نشریه علمی تخصصی شباک
سال ششم، شماره ۱ (پیاپی: ۵۲)، فروردین ۱۳۹۹
ISSN: 2476-3667

# بررسی تاثیر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در کاهش آلودگی محیط زیست

**سید محمدرضا حسینی علی آباد[۱]، ولی الله شیخ لاری[۲]، محمدمعین رشیدپور[۳]**

## چکـیده

آلودگی سال‌هاست که به یک مسئله حاد تبدیل شده است. آلودگی از منابع گوناگون شکل می‌گیرد. آلودگی هوا که در شهرهای بزرگ ایران مشاهده می‌گردد، باعث ایجاد مشکلاتی همچون تنگی نفس، سکته‌های قلب و مغز و سرطان می شود. با توجه به پیشرفت و توسعه فناوری و همچنین افزایش روزافزون جمعیت، نه تنها ایران، بلکه دنیا با مشکلی تحت عنوان آلودگی هوا و محیط زیست روبرو گردیده است. از آنجا که انرژی‌های تجدیدناپذیر باعث آلودگی زیست محیطی می‌شود و از طرفی در حال تمام شدن است، تنها راه نجات کره زمین، استفاده و بکارگیری از انرژی‌های تجدیدپذیر می باشد. انرژی‌های تجدیدپذیر نه تنها اینکه موجب کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد، بلکه باعث کاهش وابستگی به نفت و حفظ محیط زیست می‌شود. هدف از انجام این تحقیق، مروری بر پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق، بررسی و مطالعه انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد.

**واژگـان کلـیدی:** انرژی‌های تجدیدپذیر، آلودگی، محیط زیست

۱- دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه مازندران *engineerhosseini997@yahoo.com*
۲- دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه علم و صنعت ایران
۳- دانشکده فنی شهید خدادادی، بندرانزلی



www.SID.ir

## ۱- مقدمه

بحران انرژی و آلودگی شهرهای بزرگ سال‌هاست که به یک مسئله حاد تبدیل گردیده است (Sciarretta et al, 2004). از طرفی رشد جمعیت در مقیاس جهانی باعث افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی در صنایع مختلف می‌شود. این وضعیت محیطی ناخوشایند را ایجاد می‌کند (علوی و دیبایی، ۱۳۹۸).

رشد روزافزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم‌شدن بیش از حد کره زمین و در نهایت مشکلات زیست محیطی و اکولوژیکی ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی به ویژه نفت و مشتقات آن، نگرانی‌هایی را برای کشورهای مختلف ایجاد کرده است. خلأهای موجود در بهینه‌سازی مصرف انرژی، فقدان برنامه ریزی و توجه به پتانسیل‌های منطقه‌ای در تامین انرژی نقاط مختلف کشور از مهم‌ترین چالش‌های توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشور به حساب می‌آید (تناکیان و همکاران، ۱۳۹۶) (نیاجلیلی و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به رشد و توسعه تکنولوژی در صنایع مختلف به‌کارگیری و تولید بهینه منابع انرژی پاک در جهان در بین جوامع پیشرفته از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. اهمیت و ارزش منابع انرژی همواره کشورهای پیشرفته را در پی پیدا کردن منابع نامحدود و با صرفه اقتصادی ترقیب کرده است. رشد شدید فناوری‌های نوین در کلیه سطوح صنایع نیاز انسان را به استفاده روزافزون از نیروی برق به عنوان یک انرژی پاک و بهینه را بر می‌شمارد (برهانی و همکاران، ۱۳۹۷). و از سوی دیگر با توجه بر اینکه مصرف انرژی‌های فسیلی علت اصلی آلودگی هوا و تغییر اقلیم است، استفاده از انرژی‌های نو و تجدیدپذیر موجب کاهش آلودگی هوا و انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین کاهش وابستگی به نفت، حفظ محیط زیست و در نهایت منجر به توسعه پایدار می‌شود و از سویی رویکرد اصلی توسعه پایدار در دنیا تکیه بر انرژی‌های نو و تجدیدپذیر است (حاجی‌پور و فروزان، ۱۳۹۳).

## ۲- پیشینه تحقیق

حسنی و همکارانش استفاده از انرژی خورشیدی را در استان سمنان امکان‌سنجی نموده‌اند. طبق نتایج بدست آمده از نرم‌افزار شبیه‌سازی PV SYST، استان سمنان شرایط استفاده از انرژی خورشیدی را دارا می‌باشد.

حسینی علی آباد و همکارانش اشاره نمودند انرژی خورشید به عنوان یک انرژی بی‌نهایت، پاک، تجدیدپذیر و مقرون به صرفه بودن می‌تواند جایگزین سوخت‌های فسیلی گردد. با استفاده از انرژی خورشیدی می‌توان مصرف انرژی و انتشار گازهای آلاینده را کاهش داد. از این رو نویسندگان بهره‌برداری از انرژی خورشیدی را در یک ساختمان دو طبقه به جهت کاهش مصرف انرژی و آلایندگی زیست محیطی پیشنهاد داده‌اند.

فراهانی علوی و همکارانش بر روی استفاده از انرژی باد در منازل مسکونی شهر نوشهر از استان مازندران به جهت کاهش مصرف انرژی تحقیق و پژوهش کرده‌اند. برای نمونه یک ساختمان با مساحت ۲۰۰ متری جهت بکارگیری از توربین‌های بادی مورد بررسی قرار دادند و طبق محاسبات، حداکثر توان قابل دستیابی، ۰/۶۷ مگاوات برای این ساختمان ارزیابی گردیده است.

نیاجلیلی و همکارانش به بررسی سرعت و قدرت باد برای بهره‌وری از این انرژی تجدیدپذیر در شهرهای لاهیجان و بندر انزلی از استان گیلان پرداختند. این نویسندگان در نهایت طبق بررسی و تحقیق پی بردند که با توجه به توانایی بهره‌وری از انرژی باد در تمام سال در شهرهای لاهیجان و بندر انزلی، می‌توان از این انرژی بهره برد.

رستمی و همکارانش استفاده از سوخت سلولی جهت کاهش آلایندگی هوا را پیشنهاد داده‌اند. این نویسندگان بیان کردند سوخت سلولی در یک مخزن با ترکیب هیدروژن تحت فشار و اکسیژنی که از هوا گرفته می‌شود، نیرو تولید می‌نماید. طی این فرآیند، برق تولید شده برای حرکت موتور استفاده می‌شود و محصول نهایی از اگزوز خودرو آب می‌باشد. همچنین اشاره نمودند ضمن اینکه از این طریق می‌توان در راستای پیشرفت تکنولوژی در خودروها قدم برداشت، کمک شایانی نیز به کاهش آلایندگی زیست محیطی می‌نماید.

عرب‌زاده و همکارانش با بیان اینکه ذخائر نفتی جهان تا چهل سال دیگر به پایان خواهد رسید، وظیفه ما در این امر خطیر افزایش ذخایر انرژی است. از این رو این نویسندگان به بررسی انرژی هیدروژن و پیل‌های سوختی پرداختند.

فدائی و همکاران و همچنین در مقاله‌ای دیگر اسکندری شعبانی و مکی بیان نمودند نیروی برق آبی با ایجاد انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منوکسید کربن، گرد و غبار و سرب موجود در ذغال سنگ جلوگیری می‌نماید و همچنین نیروگاه برق آبی به لحاظ حفظ محیط زیست و ذخایر آبی، یاری رسان هستند.

عرب‌زاده و همکاران، ناطق‌پور و اشجاری، در باب انرژی زمین گرمایی بیان نمودند انرژی از مهم‌ترین کار مایه‌ها و اصلی ترین نیروی اساسی زندگی بشری محسوب گشته و تاریخ تمدن بشری بر بنیاد ابداعات و کشفیات در جهت تبدیل انرژی‌های مختلف به یکدیگر شکل گرفته است. زمین، منبعی سرشار از انرژی حرارتی پاک و سازگار با محیط زیست است که تحت عنوان


www.SID.ir

انرژی زمین گرمایی، مورد بهره‌وری و بهره‌برداری قرار می‌گیرد. انرژی زمین گرمایی انرژی حرارتی ذخیره شده در پوسته جامد زمین است که از گرمای مواد مذاب و تخریب مواد رادیواکتیو موجود در اعماق زمین به دست می‌آید. به عبارتی انرژی زمین گرمایی به گرمایی گفته می‌شود که به صورت طبیعی در زیر زمین وجود دارد و می‌توان آن را به انرژی مورد نیاز بشر تبدیل نمود.

ایزدیاری به بررسی زیست توده (بیومس) پرداخت. همچنین این نویسنده عنوان کرد بیومس مهم‌ترین منبع تجدیدپذیر جهت تولید انرژی و کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی محسوب می‌شود. امیلیان و همکارانش اشاره کردند که انرژی زیست توده می‌تواند یکی از گزینه‌های مناسب برای جایگزینی با سوخت‌های فسیلی باشد. این نویسندگان منابع زیست توده را در استان خراسان رضوی که به عنوان یکی از قطب‌های مهم کشاورزی، دام و طیور ایران است، ارزیابی نمودند. نتایج ارزیابی‌ها بدین صورت می‌باشد که استان خراسان رضوی با میانگین تولید سالانه حدود ۷/۳ مگاتن زیست توده در بخش زراعی امکان تولید PJ3/42 انرژی دارد. همچنین با استحصال پسماند بخش دام و طیور به ویژه گاوهای شیری می‌توان تقریبا معادل PJ5انرژی تامین کرد.

علاسوند و کنعان بیان نمودند که انرژی موج یک منبع تجدیدشونده است. این انرژی پس از استخراج و استحصال دوباره توسط برهم کنش باد با سطح اقیانوس جبران می‌شود. از طرفی محقق و پژوهشگری به نام کتابداری بر روی امکان‌سنجی جذب انرژی از امواج در آب‌های دریاهای ایران تحقیق و بیان نمود که استفاده غیر متعارف از سوخت‌های فسیلی همین باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای و آلودگی شدید شهرها گردیده است. دریاها و اقیانوس‌ها از منابع پاک، ارزان و بازگشت پذیر انرژی غیر فسیلی هستند. همچنین این نویسنده عنوان کرد کشور ایران با توجه به مرزهای گسترده آبی در شمال و جنوب دسترسی مناسبی به منابع بازگشت پذیر انرژی دریاها دارد. اما علی‌رغم این پتانسیل بررسی‌های کارشناسی و تحقیقاتی در این زمینه هنوز صورت نگرفته است.

ترابی آزاد و همکارانش به بررسی استحصال انرژی جزر و مد در بندر امام خمینی پرداختند. به بیان این نویسندگان، ایران دارای بیش از ۲۰۰۰ کیلومتر سواحل در جنوب کشور می‌باشد که حد ارتفاع جزر و مد در این سواحل از ۲ تا ۶ متر است. آن‌ها به این علت بندر امام خمینی را جهت استحصال از انرژی جزر و مد انتخاب کردند که در این منطقه با توجه به سرعت بالای سرعت جریان‌های جزر و مدی و همچنین به دلیل ارتفاع کشند نسبت به سایر مناطق کشور می‌توان تا حدودی از سرمایه عظیم کشند استفاده نمود و همچنین از این انرژی می‌توان برای سوخت هیدروژونی پاک و برای برق بندر و آب شیرین‌کن نیز استفاده کرد.

