

عنوان مقاله :

طراحی حامل های انرژی در پهنه های اقلیمی ایران

:- (- کارشناس هواشناسی کاربردی و تحقیقات اقلیمی)

محمد باقر بهیار (دکتری کشاورزی - مدیرکل هواشناسی استان اصفهان)

نشانی محل کار : اصفهان - خ بزرگمهر - خ ۲۲ بهمن - پارک اداری امیر کبیر - اداره کل هواشناسی استان اصفهان -

صندوق پستی ۳۶۳-۸۱۶۴۵

تلفن : ۲۰ و ۱۹ و ۲۶۷۶۲۱۸ - ۰۳۱۱

چکیده:

جمعیت جهان رو به افزایش است و متعاقباً مصرف انرژی نیز رو به افزایش می باشد. این امر ضرورت تأمین منابع انرژی پاک، تجدیدپذیر و اقتصادی را ایجاد می کند. طبیعت خود منبع نامحدود انرژی است ولی در نحوه استحصال انرژی از آن حفظ محیط زیست ضروری می باشد. انرژی استحصال شده از باد و خورشید قابل رقابت با سوخت های فسیلی می باشد، توربین های بادی به آسانی در هر جایی که ضرورت دارد می تواند نصب شود. نیروی باد، اجرام زنده و انرژی زمین گرمایی توانایی قابلی در تولید الکتریسیته برای سیستم های شبکه ای و ریز شبکه ای دارند و بسیاری از کشورهای در حال توسعه هم اکنون از این طریق انرژی مصرفی خود را استحصال می نمایند. در کاربری های خانگی و مشاغل کوچک فن آوری پیل فتوولتائیک نیز بخشی از نیاز مصرف و ذخیره انرژی را فراهم می نماید. در مصارف کشاورزی و خانگی و سیستم های خنک کننده از نیروی فشار آب می توان استفاده کرد. این نمودهای انرژی های تجدیدپذیر هم اکنون در بسیاری از کشورهای در حال توسعه مورد استفاده می باشد که سهم قابل توجهی در حمایت از محیط زیست دارند. سیستم های ریز شبکه ای ترکیبی باد و فتوولتائیک و ژنراتورهای هیدروالکتریک می توانند انرژی تهیه نمایند و توان ذخیره آنرا هم دارند و می توانند جایگزین ژنراتورهای دیزل در کاربرد ریز شبکه ای در روستاها باشند. در اقلیم هایی که ساعات ابرناکی زیادی دارند استفاده از ترکیب پیل فتوولتائیک و انرژی بادی نتایج مناسب تری دارد. البته فن آوری پیل فتوولتائیک برای مصارف گرمایی مثل آشپزی مناسب نبوده در حالی که فن آوری های دیگر این توانایی را دارند. منابع سوخت اجرام زنده، منابع آبی و باد توان تولید الکتریسیته کمتری نسبت به پیل فتوولتائیک دارند.

ترکیه و ایران در خاور میانه پیشگام در کاربرد انرژی های تجدیدپذیر هستند. الکتریسیته تولید شده از نیروگاه آبی برای ۷٪ نیروگاه های نصب شده در ایران حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاوات محاسبه شده است. طرح هایی برای منابع تولید الکتریسیته مکمل با باد یا انرژی خورشیدی یا الکتریسیته آبی در دست تهیه است.

