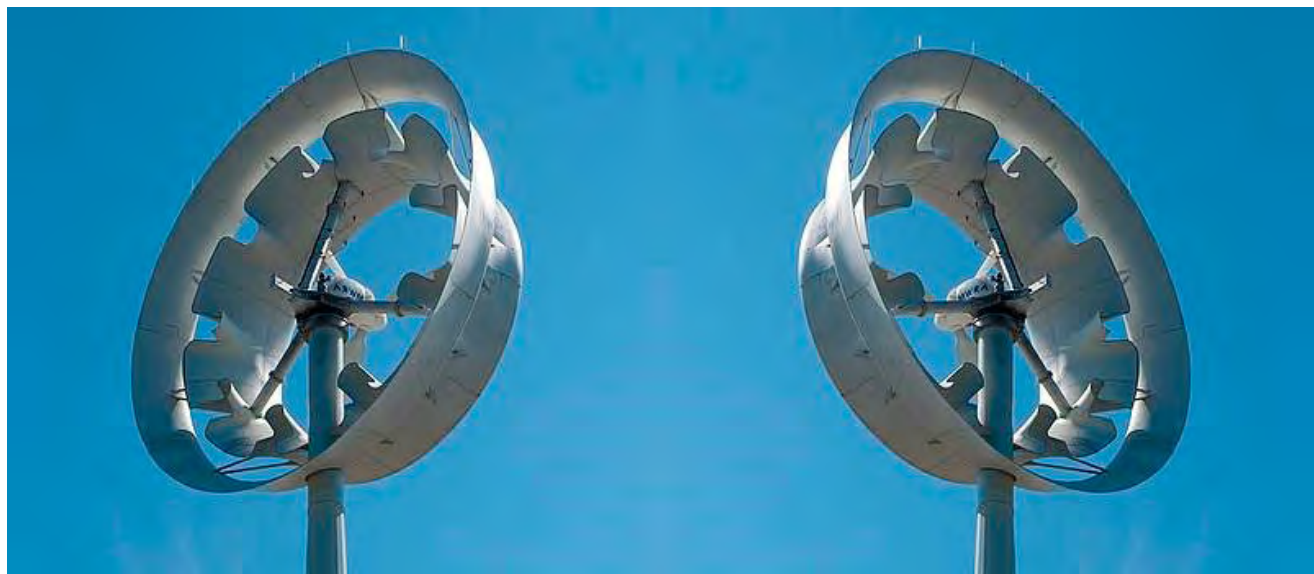
Flow design ها در نمونه‌های کوچک برای تونل‌های بادی ساخته شده‌اند. در قدم بعدی محققان قصد دارند این توربین‌ها را در قطر ۱۲ فوت با توان تولیدی ۱۰ کیلو وات برای تست زمینی طراحی کنند و به مرحله ساخت برسانند.

توربین‌های flow design توانایی تولید برق در نصف قیمت توربین‌های مرسوم را دارند. در توربین‌های معمولی هنگامی که باد به توربین می‌رسد حدود نیمی از هوای رسیده شده به اطراف پره‌ها هدایت می‌شوند و باقی آن از میان پره‌ها عبور می‌کنند. و به این ترتیب بخشی از انرژی از دست می‌رود. در بهترین حالت در توربین‌های سنتی ۵۹,۳ درصد از انرژی باد گرفته می‌شود.

در توربین‌های flow design، در اطراف پره‌ها پوششی قرار دارد که هوا را با سرعت بالا به داخل پره‌ها هدایت میکند. این عمل باعث افزایش تولید قدرت توربین می‌شود.

طراحی‌های جدید توربینها نسبت به توربین‌های قدیمی تولید قدرت بیشتری دارند. پره‌های این توربینها قطری نصف قطر توربین‌های قدیمی دارند. قطر و اندازه‌ی کوچک‌تر پره‌های توربین سبب میشود تا اندازه‌ی کلی توربین نسبت به توربین‌های دیگر کوچک‌تر گردد؛ همچنین تولید توان را نسبت به توربین‌های قدیمی و مرسوم بالا می‌برد.

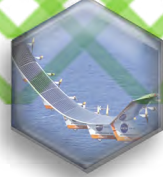
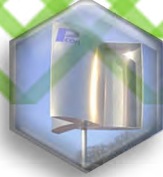
ایده‌ی پوشاندن پره‌های توربین ایده‌ی جدیدی نیست. اما طرح‌های جدید در این زمینه آنقدر بزرگ هستند که کاربردی نیستند.





# انرژی دریایی





# MARINE ENERGY

## انرژی دریایی

نسبتاً کم یک حوضچه با حجم مناسب بتوان ایجاد کرد. در آن مکان سیکل جزر و مد دو بار در روز باشد- منطقه بار رسوبی زیادی نداشته باشد- منطقه از امواج دریا به اندازه کافی دور باشد- منطقه دارای بار ترافیکی دریایی نباشد. جذب انرژی جزر و مدی و تبدیل آن به انرژی الکتریکی در حالت ساده با استفاده از دریا و یک حوضچه مصنوعی امکان پذیر خواهد بود. در حالی که در حالت واقعی برای تولید انرژی الکتریکی بیش از یک حوضچه مصنوعی نیاز است. بر این اساس ما به طور ساده به شرح چگونگی کار سیستم تک حوضچه‌ای و همچنین دو حوضچه‌ای می‌پردازیم.

سیستم تک حوضچه‌ای با جریان از سوی حوضچه به دریا: در این سیستم هنگام جزر و پایین آمدن سطح آب دریا، جریان آب از حوضچه به سمت دریا است که با عبور این جریان از روی توربین انرژی مورد نظر قابل دسترسی است. سیستم تک حوضچه‌ای با جریان از سوی دریا به حوضچه: در این سیستم هنگام مد، آب دریا را از روی توربین عبور داده و سپس وارد حوضچه می‌کنند. با پایان مد زمان تولید انرژی به پایان می‌رسد.

سیستم تک حوضچه‌ای دوطرفه: در این سیستم در هر دو زمان جزر یا مد امکان تولید برق وجود دارد؛ به این صورت که جهت جریان آب ورودی به توربین‌ها بسته به زمان جزر یا مد عوض می‌گردد.

سیستم دو حوضچه‌ای: در این سیستم دو حوضچه نزدیک به هم وجود دارند و به نوعی نوبتی کار می‌کنند. به این صورت که حوضچه اول هنگام مد تولید انرژی می‌نماید و حوضچه دوم هنگام جزر شروع به تولید انرژی می‌کند. طبق بررسی‌های انجام شده در مناطق دریایی ایران با توجه به اینکه در دریای خزر عملاً جزر و مدی وجود ندارد (دامنه‌ی جزر و مد بسیار کم است)؛ ۳۶ منطقه که دارای دامنه‌ی جزر و مدی مناسب هستند در سواحل جنوبی کشور در نظر گرفته شده‌اند که در بین آن‌ها مکان‌های

بحران انرژی که از نیمه‌های قرن بیستم گریبان گیر بشر شد فکر دانشمندان و محققان را به سوی منابع انرژی‌های مستقل از سوخت‌های فسیلی کشاند که در این بین منابع انرژی پایان ناپذیر نهفته در دریاها و اقیانوس‌ها بسیار حائز اهمیت است. به طور کلی بیش از ۷۰ درصد سطح کره زمین را آب پوشانده است که این حجم عظیم از این مایع ارزشمند قابلیت تبدیل به یکی از منابع اصلی انرژی را داراست. از آنجاکه شناسایی و مطالعه و بررسی منابع انرژی آبی یکی از حوزه‌های کمتر پرداخته شده در جهان و به خصوص در ایران است تحقیق و بررسی این حوزه یکی از ضرورت‌ها برای دانشمندان و محققان حوزه انرژی به شمار می‌رود.

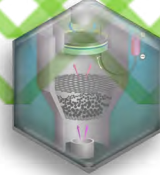
به طور کلی چهار حوزه‌ی اصلی برای دستیابی به انرژی دریاها و اقیانوس‌ها وجود دارد که این چهار بخش عبارتند از: انرژی جزر و مد (tidal energy)، انرژی گرمایی (thermal energy)، انرژی جریان‌ات دریایی (marine current energy) انرژی امواج (wave energy).

انرژی جزر و مدی (tidal energy): امروزه از پدیده‌ی جزر و مد برای تولید برق، آبیاری زمین‌های ساحلی و همچنین سایر فعالیت از جمله ماهیگیری استفاده می‌شود. توان جزر و مدی پراکنده در جهان ۲/۴ تراوات است که این رقم حدود یک سوم مصرف برق جهان در اوایل دهه‌ی ۷۰ است.

قدم اول برای احداث این نیروگاه‌ها شناسایی محل‌های مناسب برای احداث نیروگاه جزر و مدی است. بهترین مکان‌ها برای این نیروگاه‌ها خلیج‌ها یا خورهای کوچک و یا ورودی رودها به دریاها است. سایر پارامترهای مهم عبارت‌اند از:

ارتفاع جزر و مد از محدوده مناسبی برخوردار باشد که دامنه مناسب ۵ متر است. شکل هندسی مناسب خور یا محل ورودی به دریا به طوری که با احداث یک دایک به طول





دریا در اوپراتور در فشار کمتر از فشار بخار خود بخار شده؛ سپس از این بخار برای گرمادهی سیال عامل در سیکل بسته استفاده می‌شود. به این صورت ابتدا انرژی الکتریکی در سیکل بسته تولید می‌شود. سپس آب گرم تخلیه‌شده از سیکل بسته در یک سیکل OTEC باز مورد استفاده قرار می‌گیرند و توسط آب سرد تخلیه‌شده از سیکل بسته سرد می‌شوند. در این فرایند آب شیرین نیز تولید می‌شود.

اولین واحد بهره‌برداری از انرژی حرارتی دریاها که به صورت سیکل بسته طراحی شده است، در تابستان ۱۹۷۹ با هزینه ساخت سه میلیون دلار در سواحل هاوایی طراحی شده است. این واحد شامل مبدل حرارتی از نوع صفحه‌ای از جنس تیتانیوم است که برای راه‌اندازی یک واحد الکتریکی ۵۰ کیلوواتی طراحی شده است این نیروگاه‌ها قادر به جایگزینی تولید دیزلی در مناطق دورافتاده می‌باشند و نیز می‌توانند ارزان‌ترین روش را برای تهیه آب شیرین فراهم کنند. پیش‌بینی‌های توسعه نشان می‌دهند که تولید سالانه انرژی OTEC تا سال ۲۰۲۰ تحت سناریوی

ماهشهر، ارون‌درود و دهنه خور موسی با دامنه جزر و مد تقریباً ۳ متر و میانگین پتانسیل سالانه توان ۰/۴ وات بر مترمربع مساعدترین مناطق هستند.

انرژی حرارتی دریایی (ocean thermal energy) سیستم تبدیل انرژی حرارتی دریایی (OTEC): از اختلاف دمای موجود بین آب گرم سطح دریا و آب‌های سردتر در عمق ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر برای تولید توان یا برق استفاده



می‌کند. حداقل اختلاف دمای مورد نیاز برای تبدیل عملی انرژی ۲۰ درجه سانتی‌گراد است. در این سیستم‌ها به‌طور کلی آب گرم برای ایجاد بخار به‌عنوان سیال عامل و آب سرد برای متراکم کردن بخار مورد استفاده قرار می‌گیرد. تکنولوژی OTEC بسیار مناسب و به‌صرفه اقتصادی است و می‌تواند علاوه بر تولید انرژی برق برای تولید آب شیرین و همچنین تهویه هوا به کار گرفته شود.

در حال حاضر تکنولوژی تبدیل انرژی حرارتی در ۴ نوع اصلی وجود دارد.

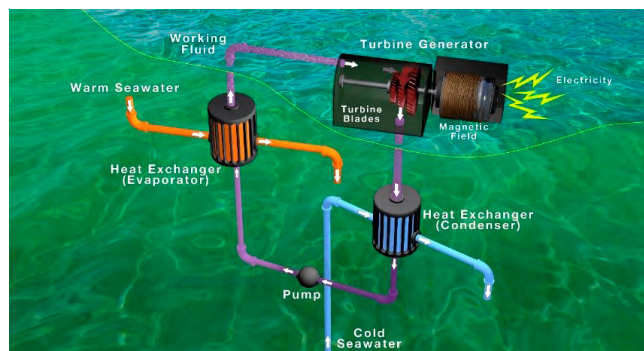
الف) OPEN CYCLE OTEC: در این نوع سیکل‌ها از آب گرم سطحی به‌عنوان سیال عامل استفاده می‌شود. با هدایت این آب گرم سطحی به داخل شیر فشارشکن و سپس یک اوپراتور سیال عامل در فشاری کمتر از فشار بخار خود بخار شده و از این بخار برای حرکت یک توربین ژنراتور استفاده می‌شود. سپس بخار خروجی از توربین را وارد یک کندانسور کرده که در اثر مجاورت با آب سرد پمپاژ شده از سطح پایین‌تر آب دمای بخار آب شروع به کاهش می‌کند. حال از این آب تغلیظ شده به‌عنوان آب شیرین می‌توان استفاده کرد همچنین از آب‌خنک کن خروجی از کندانسور برای تهویه هوا می‌توان استفاده کرد.

ب) CLOSED CYCLE OTEC: در این نوع سیکل‌ها سیال عامل، سیالی است که نسبت به آب سطح دریا دمای جوش کمتری دارد که معمولاً این سیال آمونیاک است. هرچند در برخی مصارف از پروپیلن و سایر مبردها استفاده می‌گردد.

در این سیکل‌ها بخار سیال عامل در مجاورت آب گرم دریا تولید شده؛ ابتدا ژنراتور را به کار می‌اندازد و سپس با عبور از کندانسور در مجاورت آب سرد دریا که به کندانسور پمپاژ شده خنک می‌شود و پس از آن به سیکل بازمی‌گردد.

لازم به اشاره است که در سیکل‌های بسته قطر توربین‌ها و اندازه‌ی مجراها کوچک‌تر است.