دادجو و همکاران بر روی طراحی و ساخت نیروگاه توسط انرژی موج تولیدی توسط جزر و مد آب‌های سطح زمین تحقیق نموده‌اند. این نویسندگان طراحی را توسط نرم‌افزار CREO انجام دادند. و طبق ارزیابی شان، بازده این نیروگاه ساخته شده ۳۵ درصد بوده و سرعت محور آن نیز ۲۰۰ می‌باشد.

## ۳- اهداف تحقیق

- مروری بر پیشینه تحقیقات مرتبط با موضوع تحقیق
- بررسی و مطالعه انرژی‌های تجدیدپذیر

## ۴- روش تحقیق

روش تحقیق حاضر با مراجعه به منابع مکتوب اعم از مقالات معتبر (داخلی و خارجی)، کتاب و وب‌سایت تهیه و تنظیم گردیده است.

## ۵- مطالعه و بررسی انرژی‌های تجدیدپذیر

### ۵-۱- انرژی خورشیدی[1]

### ۵-۱-۱- انرژی خورشیدی و مزایای آن

خورشید نه تنها خود منبع عظیم انرژی است، بلکه سرآغاز حیات و منشا تمام انرژی‌های دیگر است. طبق برآوردهای علمی در حدود ۶۰۰۰ میلیون سال از تولد این گوی آتشین می‌گذرد و در هر ثانیه ۴/۲ میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می‌شود. با توجه به وزن خورشید که حدود ۳۳۳ هزار برابر وزن زمین است. این کره نورانی را می‌توان به عنوان منبع عظیم انرژی تا ۵ میلیارد سال آینده به حساب آورد. زمین در فاصله ۱۵۰ میلیون کیلومتری خورشید واقع است و ۸ دقیقه و ۱۸ ثانیه طول می‌کشد تا نور خورشید به زمین برسد(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷).

*1 Solar Energy*



www.SID.ir

جالب است بدانیم که سوخت‌های فسیلی ذخیره شده در اعماق زمین، انرژی‌های باد و آبشار و امواج دریاها و بسیاری موارد دیگر انرژی دریافتی خود را از خورشید می‌گیرند. شناخت انرژی خورشید و استفاده از آن برای منظورهای مختلف به زمان ما قبل تاریخ باز می‌گردد؛ شاید به دوران سفالگری. در آن هنگام روحانیون معابد به کمک جام‌های بزرگ طلایی صیقل داده شده و اشعه خورشید، آتشدان‌های محراب‌ها را روشن می‌کردند. یکی از فراعنه مصر معبدی ساخته بود که با طلوع خورشید درب آن باز و با غروب خورشید درب بسته می‌شد. ولی مهم‌ترین روایتی که درباره استفاده از خورشید بهین شده، داستان ارشمیدس دانشمند و مخترع بزرگ یونان قدیم می‌باشد که ناوگان روم را با استفاده از انرژی حرارتی خورشید به آتش کشید. در ایران نیز معماری سنتی ایرانیان باستان نشان دهنده توجه خاص آنان در استفاده صحیح و موثر از انرژی خورشید در زمان‌های قدیم بوده است و با وجود آنکه انرژی خورشید و مزایای آن در قرون گذشته به خوبی شناخته شده بود ولی بالا بودن هزینه اولیه چنین سیستم‌هایی از یک طرف و عرضه نفت و گاز ارزان از طرف دیگر، سد راه پیشرفت این سیستم‌ها شده بود تا اینکه افزایش قیمت نفت در سال ۱۹۷۳ باعث شد که کشورهای پیشرفته صنعتی مجبور شدند به مسئله تولید انرژی از راه‌های دیگر (غیر از سوخت‌های فسیلی) توجه جدی‌تری نمایند. در عصر حاضر از انرژی خورشیدی توسط سیستم‌های مختلف و برای مقاصد متفاوت استفاده و بهره‌گیری می‌شود که عبارتند از(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷):

۱)استفاده از انرژی حرارتی خورشید برای مصارف خانگی، صنعتی و نیروگاهی

۲)تبدیل مستقیم نور حاصل از پرتوهای خورشید به الکتریسیته به وسیله تجهیزاتی به نام فتوولتاییکی این بخش از کاربردهای انرژی خورشیدی شامل دو گروه کاربردهای نیروگاهی و غیر نیروگاهی می‌باشد.

کاربرد نیروگاهی: تاسیساتی که با استفاده از آن‌ها انرژی جذب شده حرارتی خورشید به الکتریسیته تبدیل می‌شود، نیروگاه حرارتی خورشیدی نامیده می‌شود. کاربردهای غیر نیروگاهی از انرژی حرارتی خورشید شامل موارد متعددی می‌باشد که اهم آن‌ها عبارتند از: آبگرمکن و حمام خورشیدی، سرمایش و گرمایش خورشیدی، آب شیرین کن خورشیدی، خشک کن خورشیدی، اجاق خورشیدی، کوره‌های خورشیدی و خانه‌های خورشیدی(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷).

خورشید، گوی غول پیکر درخشانی در وسط منظومه شمسی و تامین کننده نور، گرما و انرژی‌های دیگر زمین است. تقریبا تمامی منابع انرژی روی زمین به وسیله خورشید تامین می‌گردد. فقط انرژی اتمی، انرژی داخل زمین و آن قسمتی از انرژی جزر و مد که به وسیله نیروی جاذبه ماه می‌باشد به وسیله خورشید تامین نمی‌شود(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷). مزایای انرژی خورشیدی عبارتند از:

۱)تجدیدپذیر بودن: انرژی خورشید یک منبع بی‌پایان است و از بین نمی‌رود؛ و تا زمانی که خورشید همچنان در حال تابش است امکان استفاده از این انرژی وجود دارد و دانشمندان عمر خورشید را حدود ۵/۶ میلیارد سال تخمین زده‌اند(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Görig and Breyer, 2016).

۲)قابلیت دسترسی: انرژی خورشیدی در همه جای دنیا یافت می‌شود و فقط مختص کشورهای استوایی نیست، بلکه سایر کشورها نیز با بکارگیری از تکنولوژی‌های نوین در استفاده از این انرژی می‌توانند از آن بهره‌مند شوند. به طور مثال می‌توان گفت که یکی از کشورهای با ظرفیت بالا توان خورشیدی، آلمان است(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Görig and Breyer, 2016)

۳)دوستدار و حفظ سلامت محیط زیست: استفاده از انرژی خورشیدی در کل آلودگی به همراه ندارد. هر چند که مقدار آلودگی در اثر ساخت، انتقال و نصب نیروگاه‌های خورشیدی وجود دارد، اما میزان آن‌ها در مقابل نیروگاه‌های سوخت فسیلی متداول بسیار کم است و از این رو انتشار گازهای گلخانه‌ای را به حداقل می‌رسانند(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Kabir et al, 2018).

۴)کاهش هزینه برق مصرفی: استفاده از انرژی خورشیدی موجب شده تا نیاز به استفاده از شبکه‌های برق مصرفی کاهش پیدا نماید و صاحبان خانه‌های مسکونی در صورتی که امکانات شبکه‌ای آن وجود داشته باشد می‌توانند میزان برق تولیدی مازاد بر مصرف خود را به شبکه فروخته و در مقابل تعرفه‌های مصوب را دریافت نمایند. این بدین معنی است که صاحبان خانه می‌توانند هزینه برق مصرفی خود را به شدت کاهش دهند(ملک‌زاده و امیری، ۱۳۹۷. Machol and Rizk, 2013).

### ۵-۱-۲- موقعیت کشور ایران از نظر میزان دریافت انرژی خورشیدی

ایران در بین مدارهای ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی قرار گرفته که این منطقه به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی در بین نقاط زمین در بالاترین رده‌ها قرار دارد؛ به نحوی که میزان تابشی خورشید در ایران ۱۸۰۰ تا ۲۲۰۰ کیلو وات ساعت بر مترمربع تخمین زده شده است که بسیار بالاتر از متوسط جهانی است. همچنین به طور متوسط سالیانه بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در ایران گزارش شده است. که بسیار قابل توجه است این آمار نشان دهنده پتانسیل بسیار بالای کشورمان در جهت استفاده از انرژی خورشید می‌باشد. کشور ایران به لحاظ دریافت انرژی خورشیدی و امکان استفاده از این انرژی جهت تامین نیازهای خود بسیار غنی است و دریافتی انرژی خورشیدی در آن حدود ۴۰۰۰ برابر انرژی مصرفی آن می‌باشد. می‌توان اکثر نیازهای کشور را با استفاده از منبع انرژی خورشیدی تامین نمود(مسائلی، ۱۳۹۷).


www.SID.ir

## ۵-۲- انرژی بادی[1]

### ۵-۲-۱- تاریخچه

بشر از زمان‌های بسیار دور انرژی باد را به شیوه‌های مختلف بکار گرفته است. ایرانیان اولین کسانی بودند که در حدود ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح برای آرد کردن غلات از آسیاب‌های بادی استفاده کرده‌اند که امروزه آثار آن در نواحی خواف و تایباد در شرق کشور به چشم می‌خورد. همچنین مصریان باستان از نیروی باد برای راندن کشتی‌های خود روی رودخانه نیل استفاده کردند. در قرن هفدهم میلاد، مردم هلند طرح پایه آسیاب‌های بادی را بهبود دادند. همین امر باعث شد تا این کشور در زمره غنی‌ترین و صنعتی‌ترین کشورهای اروپا قرار گیرد. برخی از کشورها آسیاب‌های بادی را برای آسیاب گندم و ذرت، پمپ کردن آب و قطع درختان استفاده کرده‌اند. در آغاز قرن بیستم اولین توربین‌های بادی سریع و مدرن ساخته شد. امروزه فعال‌ترین کشورها در این زمینه آلمان، ایتالیا، آمریکا، دانمارک و هند می‌باشند (توکلیان و ارشاد، ۱۳۹۷).

### ۵-۲-۲- انرژی باد

انرژی باد، انرژی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات باد به وجود می‌آید. همچنین اتمسفر کره زمین به دلیل حرکت وضعی زمین، گرما را از مناطق گرمسیری به مناطق قطبی انتقال می‌دهد که این امر نیز باعث به وجود آمدن باد می‌گردد. جریانات اقیانوسی نیز به صورت مشابه عمل نموده و عامل ۳۰٪ انتقال حرارت کلی در جهان می‌باشند. در مقیاس جهانی این جریانات اتمسفری به صورت یک عامل قوی جهت انتقال حرارت و گرما عمل می‌نمایند. دوران کره زمین نیز می‌تواند در برقراری الگوهای نیمه دائم جریانات سیاره‌ای در اتمسفر، انرژی مضاعف ایجاد نماید. انرژی باد در بین انرژی‌های تجدید پذیر یکی از بهترین و اقتصادی‌ترین روش‌های تولید برق می‌باشد که آلودگی زیست محیطی در پی نداشته و پایان ناپذیر نیز می‌باشد. طبق آمار موجود تولید یک کیلووات ساعت انرژی برق بادی از انتشار آلاینده‌های زیست محیطی به شرح زیر جلوگیری می‌نماید (نظری و همکاران، ۱۳۹۲).

گرم ۸۵۰ = $CO_2$ (دی اکسید کربن) — گرم ۲/۶ = NOX (اکسید نیتروژن)

گرم ۲/۹ = $SO_2$ (دی اکسید گوگرد) — گرم ۰/۱ = خاک گرم ۵۵ = خاکستر

به طور کلی با جایگزینی انرژی برق بادی به جای انرژی برق تولیدی از نیروگاه‌های سوخت فسیلی می‌توان از انتشار گازهای گلخانه‌ای کاست. از طرف دیگر جاذبه‌های طبیعی و چشم‌انداز سیستم‌های انرژی بادی نمادی از انرژی پاک برای مردم تلقی می‌گردند.

