

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



**توربین‌های بادی و  
ذخیره‌کننده‌های  
انرژی**

سرشناسه	: قنبری، محمد، ۱۳۶۶ آذر -
عنوان و نام پدیدآور	: توربین‌های بادی و ذخیره‌کننده‌های انرژی/محمد قنبری.
مشخصات نشر	: شیراز: گنج علم، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۱۰۶ ص: مصور، جدول؛ ۱۴/۵×۲۱/۵س.م.
شابک	: 978-600-98379-5-3: ۱۹۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: توربین‌های بادی
موضوع	: Wind turbines
موضوع	: انرژی‌های پایان‌ناپذیر
موضوع	: Renewable energy sources
موضوع	: انرژی بادی
موضوع	: Wind power
موضوع	: انرژی -- صرفه‌جویی
موضوع	: Energy conservation
رده بندی کنگره	: TJ۱۳۹۶۸۲۸ت۹ق/
رده بندی دیویی	: ۳۱۲۱۳۶/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۰۸۶۴۳۲

# توربین‌های بادی و ذخیره‌کننده‌های انرژی

---

مهندس محمد قنبری

---



نام کتاب: توریین های بادی و ذخیره کننده های انرژی  
ناشر: گنج علم  
چاپ اول: زمستان ۱۳۹۶  
ویراستار: سعید طاووسی  
صفحه آرا: گلنوش بروسان  
طراح جلد: مریم مظفری  
شمارگان: ۱۰۰۰ نسخه  
شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۸۳۷۹-۵-۳  
ISBN: 978-600-98379-5-3  
قیمت: ۱۹۰۰۰ تومان

آدرس: شیراز، پارامونت، ابتدای خ قصر دشت، کوچه ۱، پلاک ۱

انتشارات گنج علم

تلفن: ۰۷۱۳۲۳۰۴۰۱۷

آدرس سایت: [www.gpub.ir](http://www.gpub.ir)

ایمیل: [Ganjelpub@gmail.com](mailto:Ganjelpub@gmail.com)

«کلیه ی حقوق چاپ و نشر محفوظ و متعلق به ناشر است.»

این اثر، مشمول قانون حمایت مولفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است. هر کسی تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مولف (ناشر) نشر یا بخش و عرضه کند، مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

## فهرست فصول و مندرجات آنها

### فصل اول

۱	مروری بر انرژی های تجدید پذیر
۱	مقدمه
۴	پدیده گرمایش کره زمین
۵	انواع انرژی های تجدید پذیر
۵	انرژی خورشیدی
۹	استفاده از انرژی حرارتی خورشید
۱۱	انرژی باد
۱۳	انرژی هسته ای
۱۶	استخراج اورانیوم
۱۷	آسیاب کردن اورانیوم
۱۸	تبدیل و تغییر
۱۹	مزایای استفاده از انرژی هسته ای
۲۳	برتری انرژی هسته ای بر سایر انرژیها
۲۳	پزشکی هسته ای
۲۵	انرژی زمین-گرمایی
۲۷	مزیتها و معایب
۲۸	تاریخچه انرژی زمین گرمایی در ایران
۳۰	تاریخچه انرژی زمین گرمایی در جهان
۳۲	منابع انرژی زمین گرمایی
۳۶	استفاده مستقیم از انرژی زمین گرمایی در ایران
۳۶	انرژی اقیانوسی
۳۷	انرژی سوخته های گیاهی

## فصل دوم

۳۹	_____	<b>توربین‌های بادی و ساختار آن</b>
۳۹	_____	انرژی باد
۴۲	_____	توربین بادی
۴۶	_____	چگالی انرژی بادی
۵۱	_____	ساختار توربین‌های بادی
۵۹	_____	شرایط راه اندازی و تولید
۶۱	_____	ضریب ظرفیت
۶۳	_____	محدویت های ادواری و نفوذ
۶۶	_____	انتشار زیست محیطی