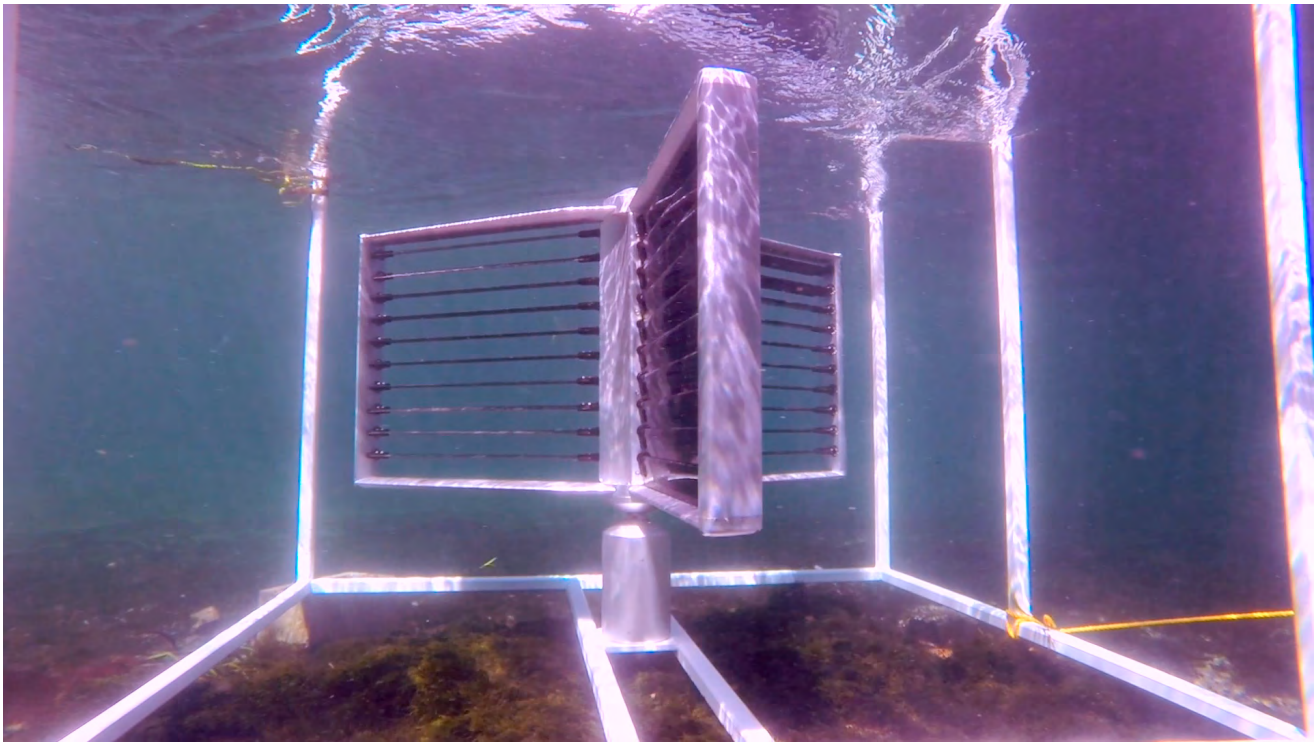
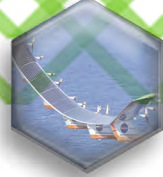
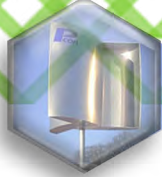
پ) HYBRID SYSTEMS: این نوع سیستم‌ها شامل هر دو سیکل باز و بسته است. به این ترتیب که آب گرم سطح



کمتر مساعد به مقدار ۳۵ تراوات ساعت و تحت سناریوی مساعدتر، به مقدار ۱۶۸ تراوات ساعت بالغ خواهد شد. (ت) انرژی جریان‌های دریایی (MARINE CURRENT ENERGY) این فناوری بسیار شبیه به توربین‌های بادی کار می‌کند. به این صورت که از جریان سیال آب جهت چرخاندن پره‌های بزرگ توربین می‌توان استفاده کرد. به‌طور کلی جریان‌های اقیانوسی در الگوهای مختلفی حرکت می‌کنند که تحت تأثیر شوری آب، دما و چرخش زمین این جریان‌ها به وجود می‌آیند و معمولاً این جریان‌ها ثابت‌اند و تنها در یک جهت حرکت می‌کنند.

توان کلی جریان‌های اقیانوسی حدود ۵ تراوات تخمین زده شده که در حد مصرف الکتریسیته جهانی است. اصولاً توان جریان‌های دریایی متناسب با مکعب سرعت جریان است. سایت‌هایی که برای استخراج انرژی مناسب‌اند دارای ماکزیمم سرعت بیش از ۱/۵ متر بر ثانیه می‌باشند. در حال حاضر قسمت‌هایی از اروپای غربی و همچنین آسیای شرقی و جنوب آفریقا برای بهره‌برداری از این نوع انرژی مناسب تشخیص داده شده‌اند. در کشور ما نیز به علت وجود تنگه‌ها و خورهای با میانگین قابل توجه امکان استفاده و بهره‌برداری از این جریان‌ها وجود دارد.





۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه است. جزر و مد وابسته به جاذبه خورشید هر ۱۲ ساعت یکمرتبه ظاهر می‌شود که دامنه آن خیلی کم است.

تفاوت عمده نیروگاه‌های جزر و مدی با نیروگاه‌های آبی سنتی در نحوه استفاده از منابع آب است. در نیروگاه‌های آبی سنتی، با ایجاد یک مانع به‌وسیله سد در مسیر رودخانه‌ای که با شیب خاصی جریان دارد، اختلاف ارتفاعی پدید می‌آید که رهاسازی آب از آن ارتفاع و عبور آن از بین توربین‌ها سبب تبدیل انرژی می‌شود. درحالی‌که در نیروگاه‌های جزر و مدی، به‌طور خودبه‌خود اختلاف ارتفاع موردنیاز برای عملکرد توربین وجود ندارد و تنها در هنگام رخ دادن پدیده جزر و مد این اختلاف ارتفاع ایجاد می‌گردد. در نیروگاه‌های جزر و مدی باید به نحوی از ارتفاع ایجادشده در اثر بالا رفتن آب دریا و پایین آمدن آن استفاده نمود. دیگر تفاوت نیروگاه جزر و مدی با نیروگاه آبی سنتی، به‌طور سیکلی کار کردن آن است. در این



اما روش متداول برای بهره‌برداری انرژی از جریان‌های دریایی استفاده از توربین‌های آبی است که عمود بر جهت جریان در بستر دریا (مناسب برای آب‌های کم‌عمق) یا از سکوی شناوری (مناسب برای آب‌های کم‌عمق و عمیق) آویزان می‌شود.

اما این نوع انرژی علی‌رغم پتانسیل بالا برای تولید انرژی درگیر چالش‌ها و مشکلاتی است:

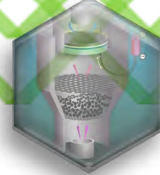
اولاً هزینه‌ی تولید و نگهداری توربین‌ها و سایر دستگاه‌های لازم بالاست. دوماً این نوع انرژی اثرات سوئی روی محیط دریا با تغییر الگوی انتقال رسوبات دریا می‌گذارد. همچنین به علت شوری آب عمر دستگاه‌ها در بیشتر مواقع به علت خوردگی و فرسایش کاهش می‌یابد و راندمان آن نیز کاهش می‌یابد.

### فناوری مبدل انرژی از جزر و مد

همچنان که زمین به دور خود می‌چرخد، تغییرات ارتفاع سطح آب در چهار نقطه که دوه‌دو رو به روی هم هستند روی این کره رخ می‌دهد. بالا آمدن سطح آب ناشی از نیروهای جاذبه اجسام آسمانی را پدیده مد (high tide) و پایین آمدن سطح آن را پدیده جزر (low tide) گویند.

از بین اجسام آسمانی (در اینجا خصوصاً ماه و خورشید) نیروی جاذبه ماه طبق قانون جاذبه نیوتون از نیروی جاذبه خورشید خیلی بیشتر است و به همین علت بیشترین سهم را روی به وجود آوردن جزر و مد دارد. زمان‌بندی جزر و مد از روزی به روز دیگر متفاوت است و آن‌هم به خاطر این است که مدار ماه برحسب منظم ۲۴ ساعت اتفاق نمی‌افتد. در عوض چرخش ماه به دور زمین هر ۲۴ ساعت و ۵۰ دقیقه یکبار رخ می‌دهد. در بین این مدت جزر و مد دو بار رخ می‌دهد که در نتیجه سیکل آن کمتر از





تقسیم می‌کند، به گونه‌ای که هر دو ناحیه در یک انتهای خود دارای بازشدگی با ابعاد مشخص می‌باشند. وضعیت نصب سازه به شکلی است که جهت بازشدگی تحتانی به سمت امواج قرار داشته و در نتیجه، در هنگام کار نیروگاه سطح آب داخل محفظه متأثر از تلاطم خارجی امواج، به‌صورت واداشته به نوسان درمی‌آید. در اثر حرکت رفت و برگشتی سطح آب داخل محفظه، حجم ناحیه فوقانی، متناوباً تغییر نموده و متأثر از آن، فشار نسبی هوای محصور در این قسمت - متناسب با تابع تغییرات حجم مزبور - به‌صورت ضربانی حول مقدار فشار سطح آزاد نوسان می‌نماید. مجرای تعبیه‌شده در منتهی‌الیه ناحیه فوقانی، جریان تحت‌فشار هوای داخل محفظه را به سمت یک توربین هوا هدایت می‌سازد. حاصل این فرآیند، انتقال انرژی جنبشی جریان هوای مزبور به محور یک ژنراتور الکتریکی و در نتیجه تولید برق خواهد بود. در رابطه با طرح‌های نیروگاهی اجرایی نیز در کشورهای نظیر ژاپن، انگلستان، نروژ، پرتغال و ایرلند، واحدهای آزمایشی و نمونه مختلفی با سازوکار ستون نوسانگر آب به مرحله اجرا درآمده است. در حال حاضر هند تنها کشوری است که برق حاصل از نیروگاه موجی خود را به شبکه برق سراسری متصل نموده و طرح‌های کاربردی دیگری را در دست اجرا دارد.

نیروگاه‌ها به علت اینکه در همه مواقع جزر و مد حداقل ارتفاع و دبی موردنیاز برای عملکرد توربین‌ها موجود نیست، باید زمانی را برای پر شدن حوضچه و انتظار تولید برق در نظر گرفت. از نقطه‌نظر کارکرد در زمان حداکثر نیاز مصرف این امکان نیز وجود دارد که واحد در زمان پیک کار کند. برخلاف نیروگاه‌های سنتی که جهت جریان آب همواره از سمت سد به سمت نیروگاه و در نهایت به سمت پایاب است، در نیروگاه‌های جزر و مدی جهت جریان می‌تواند در سیکل‌های مختلف تغییر کند و از سمت حوضچه به دریا و از دریا به حوضچه باشد.

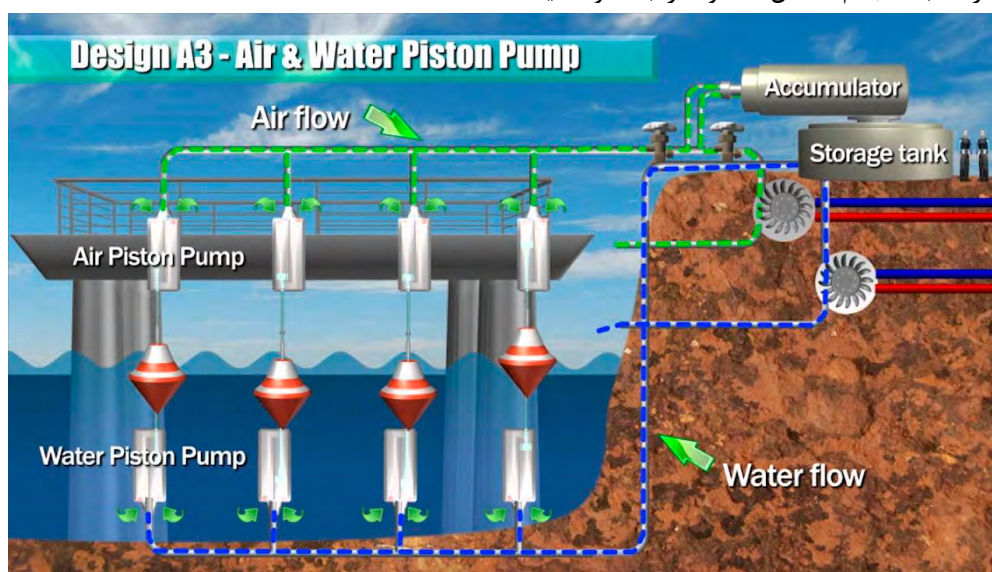
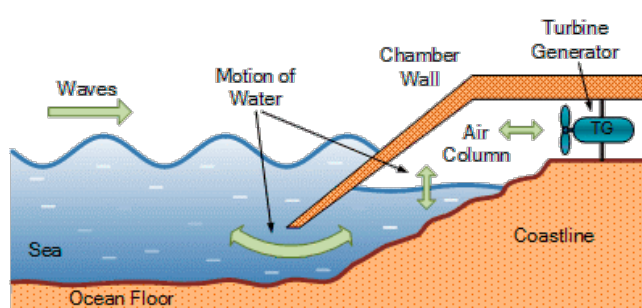
در این نیروگاه‌ها، از توربین‌های جابی، استرافلور، ژنراتور، دنده‌ای و یا جریان متقاطع استفاده می‌شود. طراحی ژنراتور این نیروگاه‌ها در اکثر موارد با محور افقی به‌صورت کوپل با توربین انجام می‌گیرد.

جذب انرژی جزر و مدی و تبدیل آن به انرژی الکتریکی با استفاده از دریا و یک حوضچه مصنوعی (در مواردی بیش از یک حوضچه) امکان‌پذیر خواهد بود.

### مبدل‌های انرژی (فناوری‌های استخراج انرژی از دریا)

#### فناوری مبدل طرح ستون نوسانگر آب (OWC)

به‌عنوان یکی از رضایت‌بخش‌ترین روش‌های استحصال انرژی اقیانوسی، گزینه‌ای است که در سال‌های اخیر فعالیت‌های دامنه‌داری در جهت اجرا و بهینه‌سازی آن صورت پذیرفته است. در این روش، از تولید جریان هوای فشرده توسط حرکت رفت و برگشتی سطح مؤثر موج، به‌عنوان عامل محرک یک توربین هوای متصل به ژنراتور استفاده می‌شود. هندسه عمومی در طرح‌های مختلف واحدهای نیروگاهی با ستون نوسانگر آب عبارت است از محفظه‌ای با دو انتهای باز که به‌صورت قائم در معرض امواج قرار می‌گیرد. سطح آزاد آب، حجم داخل استوانه را به دو ناحیه

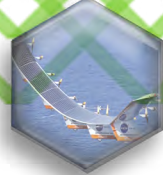
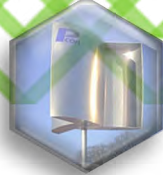


به سمت بالا و پایین می‌تواند حرکت کند. این مجموعه به چهار تانک معلق در زیر آب متصل شده است و بر اساس قانون نیروی شناوری در سطح آب به‌صورت پایبندی قرار می‌گیرد. لذا این مجموعه نسبت به سطح آب ساکن خواهد ماند و فقط شناور بر اساس حرکت

#### فناوری ماشین شناور موج-نیرو:

حرکت از لبه موج به‌صورت افقی است ولی ذرات آن به‌صورت عمودی جابجا می‌شوند. با استفاده از شناورها می‌توان این حرکت عمودی را تبدیل به انرژی مکانیکی کرد. یک شناور چهارگوش که توسط چهار میله مهارشده است