### ۵-۲-۳- توربین بادی

توربین بادی به طور کلی ماشینی است که انرژی باد را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌نماید. با توجه به شکل۱، تیغه یا پره‌ی توربین بادی مانند بال هواپیما کار می‌کند. همان طور که هوا از هر دو طرف پره عبور می‌کند، شکل پره باعث می‌شود که فشار هوا در دو طرف پره نامتوازن شود و همین باعث چرخیدن پره‌ها به دورِ روتور توربین می‌شود. در بالای توربین‌های بادی، یک بادنما و بادسنج قرار می‌گیرد که به کامپیوتری متصل است و توربین بر اساس اطلاعات بادنما، جهت خود را به سوی باد عوض می‌کند. پره‌ها به یک روتور متصل شده‌اند که در هر دقیقه در حدود ۱۸ بار می‌چرخد، اما این میزان دور، به اندازه‌ای نیست که برای تولید برق کافی باشد. بنابراین، شفت اصلی یک سری چرخدنده‌ها را می‌چرخاند که میزان دور در دقیقه را به حدود ۱۸۰۰ افزایش می‌دهد و در این سرعت است که ژنراتور می‌تواند شروع به تولید برق کند. معمولا هر چه توربین‌های بادی بزرگتر باشند یا در ارتفاعات بالاتری قرار گرفته باشند، توان بالاتری دارند (برگرفته از وب سایت، irimo.ir).

**شکل۱- نمای کلی از توربین بادی**

[1] Wind Energy



www.SID.ir

### ۵-۲-٤- اصول سه گانه حاکم بر جریان باد

آگاهی نسبت به وزش و شدت بادهای موجود در منطقه می‌تواند به طراحان در جهت استفاده بهینه از این منبع طبیعی کمک نماید. اما اگر دسترسی به اطلاعات باد منطقه مقدور نباشد، طراح می‌تواند جهت و سرعت باد را با استفاده از اصول سه گانه‌ای که بر جریان باد حکم فرما است و همین طور با آگاهی نسبت به تاثیر متاقبل باد بر فرم‌های ساختمانی و طبیعی و تاثیر فرم‌های بر ایجاد باد در مقیاس خرد اقلیم تخمین بزند (نوری کزج و افشین مهر، ۱۳۹۷). اصول اول: ۱-سرعت باد در سطح زمین به دلیل اصطکاک کمتر است و هر چه از سطح زمین بالاتر رویم سرعت باد نیز بیشتر می‌شود. ۲-کاهش سرعت باد در سطح زمین، به علت ناهمواری‌های آن است. بنابراین منحنی‌های سرعت باد برای اراضی مختلف کاملا متفاوت است. اصول دوم: باد در برخورد با موانع جهت خود را حفظ می‌کند. بنابراین موانع را دور می‌زند. اصول سوم: باد از مناطق با فشار بالا به سمت مناطق با فشار پایین جریان می‌یابد.

## ۵-۳- انرژی هیدروژن[1]

### ۵-۳-۱- هیدروژن

هیدروژن ($H_2$) از برخی مواد خام نظیر گاز طبیعی، زغال سنگ و آب بدست می‌آیند. فرآیندهای مختلفی برای تولید هیدروژن انجام می‌شود، یکی از این روش‌ها بازساخت بخار گاز طبیعی است که در حال حاضر اقتصادی‌ترین راه تولید هیدروژن می‌باشد، الکترولیز آب و تبدیل زغال سنگ به گاز که در نتیجه آن $CO_2$ نیز تولید می‌شود از راه‌های دیگر تولید هیدروژن می‌باشد. هیدروژن گازی بی رنگ، بی بو و غیر سمی است، شعله‌های هیدروژن نامرئی و بدون دود هستند. از آنجا که در محصولات احتراق هیدروژن همانند هیدروکربن‌ها مواد کربن‌دار از قبیل HC ، CO و $CO_2$ یافت نمی‌شود، پتانسیل گرمایش جهانی هیدروژن در مقایسه با سوخت‌های پایه هیدروکربنی قابل اغماض است (نورپور و آقاخانی، ۱۳۹۴).

سه روش ذخیره سازی هیدروژن عبارتند از: ۱) نگهداری به صورت مایع در دمای $253^{\circ}C$- در مخازن برودتی؛ ۲) به صورت هیدرید فلزات، مانند هیدرید آهن – تیتانیوم $FeTiH_2$ ؛ ۳) به حالت گاز تحت فشار ۲۰ تا ۷۰ MPa . هیدرید به محض گرم شدن توسط یک منبع حرارتی، از خود هیدروژن آزاد می‌کند، مانند سیستم اگزوز خودروها. متداول‌ترین روش‌های ذخیره سازی، ذخیره به صورت سوخت مایع و نیز استفاده از هیدرید فلزات می‌باشد، قابلیت ذخیره سازی حجمی این دو روش همانند یکدیگر است. حجم مورد نیاز برای ذخیره انرژی یکسان در این دو روش حدود ۱۰ برابر فضایی است که ۵ گالن بنزین اشتعال می‌کند. بنابراین برای استحصال انرژی معادل ۵ گالن بنزین، ۵۵ گالن هیدروژن فشرده مورد نیاز است (نورپور و آقاخانی، ۱۳۹۴).

هیدروژن فشرده تحت فشار 70 MPa دارای یک سوم چگالی انرژی گاز طبیعی فشرده است، همچنین چگالی انرژی حجمی هیدروژن مایع، یک چهارم بنزین است. استفاده از هیدروژن مایع بسیار گران است، چرا که مایع کردن هیدروژن تا دمای $20^{\circ}K$- نیازمند صرف انرژی‌ای تقریبا برابر با انرژی هیدروژن مایع است. اگر در چندراهه ورودی، هیدروژن با هوا ترکیب شود حجم هیدروژن ۳۰٪ حجم مخلوط ورودی در شرایط استوکیومتری خواهد بود که باعث کاهش بازده تنفسی می‌شود. عدد اکتان هیدروژن ۱۰۶ است، این عدد اکتان اجازه می‌دهد از نسبت‌های تراکم بالاتر نیز استفاده کنیم (نورپور و آقاخانی، ۱۳۹۴).

### ۵-۳-۲- پیل سوختی[2]

پیل سوختی یک مبدل انرژی الکتروشیمیایی می‌باشد که از سه جز اصلی آند، کاتد و الکترولیت تشکیل شده است. پیل‌های سوختی شبیه به باتری هستند به طوری که از طریق واکنش الکتروشیمیایی و بدون احتراق مستقیم سوخت برق DC تولید می‌کنند. عموما یک پیل سوختی هیدروژن و اکسیژن را به صورت الکتروشیمیایی واکنش می‌دهد و محصول واکنش آب و الکتریسیته و گرما می‌باشد. این فرآیند شامل عبور سوخت دارای پایه هیدروژن بر روی آند می‌باشد به طوری که یک واکنش کاتالیستی اتفاق می‌افتد و سوخت را به دو جز یون‌ها و الکترون‌ها تبدیل می‌کند. در سمت آند گاز هیدروژن یونیزه شده و طی واکنش گرمازا الکترون و یون $H^+$ تولید می‌کند. یون‌ها از آند و از طریق الکترولیت به سمت کاتد غنی از اکسیژن می‌روند. در سمت کاتد اکسیژن با الکترون‌های گرفته شده از الکترود و یون‌های $H^+$ منتقل شده توسط الکترولیت واکنش داده و آب تولید می‌کند. برای اینکه واکنش‌ها به صورت همزمان اتفاق بیفتد، الکترون‌های تولید شده در سمت آند باید از یک مدار الکتریکی به سمت کاتد حرکت کنند. عملکرد یک پیل سوختی می‌تواند توسط تابع گیبس تحلیل شود. انرژی آزاد گیبس یک واکنش، مشخص کننده ماکزیمم کاری است که از ترکیب دو ماده در یک واکنش شیمیایی می‌توان به دست آورد. ماکزیمم کار تئوری اختلاف انرژی آزاد گیبس واکنش دهنده‌ها و محصولات واکنش شیمیایی است (افشاری، ۱۳۹۳).

*1 Hydrogen Energy*

*2 Fuel cell*



www.SID.ir

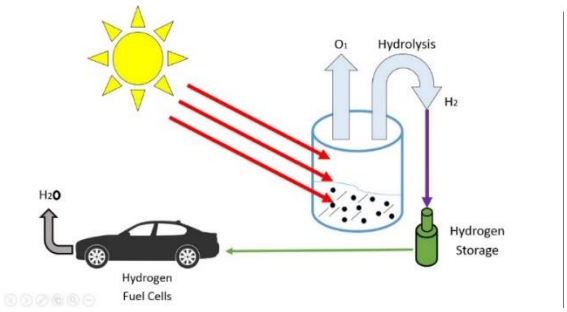
$$w_{max} = G_{react} - G_{prod} \quad (۱)$$

راندمان وسایل تبدیل انرژی به صورت نسبت انرژی مفید خروجی به انرژی ورودی تعریف می‌شود. در مورد پیل سوختی، انرژی مفید خروجی، انرژی الکتریکی و گرمایی است و انرژی ورودی انتالپی هیدروژن است. با فرض که کل انرژی آزاد گیبس به انرژی الکتریکی تبدیل شود، ماکزیمم راندمان تئوری پیل برابر است با (افشاری، ۱۳۹۳):

$$F.C = \frac{\Delta G}{\Delta H}\eta \quad (۲)$$

راندمان کل یک پیل سوختی در حالت ایده‌آل عموما بین ۸۲-۹۴ درصد است که البته به دلیل تلفات اهمی ناشی از قطبش اکتیواسیون راندمان آن کمتر می‌شود.

سوخت سلولی می‌تواند با راندمان بالاتر از موتورهای احتراقی کار نماید و انرژی شیمیایی در سوخت را به انرژی الکتریکی با کارایی ۶۰٪ تبدیل نماید. بازده خروجی اگزوز در سوخت سلولی تنها آب می‌باشد، لذا هیچ انتشار دی اکسید کربن در این سوخت وجود ندارد و همین امر باعث می‌گردد تا هوا دچار آلایندگی نگردد. سوخت سلولی مزایایی همچون: انتشار کم به مقدار صفر، بازدهی بالا، قابلیت اطمینان، انعطاف پذیری سوخت، امنیت انرژی، طول عمر، مقیاس پذیری و عملیات آرام دارد. خودروها با سوخت سلولی می‌توانند باعث کاهش آلایندگی هوا گردند و زندگی سالم و پاکی محیط زیست را به مردم تحویل دهند. در شکل ۲ فرآیند چرخه تولید سوخت هیدروژن (سوخت سلولی) نمایش داده شده است (رستمی و همکاران، ۱۳۹۷).




**شکل۲- چکیده فرآیند چرخه تولید سوخت سلولی**

## ۵-۴- انرژی امواج[1]

دریاها، یکی از منابع مهم انرژی می‌باشند. هر کشور در صورت دارا بودن آب‌های وسیع و بهره‌برداری موثر از آن‌ها، می‌تواند بخشی قابل توجه از انرژی مورد نیاز خود را از دریاها تامین کند (عباسیان، ۱۳۹۱).