کلید واژه: انرژی باد، انرژی خورشید، الکتریسیته آبی، انرژی جذر و مد

۱- مقدمه

انسان بدوی همواره نیازهای انرژی خود را از محیط پیرامونش کسب نموده و ابزارهای مورد نیازش را از مواد موجود در محیط اطرافش تهیه می نمود. این امر وابستگی کامل انسان اولیه به اقلیم را تعیین می کرد. طراحی ساختمان ها از نظر ارتفاع، نوع سقف، شکل پنجره و نوع مصالح مصرف شده در ساختمان منطبق با اقلیم همان منطقه بود. هنوز هم با دیدن تصویری از یک خانه قدیمی به نوع اقلیم آن منطقه می توان پی برد. با توسعه صنعت و فن آوری نوعی سطحی نگری در مردم جهان ظاهر شد به گونه ای که در طراحی ساختمان فقط به زیبایی ظاهری و نوع کاربری آن توجه می شود. برای مثال نقشه ساختمانی که در آمریکا ساخته شده با همان دقت و جزئیات در ایران یا هر کشور دیگری ساخته می شود بدون اینکه هیچ تغییر یا اصلاحی از جنبه پارامترهای اقلیمی در آن صورت گیرد. ساخت و ساز بدون توجه به پارامترهای اقلیمی سبب برخی هزینه های اضافی در ساختمان است. چراکه اتلاف انرژی در جهت گرمایش یا سرمایش ساختمان و پرت انرژی از عوامل بسیار مهم است.

همان گونه که ذکر گردید طراحی ساختمان می بایست با توجه به اقلیم منطقه باشد و تعیین اقلیم هر منطقه مستلزم مطالعه آماری پارامترهای هواشناسی و شناخت آب و هوای غالب منطقه است. در کشور ما به علت گستردگی و تنوع آب و هوایی پتانسیل کاربرد چندین نوع انرژی به صورت همزمان و یا غیر همزمان وجود دارد. مثلاً در بیشتر مناطق کشور ما از منابع انرژی بادی، انرژی خورشیدی، انرژی آبی، و انرژی جزر و مد و..... به صورت همزمان یا غیر همزمان می توان استفاده کرد ولی این امر مستلزم مطالعات زیربنایی و پایه در هر منطقه می باشد.

۲- چرخش عمومی جو در عرض های میانی

اختلاف تابش بین مناطق قطبی و استوایی سبب ایجاد انرژی و گرادیان فشار بین این مناطق است. گرادیان دما بین هوای سرد قطبی و هوای گرم مناطق حاره در یک نوار باریکی متمرکز شده که حد فاصل عرض جغرافیایی ۵۵ - ۳۵ درجه شمالی و جنوبی می باشد. این مناطق که تفاوت های دمایی نسبتاً بالایی دارند، ناحیه جبهه جهانی نامیده می شوند. تحت شرایط معین، تضاد دمایی بین گرمای حاره ای و سرمای قطبی می تواند در طول چند صد کیلومتر در درون این ناحیه متمرکز باشد. یک جبهه قطبی وقتی تشکیل می شود که هوای سرد در درون آن به طرف استوا جاری شود و هوای گرم به سمت قطبین جاری شود. این عمل به شکل خطوط موازی با عرض های جغرافیایی صورت نگرفته بلکه به شکل موج می باشد. سیکلون های حاره ای هنگامی تشکیل می شوند که توسط جریانات غرب سو، جریانات شرق سو را حمل کنند.