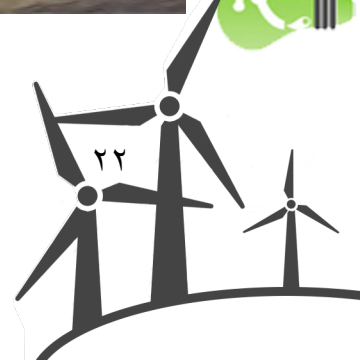
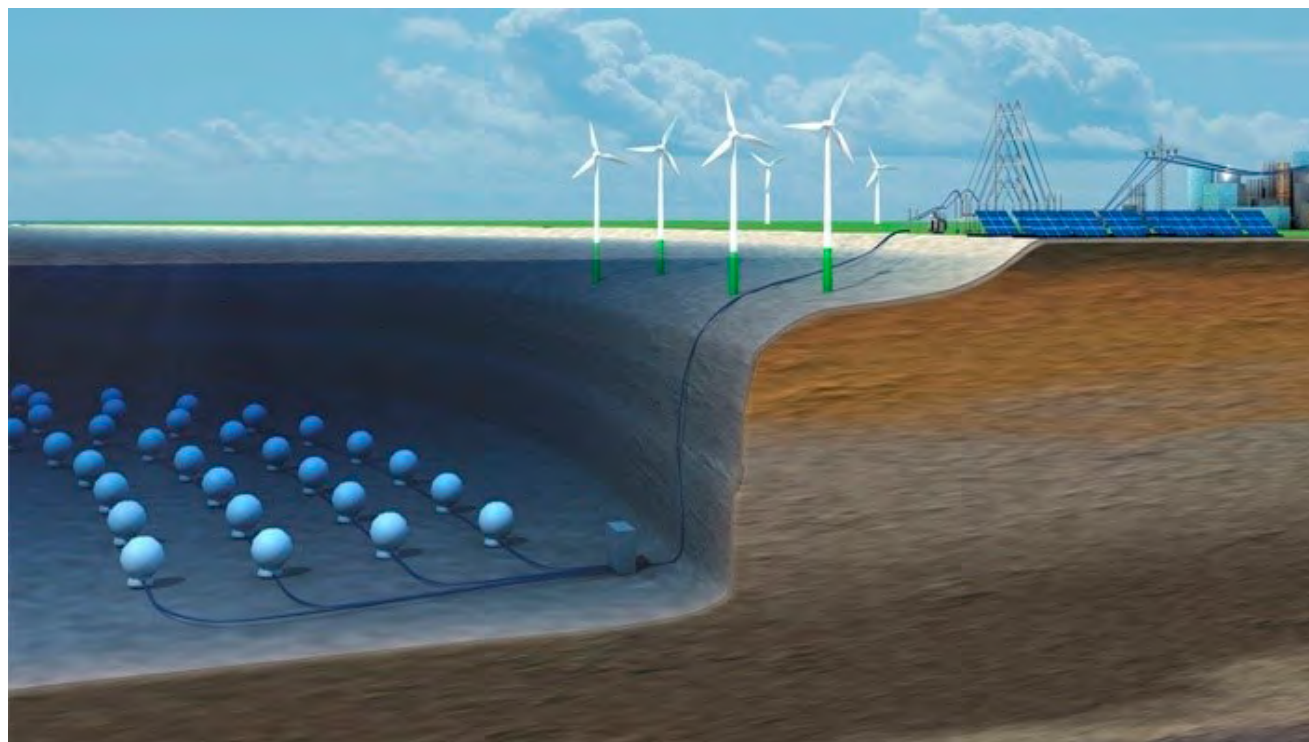


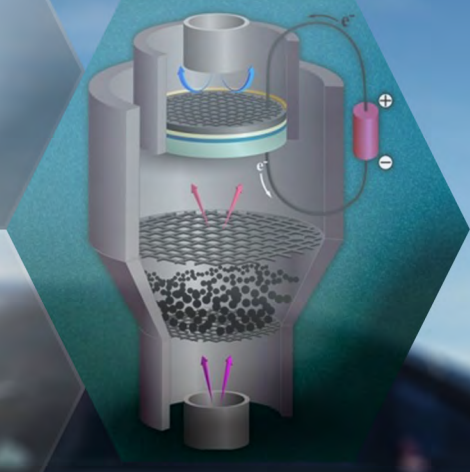


موج به سمت بالا و پایین حرکت می‌کند. این شناور به پیستون متصل است که بر اثر حرکت، هوا را از لوله بالایی گرفته و آن را در کمپرسور فشرده می‌سازد و آنگاه این هوای فشرده توسط لوله‌هایی به تانک‌های خالی پایه هدایت می‌شود؛ بنابراین چهار تانک پایه در واقع دو منظوره هستند، شناور کردن مجموعه و مخزن هوای فشرده می‌باشند. هوای فشرده در این تانک‌ها به نوبت برای راه‌اندازی یکی از توربین‌های هوا به کار می‌روند که این توربین یک ژنراتور را به حرکت درآورده و انرژی الکتریکی توسط کابل‌های زیر دریایی، به ساحل انتقال داده می‌شود. برای بهره‌برداری مناسب باید تعداد زیادی از این واحدها را عمود بر موج قرارداد چون در غیر این صورت، دامنه موج در جهت حرکت موج کاهش یافته و واحدهای قبلی موج را تخلیه می‌کنند. تقریباً برای یک مایلی (۱۶۱۰ متر) از این واحدها، می‌توان ۱۰۰ مگاوات یا بیشتر توان تولید کرد.

**مهندسان آلمانی آماده تست روشی جدید برای ذخیره انرژی دریا می‌شوند...**

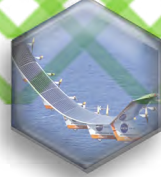
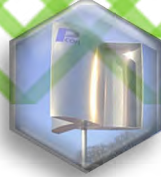
پروژه انرژی ذخیره‌شده در دریا (StEnSEA) روشی جدید ارائه می‌کند که در مقیاس بزرگ انرژی می‌تواند با راهکارهای کنونی از نظر اقتصادی رقابت کند. این تکنولوژی از فشار آب برای به کار انداختن اجزای پمپ‌هایی که واحدهایی کروی در عمق زیاد نصب شده‌اند، استفاده می‌کند. این واحدهای کروی ساخته شده از بتن عملکردی مشابه نیروگاه‌های ذخیره تلمبه‌ای (pumped hydro-storage) دارند. به گفته دکتر یوخن بارد در این روش از تانک‌های فشاری استفاده می‌شود که فشار داخل را در سطح پایین‌تری نسبت به آب اطراف تانک نگه می‌دارد. وقتی آب پرفشار وارد مخزن شد از توربین عبور می‌کند و این باعث تولید انرژی می‌شود. البته پمپ کردن آب به بیرون از مخزن خود مقداری انرژی می‌طلبد. این عمل مشابه پمپ کردن آب از فشار پایین به فشار بالا است. در این روش عمق آب نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. «طبیعتاً هرچه به عمق بیشتری برویم فشار بیشتر و در نتیجه انرژی تولیدی بیشتری خواهیم داشت. البته برای این عمق کرانی وجود دارد چراکه از جایی به بعد به کارگیری سیستم عملاً امکان‌پذیر نخواهد بود. بیشترین ارتفاعی که ما تاکنون در آن سیستم را به کار گرفته‌ایم ۸۰۰ متر بوده است. در مجموع فشاری که بتواند با باقی روش‌های تولید انرژی رقابت کند، چیزی بین ۶۰۰ تا ۸۰۰ متر تخمین زده شده است. بهترین طراحی‌ای که StEnSEA به آن دست یافته است، کره‌هایی به قطر ۳۰ متر است که در ارتفاع ۷۰۰ متری چیزی در حدود ۲۰ مگاوات ساعت برق تولید می‌کند. برای تحلیل‌های اقتصادی حالت‌های مختلف، از پنج تا صد مخزن در نظر گرفته شده است که در مقیاس بالا چند صد مگاوات برق تولید شده است که با روش pumped-hydro system قابل قیاس است. بسته به محل قرارگیری مخازن قیمت ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ یورو به ازای هر کیلووات پیش‌بینی شده است.





# پیل سوختنی





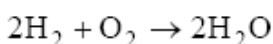
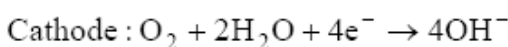
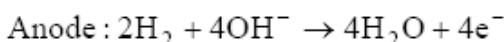
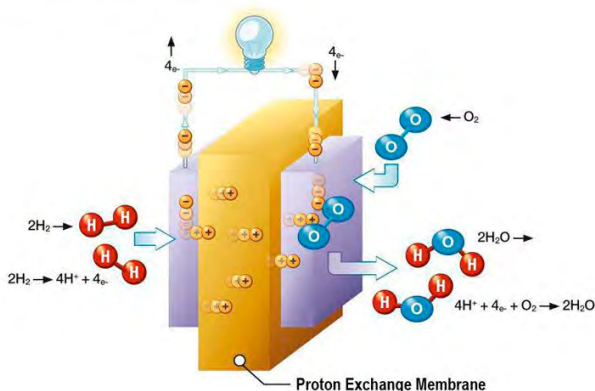
# FUEL CELL

## پیل سوختی

در پیل سوختی نوع PEM اتم‌های هیدروژن در آند یونیزه می‌شوند و الکترون‌های آنها جدا می‌شود. یون‌های هیدروژن که شامل بار مثبت هستند، به سطح غشاء خنک‌کننده نفوذ می‌کنند و به سمت کاتد می‌روند؛ الکترون‌های جدا شده نمی‌توانند از این غشاء عبور کنند و از یک مدار خارجی عبور می‌کنند و موجب تولید برق می‌شوند. در کاتد الکترون‌ها، پروتون‌های هیدروژن و اکسیژن موجود در هوا با هم ترکیب می‌شوند و آب تشکیل می‌دهند. پیل سوختی PEM نیازمند هیدروژن خالص است؛ بنابراین باید از یک رفورمر در خارج از پیل سوختی استفاده کنیم تا احتمال بوجود آمدن CO و در نتیجه مسمومیت کاتالیست را کاهش دهیم.

واکنش‌های انجام شده در آند و کاتد به شرح ذیل است:

Fuel Cell operational principle



پیل سوختی وسیله‌ایست که با آن میتوان به کمک یک واکنش شیمیایی برق تولید کرد. هر پیل سوختی دو الکتروود، یکی مثبت و یکی منفی - به ترتیب آند و کاتد - دارد. واکنش‌هایی که منجر به تولید الکترونیته می‌شوند در این الکتروودها صورت می‌گیرند. علاوه بر پیل سوختی یک الکتروولیت دارد که ذرات باردار را از الکتروودی به دیگری منتقل میکند؛ همینطور یک کاتالیزور که به واکنش‌ها در الکتروودها سرعت می‌بخشد.

سوخت اصلی هیدروژن است ولی پیل سوختی به اکسیژن هم نیاز دارد. یکی از مزایای پیل‌های سوختی آلودگی بسیار ناچیزشان است، چراکه اکثر هیدروژن و اکسیژن مصرف‌شده، در نهایت به آب تبدیل می‌شود. یک سلول سوختی به تنهایی تنها می‌تواند مقدار اندکی جریان مستقیم تولید کند به همین دلیل در عمل، تعداد زیادی از این سلول‌ها را در یک مجموعه با هم به کار می‌برند.

طبقه‌بندی رایج پیل‌های سوختی بر اساس نوع الکتروولیت آنها است که تعدادی از آنها در زیر بررسی می‌شود.

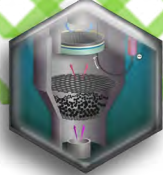
پیل سوختی غشاء پروتون (PEMFC)

پیل‌های سوختی غشاء پروتون دارای غشاء پلیمری جامد هستند که در حال حاضر عمدتاً غشاء Nafion در این پیل سوختی بکار برده می‌شود که به شکل یک ورقه باریک منعطف است. این غشاء کوچک و سبک بوده و در دمای پایین کار می‌کند (دمای کارکرد بهینه در حدود ۸۵ درجه سانتی‌گراد است). سایر الکتروولیت‌های جامد در دمای بالا کار می‌کنند.

برای سرعت بخشیدن به واکنش، یک کاتالیست پلوتونیومی در دو سطح غشاء الکتروولیت استفاده می‌شود که این کاتالیست موجب افزایش قیمت پیل سوختی می‌شود؛ اما بدلیل جامد بودن الکتروولیت پیل سوختی و همچنین انعطاف‌پذیر بودن این الکتروولیت، امکان شکستن یا ترک خوردن در آن کم است و این مشخصه، پیل سوختی PEM را برای کاربردهای خانگی و کاربردهای حمل و نقلی مناسب می‌کند.

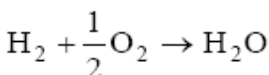
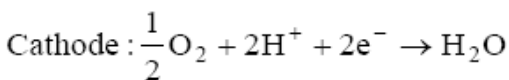
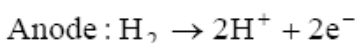
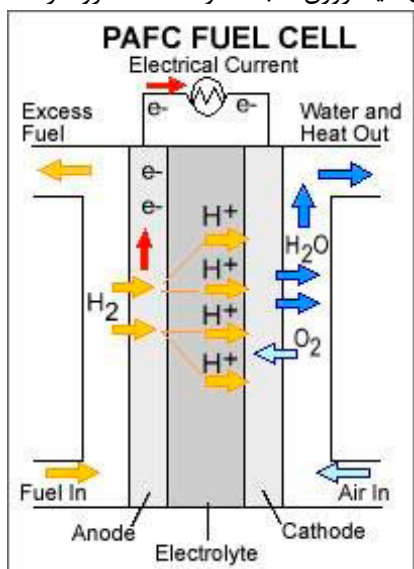






### پیل سوختی اسید فسفریک (PAFC)

پیل سوختی اسید فسفریک در دمای حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد کار می‌کند و از الکترولیت اسید فسفریک استفاده می‌کند. الکترودهای پیل‌های سوختی اسید فسفریک از جنس پلاتین اند که بر روی سطح پودر کربن فعال نشانداده شده‌است. در این نوع پیل سوختی از سوخت‌های بیشتری می‌توان استفاده کرد. عملکرد پیل سوختی اسید فسفریک به این ترتیب است که یون‌های هیدروژن مثبت توسط الکترود از آند به کاتد



می‌روند و الکترودهای بوجود آمده در آند از طریق یک مدار خارجی عبور می‌کند و برق تولید می‌کند و به کاتد برمی‌گردد. واکنش‌های انجام شده در این پیل عبارتند از: در کاتد الکترون‌ها، یون‌های هیدروژن و اکسیژن آب بوجود می‌آورند که با فشار به بیرون پیل سوختی هدایت می‌شود. با وجود کاتالیست پلوتینیم سرعت واکنش‌ها بالا می‌رود. از مزایای پیل سوختی اسید فسفریک می‌توان به توان تحمل پیل سوختی در قبال میزان کمی از مونوکسید کربن و همین‌طور توانایی تحمل دمای بالاتر از دمای جوش آب اشاره کرد. این پیل سوختی اجزایی با مقاومت بالا باید داشته باشد تا در مقابل خوردگی اسید مقاومت کند. هیدروژن مورد نیاز برای PAFC می‌تواند یک ریفرمر خارجی از یک سوخت هیدروکربنی بوجود بیاید در صورتی که سوخت مورد نظر گازوئیل باشد، سولفور آن باید جدا شود. زیرا سولفور به کاتالیست الکترودها صدمه می‌زند. می‌توان از گرمای بوجود آمده در PAFC ها در کاربرد ترکیبی گرما و برق استفاده کرد.

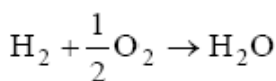
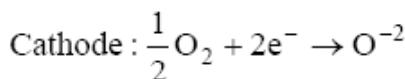
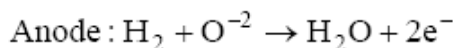
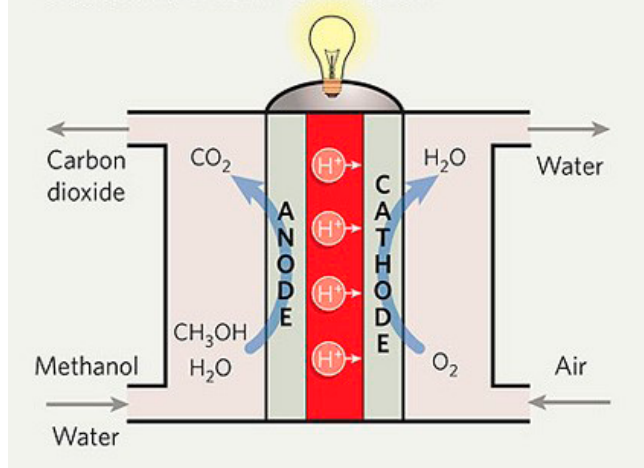
پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC)

### پیل سوختی قلیایی (AFC)

پیل سوختی قلیایی با هیدروژن و اکسیژن خالص کار می‌کند و از محلول هیدروکسید پتاسیم در آب بعنوان الکترولیت استفاده می‌کنند. الکترود آند آن از جنس نیکل و الکترود کاتد آن از جنس اکسید نیکل لیتیومی شده است. درجه حرارت کارکرد این پیل پایین، بین ۶۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد است.