با توجه به وضعیت جغرافیایی کشور ما و داشتن مرزهای آبی طولانی در شمال و جنوب زمینه‌های تحقیقاتی بسیاری در این مورد وجود دارد. انرژی موج دارای مزایایی مانند تجدیدپذیری، فراوانی انرژی، طبیعی بودن این انرژی، کاهش وابستگی به انرژی فسیلی، عدم آلودگی محیط زیست توسط آن، پایداری و سازگاری آن با محیط، قابلیت تمرکز بالا، قابلیت نصب تجهیزات، پراکندگی و فراوانی انرژی موج را دارا هستند (کتابداری، ۱۳۸۶).

شاید بتوان انرژی امواج را ملموس‌ترین انرژی موجود در دریاها به حساب آورد. یکی از مزایای این انرژی، چگالی انرژی بالای آن نسبت به سایر انرژی‌های بدست آمده از خورشید است. همچنین، دسترسی پذیری انرژی موج خیلی بیشتر از سایر انواع انرژی‌های تجدیدپذیر است. بعلاوه، بر خلاف انرژی‌های خورشیدی و بادی، به منظور استخراج انرژی موج نیازی به زمین‌های بزرگ نیست و این انرژی بیشتر در مکان‌هایی نظیر جزایر دوردست که به شبکه برق سراسری متصل نیستند، در دسترس است (کتابداری و سلیمانی، ۱۳۹۴).

امواج در اثر انتقال انرژی از باد به آب به وجود می‌آیند، در واقع باد که اثر اختلاف دمای زمین تولید شده، قسمتی از انرژی‌اش با وزش روی محیط‌های آبی تبدیل به انرژی موج می‌گردد. شدت این انتقال انرژی به سرعت باد و طول مسافتی که در آن باد با سطح آب در تماس بوده بستگی دارد. این مسافت میدان وزش باد، موج‌گاه (Fetch) نامیده می‌شود. کیزان انرژی منتقل شده به موج، بستگی به سرعت باد، مدت زمان برای هر وزش باد و فاصله‌ای که باد روی آب می‌وزد ( طول بادگیر) دارد. موج دارای انرژی جنبشی و پتانسیلی می‌باشد و انرژی آن از طریق اصطکاک و اغتشاش (Turbulence) تلف می‌شود. نرخ این اتلاف به ویژگی‌های امواج و عمق آب بستگی دارد. موج‌های بزرگ در آب‌های عمیق انرژی خود را به آسانی از دست نمی‌دهند. انرژی موج یک منبع تجدید شونده است این انرژی پس از استخراج و استحصال دوباره توسط برهم‌کنش باد با سطح اقیانوس جبران می‌شود. همان طور که انرژی‌های فسیلی در قرن بیستم موجب تحولات عظیمی شده است، برای قرن‌های آینده نیز انرژی از محورهای

[1] Wave Energy



www.SID.ir

اصلی توسعه فناوری خواهد بود. محققان معتقدند استفاده از برخی از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر، در مقایسه با انرژی‌های فسیلی نیاز به فناوری‌های پیچیده و پرهزینه ندارد، لذا برای کشورهای در حال توسعه از جاذبه‌ای بیشتر برخوردار است. از جهتی دیگر تقاضای جهانی برای انرژی‌های تجدید پذیر در طول سال‌های ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ افزایش یافته است و با توجه به بحران‌های اخیر توجه به این منابع اهمیت زیادی یافته است (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲).

**۵-٤-۱- باد و امواج**

باد عامل اصلی به وجود آوردن موج است. شدیدترین بادها بین عرض‌های جغرافیایی ۴۰ تا ۶۰ درجه، در هر دو نیمکره شمالی و جنوبی می‌وزند. هم‌چنین بادهایی با سرعت کم‌تر بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ درجه شمالی و جنوبی می‌وزند، که به علت نظم نسبی، شرایط بالقوه را ایجاد می‌کنند. بادهای موسمی که در سواحل دریای عمان نیز مشاهده می‌شوند از این دسته هستند. سواحل انگلستان، غرب آمریکای شمالی و سواحل نیوزلند، از نقاط پر موج جهان هستند (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲).

**۲-٤-۵- روش‌های کاربردی استحصال انرژی امواج**

کوشش‌های جدی برای جذب انرژی امواج از دهه ۷۰ شروع شده است و در برخی کشورهای جهان ماشین‌آلات مختلفی برای این منظور طراحی و ساخته شده است.

در طراحی سیستم‌های استحصال انرژی امواج دریاها و اقیانوس‌ها، از ویژگی‌های مختلف موج مانند بالاروی موج، پایین روی موج، ضربه‌زنی موج، فشار هیدرولیکی، حرکت نوسانی خاصیت جاری بودن موج و ... استفاده می‌شود.

حال به بررسی انواع روش‌ها برای بدست آوردن انرژی از امواج دریا می‌پردازیم (علاسوند و کنعان، ۱۳۹۲):

الف) SDE: این سیستم شامل جک‌های هیدرولیکی و صفحه موجی می‌باشد جک‌ها متصل به صفحه سوار بر موج می‌باشند. با برخورد امواج به این صفحه آن را بالا و پایین می‌برند در این حالت بازوهای هیدرولیکی به حرکت درآمده و به صورت مکانیکی باعث چرخش ژنراتور و تولید الکتریسیته می‌شوند. افزایش توان این سیستم با افزایش صفحات موجی ارتباط مستقیم دارد.

**شکل۳- روش SDE برای استحصال انرژی از امواج دریا**

ب) CETO: دستگاهی دارای ویژگی‌های خاص است. مهم‌ترین مزیت آن قرار گرفتن در کف دریا، در فاصله مناسب از ساحل می‌باشد، که باعث می‌شود تا از طوفان‌های دریایی و برخورد قایق‌ها با آن در امان باشد. با عبور موج از قسمت پیستونی شکل سیستم که به یک جک متصل است، فشار ناشی از موج، باعث پایین رفتن پیستون و جک متصل به آن می‌شود. جک، مایع درون خود را به طرف توربین و ژنراتور هدایت کرده و باعث ایجاد انرژی الکتریسیته می‌شود. کارایی دیگر این سیستم هدایت آب دریا به وسیله جک متصل به پیستون به سمت فیلتر مخصوص در ساحل می‌باشد. این فیلتر طبق پدیده اسمز، عمل شیرین کردن آب دریا را انجام می‌دهد.

ج)AW-Energy : در طراحی این سیستم از یک سری صفحات که خاصیت عقب و جلو رفتن در حول محور خود را دارند استفاده شده است. این صفحات در کف دریا قرار می‌گیرند بنابراین از برخورد شناورها و طوفان اقیانوسی در امان می‌باشند. در پشت هر صفحه یک سیستم هیدرولیکی طراحی شده که با عقب و جلو رفتن صفحات، تولید نیرو می‌شود. این نیرو می‌تواند به وسیله مایع هیدرولیک به یک ژنراتور که در ساحل قرار گرفته است منتقل و تولید الکتریسیته کند.

**شکل٤- نمایی از روش AW-Energy برای استحصال انرژی از امواج دریا**

د) C-Wave Power: این سیستم طراحی شده از یک سری صفحات باله مانند تشکیل شده که به وسیله سیستم مکانیکی به هم وصل شده‌اند و بر روی بالشتک‌های شناور قرار گرفته‌اند. طراحی این سیستم، برای آب‌های عمیق می‌باشد که امواج تقریباً بدون شکست حرکت می‌کنند. با عبور موج از این باله‌ها سیستم مکانیکی متصل به آن فعال شده و تولید قدرت


www.SID.ir

می‌کند. نقطه ضعف این سیستم در برابر طوفان اقیانوس می‌باشد و نقطه قوت آن داشتن سیستم ساده است. انرژی مکانیکی حاصل را می‌توان به یک ژنراتور منتقل کرد.

ح) **Wave Energy:** در این مدل از قدرت بالاروی (wave up) امواج استفاده شده است. برای این کار از یک سازه مخصوص شبیه موج‌شکن استفاده می‌شود، در داخل این سازه که می‌توان صخره طبیعی در کنار ساحل می‌باشد، دو مجرا برای ورود و خروج آب درست شده است. به گونه‌ای که موج پس از برخورد به آن وارد مجرای بالایی شده و با پس‌روی موج، آب را درون سازه به مجرای پایین می‌رود و در این فاصله توربین را می‌چرخاند و از مجرای پایین به دریا می‌ریزد.

و) **Wave plane:** این سیستم به حالت شناور روی آب باقی می‌ماند و با دارا بودن باله مخصوص، خود را در جهت مناسب حرکت امواج قرار می‌دهد. موج از درون مجراها ساخته شده در آن، در جهت افق عبور می‌کند و ضمن عبور توربین را چرخانده و با چرخش ژنراتور متصل به آن انرژی الکتریسیته تولید می‌کند. در این سیستم از حالت جاری بودن موج استفاده شده است.

ظ) **OWC:** این سیستم از نوسانات ستون آب بهره می‌گیرد. در آن یک لوله حلقوی وجود دارد که در بخش فوقانی دارای سرپوش بوده و در وسط آن سوراخ کوچکی قرار دارد و هوا در بین درپوش و ستون آبی که در اثر نیروی موج نوسان پیدا می‌کند، محسوس می‌باشد. با نوسان آب هوای فشرده از سوراخ کوچک خارج و توربین را به حرکت درمی‌آورد. اساس کار این سیستم، پنوماتیکی هستند. برای افزایش توان، سیستم را می‌توان به صورت دو طرفه طراحی کرد. با قرار دادن شیرهای یک طرفه هوا، می‌تواند با پایین‌روی موج هم، چرخش توربین و ژنراتور متصل به آن را افزایش داد.

ر) **Trident Energy:** این مدل طراحی شده از یک پیستون شناور در جهت قائم، به صورت خطی به ژنراتور متصل شده است. با حرکت آب و بالا و پایین بردن این پیستون شناور، باعث ایجاد قدرت و چرخش ژنراتور می‌شود. حسن طراحی این مدل کارایی آن در امواج کوچک و امواج بزرگ اقیانوسی می‌باشد.

ط) **Wave star :** در این روش، بالشتک‌های شناور که به یک سکوی ثابت متصل می‌باشند، باعث تولید قدرت می‌شوند. حرکت موج در زیر سکو باعث به حرکت درآوردن بالشتک‌های شناور می‌شود. هر بالشتک به یک بازوی هیدرولیکی متصل است که بنابراین با حرت در آمدن بالشتک‌ها و بالا و پایین رفتن آن‌ها بر اثر عبور امواج، مایع هیدرولیکی به جریان درآمده و باعث چرخش توربین و ژنراتور متصل به آن می‌شود.

**شکل۵- تصویری از روش Wave star برای استحصال انرژی از امواج دریا**

ی) **Sea volt techndogies:** این سیستم طراحی شده از یک سری بویه با شکل خاص که بر روی موج سوار هستند و با حرکت و عبور موج سطحی از آن‌ها بالا و پایین می‌روند. حرکت هر کدام از آن‌ها به وسیله یک رابط، باعث حرکت مایع هیدرولیکی می‌شوند و حرکت کلی مایع باعث چرخش ژنراتور و تولید الکتریسیته می‌شود.