۳- تاریخچه استفاده از انرژی باد

شواهدی دال بر تبدیل انرژی باد و استحصال انرژی از آن از بدو تاریخ وجود داشته و از حدود ۵۰۰۰ سال قبل از میلاد از انرژی باد جهت حرکت کشتی در رود نیل استفاده می شده است. در چین برای به جریان انداختن آب از آسیاب بادی و در برخی مناطق خاورمیانه نیز برای آبیاری زمین های زراعی از همین وسیله استفاده می شده است (۱۰۰ تا ۲۰۰ سال قبل از میلاد مسیح). با گذر زمان استحصال انرژی از باد به مدیترانه انتقال یافت و در قرن یازدهم میلادی توسط بازرگانان و سربازانی که از جنگ های صلیبی به اروپا بازگشتند این فن آوری به اروپا معرفی گردید و در طول سال های بعدی به ویژه در هلند به پیشرفت زیادی نایل آمد تا جایی که در آغاز قرن بیستم میلیون ها ماشین در جهان توسط انرژی باد به کار انداخته شد. با وجود اختراع موتورهای بخار و موتورهای احتراقی که تدریجاً جایگزین ابزارهای بادی شدند هنوز هم استفاده از انرژی سیستم های بادی در طول هزاران سال در رقابت با دیگر ابزارهای تولید انرژی تداوم داشته و امروزه با کمک فن آوری نوین تلاش می شود که ماشین تبدیل انرژی بباد در گستره وسیعی از چندصد وات تا چندین مگاوات انرژی تولید کنند. گرچه در خاورمیانه و آفریقا منابع تجدید شونده انرژی در برابر منابع نیروی مورد استفاده فعلی ناچیز به نظر می رسد ولی افزایش روزافزون صنعت و نیاز انرژی جهان را به سوی کاربرد منابع متناوب انرژی سوق می دهد. ترکیه و ایران در خاور میانه پیشگام در کاربرد انرژی تجدیدپذیر هستند. ۴۵٪ از نیروگاه های نصب شده در ترکیه ۱۰۰۰۰ تا ۲۳۰۰۰ مگاوات الکتریسیته آبی تولید می کنند در ایران ۷٪ نیروگاه های نصب شده حدود ۲۰۰۰ تا ۳۰۰۰ مگاوات انرژی تولید می کنند. ترکیه طرح های توسعه انرژی جاه طلبانه دارد که شامل تولید ۱۲۰۰ مگاوات در طرح ILISU و ۳۲ بیلیون در طرح آبی آنا تولی که با تکمیل ۲۲ مرداب و ۱۹ دشت هیدروالکترونیک امکان پذیر است. در نزدیکی ازمیر و غرب استانبول دو سایت نیروگاه بادی ترکیبی ظرفیت ۹۰ مگاوات را دارند. در خاور میانه اردن پیشگام در احداث نیروگاه ترکیبی خورشیدی می باشد و انتظار می رود که تا حدود ۱۵۰ مگاوات برق تولید کند. در خاورمیانه و آفریقا نیروگاه های تولید الکتریسیته از منابع تجدید شونده به سرعت در حال افزایش است و انتظار می رود تا سال ۲۰۲۰ به ۲,۴ برابر برسد.

۴- باد به عنوان یک منبع انرژی

باد هوای در حال حرکت می باشد. سرعت حرکت افقی باد اغلب بیش از سرعت عمودی آن است. انرژی کلی جو به شکل انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل می باشد، انرژی جنبشی بخش کوچکی از انرژی پتانسیل می باشد. فرآیند تبدیل انرژی پتانسیل جو به انرژی جنبشی سبب تولید باد می باشد که در اصل توسط اعمال نیروهای فشار صورت می گیرد. البته منشأ اصلی انرژی خورشید است اما همه بخش های کره زمین از این تابش خورشیدی یکسان بهره مند نمی شوند. برای برقراری توازن انرژی می بایست گرما از جنوب به شمال منتقل شود و این انتقال گرماتوسط چرخش های بزرگ مقیاس جوی صورت می گیرد. از این نقطه نظراتمسفر به عنوان یک موتور عظیم گرمایی در نظر گرفته می شود که توسط تشعشع خورشیدی و فشار انرژی را از سمت جنوب به شمال می راند. جریانات اقیانوسی به طور طبیعی سی درصد گرمای مورد نیاز را به سمت شمال جا به جا می کنند. اقیانوس ها و زوج اقیانوس - جو کلید درک کل سیستم اقلیمی زمین هستند. البته بادهای کوچک مقیاس و سیستم های آب و هوایی کوچکی وجود دارند که نقشی در گردش عمومی جو ندارند و ناشی از فاکتورهای محلی می باشند، مثلاً تضاد حرارتی بین دریا و خشکی سبب ایجاد نسیم بین این دو است و وجود جریانات قوی در ابر های تندری سبب بروز ترنادو است.