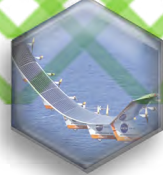
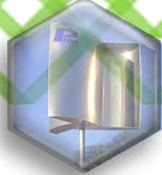
در این پیل سوختی یون‌های هیدروکسیل از سمت کاتد به آند می‌روند و در آند گاز هیدروژن با یون‌های هیدروکسیل واکنش می‌دهند و آب و الکترون ایجاد می‌کنند. الکترون‌های بوجود آمده در آند توسط یک مدار خارجی، توان الکتریکی تولید می‌کنند و از طریق این مدار خارجی، الکترون‌ها به کاتد باز می‌گردند. الکترون‌ها در کاتد با اکسیژن و آب واکنش می‌دهند و موجب تشکیل یون‌های هیدروکسیل بیشتری می‌شوند. این یون‌ها درون الکترولیت نفوذ می‌کنند و واکنش ادامه پیدا می‌کند.

### A METHANOL FUEL CELL



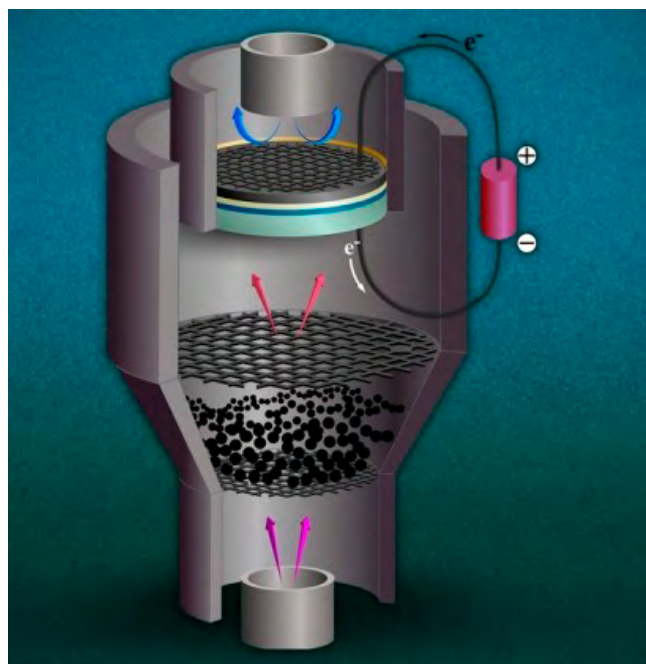
پیل سوختی قلیایی آلودگی کمی دارد و بخاطر احتمال واکنش‌های ناخواسته در این پیل نیاز به هیدروژن خالص شده داریم و در صورتی که هیدروژن خالص نباشد موجب واکنش‌های شیمیایی اضافی و ایجاد کربنات جامد می‌شود که این ماده در واکنش‌های پیل سوختی اختلال ایجاد می‌کند. مشکل دیگر پیل سوختی قلیایی میزان زیاد پلوتونیم است که بعنوان کاتالیست از آن استفاده می‌شود. این کاتالیست قیمت زیادی دارد و پیل سوختی قلیایی را برای کاربردهای عادی نامناسب می‌کند و از آنجایی که احتمال نشت الکترولیت مایع نیز وجود دارد برای کاربردهای حمل و نقلی مناسب نیست.





### دهند!

ترکیب سوخت گازی (گاز سنتز) و فناوری پیل سوختی می تواند بازده نیروگاه‌های زغالی را به طرز چشمگیری افزایش دهد.



امروزه بیشتر کشورهای جهان بر سر کاهش گازهای گلخانه‌ای و تنظیم برنامه‌های جامع در این راستا، اتفاق نظر دارند، اما دستیابی به چنین هدفی نیازمند برنامه ریزی کلان اقتصادی، صنعتی، و سیاسی است.

بنابر محاسبات آژانس بین‌المللی انرژی، حتی در صورت انعقاد توافقی دیگر برای کاهش گازهای گلخانه‌ای، میزان آن‌ها تا چندین دهه آینده کماکان افزایش خواهد یافت. در جهانی که صنعت روزبه‌روز در حال گسترش است، به نظر می‌رسد پیدا کردن راهی برای بهره‌برداری پاکیزه‌تر از زغال سنگ (و نه حذف کامل آن از نیروگاه‌ها) تنها چاره برای خروج سریع از وضعیت کنونی می‌باشد.

محققین دانشگاه ام‌آی‌تی اکنون به طرحی دست یافته‌اند که می‌تواند بازده چنین نیروگاه‌هایی را آن‌چنان افزایش دهد که میزان گاز گلخانه‌ای تا ۵۰٪ کاهش یابد؛ به عبارت دیگر به ازای تولید مقدار مشخص توان، نصف کربن دی‌اکسید تولیدی یک نیروگاه معمولی آزاد شود.

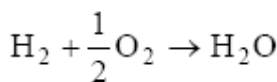
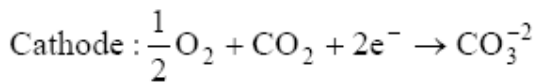
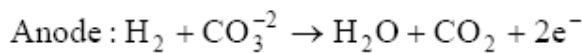
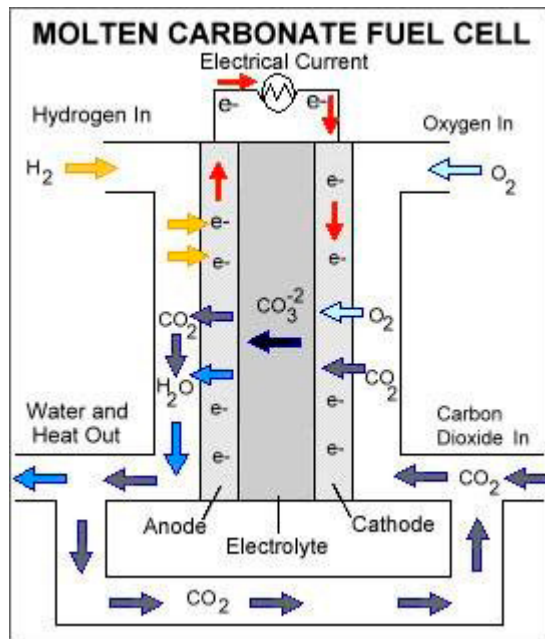
این طرح توسط دانشجویان دکتری دانشگاه ام‌آی‌تی، کترین آنگ و رونالد کریین و استاد آن‌ها پروفیسور احمد قونیم، ارائه شده است. نکته کلیدی این طرح ترکیب دو فناوری شناخته شده است: پیل‌های سوختی و گازسازی زغال سنگ (تولید گاز سنتز).

به شکل گاز در آوردن سوخت در حقیقت راهی است برای استخراج سوخت گازی قابل احتراق از زغال سنگ خردشده (و نه سوزاندن خود زغال سنگ). این روش در کارخانه‌های مواد شیمیایی نیز به منظور تولید گاز هیدروژن بسیار رایج است. گاز محصول را گاز سنتز می‌نامند، زیرا ترکیبی است از هیدروژن، کربن مونوکسید و کربن دی‌اکسید.

پیل سوختی نیز با عبور دادن یک سوخت گازی از یک سامانه باتری مانند، آن را با اکسیژن هوا واکنش می‌دهد و

در پیل سوختی کربنات مذاب (MCFC) الکترولیت ترکیب ۳۲٪ درصد کربنات پتاسیم و ۶۸٪ درصد کربنات لیتیم است. الکترود کاتد آن از جنس اکسید نیکل لیتیمی شده و الکترود آند از جنس آلیاژ نیکل کروم (۲ تا ۱۰ درصد کروم) است. درجه حرارت کارکرد ۶۵۰ درجه سانتیگراد و جزء پیل‌های سوختی با دمای کارکرد بالا بشمار می‌آید. در آند، هیدروژن با این یون‌ها واکنش می‌دهد و دی‌اکسیدکربن، آب و الکترون تشکیل می‌دهد. الکترون‌ها توسط یک مدار خارجی از آند به کاتد منتقل می‌شود و برق تولید می‌کند. اکسیژن هوا و دی‌اکسیدکربن بازیافت شده از آند با الکترون‌ها واکنش داده و یونهای کربنات را بوجود می‌آورد و الکترولیت را سرشار از یون‌های کربنات می‌کند.

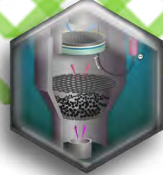
شکل پایین دستگاه فرضی ارائه شده توسط تیم محققین دانشگاه ام‌آی‌تی را برای سامانه ترکیبی مورد نظر به تصویر می‌کشد. بخار (فلش‌های صورتی رنگ) از زیر وارد محفظه میانی می‌شود، از زغال‌های خرد شده عبور کرده و سوختی گازی (فلش‌های قرمز) متشکل از هیدروژن



و کربن مونو اکسید آزاد می‌کند. این سوخت وارد یک پیل سوختی (قسمت فوقانی) می‌شود و در آن جا با اکسیژن هوا ترکیب شده، طی یک واکنش الکتروشیمیایی برق تولید می‌کند.

سامانه‌های هیبریدی می‌توانند میزان گازهای گلخانه‌ای تولید شده توسط نیروگاه‌های زغالی را تا نصف کاهش





طی یک فرآیند الکتروشیمیایی برق تولید می‌کند.

جذابیت این ترکیب آن است که هردوی این فرآیند ها در دماهای بالا و مشابه یکدیگر (۸۰۰ درجه سلسیوس یا بالاتر) کار می‌کنند. این شرایط به آن ها اجازه خواهد داد با کمترین اتلاف انرژی با هم گرما مبادله کنند. در واقع پیل سوختی گرمای مورد نیاز برای گازسازی سوخت را تامین میکنند. این باعث می‌شود که بخشی از گرما که برای سوزاندن سهمی از زغال سنگ که دستخوش فرآیند گازسازی شده است، صرفه جویی شود و بازده احتراق افزایش بیابد.

آنگ می‌افزاید: فرآیند استخراج سوخت گازی از زغال سنگ در دمایی پایین‌تر از احتراق رخ می‌دهد؛ بنابراین نسبت به فرآیند احتراق از بازده بیشتری برخوردار است.

زغال‌های ریز و خردشده به وسیله جریان بخار آب داغ حرارت می‌بینند. سپس ذرات زغال در مجاورت هوا قرار می‌گیرند تا با اکسیژن واکنش دهند و گاز سنتز به وجود آورند. این گاز در پیل سوختی برای تولید برق مورد استفاده قرار می‌گیرد. پس گاز حاصل وارد پیل سوختی می‌شود. در آن جا غشایی به منظور جداسازی کربن مونوکسید از اکسیژن و هیدروژن بکار می‌رود تا کیفیت واکنش الکتروشیمیایی را بهبود بخشد، زیرا در این صورت تولید برق، فارغ از سوزاندن هرگونه سوخت خواهد بود. در نتیجه خاکستر و آلاینده‌های کمتری در مقایسه با فرآیند احتراق به وجود می‌آید.

در این روش گرچه مقادیری از کربن دی‌اکسید (که یک گاز گلخانه‌ای است) تولید می‌شود، اما جریان خروجی مانند نیروگاه‌های معمولی با هوا همراه نیست، این مهم فرآیندی را که در ادامه انجام میشود و به آن «جداسازی و انباشت» می‌گویند تسهیل می‌کند. در طی فرآیند جداسازی و انباشت گاز خروجی را گیرانداخته و در زیر زمین دفن می‌کنند. این عمل گازهای گلخانه‌ای آزادشده را به طرز چشم‌گیری کاهش می‌دهد. مشکل اصلی در نیروگاه‌های معمولی بر سر راه فرآیند حبس و انباشت، این است که نیتروژن هوا در جریان ورودی مشکل‌ساز بوده و می‌بایست پیش از انجام فرآیند استخراج شود، که طبیعتاً کار ساده‌ای نیست و هزینه گزافی بر سیستم تحمیل می‌کند.

مدل‌سازی‌ها نشان می‌دهند با بهره‌گیری از ادغام پیل سوختی و گازسازی زغال سنگ بازده نیروگاه را می‌توان تا ۵۵ یا ۶۰٪ افزایش داد، این در حالی است که نیروگاه‌های معمولی بازدهی حدود ۳۰٪ دارند.

اما از مشکلات این طرح می‌توان به این اشاره کرد که فناوری مورد نیاز برای چنین نیروگاهی هنوز به مرحله بهره‌برداری نرسیده‌است، در واقع زمان بیشتری مورد نیاز است تا برخی زیر ساخت ها فراهم‌شوند. همچنین ساخت و نگهداری این نیروگاه‌ها هزینه بسیار بیشتری نسبت به نیروگاه‌های معمولی دارد، البته آنگ معتقد است سرمایه‌گذاری اولیه پس از چندسال باز خواهد گشت.

محققین دانشگاه ام‌آی‌تی تنها راه حل خروج سریع از وضعیت موجود را افزایش بازده نیروگاه‌ها می‌دانند و معتقدند هرگونه جایگزینی دیگری برای زغال سنگ آن چنان زمان‌بر خواهد بود که عملاً تا چندین دهه آینده گازهای گلخانه‌ای افزایش خواهند داشت و شرایط زیست‌محیطی

## بیش از پیش رو به خامت خواهد گذاشت. افزایش طول عمر و بهبود عملکرد پیل‌های سوختی

تاثیر انجام برخی عملیات سطحی در کندسازی افول عملکرد کاتالیست پیل سوختی دیوید چاندلر -دانشگاه ام‌آی‌تی، تیر ماه ۱۳۹۵ محققین موسسه فناوری ماساچوست (ام‌آی‌تی) شیوه نوینی را برای عملیات سطحی بر روی اکسیدهای پروسکایت یافته‌اند تا بدان وسیله کیفیت و مدت عملکرد الکترودهای پیل سوختی را بهبود بخشند.

این مواد گزینه‌های امیدبخشی برای استفاده در الکترودهای به‌کاررفته در پیل‌های سوختی و البته معکوس آنها، دستگاه‌های الکترولیز می‌باشند. این شیوه خواهد توانست یکی از مهم‌ترین و چالش برانگیز ترین مسائل پیش روی طرفداران پیل‌های سوختی را در مسیر مبدل شدن به جایگزینی مناسب برای باتری، حل نماید. به طور قطع پیل سوختی می‌تواند یکی از امیدهای اول ما در بین انرژی‌های نو باشد.