## فصل سوم

۶۹	_____	<b>ذخیره‌کننده‌های انرژی در توربین‌های بادی</b>
۷۴	_____	انواع سیستم های ذخیره انرژی

## فصل چهارم

۸۵	_____	<b>قابلیت‌های مهم ذخیره‌کننده‌های انرژی</b>
۹۰	_____	ذخیره گاه های حرارتی
۹۱	_____	ذخیره ی انرژی در ابرخازن
۹۲	_____	ذخیره سازی انرژی با چرخ طیار
۹۳	_____	ذخیره سازی انرژی با ابر رسانا
۹۵	_____	<b>نتیجه گیری</b>



## فصل اول

### مروری بر انرژی های تجدید پذیر

#### مقدمه

امروزه استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر که شامل انرژیهای خورشیدی، باد، انرژی زیست توده، زمین گرمایی و انرژی هسته‌ای است به یک نیاز جدی برای بشر تبدیل شده است. البته انرژی هسته‌ای جزء انرژیهای تجدید پذیر نمی باشد.

دلایل استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر را می توان در پتانسیل بالا، محدودیت منابع فسیلی، تنوع در تولید، آلودگی محیط زیست ناشی از سوختن مواد فسیلی، گرم شدن هوا بر شمرد.

بر اساس آمار و بررسی های سازمان بین المللی انرژی (IEA) بیش از نیمی از ذخایر انرژی جهان از زمان انقلاب صنعتی تا کنون در دو دهه اخیر مصرف شده است پس نیاز به انرژی های نو از ضروریات می باشد.

از عمده‌ترین مزایای انرژیهای تجدیدپذیر پایدار بودن آنهاست. نیروگاههای تجدیدپذیر به دلیل نداشتن قطعات متحرک زیاد عموماً به تعمیر و نگهداری کمتری نسبت به ژنراتورهای معمولی نیازمندند، سوخت آنها از طبیعت گرفته می‌شود و منابع موجود هزینه‌های عملیاتی را کاهش می‌دهند.

سرمایه‌گذاری در راستای انرژیهای نو و پاک، درآمد و سود مالی زیادی را برای سرمایه‌گذاران به خصوص در منطقه خاورمیانه به ارمغان آورده است و می‌تواند فرصت شغلی مناسبی را ایجاد نماید. لذا چشم‌انداز انرژیهای نو در نسل‌های پیش‌رو علاوه بر استفاده از نعمتهای خداوند فرصتهای مناسبی را پیش‌روی بشر و آیندگان و همچنین حفظ محیط زیست دارد.

بشر از دیرباز با بکارگیری انرژیهای فراوان و در دسترس طبیعت، در پی گشودن دریچه‌ای تازه به روی خویش بود تا از این رهگذار، بتواند افزون‌تر بر آسانتر کردن کارها، فعالیتهای خود را با کمترین هزینه و بالاترین سرعت به انجام رساند و گامی برای آسایش بیشتر بردارد.

نخستین انرژی بکاررفته توسط بشر، انرژی خورشید بود. انسان از نور و گرمای آفتاب بهره‌های فراوان می‌برد؛ تا آنجا که این انرژی جزئی جدایی‌ناپذیر از فرآیند برخی صنایع گشته و حتی امروزه نیز جایگاه خود را از دست نداده است.

مردمانی که به جریانهای آزاد آب دسترسی داشتند یا در سرزمینهای بادخیز می زیستند، از این انرژی حرکتی استفاده می کردند و با تبدیل و مهار آن، بر توان خویش جهت انجام کارهای بزرگتر و دشوارتر، می افزودند. انرژی دیگری که در گذشته با آن آشنا بوده، از آن یاری می جستند، انرژی گرمایی زمین بود. انسانهای ساکن نواحی آتشفشانی، آگاهانه یا ناخودآگاه، با بهر بردن از ویژگیهای درمانی-گرمایی چشمه های آبگرم، بنوعی این انرژی را بکار می بستند. با افزایش جمعیت و گسترش و پراکندگی آن و نیز همگام با نیاز روزافزون به انرژیهای جدید و کارآمدتر با بازده بیشتر، کم کم بشر سوختهای فسیلی را کشف کرد و آن را منبعی پایان ناپذیر یافت که نویدبخش آینده ای روشن بود.