۵- مقیاس های زمانی و

مکانی

بادها در مقیاس زمانی و مکانی مختلف وجود دارند. یک مکان ویژه از انواع متفاوت حرکات جوی متأثر می شود که هر یک میزان خاصی انرژی ایجاد می کنند. بالاترین میزان انرژی ناشی از پریودهای ۱۰۰ ساعته است که چهار تا پنج روز تداوم دارند این پیک ناشی از حرکت سیستم های بزرگ مقیاس غربی در عرض های بالا و پائین است. حرکات ناگهانی باد در نزدیکی سطح زمین موجب اغتشاش هوا یا وزش بادگاستی می شوند و حداکثر ۲ تا ۳ دقیقه تداوم دارند و اگر این حرکات دوره ای ده تا پانزده ساعت طول بکشد انرژی قابل ملاحظه ای را آزاد می کند. در پریودهای یک تا چهار ساعته که انرژی بسیار کمی آزاد می شود شکاف طیف نیرو داریم که متناظر با حضور سیستم های جوی مقاومی است که در این بازه زمانی ظاهر می شوند. این شکاف در مقیاس زمانی متوسط و در مقیاس مکانی ده تا صد کیلومتر ظاهر می شود. اغلب طوفان های تندی یک انرژی قابل ملاحظه را در دامنه زمانی وسیع تری ایجاد می کنند. استفاده از منابع ترکیبی مثلاً ترکیب شبکه بادی و پیل فتوولتائیک برای پریودهای ابری و بارانی مفید است.

۶- تعیین منابع باد

برای تعیین محل مناسب جهت استقرار سایت می بایست داده های کافی در زمینه آستانه های باد، سمت و سرعت باد، میانگین سالانه فراوانی وقوع و تداوم آن فراهم گردد، تحلیل های آماری روی این داده ها صورت گیرد و پروفایل باد در منطقه ترسیم گردد. در هر اقلیمی می بایست زمان مصرف حداکثر و حداقل انرژی - نوع کاربری آن و متوسط میزان مصرف انرژی تعیین شود. برای اقلیم نسبتاً گرم حداکثر مصرف انرژی در مصارف مسکونی ۳۷۵۰ کیلووات ساعت و حداقل آن ۶۰۰ کیلووات ساعت می باشد. کل مصرف انرژی سالانه در منازل مسکونی ۲۱۴۳۰ کیلووات ساعت است در حالیکه در کشاورزی کل مصرف انرژی سالانه ۸۵۵۰ کیلووات ساعت می باشد. در اواسط فصل زمستان میزان مصرف سوخت در منازل به حداکثر خود می رسد در حالی که حداکثر میزان مصرف انرژی در کشاورزی در اواخر تابستان می باشد.

۷- توربین جهت استحصال نیروی باد

توربین های بادی جدید برای استحصال انرژی از باد به کار می روند. این توربین ها ۲ تا ۳ پروانه دارند که در حین چرخش پروانه ها در معرض باد همانند یک ژنراتور الکتریسیته ایجاد می کنند. برخی توربین های باد حتی برای یک نیروگاه می توانند انرژی کافی تأمین کنند. از آنجایی که بادها سرعت ثابتی ندارند لذا نوع توربین با آستانه باد منطقه باید تطبیق داشته باشد. برخی توربین ها فقط در سرعت های معینی عمل می کنند. برخی توربین ها پروانه های پرماند دارند که زاویه بین این توربین ها می تواند تغییر کند، این عمل به توربین اجازه می دهد که با یک سرعت نسبتاً ثابتی چرخش کند که به میزان سرعت باد بستگی دارد. توربین های باد با سرعت عمودی می توانند در همه جهات در مقابل باد واکنش نشان دهند. توربین های با محور افقی به ماشین هایی مجهز هستند که آنها را در جهت باد می گردانند. در روزهایی که هوا بد است سرعت باد تمایل به افزایش دارد، که در این مواقع ذخیره مازاد انرژی ضروری به نظر می رسد. معضل اصلی در کاربرد توربین بادی میزان فضای مورد نیاز برای نصب یک نیروگاه است. توربین ها آلودگی صوتی نیز ایجاد می کنند. این آلودگی در سطح ۱۰ متری معمولاً ۱۰۱ دسی بل است.