خانم دکتر بیلگه یلدیز ، دانشیار ترک‌تبار دانشکده مهندسی مواد و مهندسی هسته‌ای دانشگاه ام‌آی‌تی، نیکولای تزوکتوف دانشجوی پسادکتر و چیانگ لو، لیشین سون و اتان کراملین دانشجویان فوق لیسانس دانشگاه برکلی در تیر ماه سال جاری نیل به چنین موفقیتی را در منتشر نمودند. پروسکایت‌ها امروزه به زمینه گسترده‌ای برای پژوهش بدل شده‌اند، و حوزه کاربرد آن‌ها پیل‌های سوختی، تراشه‌های حافظه کامپیوتر و حتی شیوه‌های تولید انرژی از جریان آب را در برمی‌گیرد. پروسکایت‌ها طیف وسیعی از اکسیدها هستند که هم‌اکنون بسیاری از پژوهشگران در حال کار بر روی ویژگی‌ها و ترکیبات بدست آمده از آنها هستند، اما عدم پایداری ترکیب شیمیایی سطح پروسکایت در طول زمان یکی از بزرگ‌ترین محدودیت‌هایی است که دست پژوهشگران را در استفاده از این مواد بسته است.

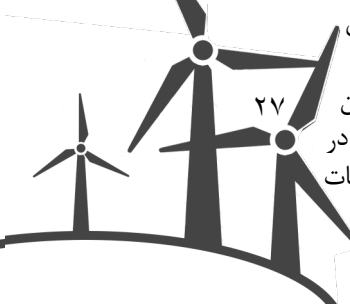
سطح این مواد در تماس با آب و گازهایی همچون اکسیژن و دی‌اکسیدکربن در دماهای بالا (که در اکثر مواقع نیز چنین شرایطی برقرار است) دچار تجزیه شیمیایی و جدایش فازی می‌گردد.

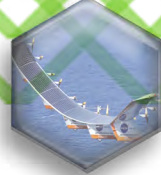
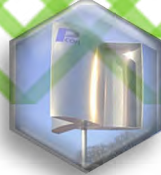
دکتر یلدیز می‌افزاید: ما در طی سالیان گذشته متوجه شدیم که سطح پروسکایت‌ها پس از مدتی با اکسید استرانسیوم پوشانده می‌شود، و تشکیل این لایه مزاحم مانع از آن می‌شود که اکسیژن با پروسکایت واکنش دهد. تشکیل چنین لایه‌ای بر سطح الکترودها تنها عمر پیل سوختی را کاهش می‌دهد، بلکه حتی نرخ واکنش شیمیایی را تا مرتبه بزرگی کاهش می‌دهد!

یلدیز و همکارانش بعد ها کلید حل این مشکل را در افزایش حفره‌هایی دیدند که می‌تواند توسط اکسیژن پر شود، زیرا که حذف عوامل رقیب اکسیژن در این واکنش‌ها عملاً ناممکن می‌نماید.

این حفره‌ها درواقع نقص‌های شبکه بلوری هستند .

یکی از نزدیک ترین راه حل‌ها به ذهن این است که از برخی مواد اکسیدشونده قوی در سطح ماده استفاده شود تا زودتر از ترکیبات





بسیار اندک است و اساساً تأثیری بر ماهیت توده ماده الکترود نخواهد داشت. این لایه ی هافنیوم تنها ضخامتی به اندازه ی یک اتم را از الکترود خواهد پوشاند.

نامطلوب که لایه ای عایق را بوجود می آورند، حفره ها را پر کنند.

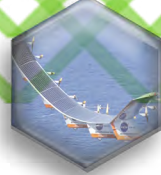
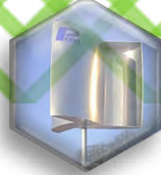
پس از مدت ها پژوهش بر روی عناصر گوناگون تیم تحقیقاتی دریافتند که بهترین کارکرد متعلق به هافنیوم است، عنصری که با استفاده از آن می توان تا سی برابر سرعت تشکیل لایه ی مزاحم را کندتر کرد. استفاده از هافنیوم در چنین زمینه ای ایده ای کاملاً خلاقانه و نو است. آن طور که یلدیز معتقد است، هیچ عنصری همانند هافنیوم توانایی برقراری تعادلی مناسب بین پایداری شیمیایی سطح و باقی گذاشتن ماکسیمم تعداد حفره ها را دارا نبود. میزان هافنیوم افزوده





# انرژی زمین گرمایی





# GEO THERMAL

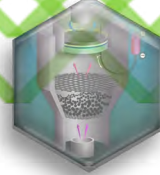
## انرژی زمین گرمایی

در ایران از سال ۱۳۵۴ مطالعات گسترده‌ای به منظور شناسایی پتانسیل‌های منبع انرژی زمین گرمایی توسط وزارت نیرو با همکاری مهندسی مشاور ایتالیایی ENEL در نواحی شمال و شمال غرب ایران در محدوده‌ای به وسعت ۲۶۰ هزار کیلومترمربع آغاز گردید. نتیجه این تحقیقات مشخص نمود که مناطق سبلان، دماوند، خوی، ماکو و سهند با مساحتی بالغ بر ۳۱ هزار کیلومترمربع جهت انجام مطالعات تکمیلی و بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی مناسب می‌باشند. در همین راستا برنامه اکتشاف، مشتمل بر بررسی‌های زمین‌شناسی، ژئوفیزیک و ژئوشیمیایی برنامه‌ریزی شد. در سال ۱۳۶۱ با پایان یافتن مطالعات اکتشاف مقدماتی در هر یک از مناطق ذکر شده، نواحی مستعد با دقت بیشتری شناسایی شده و در نتیجه در منطقه سبلان: نواحی مشکین‌شهر، سرعین، در منطقه دماوند ناحیه: نونال، در منطقه ماکو- خوی نواحی: سیاه چشمه و قطور و در منطقه سهند پنج ناحیه کوچک‌تر جهت تمرکز فعالیت‌های فاز اکتشاف تکمیلی انتخاب شدند. پس از یک وقفه نسبتاً طولانی و با هدف فعال نمودن مجدد طرح، گزارش‌های موجود مجدداً در سال ۱۳۶۹ توسط کارشناسان UNDP بازنگری شده و منطقه زمین گرمایی مشکین‌شهر به‌عنوان اولین اولویت جهت ادامه مطالعات اکتشافی معرفی شد. پیرو مطالعات ذکر شده پروژه انجام حفاری‌های اکتشافی، تزریقی، توصیفی به‌منظور شناسایی بیشتر پتانسیل در منطقه سرعین مشکین‌شهر در سال ۱۳۸۱ تعریف گردید که عملیات حفر اولین چاه زمین گرمایی نیز در همان سال آغاز گردید. فاز اول این پروژه در سال ۱۳۸۳ اتمام یافت که در مجموع سه حلقه چاه اکتشافی و دو حلقه چاه تزریقی در این مرحله حفر گردید و تست دو حلقه از سه حلقه چاه اکتشافی با موفقیت انجام گرفت که مهم‌ترین دستاورد این فاز از پروژه کسب دانش فنی مربوط به حفر چاه‌های زمین گرمایی بود. فاز دوم این پروژه در سال ۱۳۸۴ آغاز گردید. در پروژه توسعه میدان زمین گرمایی و ساخت نیروگاه مشکین‌شهر مراحل حفاری چاه‌ها، بهره‌برداری از چاه‌ها در

انرژی زمین گرمایی (ژئوترمال) چیست؟  
اصطلاح زمین گرمایی ترجمه واژه Geothermal است که ریشه یونانی داشته و از کلمات Geo به معنای زمین و Therme به معنی حرارت تشکیل شده است. انرژی زمین گرمایی، انرژی موجود در عمق زمین است که از انرژی خورشیدی که در طول هزاران سال در داخل زمین ذخیره شده و همچنین فروپاشی یا زوال ایزوتوپ‌های اورانیوم رادیواکتیویته، توریم و پتاسیم در طی سالیان دراز در عمق زمین نشأت گرفته است که عمدتاً در نواحی زلزله‌خیز و آتشفشانی جوان و صفحات تکتونیک زمین متمرکز شده است. زمین منبع عظیمی از انرژی است به طوری که حرارت در هسته آن بیش از ۵۰۰۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسد حرارت زمین به طرق مختلف از جمله فوران آتشفشان - چشمه‌های آبگرم - آبفشان‌ها - گل‌افشان‌ها در اثر کاهش چگالی زمین و خاصیت رسانایی از بخش‌هایی از زمین به سطح آن هدایت می‌شوند. درجه حرارت زمین با توجه به عمق آن به صورت غیرخطی زیاد می‌شود. (با تقریب خطی هر ۱۰۰ متر ۳ درجه سانتی‌گراد) انرژی حرارتی ذخیره شده در ۱۱ کیلومتر فوقانی پوسته زمین معادل پنجاه‌هزار برابر کل انرژی به‌دست‌آمده از منابع نفت و گاز شناخته شده امروز جهان است. انرژی زمین گرمایی برخلاف سایر انرژی‌های تجدید پذیر محدود به فصل، زمان و شرایط خاصی نبوده بدون وقفه قابل بهره‌برداری است. همچنین قیمت تمام‌شده برق در نیروگاه‌های زمین گرمایی با برق تولیدی از سایر نیروگاه‌های متعارف (فسیلی) قابل رقابت بوده و حتی از انواع دیگر انرژی‌های نو به مراتب ارزان‌تر است.

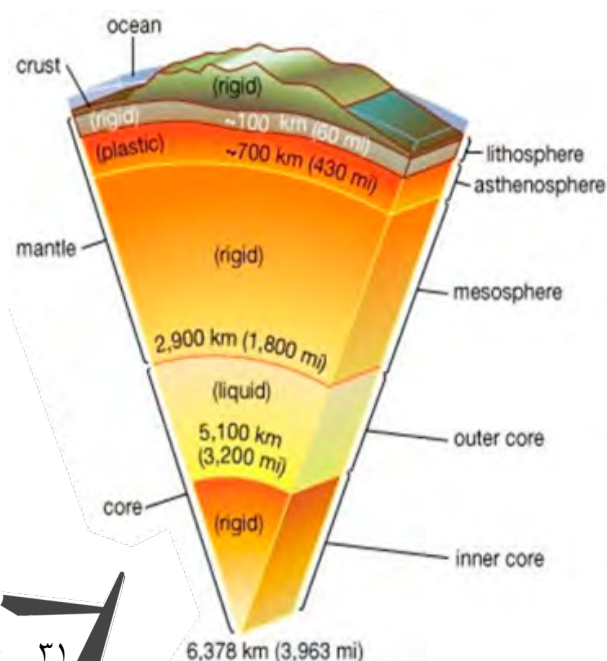
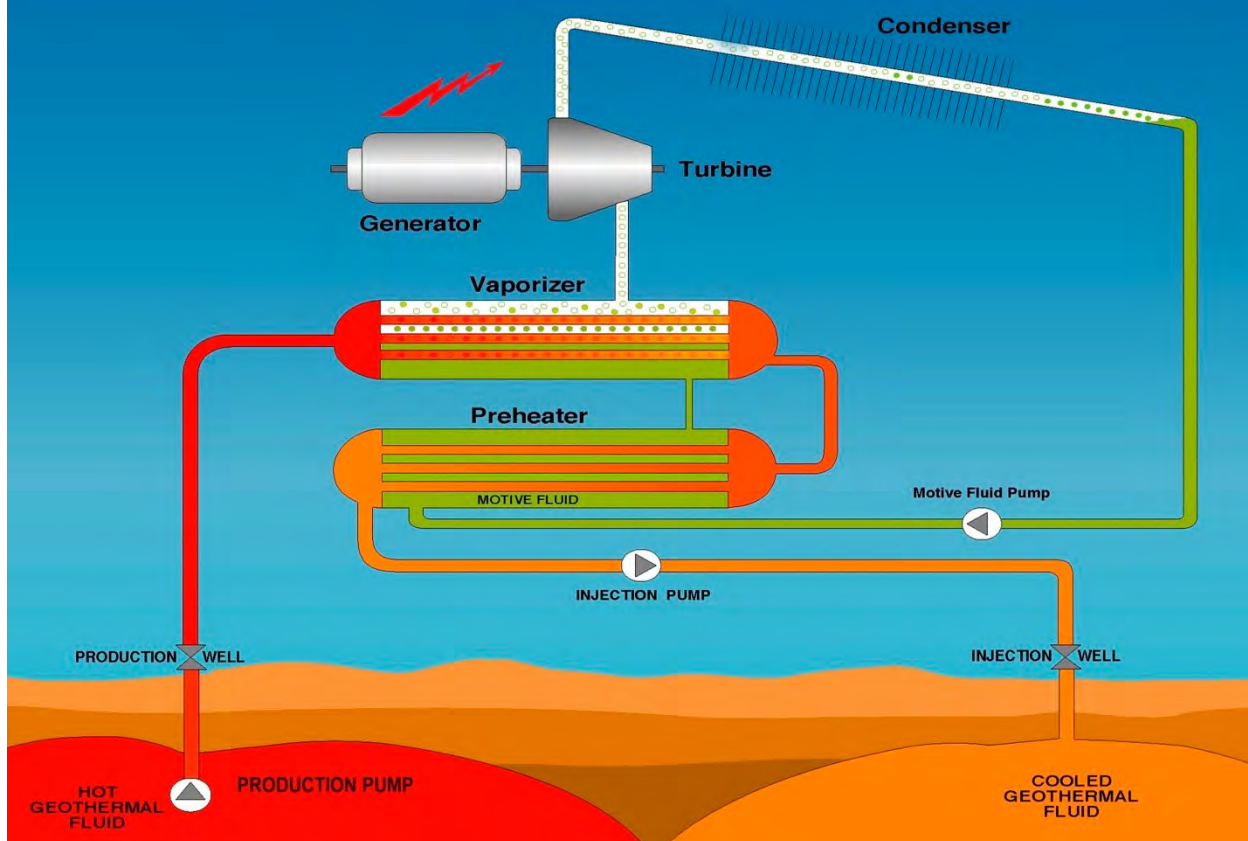
تاریخچه انرژی زمین گرمایی در ایران :





دوره تست، ساخت دستگاه‌های مربوط به تست در کشور کاملاً بومی شده و توسط متخصصان داخلی به انجام رسیده است؛ همچنین در زمینه استفاده از پمپ‌های حرارتی زمین‌گرمایی تاکنون فناوری نصب کویل‌های زمینی به صورت کامل و

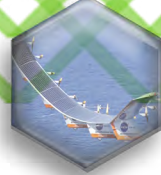
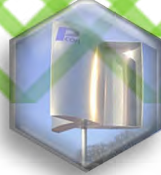
## Air-Cooled Binary Geothermal Power Plant



منابع زمین‌گرمایی :

۱. منابع آب داغ (سیستم‌های هیدروترمال)
  - الف- دسته اول: مخازن دمابالا با دمای بالاتر از ۱۵۰ درجه که مناسب برای تولید برق با فن‌های معمولی
  - ب- دسته دوم: مخازن با دمای بین ۱۰۰ الی ۱۵۰ درجه که مناسب برای تولید برق با تکنیک‌های پیشرفته‌تر باینری
  - ج- دسته سوم: مخازن دما پائین با دمای کمتر از ۱۰۰ درجه و مناسب برای کاربردهای مستقیم
۲. منابع بخار خشک.
۳. منابع تحت فشار.
۴. تخته‌سنگ‌های خشک داغ.
۵. مواد مذاب.





## کاربردهای انرژی زمین گرمایی :

کاربردهای انرژی زمین گرمایی در حالت کلی به دو گروه کاربردهای مستقیم و کاربردهای غیرمستقیم تقسیم بندی می شود .