وابستگی انسان به سوختهای فسیلی، روزبروز بیشتر می شد و با پیشرفت علم و فناوری و ساخت ماشینها و ابزارهای گوناگون و بویژه با رخ دادن انقلاب صنعتی، بکارگیری سوختهای فسیلی به اوج خود رسید؛ اما در کنار این پیشرفتها، بشر دریافت که گذشته از محدود بودن انرژی فسیلی، بهره گیری از این انرژی نیز چندان بدون هزینه نخواهد بود و دیری نپایید که پیامدهای ناشی از سوزاندن سوختهای فسیلی، خود به چالشی تازه برای جوامع انجامید.

برای نمونه مصرف کنونی نفت، حدود ده میلیارد تن در سال است که بیش از این نیز خواهد شد و با این که ذغالسنگ از ابتدایی ترین

سوخته‌های فسیلی است، امروزه هنوز ۴۰٪ انرژی الکتریکی جهان و ۵۶٪ برق آمریکا، از سوختن ذغال سنگ در جو بدست می‌آید و سالانه چندین میلیون تن گازهای خطرناک در جو زمین رها می‌شود. امروزه عوامل بسیاری از جمله گسترش فزاینده‌ی نیاز به انرژی، محدودیت منابع فسیلی، فاجعه‌ی آلودگی زیست محیطی ناشی از سوخت مواد فسیلی، گرم شدن هوا و اثر گلخانه‌ای، لزوم تعادل پخش گازهای آلاینده و بسیاری از دیگر عوامل، سبب رویکرد علم به انرژی‌های تجدیدپذیر طبیعی شده؛ با این تفاوت که پیشرفت علم و فناوری، فصلی تازه در بکارگیری و تبدیل و مهار این انرژی‌ها گشوده است.

### **پدیده گرمایش کره زمین**

پدیده گرمایش گلخانه‌ای را می‌توان مهمترین مشکل حاد زیست محیطی در کره زمین دانست. بر اساس برآورد موسسه تحقیقات زیست محیطی استکهلم سوئد افزایش درجه حرارتی معادل ۲٪ بیشتر از حد کنونی می‌تواند منجر به یک خطر جدی در زمین شود که این خطر بیشتر از جانب ذوب یخ‌های قطبی و بالا آمدن سطح آب اقیانوس و به زیر آب رفتن خشکی‌ها می‌باشد و همچنین این گرما باعث خشکسالی و از بین رفتن سفره‌های آب زیر زمینی خواهد شد.

## انواع انرژی های تجدید پذیر

### انرژی خورشیدی (Solar Energy)

خورشید ستاره ای است از ستارگان رشته اصلی که پنج میلیارد سال از عمر آن میگذرد. این ستاره کروی شکل بوده و وسعت آن  $1/4$  میلیون کیلومتر میباشد و تقریباً  $98\%$  از جرم منظومه شمسی را تشکیل داده است.  $10^9$  عدد زمین نیاز می باشد تا در کنار هم به دور قرص خورشید قرار گیرند. در درون آن نیز می توان  $1300000$  زمین دیگر جای داد.

جرم آن  $7$  برابر جرم یک ستاره معمولی بوده و  $750$  برابر جرم تمام سیاراتی است که به دور آن می چرخند. جرم خورشید را  $333$  هزار برابر وزن زمین می توان در نظر گرفت. در هر ثانیه  $2/4$  میلیون تن از جرم خورشید به انرژی تبدیل می شود. خورشید از گازهایی نظیر هیدروژن ( $8/1$ )، هلیوم ( $3/3$ )، و  $3/3$  عنصرهای دیگر که مهمترین آنها اکسیژن، کربن، نئون و نیتروژن است تشکیل شده است. میزان دما در مرکز خورشید  $15$  میلیون درجه سانتی گراد میباشد.