۸- انرژی موج و جزر و مد

اقیانوس های جهان با توجه به اثر ترکیبی جاذبه خورشید و ماه و چرخش زمین حول محورش حرکت ثابتی دارند. جریانات، امواج و جزر و مد مقادیر متناسبی از انرژی جنبشی را فراهم می کنند و دریاهای مناطق حاره نیز انرژی گرمایی فراهم می کنند. امواج آب در دریاهای آزاد یک منبع وسیع و غیر قابل استفاده انرژی هستند. هنگامی که یک موج عبور می کند یک نقطه خاص و معین حرکت آبی به اطراف ندارد. در عوض مقادیر متناسبی از آب بالا و پائین می روند. در بسیاری ابزارهایی که از انرژی موج استفاده می کنند از نوسانات حرکت یک ابزار شناور در آب برای تولید الکتریسیته استفاده می شود. در نوع دیگری از طراحی، در حین نوسان آب هوا از طریق شیرهای متصل به یک توربین وزیده و مکیده شده و برای تولید الکتریسیته استفاده می شود. ژنراتورهای الکتریکی که از نیروی جذر و مد استفاده می کنند با چنین روش مشابهی کار می کنند. البته نصب تجهیزات نیروگاه های جذر و مدی بسیار پرهزینه بوده و اثرات نامطلوبی بر زندگی آبزیان و دیگر جانداران منطقه می تواند داشته باشد. معضل اصلی در تبدیل انرژی موج اندازه آنها است. ساختار آنها ۳۰۰ متر بلندی دارد و وزن زیادی دارد. بنابر این استقرار چنین قطعات بزرگ تجهیزات طوری که استحکام کافی داشته و روی آب شناور نشوند بسیار مشکل است. در سواحل جنوبی کشور از خاصیت جذر و مد برای آبیاری مزارع مجاور دریا استفاده می شود به گونه ای که دریاچه هایی تعبیه شده که در مواقع بالا آمدن آب باز شده و آب دریا را به مزرعه می رساند. لازم به ذکر است که بر اساس اندازه گیری های انجام شده تغییرات جذر و مدی در خلیج فارس از نوع تغییرات نیم روزی است و این تغییرات یک پوش هم دارد که به موقعیت ماه بستگی دارد. تغییرات ۲۴ ساعته شیف حدود ۵۰ دقیقه ای را در وقوع جزر و مد نشان می دهد. (گزارش مأموریت اندازه گیری فیزیکی و عمق سنجی دریایی در خلیج فارس توسط کشتی آب نگاری)

۹- ماهیت انرژی خورشیدی

نور خورشید به شکل امواج الکترومغناطیس در کیهان توزیع و به جو زمین می رسد. جو زمین از طریق فرایندهای جذب، پخش و انعکاس سبب تضعیف تابش خورشید شده و یک سوم انرژی آن را تحلیل می برد. برآورد مقادیر انرژی دریافتی خورشید در تراز زمین از طریق سنجش مستقیم مؤلفه های آن و یا از طریق کاربرد فرمول های تجربی صورت می گیرد.

نسبت ساعت آفتابی موجود به ساعت آفتابی حداکثر را شار تابش گویند. محاسبات نشان می دهد که :