انواع فتاوری های نیروگاهی زمین گرمایی (کاربردهای غیرمستقیم):

- سیکل بخار خشک
- بخار لحظه ای
- تک مرحله ای
- با کندانسور
- بدون کندانسور
- دو مرحله ای
- سیکل باینری

یک محقق ایسلندی به نام لیندال به منظور نشان دادن موارد کاربرد انرژی زمین گرمایی، نموداری تهیه کرده است که در آن موارد مختلف کاربرد سیال زمین گرمایی بر حسب درجه حرارت آن ارائه شده است. همان گونه که در نمودار لیندال مشخص شده است، موارد بهره برداری مستقیم از انرژی زمین گرمایی را می توان به ۶ رده کلی زیر تقسیم بندی کرد:

- ۱) گرمایش ساختمان ها
- ۲) کشاورزی
- ۳) دام پروری
- ۴) کاربردهای صنعتی
- ۵) درمان بیماری ها
- ۶) سایر

## پمپ حرارتی زمین گرمایی :

اگر منحنی تغییرات دمای هوا و دمای زمین در اعماق را در طول یک سال رسم نماییم مشاهده می شود که هر چه به عمق زمین برویم، میزان تغییرات دمای زمین در طول سال دارای تغییرات کمتری خواهد بود. به طوری که از حدود عمق ۳ الی ۴ متری از سطح زمین تغییرات دما و نوسانات آن در طول یک سال بسیار ناچیز است. این در حالی است که میزان تغییرات دمای هوا دارای نوسانات بسیار زیادی است. این امر بدین معنی است که زمین منبع خوبی برای تأمین گرمایش در ماه های سرد سال است و می توان از حرارت زمین برای تأمین گرمایش ساختمان ها استفاده نمود و همچنین از آن می توان برای تأمین سرمایش در ماه های سرد سال استفاده بهینه نمود. تکنولوژی پمپ های حرارتی بر این اصل استوار است که در عمق ۲ تا ۳ متری زمین، درجه دما ثابت بوده و در زمستان گرم تر از هوای بیرون و در تابستان سردتر از هوای محیط است. سیستم های سرمایش و گرمایش ژئوترمال که با نام های دیگری هم مانند پمپ های حرارتی با منبع زمین (GSHP) سیستم های مبدل زمین گرمایی (GeoExchange) و یا سیستم های انرژی زمینی (EES) شناخته می شوند، شامل پمپ های حرارتی هستند که با استفاده از انرژی برق، گرما را از زیر زمین جمع آوری و توسط سیالی که از لوله های کار گذاشته شده می گذرد به واحد نصب شده در داخل ساختمان منتقل می کنند. این واحد

گرمای سیال درون لوله ها را جذب کرده و با استفاده از قوانین متراکم سازی (compression) حرارت را تشدید و افزایش داده و به دمای مطلوب جهت گرمایش ساختمان می رساند. گرمای حاصل از پمپ های حرارتی به واسطه احتراق ایجاد نشده و فقط گرما را از محلی به محل دیگر منتقل می کنند. همچنین به طور معکوس در تابستان هوای گرم داخل ساختمان از طریق یک مکنده وارد دستگاه شده و پس از سرد شدن مجدداً به داخل اتاق دمیده می شود. در داخل دستگاه حرارت به مبرد منتقل شده و پس از عبور مبرد از سیکل مربوطه، حرارت موجود در آن توسط یک مبدل دو لوله ای به آب داخل کویل زمینی که داخل لوله های پلی اتیلنی نصب شده در داخل زمین منتقل می شود. سیکل کاری این سیستم کاملاً مانند یخچال بوده و فقط به جای انتقال گرمای درون یخچال به اطراف یخچال، گرمای درون ساختمان را به زمین منتقل می کند. راندمان انرژی این سیستم ها ۳۰ تا ۴۰ درصد بوده (در مقایسه با مدرن ترین سیستم های گازی با ۹۸ درصد راندمان) و به ازای هر ۱ دلار برق مصرفی در این سیستم، ۳ تا ۴ دلار صرفه جویی مصرف داریم. در واقع یک سیستم منفرد، کار دو سیستم گرمایش و سرمایش را انجام می دهد. استفاده از این سیستم ها تا ۶۶ درصد انتشار گازهای گلخانه ای را کاهش داده و ۷۵ درصد کمتر از سیستم های گرمایش و سرمایش سنتی، الکتریسیته مصرف می کنند.

## فواید زیست محیطی :

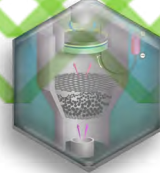
از مهم ترین مزایای استفاده از پمپ های حرارتی زمین گرمایی می توان به کاهش اثرات مخرب محیط زیستی آن اشاره نمود. با توجه به اینکه استفاده از سیستم هایی که از سوخت های فسیلی مانند گاز طبیعی جهت تأمین گرمایش محیط استفاده می کنند، یکی از عوامل اصلی تولید آلاینده های محیط زیستی می باشند، جایگزین نمودن انواع انرژی های نو بجای سیستم های با مصرف سوخت فسیلی، می تواند به میزان قابل توجهی از انتشار گازهای گلخانه ای و آلاینده های محیط زیستی جلوگیری نماید.

## مکان های مناسب برای بهره برداری از انرژی زمین گرمایی :

مناطق دارای چشمه های آب گرم و آبفشان ها، اولین مناطقی هستند که در آن ها انرژی زمین گرمایی مورد بهره برداری قرار گرفته و توسعه یافته است. در حال حاضر،







تقریباً تمام نیروی الکتریسیته حاصل از انرژی زمین گرمایی از چنین مکان‌هایی به دست می‌آید. در بعضی از مناطق، تزریق ماگما به درون پوسته زمین، به اندازه‌ی کافی جدید و هنوز خیلی داغ است. در این نواحی، درجه حرارت سنگ ممکن است به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد برسد و مقادیر عظیمی انرژی گرمایی فراهم کند. بنابراین، انرژی زمین گرمایی در مکان‌هایی که فرایندهای زمین‌شناسی اجازه داده‌اند ماگما تا نزدیکی سطح زمین بالا بیاید، یا به صورت گدازه جریان یابد، می‌تواند تشکیل شود. ماگما نیز در سه منطقه می‌تواند به سطح زمین نزدیک شود:

- ۱- محل برخورد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (فرورانش)؛ مثلاً حلقه‌ی آتش دور اقیانوس آرام.
- ۲- مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره‌ای از هم دور می‌شوند، نظیر ایسلند و دره‌ی کافتی آفریقا
- ۳- نقاط داغ زمین؛ نقاطی که ماگما را پیوسته از جبهه به طرف سطح زمین می‌فرستند و ردیفی از آتش‌فشان را تشکیل می‌دهند.

### سه نوع نیروگاه زمین گرمایی برای تولید برق وجود دارد:

- ۱- نیروگاه خشک: این نیروگاه روی مخازن ژئوترمالی که بخار خشک با آب خیلی کم تولید می‌کنند، ساخته می‌شوند. در این روش، بخار از طریق لوله به طرف نیروگاه

هدایت می‌شود و نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می‌کند. این گونه مخازن با بخار خشک کمیاب است. بزرگ‌ترین میدان بخار خشک در دنیا، آب گرم جیزرز در ۹۰ مایلی شمال کالیفرنیاست که تولید الکتریسیته در آن، از سال ۱۹۶۲ شروع شده است و امروزه به‌عنوان یکی از موفق‌ترین پروژه‌های تولید انرژی جایگزین محسوب می‌شود.

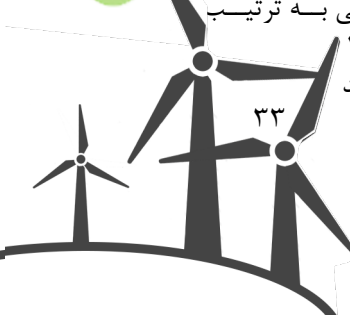
- ۲- نیروگاه بخار حاصل از آب داغ: این نوع نیروگاه روی مخازن دارای آب داغ احداث می‌شود. در این مخازن با حفر چاه، آب داغ به سطح می‌آید و به دلیل آزاد شدن از فشار مخازن، بخشی از آن به بخار تبدیل می‌شود. این بخار برای چرخاندن توربین به کار می‌رود. چنین نیروگاه‌هایی عمومیت

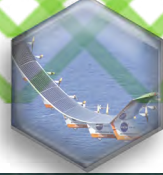
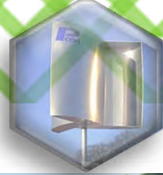


بیشتری دارند، زیرا بیشتر مخازن زمین گرمایی حاوی آب داغ هستند. فناوری مزبور برای اولین بار در نیوزیلند به کار گرفته شد.

- ۳- نیروگاه ترکیبی (بخار و آب داغ): در این سیستم، آب گرم از میان یک مبدل گرمایی می‌گذرد و گرما را به یک مایع دیگر می‌دهد که نسبت به آب در درجه حرارت پائین تری می‌جوشد. مایع دوم در نتیجه‌ی گرم شدن به بخار تبدیل می‌شود و پره‌های توربین را می‌چرخاند. سپس متراکم می‌شود و مایع حاصله دوباره مورد استفاده قرار می‌گیرد. آب زمین گرمایی نیز دوباره به درون مخازن تزریق می‌شود. این روش برای استفاده از مخازنی که به اندازه‌ی کافی گرم

نیستند که بخار با فشار تولید کنند، به کار می‌رود. میزان دی‌اکسید گوگرد تولید شده در نیروگاه‌های زمین گرمایی حدود ۸ درصد مقدار تولید شده در نیروگاه‌های فسیلی است. در خصوص دی‌اکسید کربن نیز نیروگاه‌های زمین گرمایی در وضعیت بسیار مناسب‌تری نسبت به نیروگاه‌های فسیلی قرار دارند. بدین معنی که مقدار گاز CO<sub>2</sub> تولید شده در نیروگاه‌های زمین گرمایی به ترتیب معادل ۱۵ درصد نیروگاه‌های گازسوز، ۱۰ درصد نیروگاه‌های نفت‌سوز و ۸ درصد نیروگاه‌های زغال‌سنگ سوز است.

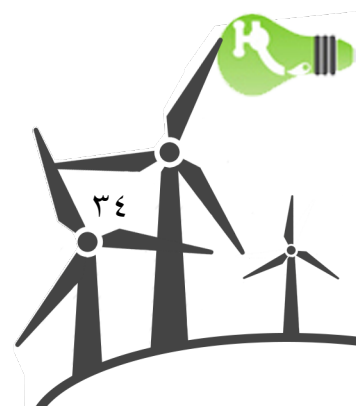
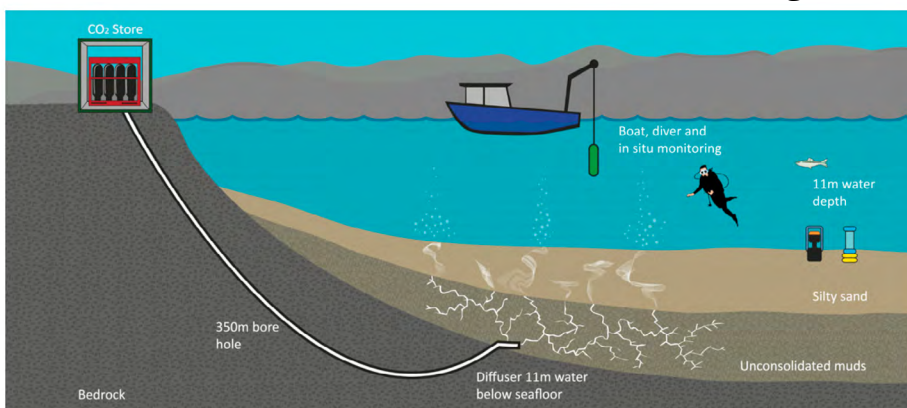




فناوری جدید انرژی زمین گرمایی میتواند ده برابر برق بیشتر، با استفاده از  $CO_2$  حاصل از نیروگاه‌های سوخت فسیلی تولید کند.

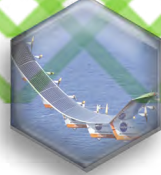
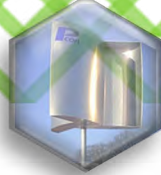
تکنولوژی استفاده از  $CO_2$  به جای آب یا به اختصار CPG، میتواند انقلابی در استفاده از این منبع انرژی بوجود آورد. مزایای استفاده از CPG عبارتند از جداسازی کربن دی اکسید، امکان استفاده از انرژی زمین گرمایی در مکانهایی که پیش از این استفاده از انرژی ژئوترمال در آنها مقرون به صرفه نبود و ذخیره ی بخشی از انرژی حاصل از نیروگاه های بادی و خورشیدی. این تکنولوژی ضمن تولید ده برابر برقی که با شیوه کهنه زمین گرمایی میتوان تولید کرد، میزان  $CO_2$  ورودی به اتمسفر از نیروگاه های فسیلی را هم کاهش میدهد.  $CO_2$  تولیدی حاصل از احتراق سوخت های فسیلی جمع آوری میشوند و به منظور سهولت در نگه داری تحت فشار زیاد به حالت مایع در می آیند و به اعماق زمین و لای سنگ های متخلخل می روند. سرعت نفوذ کربن دی اکسید در منافذ سنگ های متخلخل از آب بیشتر است و انرژی را راحت تر جذب میکند. بعلاوه انبساط  $CO_2$  از انبساط آب بیشتر است و این یعنی اختلاف فشار بین

$CO_2$  ورودی و  $CO_2$  گرم شده بیشتر از حالت مشابه با آب است. مقدار انرژی قابل حصول از یک چرخه به همین اختلاف فشار بستگی دارد و همین امر باعث افزایش قابل توجه ضریب کارایی CPG نسبت به مدل کلاسیک دارد. انبساط  $CO_2$  آنقدر زیاد است که این گرادیان فشار به تنهایی میتواند  $CO_2$  را به سطح زمین بازگرداند. در مورد خطر ورود این کربن دی اکسید به دریا ها و دریاچه ها و تحت تاثیر قرار دادن اکوسیستم آن ها تحقیقات زیادی صورت گرفته است. طبیعتا نمیتوان از این اتفاق به طور کامل جلوگیری کرد و مشاهدات نشان دادند به محض تزریق کربن دی اکسید به اعماق، بخشی از آن به شکل حباب های گاز وارد دریا شد. دیده شد که حجم نه چندان زیادی از کربن دی اکسید به کف دریا رسید؛ بعلاوه حوزه ای که تحت تاثیر این فرایند قرار گرفت مساحت محدودی از کف دریاچه را تشکیل میداد و این که با پایان آزمایش ظرف مدت محدودی اکوسیستم به حالت طبیعی باز میگشت.



# پلو میں چیسنہ





# BIOMASS

## بیومس چیست؟



### بیومس چیست؟

بیومس به‌طور عمومی، به هر ماده‌ای گفته می‌شود که به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از گیاه حاصل شود. منظور از عبارت غیرمستقیم، مواد به‌دست‌آمده از دامداری یا صنعت غذایی است.

نام دیگر Biomass، «Phytomass» است و معمولاً به آن، Bioresource یا bio-derived-resource نیز می‌گویند. دامنه بیومس شامل هزاران گونه گیاهی، خاکی، آبی و انواع پسماندهای کشاورزی، جنگلداری و صنعتی و همچنین فضلاب‌ها و کودهای حیوانی است.

به دلیل افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی در سال‌های اخیر بسیاری از کشورهای جهان به انرژی‌های تجدیدپذیر متمایل شده‌اند؛ که از این میان بیومس به دلیل داشتن net CO<sub>2</sub> صفر (عدم تولید اضافه گازهای گلخانه‌ای) مورد مناسبی است.