### ۵-۵- انرژی جزر و مد[1]

جزر و مد دریا در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید. نیروی جاذبه ماه باعث ایجاد برآمدگی در آب‌ها شده و به علت گردش وضعی زمین این برآمدگی به سمت غرب جریان پیدا می‌کند. در نتیجه موج‌هایی با پریود ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ایجاد می‌شود که دامنه نوسان آن‌ها در اقیانوس‌های بزرگ در حدود ۰/۵ متر است. اثر نیروی جاذبه خورشید نیز، مشابه ولی ضعیف‌تر است و هر ۱۲ ساعت یک مرتبه ظاهر می‌شود. بدین ترتیب جزر و مد به صورت منظم در قالب امواج قمری رخ می‌دهد (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

هنگامی که امواج جزر و مدی به سواحل و فلات قاره می‌رسند، دامنه آن‌ها می‌تواند در اثر هجوم آب، قیفی شدن آب‌راه و ایجاد رزنانس بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش یابد.

[1] Tidal Energy



www.SID.ir

استحصال انرژی از جزر و مد در نقاطی عملی است که انرژی زیادی بصورت جزر و مدهای بزرگ در آن‌ها متمرکز شده باشد و بعلاوه جغرافیای محل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی سایت مناسبی فراهم کرده باشد. چنین مکان‌هایی در همه جا یافت نمی‌شوند. اما تا به حال تعداد نسبتا زیادی شناسایی شده‌اند (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

این انرژی‌ها علی‌رغم تنوع و گوناگونی، دارای ویژگی‌های مشترکی هستند. در مورد همه آن‌ها فلاکس انرژی بالاست. در حدود ۲TW برای انرژی جذر و مدی و گرادیان نمک، از همان مرتبه برای امواج و حداقل دو مرتبه بزرگتر برای انرژی حرارتی دریاها. به هر حال این انرژی‌ها در گستره جغرافیایی وسیعی پراکنده‌اند، بطوری که در واقع دانسته انرژی کاملا پایین است. نتیجه اینکه ، بیشتر منابع مستعد در نواحی دور افتاده از مراکز مصرف واقع شده‌اند. تنها به همین یک دلیل می‌توان گفت که آینده قابل پیش‌بینی، فقط بخش کوچکی از این پتانسیل مورد استفاده قرار خواهد گرفت (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

### ۵-۵-۱- ویژگی‌های منبع

جزر و مد دریا در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید. در دریاها جاذبه ماه ارتفاع آب را هم از سمت نزدیک دو کره زمین بالا می‌برد. این برآمدگی‌ها در آب دریا که به علت گردش زمین به دور خود، به سمت غرب جریان پیدا می‌کنند، به صورت موج‌های دریاهای عمیق با پریود ۱۲ ساعت و ۲۵ دقیقه ظاهر می‌شوند که دامنه نوسان آن‌ها کمتر از یک متر است. جزر و مد حداکثر زمانی اتفاق می‌افتد که ماه و خورشید و زمین در یک راستا قرار گیرند و جزر و مد حداقل موقعی رخ می‌دهد که آن‌ها در تربیع واقع شده باشند. علاوه بر سیکل‌های نیم روزی و ماهیانه قمری، حرکت انتقالی زمین و ماه باعث به وجود آمدن سیکل‌های فراوان دیگری می‌شود که دارای پریود زمانی بین چند روز تا چند سال می‌باشند. استخراج انرژی از جزر و مد فقط هنگامی عملی بنظر می‌رسد که انرژی زیادی به صورت جزر و مدهای بزرگ متمرکز شده باشد و بعلاوه جغرافیای محل نیز برای احداث نیروگاه جزر و مدی مکان‌های مناسبی فراهم کرده باشد. چنین مکان‌هایی در هر جا یافت نمی‌شود، اما تا بحال تعداد قابل ملاحظه‌ای از آن‌ها شناسائی شده‌اند. بررسی‌های اخیر میزان انرژی بالقوه اقتصادی را ۲۰۰TWh یا تقریبا ۱۰٪ پتانسیل تعریف شده در معادله برنشتاین برآورد نموده است (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

### ۵-۵-۲- تکنولوژی جزر و مدی

انرژی جزر و مد یکی از قدیمی‌ترین شکل‌های انرژی است که بشر از آن استفاده نمود است . سوابق بکارگیری از این انرژی به وسیله آسیب‌هایی که با قدرت جزر و مد کار می‌کردند در سواحل بریتانیا ، فرانسه و اسپانیا به قبل از ۱۰۰ میلادی بر می‌گردد. از این آسیب‌ها قرن‌ها استفاده می‌شد. تا اینکه تدریجا با پیدایش انقلاب صنعتی جای خود را به ماشین‌های سوختی واگذار کردند ارازن‌تر و راحت‌تر بودند.

در گذشته برای گرفتن انرژی و جنبشی از جزر و مد روش‌های زیادی به مرحله آزمایش در آمده‌اند. ماشین آلات زیادی از قبیل چراخ آبی سکوهای بالابر، کمپرسورهای هوا، آب تحت فشار و سیستم‌های بسیار دیگری بکار گرفته شده‌اند. صدها اختراع در مدت ۱۵۰ سال اخیر به ثبت رسیده و هنوز هم جزر و مد مخترعین را به وسوسه وامیدارد . اما هیچ یک از این اختراعات پیشرفت و بهبود چندانی را در مقایسه با همان روش قدیمی که آسیاب‌های جزر و مدی قدیم آن بهره گرفتند نشان نمی‌دهند (فرزین پور و همکاران، ۱۳۸۶).

## ۵-۶- انرژی آبی[1]

انرژی آبی یا هیدروپاور، انرژی هیدرولیکی است که می‌تواند انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل ذخیره کرده و با هدف تولید و تامین درصدی برقی از برق مصرفی کشور یا نتظیم شبکه در ساعات پیک مصرف با ساخت سد و ایجاد نیروگاه‌های آبی این نیاز را تامین کند. نیروی برق آبی با ایجاد انرژی الکتریکی بدون سوزاندن سوخت‌ها از ایجاد آلوده کننده‌های متصاعد شده از سوختن سوخت‌های فسیلی مانند دی اکسید گوگرد، اسید نیتریک، منواکسید کربن، گرد و غبار و سرب (موجود در زغال سنگ) جلوگیری می‌کند. ظرفیت تولید برقابی در ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی و وجود حوضه‌های آبریز بزرگ با آبدهی مناسب، پتانسیل‌های زیادی برای گسترش نیروگاه‌های برقابی وجود دارد. کل پتانسیل تولید انرژی برقابی کشور حدود ۵۰ تراوات ساعت تخمین زده شده که شامل حوضه‌های آبریز کارون با پتانسیل تولید ۳۰ تراوات ساعت، حوضه آبریز دز با پتانسیل تولید ۹ تراوات ساعت و کرخه با پتانسیل تولید ۶ تراوات ساعت است. همچنین پتانسیل تولید سایر رودخانه‌ها نیز حدود ۵ تراوات ساعت برآورد گردیده است. پتانسیل تولید برق آبی کشور بالغ بر ۲۶ هزار مگاوات ساعت است. رشد تقاضا برای انرژی الکتریکی به ویژه در کشورهای در حال توسعه سبب افزایش تعداد سدها و نیروگاه های برقابی در این کشورها شده است. امروزه به دلیل بسیاری از مشکلات، احداث نیروگاه‌های حرارتی امروز از توجیه کافی برخوردار نیست و البته این نیروگاه‌های هسته‌ای هستند که می‌توانند یکه تاز عرصه تولید برق در جهان شوند. تولید برق در نیروگاه‌های برق آبی از مزایایی برخوردار است که شاید بتوان گفت همین

[1] Hydro Energy


www.SID.ir

مزایا موجب شده است تا این روش تولید از مزیت نسبی برخوردار بوده و در جهان به ویژه در کشورهایی که از منابع آب نسبتا قابل توجهی برخوردارند مورد استقبال قرار گیرد (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

### ۵-٦-۱- تعاریف و مزایای استفاده از انرژی برق آبی

برق آبی منبع انرژی قابل دسترس، قابل اعتماد، مقرون به صرفه و پایدار ملی است. برق آبی تنها به نیروی آب جاری، رودخانه‌ها اقیانوس‌ها و سایر جریان‌ها نیاز دارد و این انرژی همچنین بومی و پایدار نیز می‌باشد. بدون هیچ وابستگی به قیمت‌های افسار گسیخته سوخت‌های فسیلی، بسیاری از هزینه‌های صرف شده در صنعت برق آبی باقی می‌ماند و گسترش ظرفیت برق آبی صدها هزار فرصت شغلی جدید ایجاد می‌کند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

صنعت برق آبی به معنی تولید نیرو در هر منطقه ایران می‌باشد و بزرگترین منبع الکتریسیته تجدیدپذیر و پاک است انرژی برق آبی ۹۸.۸ درصد از تولید ملی برق تجدیدپذیر و ۸. ۱۳ درصد از مجموع الکتریسیته تولیدی در ایران را تشکیل می‌دهد. بخش عمده‌ای از توسعه آینده صنعت برق آبی بر امکانات و زیر ساخت‌های موجود و در حال استفاده متمرکز خواهد بود که فرصت‌هایی به منظور افزایش تولید انرژی تجدیدپذیر بدون ساخت سدهای بزرگ و جدید فراهم می‌کند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

### ۵-٦-۱-۱- قابلیت اطمینان انرژی برق آبی

انرژی برق آبی بیش از ۷۰ سال یک منبع انرژی قابل اطمینان در ایران بوده است. این قابلیت اطمینان اثبات شده به طرق مختلف مزایایی را برای شبکه ملی برق فراهم می‌کند، از حمایت منابع دیگر انرژی تجدیدپذیر گرفته تا ایجاد ثبات در شبکه و ذخیره انرژی برق برای استفاده در آینده انرژی برق آبی از منابع انرژی تجدیدپذیر ثابتی است که بیش از نیم قرن در ایران استفاده و تولید شده و هم اکنون برای بیش از ۳ میلیون خانه انرژی مقرون به صرفه فراهم می‌کند.

تاسیسات برق آبی می‌تواند سریعا از خروجی صفر به بیشترین خروجی برق برسند. این قابلیت، انرژی برق آبی را به یک گزینه فوق العاده خوب در مقابل تقاضاهای سریعا متغیر در روز تبدیل می‌کند. علت این مزیت عالی این است که تجهیزات برق آبی تنها مولدهای بزرگ برق می‌باشند که اگر دیگر منابع انرژی غیرقابل دسترس باشند، می‌توانند سریعا انتقال (دیسپچ ) انرژی به شبکه را انجام دهند. مثلا این انرژی پشتیبانی اضطراری در خاموشی بزرگ برق در سال ۲۰۰۳ آمریکا را فراهم کرد. تخمین زده شد ۵۰ میلیون نفر ساکن در ایالت‌های نیویورک تا میشیگان تحت تأثیر این خاموشی قرار داشتند، اما امکانات برق آبی در نیویورک و ایالات‌های دیگر، مانند نیروگاه‌های نیاگارا و لاورنس، به طور مداوم در طول خاموشی وارد عمل شدند و انرژی را به میلیون‌ها امریکایی بازگرداندند. این قابلیت عملیاتی بی نظیر که در آمریکا به عنوان نجات از خاموشی( Black Start ) شناخته می‌شود، به این معنی است که تاسیسات برق آبی می‌تواند عملیات‌هایی جداگانه را بدون طراحی یک منبع انرژی بیرونی از سر بگیرند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

### ۵-٦-۱-۲- مقرون به صرفه

برق آبی فقط یک منبع کم هزینه انرژی تجدیدپذیر نیست. این منبع جزو مقرون به صرفه‌ترین منابع انرژی تجدیدپذیر موجود است. و از آنجایی که برق آبی انرژی خود تجدید را از رودخانه‌ها دریافت می‌کند، تولید برق از آب وابسته به نوسانات غیر قابل پیش‌بینی قیمت انرژی در بورس‌های انرژی نمی‌باشد.