فاصله خورشید از زمین  $150$  میلیون کیلومتر می باشد و  $8$  دقیقه و  $18$  ثانیه طول می کشد تا نور خورشید به زمین برسد. چگالی مرکز خورشید  $160$  برابر آب می باشد.

انرژی خورشید شامل طیف وسیعی از امواج رادیویی را شامل می‌شود که قوی‌ترین آن اشعه گاما با طول موج ۱ میلیارد متر می‌باشد.

منشا تمام انرژی‌های فسیلی ذخیره شده در زمین، انرژی باد، امواج دریا و بقیه شکل‌های انرژی از انرژی دریافتی از خورشید می‌باشد. ۲ میلیون سال طول می‌کشد تا انرژی تولید شده در مرکز خورشید به سطح آن برسد و به صورت نور و گرما تابش کند. حرکت وضعی خورشید باعث ایجاد میدان مغناطیسی می‌شود.

در مناطق استوایی خورشید سریعتر از مناطق قطبی چرخیده و این امر باعث می‌شود که خطوط میدان مغناطیسی درون لکه‌های خورشید حلقه بزنند. این خطوط در صورت خروج از سطح خورشید باعث فعالیت‌های خورشیدی نظیر لکه‌های خورشیدی، شعله‌ها و زبانه‌های خورشیدی می‌شود.

این فعالیت‌ها به خصوص لکه‌های خورشیدی چرخه ۱۱ ساله دارند.

امروزه شش شیوه‌ی تولید برق از نور خورشید شناخته شده است که عبارت‌اند از: آئینه‌ی سهمی‌گون، دریافت‌کننده‌ی مرکزی، آئینه‌های شلجمی (بشقابی یا استرلینگ)، دودکش خورشیدی، استخر خورشیدی و سلول‌های نوری (فتوولتاییک).

اما امروزه انرژی خورشیدی را بیشتر با بکارگیری سلولهای خورشیدی یا راه اندازی نیروگاههای حرارتی، مهار می‌کنند. فراگیر ساختن روشهای دیگر نیز در دست بررسی است. صحرای نوادا در آمریکا- که زمانی محل آزمایشهای هسته‌ای بود - اینک به بزرگترین آزمایشگاه خورشیدی جهان تبدیل شده است و بانک جهانی نیز از مدتها پیش تحت فشار است تا طرح بهره‌گیری از انرژی خورشیدی و دیگر طرحهای سازگار با محیط زیست را زیر پوشش مالی قرار دهد.

نیروگاههای خورشیدی با هزینه ای بسیار کم، بدون تولید گازهای مخرب و بدون اشغال فضاهای مفید، بزودی جایگزینی کامل برای نیروگاههای سوخت فسیلی خواهند بود.

کشور ما ایران، بر کمر بند خورشیدی زمین قرار دارد و یک چهارم مساحت آن را کویرهایی با شدت تابش بیش از ۵ کیلووات ساعت بر متر مربع، پوشانده است که اگر ۱٪ این مساحت، برای ساخت نیروگاه خورشیدی با بازده ۱۰٪ بکار رود، توان تولید برق بدست آمده، از ۷ برابر میزان تولید ناخالص برق همهی نیروگاههای کشور در سال ۱۳۷۶ (۹ میلیون مگاوات ساعت) بیشتر خواهد بود. در این بخش،

فعالتهایی در کشور انجام شده است که عبارت اند از :

- ✓ هوا گرم‌کن‌های خورشیدی و مجموعه های ذخیره کردن و خشک کردن خورشیدی
- ✓ آبرگرم‌کن‌های خورشیدی و حمام خورشیدی