### نحوه استفاده از بیومس

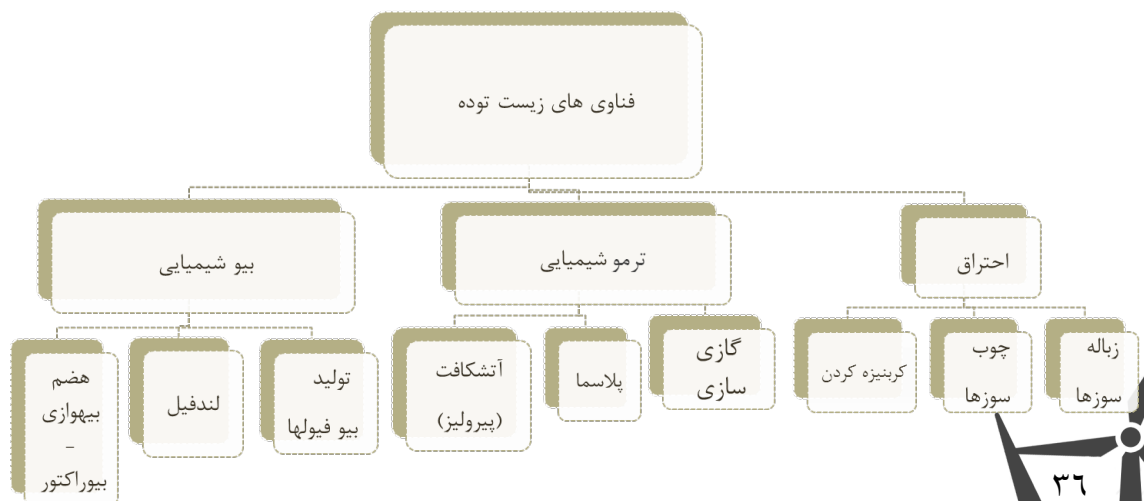
برای بکار گرفتن بیومس یک ماده‌ی بیومس خام با در نظر گرفتن هدف از استفاده، میزان تقاضا و موجودیت آن ماده، انتخاب می‌شود و سپس آن ماده خام به مواد جدید یا انرژی تبدیل می‌شود.

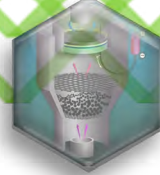
بیومس به‌عنوان یک BioResource معمولاً شامل گیاهان و باقیمانده (مواد حاصل از آنها) و همچنین حیوانات و میکروارگانیسمها است.

دو نوع بیومس می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۱. بیومس دست‌نخورده (که به‌صورت مستقیم از فضای سبز حاصل می‌شود)
۲. بیومس حاصل از اتلافات و باقی‌مانده مواد در صنعت‌های دیگر

تقسیم‌بندی کلی‌تر از بیومس را می‌توان در شکل دید:





تولید می‌کند.

۲. ایجاد شغل و درآمد با به وجود آمدن صنایع جدید
۳. استفاده از مواد خام محلی برای تولید محصول و انرژی
۴. تأمین امنیت انرژی یک منطقه با کاهش وابستگی به واردات

با این حال اهمیت این فواید به خاطر هزینه، کمتر در نظر گرفته می‌شود ولی در صورت در نظر گرفتن آن‌ها بیومس قابل رقابت با سوخت‌های فسیلی است.

#### ترکیبات بیومس:

خود موضوع بیومس بسیار گسترده است. ترکیبات آن نیز گسترده است. ترکیبات اصلی آن عبارت‌اند از: سلولز، همی سلولز، لیگنین، نشاسته، پروتئین. درختان معمولاً شامل سلولز، همی سلولز و نشاسته می‌باشند.

بیومس‌های مختلف ترکیبات مختلفی دارند؛ این ترکیبات مختلف باعث تفاوت واکنش‌پذیری مواد مختلف بیومس شود. از دیدگاه انرژی بیومس لیگنوسلولز که بیومس‌های شامل سلولز و لیگنین به صورت اکثری می‌باشند (مانند درختان)؛ در مقدار انبوه وجود داشته و پتانسیل بالایی دارند.

#### سوزاندن هم‌زمان بیومس:

فناوری Co-firing در اصطلاح به معنای احتراق هم‌زمان دو نوع سوخت می‌باشد. در این فناوری منابع مختلف زیست توده مانند زائدات جنگلداری و کشاورزی، کود حیوانی، ضایعاتی چون خاک اره، پوست، ضایعات چوب و محصولات انرژی و یا سوخت‌های جامد و فشرده زیست‌توده مانند پلت‌ها با سوخت‌های فسیلی به طور مستقیم سوزانده می‌شود. باید توجه داشت که به هنگام ترکیب با سوخت‌های فسیلی میزان مشخصی از منابع زیست توده به کار برده شود چرا که درصد بالاتر این منابع سبب کاهش بازده و توان خروجی می‌شود.

کاهش در هزینه‌های مربوط به سرمایه‌گذاری و هزینه‌های تولیدی برق به خاطر اندازه بزرگ‌تر، راندمان بالا و عملکرد بهتر در مقایسه با نیروگاه‌های ذغال‌سنگ و نیز کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای سبب استقبال قابل توجه از این تکنولوژی گشته است. اگرچه معایبی چون عدم دسترسی محلی به مقادیر زیاد منابع بیومس، کیفیت پایین سوخت بیومس، هزینه جمع‌آوری منابع، حمل و نقل، آماده‌سازی، مشکلات ناشی از



خوردگی، مشکلات رسوب و دفع خاکستر را نیز باید در نظر داشت.

#### انواع فناوری‌های تکنولوژی Co-firing

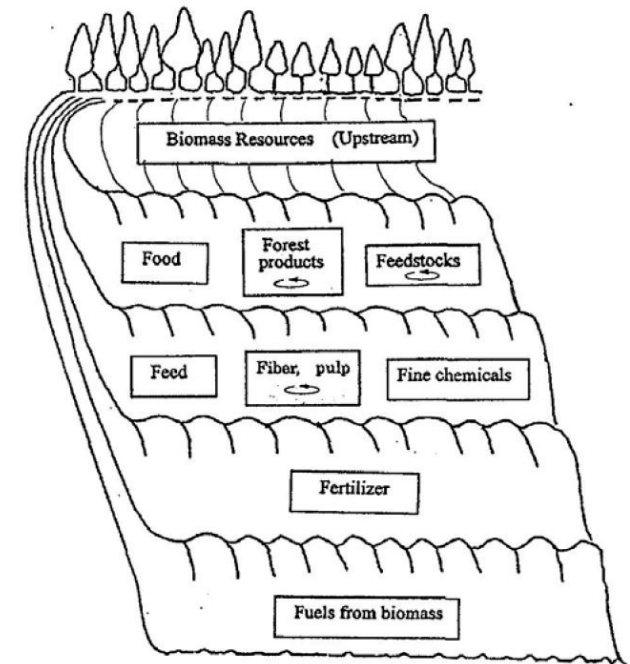
روش مستقیم:

در این روش که یکی از رایج‌ترین و ارزان‌ترین روش‌هاست سوخت‌های زیستی به طور هم‌زمان با ذغال سنگ و یا از قبل آسیاب شده و سپس وارد بویلر می‌گردد. شایان ذکر است که

حمل و نقل بیومس به خاطر بزرگی و کثیف بودنشان انجام نمی‌شود و منطقی است که از بیومس در محل تولید آن استفاده شود؛ ولی با تبدیل کردن بیومس به مواد قابل حمل (مانند سوخت مایع یا تکه‌های متراکم)، امکان انتقال آن به مناطق دور نیز وجود دارد.

از بیومس می‌توان برای تولید مواد دیگر و همچنین انرژی استفاده کرد. استفاده از بیومس به عنوان سوخت بیو در آخرین مرحله و با تجزیه شدن آن به کربن دی‌اکسید یا متان انجام می‌شود.

از بیومس می‌توان گام به گام با تنزل آن استفاده کرد:



#### تبدیل و استفاده از بیومس:

فناوری‌های زیادی برای تبدیل بیومس با مواد دیگر بر حسب نیاز وجود دارد.

به‌طور کلی سه نوع تبدیل وجود دارد:

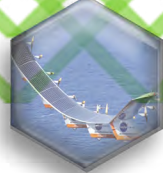
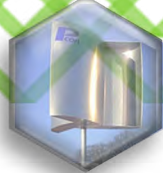
۱. تبدیل فیزیکی مانند آسیاب کردن، فشرده‌سازی و ...
۲. تبدیل شیمیایی شامل هیدرولیز، اکسید کردن جزئی، احتراق، کربونیزه کردن، سنتز، پلیمریزه کردن، هیدروژنیزه کردن برای ساختن مولکول‌های جدید یا بازسازی بیومس ...
۳. تبدیل بیولوژیکی که عموماً شامل پروسه‌های تخمیر است مانند تخمیر اتانول، تخمیر متان، تخمیر استون-بوتانول و ... حرارت حاصل از سوزاندن بیومس با استفاده از فرآیندهای خاصی مانند سیکل اتو، سیکل دیزل، سیکل رانکین، سیکل برایتون و ... به انرژی مکانیکی تبدیل شده و با استفاده از ژنراتور، انرژی مکانیکی حاصل به انرژی الکتریکی تبدیل می‌شود.

#### فواید استفاده از انرژی بیومس:

در نگاه اول انرژی بیومس از نظر هزینه با توجه به تکنولوژی‌های حال حاضر و بازار کشورهای توسعه‌یافته، قابل رقابت با سوخت‌های فسیلی نیست؛ ولی استفاده از بیومس برای تولید محصول و انرژی فواید زیادی به وجود می‌آورد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

۱. در مقایسه با سوخت‌های فسیلی گازهای گلخانه‌ای کمتر





باید توجه داشت که به منظور حذف ناخالصی ها پالایش و تصفیه گاز قبل از سوختن ضروری است. روش موازی:

در این روش برای زیست توده از یک بویلر جداگانه استفاده می شود سپس بخار حاصل با بخار بویلر فسیلی مخلوط و در نیروگاه استفاده می گردد. در این شیوه می توان از کاغذ، خمیر کاغذ، پوست و ضایعات چوب بهره برد. تولید محصولات جانبی بیش تر از مزایای این شیوه است.

مشعل ها در این روش می توانند مشترک یا جداگانه باشند اما در صورت جداگانه بودن از انعطاف بیش تری با توجه به نوع و میزان زیست توده برخوردار خواهند بود. روش غیر مستقیم:

در این روش سوخت زیست توده جامد را قبل از سوزاندن در بویلر به همراه ذغال سنگ، به وسیله سیستم های گازی ساز به سوخت گاز تبدیل می نمایند. علی رغم هزینه بیش تر مورد نیاز به سبب تجهیزات اضافی اما در این روش امکان استفاده از سوخت های زیستی جامد با درصد و تنوع بیش تر وجود دارد.



تولیدی دارد.

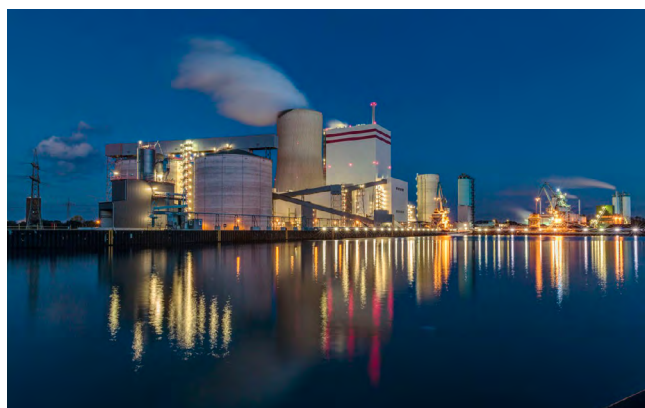
### انتشار گازهای گلخانه ای و فاکتور های زیست محیطی در نیروگاه های Co-firing

از آن جا که گاز کربن دی اکسید تولیدی طی فرایند سوختن مواد بیومس از لحاظ چرخه در طبیعت همان است که در فرایند رشد گیاه از محیط دریافت می کند، اثرات مخرب نیروگاه های Co-firing کم تر از نیروگاه های ذغال سنگ سوز خالص است. با کمک تکنولوژی های جذب و ذخیره سازی کربن (CCS) یا جداسازی کربن بیوژنیک جو، اثرات گازهای گلخانه ای در این تکنولوژی منفی می گردد.

با فرض تولید متوسط ۹۵Kg/GJ گاز گلخانه ای و با توجه به برنامه و سیاست های جدید IEA اگر ۱ تا ۱۰ درصد سوخت نیروگاه های ذغال سنگ فعلی تا سال ۲۰۳۵ با سوخت بیومس جایگزین شود، می توان از تولید سالانه ۴۵ تا ۴۵۰ میلیون تن گازهای گلخانه ای و دی اکسید کربن جلوگیری نمود البته این رقم با چشم پوشی از تولید گاز گلخانه ای توسط بیومس است. علاوه بر کاهش گاز های گلخانه ای در این تکنولوژی با کاهش قابل ملاحظه ی تولید دی اکسید سولفور مواجه هستیم. البته میزان کاهش این آلاینده بستگی به مواد خام اولیه، تکنولوژی نیروگاه و عملکرد آن دارد به طور مثال برخی از زائدات چوبی مانند مبلمان و موارد مشابه به سبب وجود مواد شیمیایی خاص و مواد نگهدارنده و چسب میزان تولید گازهای سمی بیش تر و نیاز به تصفیه و فیلتر نمودن بیش تر گاز

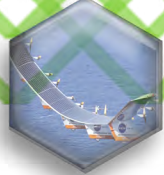
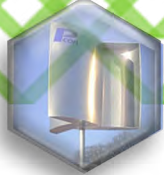
### بازدهی و بهره وری نیروگاه های Co-firing

بسته به نوع فناوری نیروگاه، سایز و خواص مواد اولیه مورد استفاده به عنوان سوخت، بازده این نیروگاه ها بین ۳۵ تا ۴۵ متغیر است. در صورت کلی به سبب اتلاف سیستم های گازی و بویلر ها در روش غیر مستقیم و موازی بازده روش مستقیم دودرصد بیش تر از دو روش فوق است. شایان ذکر است که با افزایش مقیاس نیروگاه راندمان نیروگاه افزایش می یابد.



# تخلیبن اقتصادی





# ECONOMIC ANALYSIS

## تحلیل اقتصادی

حاصل مناقصه‌های بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۱ (انرژی برق آبی، بادی و بیومس) بیش از ۱۰ گیگاوات توان الکتریکی از انرژی‌های تجدیدپذیر بود در کنار ۲۸۸۹ مگاواتی که بین ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۸ وجود داشت (که آن‌هم عموماً از راه انرژی بادی بود). تصویر زیر میزان رشد استفاده از انرژی بادی از زمان اجرای طرح تشویقی انرژی‌های نو در برزیل (۲۰۰۲) تا سال ۲۰۱۱ و کاهش هزینه‌های این تکنولوژی تا یک‌سوم را نشان می‌دهد.