رودخانه‌ها ، جزر و مدها و امواج منابع با ثبات انرژی می‌باشند و انرژی برق آبی قابل اطمینان و ثابت شده بدین معنی است که این انرژی بخش جدایی ناپذیر از سیستم کلی انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد و می‌تواند سایر منابع انرژی تجدیدپذیر را روی شبکه توزیع حمایت کند. مخزن تلمبه ذخیره‌ای نوعی از تکنولوژی برق آبی است که واقعا می‌تواند به ذخیره برق تولید شده توسط دیگر ذخایر انرژی مانند خورشیدی، بادی و هسته‌ای برای استفاده‌های آتی آینده کمک کند. این تکنولوژی انرژیی را در قالب آب در پشت یک مخزن که از مخزن دوم به یک تراز پایین‌تر پمپ شده ذخیره می‌کند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

با توجه به اینکه برق آبی فقط وابسته به انرژی حرکت آب است، هزینه‌های برق آبی به نوسانات غیر قابل پیش‌بینی قیمت سوخت‌های فسیلی بستگی ندارد.

### ۵-٦-۱-۳- پایدار

با استفاده از برق آبی منبع اصلی انرژی‌های تجدیدپذیر ما از انتشار سالیانه بیش از ۱۵۴ میلیون تن آلاینده‌های کربن در ایران جلوگیری می‌شود. برق آبی یک منبع انرژی حافظ محیطزیست است که بدون تولید آلاینده‌های هوا یا گازهای سمی انرژی تولید می‌کند. استفاده از برق آبی از تولید سالیانه نزدیک به ۱۵۴ میلیون تن از آلاینده‌های کربنی در ایران جلوگیری می‌کند که معادل خروجی بیش از ۳۰ میلیون اتومبیل سواری می‌باشد. جوامعی که بر برق آبی به عنوان منبع اولیه انرژی تکیه می‌کنند از مزیت هوا و آب پاک‌تر بهرمند می‌شوند. تصاویر ماهواره‌ای نواحی شمال غربی اقیانوس آرام که بزرگترین مرکز تولید انرژی برق آبی در آمریکا می‌باشد نشان می‌دهند که این نواحی مانند یک جزیره با کمترین انتشار کربن است (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).



www.SID.ir

برق آبی همچنین منبع عمده ملی انرژی تجدیدپذیر است و با فناوری‌های جدیدی مانند علوم دریایی و انرژی جنبشی آب به فراهم آوردن مقادیر زیادی از انرژی پایدار در سرتاسر کشور ادامه خواهد داد .

صنعت برق آبی متعهد است که درک بهتری از اثرات سدها بر اکوسیستم محلی و آبزیان داشته باشد و هر ساله صدها میلیون دلار در طرح‌های توسعه زیست‌محیطی سرمایه گذاری می‌کند. سدها در سراسر جهان تجهیزات عبور آبزیان را برای حرکت آزادانه ماهی‌ها در اطراف سدها و بین بخش‌های رودخانه‌ها نصب کرده‌اند. سازه‌هایی مانند نردبان‌های ماهی یا آسانسورهای ماهی، نصب شده‌اند که این‌ها فقط چند نمونه از تکنیک‌های متنوع برای کاهش اثرات زیست‌محیطی از طریق سرمایه گذاری در پروژه‌های پژوهشی و تعدیلی می‌باشند. صنعت برق آبی همچنین به منظور پرداختن به تغییرات احتمالی کیفیت آب، زیستگاه‌های محلی و یا جریان رودخانه اقداماتی بعمل آورده است (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

### ٤-١-٦-٥- دیگر مزایا

مزایای صنعت برق آبی بیش از تولید برق است و منافع حیاتی دیگری مانند کنترل سیلاب، ناوبری، آبیاری، تامین آب و طیف وسیعی از فرصت‌های تفریحی را نیز با خود به همراه دارد. سدها نقش مهمی در جلوگیری از خسارت جانی و مالی ناشی از سیلاب‌ها ایفا می‌کنند. سدهای کنترل سیلاب جریان سیلاب‌ها را مهار کرده و سپس می‌توانند آنها را تحت شرایط کنترل شده به رودخانه پائین دست هدایت کنند، و یا اینکه آب ذخیره شده می‌تواند برای اهداف دیگر مورد استفاده قرار گیرد. سدها نه تنها از بروز فاجعه‌های بالقوه جلوگیری می‌کنند بلکه حوادث ناگوار را به منافع آتی تبدیل می‌کنند. در هنگام سیل، تمامی اپراتورهای سد به منظور مدیریت سطح آب در امتداد رودخانه‌ها و آبراه‌های دیگر با همدیگر همکاری می‌کنند و این هماهنگی موجب نجات جان‌ها و اموال بسیاری است. شنا، قایقرانی، ماهیگیری، چادرزنی، اسکی و پیاده‌روی تنها برخی از فعالیت‌های تفریحی است که توسط صنعت برق آبی در طول سال و در سراسر کشور در اطراف سدها، ایجاد و پشتیبانی می‌شوند. کارکنان سدها تسهیلاتی را برای جوامع محلی برای استفاده از امکانات تفریحی سدها در نظر می‌گیرند و با آن‌ها همکاری می‌کنند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

از دیگر سو آب ذخیره شده در پشت یک سد در واقع می‌تواند بخشی از امکانات مربوط به ورزش‌های آبی باشد و به این ترتیب می‌تواند به جاذبه‌ای برای گردشگران تبدیل شود. در برخی از کشورها از این آب برای پرورش موجودات آبزی مانند ماهی‌ها استفاده می‌شود به این ترتیب که در برخی سدها محیط‌های خاصی برای پرورش موجودات آبزی اختصاص یافته که همیشه از نظر داشتن آب پشتیبانی می‌شوند. (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

### ٥-٦-١-٥- ظرفیت تولید نیروگاه‌های برق آبی در ایران و جهان

ظرفیت تولید برقابی در دنیا در حدود ۷۱۵ گیگا وات یا ۱۹ درصد از کل انرژی الکتریکی تولیدی جهان را پوشش می‌دهد. نیروی برقابی همچنین ۶۳ درصد از انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدیدپذیر را نیز شامل می‌شود. میزان انرژی الکتریسیته تولیدی در جهان ۱۹۰۰۰ میلیارد کیلووات ساعت است که حدود ۲۳ درصد از آن توسط منابع تجدیدپذیر عمدتا برقابی تامین می-شود. ظرفیت تولید انرژی برقابی در جهان ۹۰۰ گیگاوات است که معادل ۲۲ درصد ظرفیت تولید برق دنیا است. آمریکا و چین به ترتیب با ۱۳۲ و ۹۹ گیگاوات ظرفیت نصب، بیشترین سهم ظرفیت نیروگاه های برقابی را دارا هستند (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).

ظرفیت تولید برقابی در ایران به دلیل شرایط خاص آب و هوایی و وجود حوضه‌های آبریز بزرگ با آبدهی مناسب، پتانسیل‌های زیادی برای گسترش نیروگاه‌های برقابی وجود دارد. کل پتانسیل تولید انرژی برقابی کشور حدود ۵۰ تراوات ساعت تخمین زده شده که شامل حوضه‌های آبریز کارون با پتانسیل تولید ۳۰ تراوات ساعت، حوضه آبریز دز با پتانسیل تولید ۹ تراوات ساعت و کرخه با پتانسیل تولید ۶ تراوات ساعت است. همچنین پتانسیل تولید سایر رودخانه ها نیز حدود ۵ تراوات ساعت برآورد گردیده است. پتانسیل تولید برق آبی کشور بالغ بر ۲۶ هزار مگاوات ساعت است.

رشد تقاضا برای انرژی الکتریکی به ویژه در کشورهای در حال توسعه سبب افزایش تعداد سدها و نیروگاه‌های برقابی در این کشورها شده است. کشورهای توسعه یافته جهان امیدوار هستند که با توسعه امکانات برقابی در مقیاس بزرگ، نیازهای انرژی جامعه را پاسخ گویند و این امر در آسیا نمود بیشتری دارد.

سهم انرژی برقابی از کل مصرف انرژی جهان تا سال ۲۰۲۵ میلادی بالغ بر ۸ درصد پیش بینی شده و این در شرایطی است که رشد تولید انرژی برقابی در مدت زمان محاسبه شده ۵۶ درصد افزایش می‌یابد. براساس گزارشی که از سوی کمیسیون جهانی سدهای بزرگ در این زمینه منتشر شده است، مصرف انرژی برقابی و سایر انرژی‌های تجدیدپذیر در ۲۴ سال آینده با افزایش چشمگیری همراه خواهد بود. با نگاهی به پراکندگی سدهای برقابی در خاورمیانه می‌توان دریافت که بیشترین پروژه‌های انرژی برقابی در خاورمیانه به کشورهای ایران و ترکیه اختصاص دارد (فدائی و همکاران، ۱۳۹۳).


www.SID.ir

### ۵-۷- انرژی زمین گرمایی[1]

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 رادیو اکتیویته، توریم و پتاسیم در طی سالیان دراز در عمق زمین نشات گرفته است که عمدتاً در نواحی زلزله خیز و آتشفشانی جوان و صفحات تکتونیکی زمین متمرکز شده است (آذرم، ۱۳۹۵).

این منبع انرژی بر خلاف انرژی‌های تجدیدپذیر دیگر مانند خورشیدی، بادی، امواج و غیره، یک منشاء انرژی پیوسته می‌باشد؛ به عبارت دیگر، انرژی زمین گرمایی برخلاف سایر انرژی‌های تجدیدپذیر محدود به فصل، زمان و شرایط خاصی نبوده و بدون وقفه قابل بهره‌برداری می‌باشد، همچنین قیمت تمام شده برق در نیروگاه‌های زمین گرمایی با برق تولیدی از سایر نیروگاه‌های متعارف قابل رقابت بوده و حتی از انواع دیگر انرژی‌های نو به مراتب ارزان‌تر است (آذرم، ۱۳۹۵).

#### ۵-۷-۱- کاربرد انرژی زمین گرمایی

از زمان‌های دور، مردم از آب زمین گرمایی که آزادانه در سطح زمین به صورت چشمه‌های گرم جاری بودند، استفاده کرده‌اند. رومی‌ها برای مثال از این آب برای درمان امراض پوستی و چشمی بهره می‌گرفتند. در «پمپئی» برای گرم کردن خانه‌ها از آن استفاده می‌شد. بومی‌های آمریکا نیز از آب زمین گرمایی برای پختن و مصارف دارویی بهره می‌گرفتند. امروزه، با حفر چاه به درون مخازن زمین گرمایی، و مهار آب داغ و بخار، از آن برای تولید نیروی الکتریسیته در نیروگاه زمین گرمایی و یا مصارف دیگر بهره برداری می‌کنند (حسین زاده و افشار، ۱۳۸۵).

در نیروگاه زمین گرمایی، آب داغ و بخار خارج شده از مخازن زمین گرمایی، نیروی لازم برای چرخاندن ژنراتور توربین را فراهم می‌آورد و انرژی الکتریسیته تولید می‌کند. آب مورد استفاده، از طریق چاه‌های تزریق به مخزن برگشت داده می‌شود تا دوباره گرم شود و در عین حال، فشار مخزن حفظ، و تولید آب داغ و بخار تقویت شود و ثابت باقی بماند (حسین زاده و افشار، ۱۳۸۵).