- هسته شدیدترین شار تابش در حوزه داخلی ایران محصور بین نی بندان ، یزد ،آباده و رفسنجان که معدل روزانه شدت تابش سالانه آن به ۵۰۰ کیلوکالری بر سانتیمتر مربع و انرژی سالانه آن به ۱۸۲,۵ کیلوکالری بر سانتیمتر مربع می رسد و از ایده ال ترین مناطق برای استحصال انرژی از خورشید است.
 - سواحل جنوبی دریای خزر به دلیل درجه ابرناکی بالا دارای شار تابش سالانه در حدود ۳۰۰ کالری و یا جمع انرژی سالانه ۱۰۹,۵ کیلوکالری هستند که جزء کم تابش ترین نواحی ایران می باشند.
 - میزان شار تابش از ۳۰ درصد در سواحل جنوب غربی دریای خزر در زمستان تا ۸۰ درصد در بخش وسیعی از حوزه داخلی ایران در نوسان می باشد.
 - ارقام بالای نسبت ساعات آفتابی زمستان برای بخش های غربی آذربایجان غربی تا سمنان و نوار باریکی در حاشیه جنوب غربی تا سمنان و نوار باریکی در حاشیه جنوب شرقی کشور و نواحی محدودی در حوزه داخلی ایران مانند سیرجان و نی بندان قابل توجه است.
 - با محاسبه میانگین ساعات آفتابی شهرهای مختلف کشور به این نتایج می رسید :
 - حاشیه جنوبی سواحل دریای خزر از کمترین میزان ساعات آفتابی برخوردار بوده و مقادیر سالانه آن از ۲۰۵۰ ساعت فراتر نمی رود.
 - کمترین میزان ساعات آفتابی در سواحل غربی دریای خزر از بندر انزلی تا آستارا در حدود ۱۸۰۰ ساعت می باشد.
 - در شرق ایران کل ساعات آفتابی در طول سال ۳۳۰۰ ساعت می باشد که ۷۵ درصد ساعات آفتابی ممکن را شامل است.
- با استفاده از این اطلاعات کشور ایران از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی می تواند به چهار منطقه تقسیم شود :

۱- منطقه کم تابش با میانگین انرژی روزانه کمتر از ۳۵۰ کالری بر سانتی متر مربع

۲- منطقه متوسط تابش با میانگین انرژی روزانه ۳۵۰ تا ۴۰۰ کالری بر سانتی متر مربع

۳- منطقه زیاد تابش با میانگین انرژی روزانه ۴۰۰ تا ۴۵۰ کالری بر سانتی متر مربع

۳- منطقه خیلی زیاد تابش با میانگین انرژی روزانه ۴۵۰ کالری بر سانتی متر مربع

۱۰- خدمات هواشناسی

به طور خلاصه خدماتی که هواشناسی در پروژه های تبدیل انرژی باد و تشعشع می تواند ارائه دهد عبارتند از :

فاز اکتشاف :

این فاز شامل جستجو و طراحی اولیه است. خدمات هواشناسی در این راستا شامل موارد ذیل می باشد :

الف) ارائه اطلاعاتی در زمینه داده های در دسترس هواشناسی ، به ویژه در زمینه باد وساعات آفتابی و تشعشع کلی و دیگر داده های اقلیمی

ب) فراهم نمودن تحلیل های اقلیمی بر اساس انرژی باد و تشعشع. این تحلیل ها در مقیاس های محلی تا جهانی می تواند ارائه شود شامل سرعت باد و دیگر پارامترهای اقلیمی مثل جهت باد ، ساعت آفتابی ، دمای هوا ، بارش و یخ زدگی می باشد.

ج) پژوهش های اولیه در زمینه احتمال تولید انرژی بادی در یک سایت توریستی در هر منطقه جغرافیایی متصل به شبکه و یا میزان تولید انرژی توسط نیروگاه خورشیدی

د) تحلیل سری زمانی

ه) کاربرد مدل های شبیه سازی جوی در دسترس برای مدل های طراحی سیستم انرژی بادی و خورشیدی

فاز طراحی:

خدمات هواشناسی در این فاز شامل موارد ذیل است :

الف) ارائه اطلاعات پردازش شده ویژه در زمینه قابلیت دسترسی

ب) آزمایشات گسترده در زمینه ارزیابی داده و اثرات توپوگرافی روی باد و دیگر شرایط اقلیمی. آزمایشاتی در زمینه مدل سازی لایه مرزی در شرایط اقلیمی معمولی

ج) طراحی سیستم های اندازه گیری ویژه برای ارزیابی جزئیات سایت و برای جمع آوری اطلاعات باد و تشعشع و دیگر داده های اقلیمی ضروری در سایت ویژه. بهره وری کامل از فن آوری نوین به ویژه فن آوری سنجش از راه دور که انجام پروژه های باد را میسر می سازد.