انرژی‌های نو در برزیل مناقصه‌ها در برزیل، موفقیت چشمگیری در فراگیر ساختن انرژی‌های تجدیدپذیر داشته‌اند. صنعت انرژی‌های نو کاهش هزینه‌های چشمگیری بخصوص در زمینه انرژی بادی داشته است. دو مورد از درس‌های کلیدی‌ای که می‌توانیم از مناقصه‌ها در برزیل بگیریم در زیر خلاصه شده است. از زمان شروع مناقصه‌ها: ظرفیت بیشتر و هزینه‌های کمتر در رابطه با انرژی‌های نو

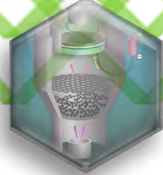


تاخیرهای چندباره در اولین مناقصه انرژی بادی به خاطر برآوردن این شرط بود: صرف کردن ۶۰ درصد هزینه‌ها به شکل داخلی. از ۷۱ پروژه بادی در ۲۰۰۹، ۵۱ تاکنون به دلیل سختی‌های سرمایه‌گذاری یا مشکلات گرفتن مجوزهای محیطی به تأخیر افتادند؛ اما ورود سرمایه‌گذاران خارجی مانند General Electric، Alston، Vestas، Siemens و Gamesa به بازار برزیل نشان می‌دهد که طرح برگزاری مناقصه‌ها به پیشبرد داخلی این صنعت کمک شایانی کرده است.

طرح تشویقی انرژی‌های نو و مناقصه‌ها در رشد و استقرار RE در برزیل موفق بود اما مدیران این صنعت را با چالش‌هایی جدی روبرو ساخت از جمله: تعیین قوانین زیست‌محیطی، تقسیم بودجه به بهترین نحو بین صورت‌های مختلف RE و مهم‌تر از همه برآوردن شرط استفاده‌ی ۶۰ درصدی از تجهیزات و تکنولوژی داخلی در صنعت نوپایی همچون انرژی بادی. قانون ۶۰ درصد تولید داخل به پیشبرد صنعت بادی محلی کمک می‌کند.







# بررسی وضعیت اقتصادی انرژی‌های نو در ایران

منجر به سرمایه‌گذاری عظیم در صنایع نفت و گاز، کشتیرانی، معدن، انرژی‌های نو و حمل‌ونقل شود.

## قانون حفاظت و ارتقاء سرمایه‌گذاری خارجی

مهم‌ترین قانون در حال اجرا در زمینه سرمایه‌گذاری خارجی در ایران FIPPA است. این قانون به سرمایه‌گذاران خارجی حقوق، تسهیلات و حمایت‌هایی مساوی با سرمایه‌گذاران داخلی می‌دهد. از جمله جواز سرمایه‌گذاری در تمامی زمینه‌هایی که بخش خصوصی در ایران در آن‌ها فعالیت دارد و همین‌طور اجازه واگذاری تمام یا بخشی از سرمایه خارجی به سرمایه‌گذار داخلی. سرمایه‌گذاری خارجی مورد سلب مالکیت و ملی شدن قرار نخواهد گرفت مگر برای منافع عمومی، آن‌هم به شکلی غیر تبعیض‌آمیز و با پرداخت مناسب غرامت بلافاصله پس از سلب مالکیت.

## تضمین خرید توان به مدت بیست سال از سوی دولت

برای افزایش انگیزه سرمایه‌گذاری در زمینه انرژی‌های نو در سال ۲۰۱۵ قانون تضمین خرید توان دولت تغییر کرد. پیش از این مدت‌زمان قراردادهای خرید توان تنها پنج‌ساله آن‌هم با تعرفه‌ای یکسان برای تمامی اشکال تکنولوژی بود. قانون جدید مدت تضمینی خرید توان را تا ۲۰ سال افزایش داده است.

در زیر تعرفه‌های انواع مختلف نیروگاه‌ها در سال ۱۳۹۴ به ریال و یورو آورده شده است.

پیشبرد سرمایه‌گذاری خارجی در ایران تصویب برجام بین ایران و ۱+۵، پس از سال‌ها تحریم راه را برای افزایش سرمایه‌گذاری خارجی در ایران باز کرده است. ایران نیز در این مدت گام‌های مهمی جهت حمایت از این امر برداشته است.

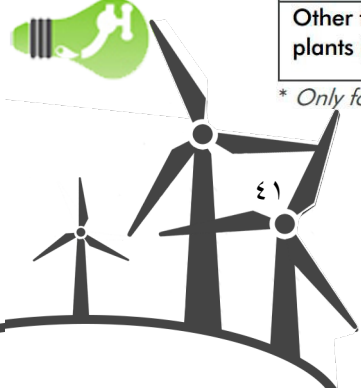
با جمعیتی در حدود ۷۸ میلیون نفر که ۵۰ درصدشان زیر ۳۰ سال هستند، همچنین شاخص GDP (تولید ناخالص داخلی) ۴۱۵ میلیارد دلار، ایران دومین اقتصاد منطقه و دومین کشور از نظر جمعیت در منطقه (پس از پاکستان) است. ایران

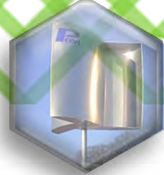
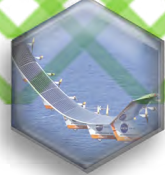


هم‌چنین دومین کشور حاوی گاز طبیعی و چهارمین کشور تولیدکننده نفت خام در جهان است. ایران هم‌چنین بهره‌مند از DNI ای سالانه به‌طور میانگین چیزی در حدود ۲۱۰۰ kWh/m<sup>2</sup> با سالانه ۳۰۰ روز آفتابی و نقاط بسیار بادخیزی همچون نواحی کوهستانی البرز، نزدیکی دریای خزر و دریای عمان است. انتظار می‌رود کاهش تحریم‌ها

POWER PLANT TYPE		FEED-IN TARIFF (IRANIAN RIALS PER KWH)	APPROXIMATE AMOUNT CONVERTED IN EUR (open market rate as of 1 May 2016)
Biomass	Landfill	2,900	0.073
	Anaerobic digestion	3,150	0.080
	Incineration	5,870	0.15
Wind farm	over 50 MW	4,060	0.10
	50 MW and less	4,970	0.13
	1 MW and less*	5,930	0.15
Solar farm	over 10 MW	5,600	0.14
	10 MW and less	6,750	0.17
	100 kW and less*	8,730	0.22
	20 kW and less*	9,770	0.25
Geothermal (including drilling and equipment procurement)		5,770	0.15
Turbo expanders		1,800	0.045
Waste heat recovery in industrial processes		3,050	0.077
Small hydropower (10 MW and less)		3,700	0.094
Other types of renewable and clean power plants (except hydropower)		4,873	0.12

\* Only for end-users and limited to the line capacity.





محققین و فعالان انرژی‌های نوین اکنون در حال سنجش راه‌های مختلف و هزینه‌ی احتمالی ذخیره‌ی انرژی هستند، زیرا که هیچ راهی قادر نیست همه‌ی جوانب علمی، فنی و اقتصادی موجود را در برگیرد. جسیکا ترنسلیک، دانشیار مطالعات انرژی دانشگاه ام‌آی‌تی معتقد است این مسأله سبب شده است تا در نهایت مهندسان مجبور شوند میان روش‌های موجود دست به انتخاب بزنند.

**ذخیره‌سازی انرژی‌های نوین، سرمایه‌گذاری روز دنیا**

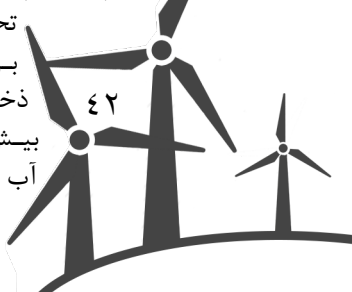
امروزه شرکت‌های بزرگ زیادی درصدد جایگزینی سوخت‌های فسیلی با انرژی‌های نوین هستند، اما هرچه مقیاس استفاده از انرژی بالاتر رود، طبیعی است که نیاز به ذخیره‌ی آن جنبه‌ی جدی‌تری به خود می‌گیرد. با توجه به این مهم که بسیاری از منابع انرژی‌های نوین همیشه در دسترس نیستند (مانند باد، امواج، نور خورشید یا برکشند و فروکشند (آب دریاها و اقیانوس‌ها) و همچنین نرخ نوسانی تقاضای انرژی در طول شبانه‌روز، نیروگاه فراهم‌کننده‌ی انرژی‌های نو می‌بایست بتواند انرژی را هنگامی که در دسترس است ذخیره کرده و در هنگام تقاضا در اختیار شبکه‌ی مصرف قرار دهد.

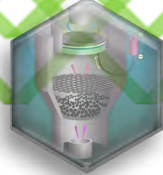
گزینه‌های بسیاری در برابر مهندسان قرار دارد و البته پرسش‌های پیچیده‌ای که باید به آن پاسخ دهند: آیا نیروگاه برای هر حجمی از تقاضا پاسخگو است؟ آیا می‌تواند در توان‌های مختلف خود را از نظر اقتصادی توجیه کند؟ کدام راه، راه بهینه است؟ و اینکه کدام ویژگی نیروگاه باید در اولویت‌های اول بررسی قرار داده شوند؟ و هزاران پرسش دیگر که تا پاسخی برای خود نیابند، نقشه‌ها جامه‌ی عمل به خود نخواهند پوشید. در حال حاضر در نیروگاه‌های تولید قدرت از راه‌های گوناگونی برای ذخیره انرژی مازاد تولید، در هنگام عدم یا کاهش تقاضای مصرف استفاده می‌شود. از جمله استفاده از باتری، فشرده‌سازی هوا، مایع کردن هوا، چرخاندن چرخ طیار و پمپاژ آب به ارتفاع بالا (ذخیره‌ی تلمبه‌ای) از مهم‌ترین این شیوه‌ها هستند. همگی این روش‌ها توان مازاد مصرف را به شیوه‌ی دیگری از انرژی (پتانسیل، جنبشی، شیمیایی) درمی‌آورند و در موقع نیاز دوباره آن را به برق تبدیل نموده و وارد شبکه می‌نمایند. جسیکا ترنسلیک دانشیار مطالعات انرژی دانشگاه ام‌آی‌تی و دو تن از دانشجویان ارشد این موسسه، جاشوا مولر و ویلیام براف، پژوهش خود را درباره بهترین روش ذخیره بر اساس شرایط محیطی متمرکز نموده‌اند. ترنسلیک در این باره می‌گوید: امروزه تمامی هم‌وغم پژوهشگران و فعالان عرصه‌ی انرژی‌های نوین، مقایسه‌ی اقتصادی انواع فناوری‌های ذخیره‌سازی انرژی، به‌منظور دستیابی به راه‌حل بهینه است. او می‌افزاید: «مطالعات ما نشان می‌دهد که بدون توجه به شرایط محیطی و مکان قرارگیری نیروگاه، پاسخ به چنین پرسشی ممکن نیست. به‌عنوان مثال گروه تحقیقاتی دریافت که در تگزاس بهترین روش برای سایت‌های خورشیدی یا بادی، استفاده از ذخیره‌سازی تلمبه‌ای است، هنگامی که تولید بیش از مصرف است، توان اضافی صرف پمپاژ آب به مخازن مرتفع می‌گردد و در هنگام نیاز،

آب که اکنون پس از کاری که توسط پمپ بر آن انجام شده دارای انرژی پتانسیل گرانشی شده است، رها می‌شود و پس از عبور از توربین‌های تعبیه‌شده بر سر راهش برق تولید کرده و به شبکه تحویل می‌دهد. برای مثال در این شرایط استفاده از باتری‌های اسیدی، باینکه هزینه‌های زیرساختی و نصب کم‌تری هم دارد، مقرون‌به‌صرفه تشخیص داده نشده است. گرچه باتری‌ها همیشه جذابیت خاص خود را داشته‌اند، زیرا تقریباً در هر مکانی و با هر شرایطی قابل استفاده‌اند. البته تحقیقات نشان داده استفاده از ذخیره‌سازی به‌صورت فشردن هوا نیز تفاوت چندانی با روش تلمبه‌ای ندارد و انتخاب نهایی به عوامل جزئی‌تر یا سلیقه‌ی طراح بستگی خواهد داشت. پژوهشگران اشاره می‌کنند گرچه یکی از اهداف مهم مجموعه نیروگاه‌های انرژی‌های نوین به دست آوردن یک خروجی متناسب با نرخ تقاضا است، اما همواره نزد سرمایه‌گذاران منحنی بها-توان خروجی از منحنی توان خروجی-تقاضا از ارزش بیشتری برخوردار است، یعنی اینکه نیروگاه بتواند خود را از نظر اقتصادی تأمین نماید در مرتبه‌ی اول اهمیت و اینکه بتواند کاملاً پاسخگوی نیاز شبکه باشد، در مرتبه‌ی بعدی قرار می‌گیرد».

پژوهش‌های ترنسلیک و گروه تحقیقاتی‌اش نشان می‌دهند پروژه‌های انرژی‌های نو کماکان توجیه اقتصادی مناسبی ندارند و همچنان باید قیمت‌ها را کاهش داد، از این طرح‌ها حمایت کرد و به کار ادامه داد تا بتوان تغییر محسوسی در میزان آلاینده‌های رهاشده در جو یا گازهای گلخانه‌ای موجود مشاهده نمود. ترنسلیک در ادامه خاطر نشان می‌کند: پژوهش ما در نهایت راهنمایی‌هایی برای کاهش بهای انرژی‌های نو در بردارد و همچنین اینکه کدام ویژگی‌های سیستم نیازمند بیشترین پیشرفت است. این دانسته‌ها به ما کمک شایانی می‌کند و می‌تواند سیاست‌های سرمایه‌گذاران این عرصه را سوددهی نماید. در این پژوهش سه ایالت کالیفرنیا، تگزاس و ماساچوست مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پروژه‌های انرژی‌های نوین در تگزاس و کالیفرنیا می‌توانند توجیه اقتصادی مناسبی داشته باشند، اما در ماساچوست اوضاع این‌گونه نیست! برای درک بهتر پارامترهای تأثیرگذار، گروه تحقیقاتی پژوهش خود را به بسیاری از ایالت‌های دیگر تعمیم داده است. آنچه اهمیت دارد این است که به میزانی که بهای انرژی‌های نوین پایین‌تر می‌آید، متناسب با آن می‌بایست بهای ادوات ذخیره‌سازی انرژی نیز کاهش یابد تا به طرح‌ها اجازه‌ی پیشرفت و رشد را (چه از نظر کمی و چه از نظر کیفی) بدهد. چنانچه یک مجموعه بتواند برق را با بهای مناسبی بفروشد، اما کماکان نتواند هزینه‌های ذخیره‌سازی خود را پایین بیاورد همیشه به‌عنوان یک مجموعه‌ی کوچک باقی خواهد ماند و نخواهد توانست در عرصه‌ی فروش انرژی به فراگیری لازم برسد.

گریگوری نمث، استادیار دانشگاه ویسکانسین که در این پژوهش دخیل نبوده است، این‌گونه آن را توصیف می‌کند: «ذخیره‌سازی انرژی هم وابسته به پارامترهای انرژی است و هم پارامترهای توان. وقتی که شما در حال طراحی سیستم ذخیره انرژی برای نیروگاهی هستید، باید از هر دو آگاهی داشته باشید. پس برای بهبود وضعیت ذخیره‌سازی و ادوات





راستایی انجام داد که بیشترین و بهینه‌ترین نتیجه را در برداشته باشد».

آن ما راه‌ها و معیارهای متفاوتی پیش روی خود داریم. کاری که این پژوهش انجام داده است، این است که برحسب شرایط محیطی و مکانی نقطه‌ی آغازی برای شما مشخص می‌کند و می‌توان با خیال آسوده سرمایه‌گذاری را در