#### ۵-۷-۲- مکان‌های مناسب برای بهره‌برداری از انرژی زمین گرمایی

مناطق دارای چشمه‌های آب گرم و آبفشان‌ها، اولین مناطقی هستند که در آن‌ها انرژی زمین گرمایی مورد بهره‌برداری قرار گرفته و توسعه یافته است. در حال حاضر، تقریبا تمام نیروی الکتریسیته حاصل از انرژی زمین گرمایی از چنین مکان‌هایی به دست می‌آید. در بعضی از مناطق، تزریق ماگما به درون پوسته‌ی زمین، به اندازه‌ی کافی جدید و هنوز خیلی داغ است. در این نواحی، درجه‌ی حرارت سنگ ممکن است به ۳۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد برسد و مقادیر عظیمی انرژی گرمایی فراهم کند. بنابراین، انرژی زمین گرمایی در مکان‌هایی که فرایندهای زمین شناسی 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 (حسین زاده و افشار، ۱۳۸۵):

۱. محل برخورد صفحات قاره‌ای و اقیانوسی (فرورانش)؛ مثلا حلقه‌ی آتش دور اقیانوس آرام.

۲.مراکز گسترش؛ محلی که صفحات قاره‌ای از هم دور می‌شوند، نظیر ایسلند و دره کافتی آفریقا .

۳. نقاط داغ زمین؛ نقاطی که ماگما را پیوسته از جبه به طرف سطح زمین می‌فرستند و ردیفی از آتشفشان را تشکیل می‌دهند. نظیر هاوایی.

#### ۵-۷-۳- چشم‌انداز آینده انرژی زمین گرمایی در ایران

همان گونه که در موارد کاربردهای انرژی زمین گرمایی مطرح شد، تولید برق یکی از کاربردی‌ترین موارد استفاده آن به شمار می‌رود. در کشورمان در مجاورت مخازن زمین گرمایی که بالای ۲۰۰ درجه سانتی گراد حرارت دارند می‌توان نیروگاه‌های تولید برق احداث کرد که هم آلودگی‌های زیست محیطی ندارند و هم توان برقی در مدار سراسری کشور را دو چندان می‌کنند. با توجه به رشد روز افزون جمعیت در کشور، تولید ۹۰ هزار مگاوات برق در سال ۲۰۲۰ اجتناب ناپذیر است که در حال حاضر ۹۸ درصد برق کشور از سوخت‌های بودن فسیلی تأمین می‌شود، حال آنکه محدودیت منابع سوخت فسیلی ضرورت بررسی و استفاده از انرژی زمین گرمایی را برای تولید برق در کشور بیش از پیش نمایان می‌سازد. با توجه به متکی بودن کشور به سوخت‌های فسیلی برای گرمایش شهرها، بررسی و احداث لوله‌های انتقال آب گرم از منابع زمین گرمایی و جایگزینی آن به جای سوخت‌های فسیلی، بسیار مقرون به صرفه است و سیاستگذاری‌های لازم را باید دولت انجام دهد. در بخش‌های دیگر مانند جذب گردشگر هم کشور ایران پتانسیل بسیار بالایی در زمینه چشمه‌های آب گرم دارد، زیرا در بیشتر مناطق ایران این چشمه‌ها قابل رؤیت هستند. در یک کلام، آینده استفاده از این انرژی در ایران با سرمایه گذاری‌ها و سیاست‌های درست، بسیار امیدوار کننده است (قدمی، ۱۳۹۲).

به طور کلی مزیت‌های انرژی زمین گرمایی را می‌توان به دو دسته کلی و کاربردی تقسیم بندی کرد که موارد زیر را در بر می‌گیرند (قدمی، ۱۳۹۲):

مزایای کلی: ۱. آلوده نکردن هوا؛ ۲.آلوده نکردن آب‌های زیرزمینی؛ ۳. نیاز نداشتن به زمین وسیع برای نصب تجهیزات بهره-برداری؛ ۴. تجدیدپذیر بودن و نامحدود بودن این انرژی.

[1] Geothermal energy



www.SID.ir

مزایای کاربردی: ۱. صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی؛ ۲. گستردگی موارد کاربرد؛ ۳. طولانی بودن زمان بهره-برداری؛ ۴. عدم وابستگی به شرایط جوی، ۵. سودآوری اقتصادی برای کشورها.

با توجه به مزایایی که در بالا ذکر شد با توسعه بیشتر فناوری استحصال و پتانسیل استفاده از انرژی زمین گرمایی در ایران، می‌توان آینده بسیار روشنی را برای آن در نظر گرفت. امیدواریم این انرژی نو بیش از پیش مورد توجه مسئولان کشور قرار گیرد.

## ۵-۸- انرژی زیست توده[1]

زیست توده یکی از منابع مهم انرژی‌های تجدیدشونده محسوب می‌شود و شامل جنگل‌ها، اجزاء گیاهان، برگ‌ها، موجودات زنده اقیانوس‌ها، زائدات حیوانی، پسماندهای شهری و غذایی و غیره می‌باشد. زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می‌باشد. منابع زیست توده که برای تولید انرژی مناسب هستند، عبارتند از: سوخت‌های چوبی، زائدات جامد شهری، فضولات دامی، فاضلاب‌های شهری (آذرم، ۱۳۹۵).

مکان عمده زیست توده در ایران عبارتند از : زائدات جامد کشاورزی، فضولات دامی، موارد زائد فساد پذیر شهری و فاضلاب-های شهری می‌باشند. بر مبنای پتانسیل نسبی آماری این منابع در ایران بسیارند. در شهر تهران روزانه ۶۵۰۰ تا ۷۰۰۰ تن زباله جمع‌آوری می‌شود که مواد غیر قابل بازیافت آن را در منطقه کهریزک دفن می‌کنند تا از تخمیر آن‌ها کود شیمیایی تولید شود. دفن زباله علاوه بر آلوده کردن هوای منطقه کهریزک، در اثر نفوذ زباله به اعماق خاک، آب‌های زیرزمینی را دچار آلودگی کرده است. در حالی که با راه‌اندازی یک نیروگاه زباله سوز می‌توان ضمن حل مشکل دفن زباله‌ها، حدود پنج مگاوات برق نیز تولید نمود (آذرم، ۱۳۹۵). انرژی زیست توده یا زیست توده یکی از انواع انرژی است که با توجه به فراوانی آن در کشورهای مختلف از آن به عنوان منبع سوخت استفاده می‌شود. زیست توده اصطلاحی است که مواد سلولزی مانند ضایعات کشاورزی، ضایعات خانگی (با منشاء سلولز)، ضایعات کاغذ و ضایعات جنگل‌ها را شامل می‌شود. با افزایش تقاضا برای انرژی و کاهش روزافزون منابع طبیعی برای تولید زیست توده، روش‌های افزایش بازدهی انرژی از این منبعی که در حال کاهش است ضروری به نظر می‌رسد (اوتادی و همکاران، ۱۳۹۱).

زیست توده بزرگ‌ترین منبع انرژی تجدیدپذیر در حال حاضر است که تقریبا ۱۱ درصد مصرف کل انرژی جهان را در بر می‌گیرد. مطالعات متعددی روی پتانسیل تولید زیست توده برای انرژی در سطح محلی، منطقه‌ای و جهانی انجام شده است. بسیاری از مطالعات برآورد کرده‌اند که استفاده از زیست توده برای تولید انرژی می‌تواند افزایش قابل ملاحظه‌ای نسبت به سطح موجود یابد (اوتادی و همکاران، ۱۳۹۱). مزایای استفاده از سوخت‌های زیستی عبارتند از (اوتادی و همکاران، ۱۳۹۱):

- سوخت‌های زیستی قابل تولید از منابع زیست توده معمولی هستند.
- این سوخت‌ها یک سیکل دی اکسید کربن در فرایند احتراق دارند و در نتیجه میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت کاهش می‌یابد.
- سوخت‌های زیستی دارای پتانسیل قابل توجه سازگاری با محیط زیست هستند و زیست تخریب‌پذیر می‌باشند.
- تولید این سوخت‌ها یک بازار جدید برای محصولات کشاورزی ایجاد می‌کند.
- با تولید این سوخت‌ها مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد.
- انواع متنوعی از سوخت‌ها قابل تولید از زیست توده هستند.

## نتیجه‌گیری

استفاده و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر مزایایی همچون بی‌نهایت بودن، پاک و تمیز بودن، تجدیدپذیر بودن، مقرون به صرفه، کاهش آلودگی هوا و همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای را به همراه دارد. در این تحقیق، انرژی‌های تجدیدپذیر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت و کلیات تحقیق صورت گرفته به شرح ذیل می‌باشد: ۱-انرژی خورشیدی به گرما و نور منتشر گردیده توسط خورشید می‌گویند. ۲-انرژی باد، انرژی حاصل از هوای متحرک می‌باشد. هنگامی که تابش خورشید به طور نامساوی به سطوح ناهموار زمین می‌رسد سبب ایجاد تغییرات دما و فشار می‌گردد و در اثر این تغییرات باد به وجود می‌آید. ۳-هیدروژن ($H_2$) از برخی مواد خام نظیر گاز طبیعی، زغال سنگ و آب بدست می‌آیند. هیدروژن گازی بی رنگ، بی بو و غیر سمی است، شعله‌های هیدروژن نامرئی و بدون دود هستند. ۴-امواج در اثر انتقال انرژی از باد به آب به وجود می‌آیند. انرژی موج دارای مزایایی مانند تجدیدپذیری، فراوانی انرژی، طبیعی بودن این انرژی، کاهش وابستگی به انرژی فسیلی، عدم آلودگی محیط زیست توسط آن، پایداری و سازگاری آن با محیط، قابلیت تمرکز بالا، قابلیت نصب تجهیزات، پراکندگی و فراوانی انرژی موج را دارا هستند. ۵-

[1] Biomass energy


www.SID.ir

انرژی جزر و مد در اثر جاذبه ماه و خورشید به هنگام گردش زمین به وجود می‌آید.۶-انرژی آبی یا هیدروپاور، انرژی هیدرولیکی است که می‌تواند انرژی جنبشی را به انرژی پتانسیل ذخیره کرده و با هدف تولید و تامین درصدی برقی از برق مصرفی کشور یا نتظیم شبکه در ساعات پیک مصرف با ساخت سد و ایجاد نیروگاه‌های آبی این نیاز را تامین کند.۷-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 رادیو اکتیویته، توریم و پتاسیم در طی سالیان دراز در عمق زمین نشات گرفته است که عمدتاً در نواحی زلزله خیز و آتشفشانی جوان و صفحات تکتونیکی زمین متمرکز شده است. ۸-زیست توده یکی از منابع مهم انرژی‌های تجدیدشونده محسوب می‌شود و شامل جنگل‌ها، اجزاء گیاهان، برگ‌ها، موجودات زنده اقیانوس‌ها، زائدات حیوانی، پسماندهای شهری و غذایی و غیره می‌باشد. زیست توده قابلیت تولید برق، حرارت، سوخت‌های مایع، سوخت‌های گازی و انواع کاربردهای مفید شیمیایی را دارا می‌باشد.

## منابع


- علوی، سید محمدرضا. دیبایی، حسن رضا. (۱۳۹۸)، انرژی گرمایی خورشیدی، سومین کنفرانس ملی ایده‌های نوین در فنی و مهندسی، رشت، ایران.
- تناکیان، ساناز. پیری صحراگرد، حسین. امیری، میثم. (۱۳۹۷)، اهمیت استفاده از انرژی باد دشت سیستان به عنوان انرژی نوین، دومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران.
- نیاجلیلی، مهدی. عابد، حسین. تاج بر پر شکوهی، هادی. (۱۳۹۳)، بررسی سرعت و قدرت باد برای بهره‌وری از این انرژی تجدید پذیر در شهرهای لاهیجان و بندرانزلی از استان گیلان، اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود.
- برهانی، فایزه. ورهرام، محمدهادی. کشاورز محمدیان، مهسا. یاوری، محمد علی. (۱۳۹۷)، استفاده بهینه از انرژی خورشیدی با تکیه بر گونه شناسی پنل‌ها مطالعه موردی: باغ کوهسار کرج، اولین همایش بررسی چالش‌ها و ارایه راهکارهای نوین مدیریت شهری.
- حاجی پور، خلیل. فروزان، نرجس. (۱۳۹۳)، بررسی تاثیر فرم شهر بر میزان مصرف انرژی عملکردی در بخش مسکونی (نمونه موردی: شهر شیراز)، نشریه هنرهای زیبا معماری و شهرسازی، دوره ۱۹ ، شماره ۴ ، صفحه ۲۶-۱۷
- حسنی، رضا. حسینی علی آباد، سید محمدرضا. کشاورز، مهدی. حمزه‌ای، فرید. جعفری‌پور، فرزاد. (۱۳۹۹)، مطالعه امکان سنجی استفاده از انرژی خورشیدی در استان سمنان، نشریه علمی پژوهش در علوم پایه و علوم مهندسی.
- حسینی علی آباد، سید محمدرضا. حسنی، رضا. کشاورز، مهدی. رشیدپور، محمدمعین. سرلک، حدیث. (۱۳۹۹)، بهره-برداری از انرژی خورشیدی در یک ساختمان مسکونی به منظور کاهش مصرف انرژی و آلایندگی زیست محیطی، اولین کنفرانس ملی بهینه‌سازی در انرژی‌های تجدیدپذیر، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول.
- فراهانی علوی، میلاد. حسینی علی آباد، سید محمدرضا. هارونی، محمد. اطهر، سید جاوید. (۱۳۹۸)، ارزیابی استفاده از انرژی باد در منازل مسکونی جهت کاهش مصرف انرژی، ششمین کنفرانس بین المللی مهندسی عمران، معماری و محیط زیست، استکهلم – سوئد.
- نیاجلیلی، مهدی. عابد، حسین. تاج بر پرشکوهی، هادی. (۱۳۹۳)، بررسی سرعت و قدرت باد برای بهره وری از این انرژی تجدید پذیر در شهرهای لاهیجان و بندر انزلی از استان گیلان، اولین کنفرانس ملی مهندسی برق دانشگاه آزاد اسلامی واحد لنگرود.
- رستمی، بهرام. فراهانی علوی، میلاد. حسینی علی آباد، سید محمدرضا. (۱۳۹۷)، تجزیه و تحلیل توسعه استفاده از سوخت سلولی جهت کاهش آلایندگی هوا در راستای پیشرفت تکنولوژی خودروها، همایش بین المللی افق‌های نوین در مهندسی برق، مکانیک و صنایع.
- عرب‌زاده، سمیرا. شمس الدینی، نرگس. پورفداکاری، سودابه. ملک‌نیا، هوشنگ. (۱۳۹۲)، انرژی هیدروژن و پیل‌های سوختی، دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان، دانشکده فنی شهید مفتح وابسته به دانشگاه فنی و حرفه ای.
- فدائی، یویان. فدائی، جاوید. فدائی، بابک. (۱۳۹۳)، ارزیابی انرژی آب و نیروگاه‌های برق آبی و نقش آن در تامین برق کشور، اولین همایش ملی مدیریت انرژی‌های نو و پاک، همدان – دانشکده شهید مفتح همدان.
- اسکندری شعبانی، شادی. مکی، سید وهاب الدین. (۱۳۹۵)، نیروگاه‌های برق آبی، سومین کنفرانس بین المللی علوم و مهندسی، موسسه مدیران ایده پرداز پایتخت ویرا، استانبول- کشور ترکیه.
- عرب‌زاده، سمیرا. شمس الدینی، نرگس. راه چمنی، مرضیه. گلمکانی، فائزه. (۱۳۹۲)، انرژی زمین گرمایی، دومین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان، دانشکده فنی شهید مفتح وابسته به دانشگاه فنی و حرفه ای.
- ناطق‌پور، رسول. اشجاری، محمدعلی. انرژی زمین گرمایی جهت تولید برق، گرمایش و سرمایش، اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان.
- ایزدیاری، آزاده. (۱۳۹۲)، زیست توده (بیومس) انرژی تجدید پذیر برتر در مدیریت پایدار، دومین کنفرانس بین المللی مدیریت پسماند بازیافت و بیومس، موسسه خدمات مدیریت سیماتین، دانشکده مدیریت دانشگاه تهران، تهران.




www.SID.ir

- امیلیان، افسانه. عباسپور فرد، محمدحسین. آق خانی، محمدحسین. عدالت، محمدحسین. (۱۳۹۲)، ارزیابی پتانسیل منابع زیست توده در استان خراسان رضوی به منظور تولید زیست انرژی، مجله محیط شناسی، دوره ۳۹، صفحه ۸۲-۷۳
- علاسوند، گلبانو. کنعان، شیماء. (۱۳۹۲)، انرژی امواج دریا، روش های استحصال آن و تاثیر آن بر محیط زیست، اولین همایش سراسری محیط زیست، انرژی و پدافند زیستی، گروه ترویجی دوستداران محیط زیست – موسسه آموزش عالی مهر اروند با همکاری دانشگاه آزاد میبد و قرارگاه پدافند زیستی کشور.
- کتابداری، محمدجواد. (۱۳۸۶)، امکان سنجی جذب انرژی از امواج در آبهای دریاهای ایران، همایش ملی فناوری و صنعت دریایی کشور، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- ترابی آزاد، مسعود. مهرفر، حسام الدین. رئیسی، امین. (۱۳۹۸)، مطالعه و بررسی استحصال انرژی جزر و مد در بندر امام خمینی، دومین کنفرانس بین المللی انرژی اکو، فدراسیون صادرات انرژی و صنایع وابسته – سازمان همکاری اقتصادی اکو – انجمن علمی انرژی – انجمن علمی سوخت‌های زیستی ایران، تهران.
- دادجو، میلاد. نوری، یاشار. سیدین، هاتف. یوسفی، سلمان. (۱۳۹۶)، طراحی و ساخت نیروگاه توسط انرژی موج تولیدی توسط جزر و مد آب‌های سطح زمین، پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی برق و کامپیوتر با تاکید بر دانش بومی، موسسه آموزش عالی مقدس اردبیلی، تهران.
- ملک‌زاده، شاهرخ. محمدجواد، امیری. (۱۳۹۷)، انرژی خورشیدی و چشم انداز آینده آن، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت شهری نوین، تهران.
- مسائلی، نوید. (۱۳۹۷). نقش آبگرمکن خورشیدی در بهینه‌سازی مصرف انرژی ساختمان، سومین کنفرانس بین المللی مهندسی.
- توکلیان، علی. ارشاد، اردلان. (۱۳۹۷)، هوشمند سازی ساختمان‌های با بهره‌گیری از انرژی بادی، کنگره بین المللی علوم مهندسی و توسعه شهری پایدار، دانمارک – کپنهاگ.
- نظری، فتاح. کشوری، علی. رضایی، سجاد. صفری، مرزبان. (۱۳۹۲)، بررسی انرژی‌های نو، پاک و تجدید پذیر و اهمیت استفاده از آن‌ها، اولین همایش ملی انرژی‌های نو و پاک، شرکت هم اندیشان محیط زیست فردا، همدان.
- انرژی و محیط زیست، توربین بادی، https://www.zoomit.ir
- نوری کزج، کامران. افشین مهر، وحید. (۱۳۹۷)، نحوه تامین انرژی پایدار از طریق توربین بادی در ساختمان‌ها، کنفرانس ملی تحقیقات بنیادین در عمران، معماری و شهرسازی، موسسه آموزش عالی اوج، تهران.
- نورپور، علیرضا. آقاخانی، احمد. (۱۳۹۴)، تکنولوژی مولد قدرت، شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران (سهامی خاص)، چاپ چهارم، صفحه ۸۲-۸۱
- افشاری، ابراهیم. (۱۳۹۳)، سیستم میکرو تولید همزمان توان و گرما (mCHP) با پیل سوختی، دو فصلنامه انرژی‌های تجدیدپذیر و نو، سال اول، شماره۱، بهار.
- عباسیان، گیلدا. (۱۳۹۱)، بررسی و امکان سنجی استحصال توان موج در آبهای شمال و جنوب ایران، دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، تهران.
- کتابداری، محمدجواد. سلیمانی، کاوه. (۱۳۹۴)، انواع روشهای استحصال انرژی از موج و جزر و مد و پیامدهای آنها بر محیط زیست دریا، ششمین همایش بین المللی صنایع فراساحل، دانشگاه صنعتی شریف، تهران.
- فرزین پور، پرویز. دشتی، رحمن. دشتی، رضا. (۱۳۸۶)، امکان سنجی استفاده از انرژی جزر و مد دریا در استان بوشهر، کنفرانس سراسری بهینه سازی مصرف انرژی، انجمن مهندسین برق و الکترونیک ایران (شاخه خراسان)، مشهد.
- فدائی، یویان. فدائی، جاوید. فدائی، بابک. (۱۳۹۳)، ارزیابی انرژی آب و نیروگاه های برق آبی ونقش آن درتامین برق کشور، اولین همایش ملی مدیریت انرژی های نو و پاک، همدان – دانشکده شهید مفتح همدان
- آذرم، برهان. (۱۳۹۵)، انرژی‌های تجدیدپذیر و ضرورت توسعه آن بمنظور کاهش آلودگی محیط زیست، نشریه مطالعات علوم کاربردی در مهندسی، دوره۲، شماره۴، صفحات ۶۰-۶۹
- حسین زاده، محمدمهدی. افشار، راحله. (۱۳۸۵)، انرژی زمین گرمایی، کاربردها و مزیت‌های آن در ایران، نشریه آموزش و رشد زمین شناسی، شماره۴۵، صفحات ۳۵-۳۹
- قدمی، میثم. (۱۳۹۲)، انرژی زمین گرمایی و چشم انداز ان در ایران، نشریه آموزش و رشد زمین شناسی، شماره۷۵، صفحات ۵۲-۴۸
- اوتادی، نسرین. احمدیور، امین. یوسفی، محمد. (۱۳۹۱)، بررسی روش‌های تولید انرژی از زیست توده، سومین همایش بیوانرژی ایران (بیوماس و بیوگاز)، هم اندیشان انرژی کیمیا، تهران.
- Sciarretta, M. Back, L. Guzzella, (2004), "Optimal Control of Parallel Hybrid Electric Vehicle", IEEE Transaction on Control System Technology.
- Görig M, Brever C. (2016). Energy learning curves of PV systems. Environ. Prog. Sus Energy 2016;35(3):914– 23.
- Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A. A., & Kim, K. H. (2018). Solar energy: potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82, 894-900
- Machol, B., & Rizk, S. (2013). Economic value of US fossil fuel electricity health impacts. Environment international, 52, 75-80



www.SID.ir

www.SID.ir