د) مرتب سازی آرایه ها و گروه بندی با کمک آنالیزهای اقلیمی و دانش در دسترس در هواشناسی لایه مرزی فاز کاربردی:

در این فاز خدمات هواشناسی شامل موارد ذیل میباشند:

الف) پیش بینی انرژی بادی تولید شده در مقیاس زمانی ویژه و برآورد میزان انرژی ناشی از تشعشع در مناطق مختلف

جدول شماره (۱): چگالی نیروی باد در سرعت های مختلف

طبقه بندی نیروی باد	چگالی نیروی باد (وات بر متر مربع)	سرعت با د (متر بر ثانیه)	چگالی نیروی باد (وات بر متر مربع)	سرعت با د (متر بر ثانیه)
۱	۰	۰	۰	۰
۲	۱۰۰	۴,۴	۲۰۰	۵,۶
۳	۱۵۰	۵,۱	۳۰۰	۶,۴
۴	۲۰۰	۵,۶	۴۰۰	۷
۵	۲۵۰	۶	۵۰۰	۷,۵
۶	۳۰۰	۶,۴	۶۰۰	۸
۷	۴۰۰	۷	۸۰۰	۸,۸
۸	۴۰۰	۷	۲۰۰۰	۱۱,۹

۱۱ – ضرورت انجام تحقیق

در سال ۱۹۸۱ میلادی تولید برق توسط نیروگاه بادی جهان با رقم ناچیز ۱۵ مگاوات آغاز شد و در خلال سال های بعد و سال های پایانی دهه هشتاد به سرعت توسعه یافته و در پایان سال ۱۹۹۲ ظرفیت تولید برق از انرژی باد در جهان به رقم ۶۵۲ مگاوات رسید. این رقم نسبت به سال ۱۹۹۱ افزایشی معادل ۲۳۴۷ مگاوات را نشان می دهد که بیانگر رشد سالانه معادل سیزده درصد می باشد. همین امر نیروی بادی را به یکی از سریع الرشدترین منابع انرژی در جهان تبدیل کرده است. ارقام نشان می دهد که به طور بالقوه در جهان ظرفیت بسیار عظیمی برای تولید انرژی از باد وجود دارد. محاسبات نظری نشان می دهد که بخش قابل توجهی از انرژی برق در اروپا و آسیا می تواند از انرژی باد تأمین گردد. پیشرفت های جدیدی در طراحی مولدهای بادی صورت گرفته که با کاهش سرعت آستانه کارایی آنها را افزایش داده به طوری که استحصال انرژی از بادهایی که سرعت کمتری را دارند میسر می سازد. این امر میزان تولید بالقوه از مولد انرژی بادی را افزایش داده و ضمن افزایش سقف تولید از نظر اقتصادی تولید آن را مقرون به صرفه می سازد.

جدول شماره (۲): گستره انرژی الکتریکی استحصال شده از نیروی باد در جهان

سال	ظرفیت تولید برق بر حسب مگاوات
۱۹۸۱	۱۵
۱۹۸۲	۸۰
۱۹۸۳	۲۶۰
۱۹۸۴	۶۵۷
۱۹۸۵	۹۷۱
۱۹۸۶	۱۳۲۵
۱۹۸۷	۱۴۱۹
۱۹۸۸	۱۳۸۵
۱۹۸۹	۱۵۳۶
۱۹۹۰	۱۹۶۱
۱۹۹۱	۲۳۴۷

۲۶۵۲	۱۹۹۲
------	------

مزایای تبدیل انرژی باد به این شرح می باشد:

- ۱- با توجه به نوع مصرف می تواند انرژی مکانیکی یا الکتریکی تولید کند.
- ۲- ماشین تبدیل انرژی باد در گستره وسیعی از چند صد وات تا چندین مگاوات انرژی می تواند تولید کند.
- ۳- در صنایع ، مزارع و مصارف خانگی می تواند کاربری متفاوت داشته باشد.
- ۴- با دستگاه های ذخیره انرژی می تواند زوج شود و یا به شبکه های گریدی وصل شود.
- ۵- ماشین تبدیل انرژی باد از مصنوعات کارخانه ای یا مواد قابل دسترس محلی می تواند ساخته شود.
- ۶- به صورت موازی یا دیگر اشکال ترکیبی با ژنراتور دیزل می تواند زوج شود یا در نیروگاه هیدروالکتریک برای تأمین سوخت به کار رود.
- ۷- از آنجایی که انرژی باد تابعی از اختلاف گرمایی هم می تواند باشد پس استفاده از آن مختص روزنوبه و در شب هم قابل استفاده است.
- ۸- چون باد انرژی را از یک گستره قائم کسب میکند پس سیستم تبدیل انرژی بادی به سطح کمی نیاز دارد.
- ۹- سیستم تبدیل انرژی باد هم می تواند در حداقل سادگی باشد و یا با پیچیده ترین فن آوری موجود ساخته شود. میزان پیچیدگی این سیستم در رقابت با دیگر سیستمهای تبدیل نیرو میتواند طراحی شود.
- ۱۰- سیستم تولید انرژی بادی هیچ تأثیر زیان آوری روی محیط زیست و اقلیم ندارد. آلودگی هوا ایجاد نکرده و باران اسیدی هم ایجاد نکرده و پسماند آن پرتو زایی خطرناک ندارد. (بر خلاف سایر منابع انرژی)

جدول شماره (۳) : کاربری انرژی بادی در مقیاس های متفاوت

نوع کاربری	وات
چراغ دریایی	۱۰۰-۲۰۰
مصارف خانگی	۲۰۰۰-۴۰۰۰
عملیات زراعی	۱۵۰۰۰-۴۰۰۰۰
آبیاری در مقیاس وسیع و صنایع کوچک	۶۰۰۰۰-۱۰۰۰۰۰
صنایع بزرگ و کمپانی ها	۵۰۰۰۰۰۰-۲۰۰۰۰۰۰۰

به طور تقریبی میزان مصرف انرژی در مصارف خانگی بین ۶۰۰ تا ۳۷۵۰ کیلووات ساعت بوده که کل مصرف انرژی سالانه توسط این گونه کاربران ۲۱۴۳۰ کیلووات ساعت می باشد. کل مصرف انرژی سالانه در زراعت ۸۵۵۰ کیلووات ساعت می باشد.

برخی سیمایه های ویژه اقلیمی که امکان استفاده از انرژی باد در آنها قابل ملاحظه می باشد عبارتند از :

- ۱- دالان های هوا که جریان هوا در آنها متناوب و گرا دیان فشار شدید میباشد.
 - ۲- دره های شیب دار و طولیل موازی با بادهای غالب منطقه
 - ۳- دشت ها و دره هایی که شیب پهلوهایی آنها مانعی در برابر باد بوده و گرا دیان فشاری شدید دارند.
 - ۴- دره های شیب دار و طولیل موازی با بادهای غالب منطقه
 - ۵- قله های کوهستانی و تاج پشته ها در مکان هایی که در معرض بادهای زمینگرد شدید هستند.
- بدیهی است که در دره های عمود بر بادهای غالب ، حوضه های کوچکی که در پناه موانع طبیعی هستند ، دره ها و گودال های بسیار باریک و بسیار کوچک در سرزمین های بسیار مسطح نیروی باد بسیار کم می باشد.

جدول شماره (۴) : درجه بندی نواحی مختلف بر حسب قدرت باد اندازه گیری شده در ارتفاع ۱۰ متری سطح زمین

قدرت باد در نواحی مختلف	قدرت باد بر حسب وات بر متر مربع	توصیه
درجه I	۱۰۰	ناحیه بادخیز نمی باشد
درجه II	۱۵۰	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است
درجه III	۲۰۰ - ۱۵۰	
درجه IV	۲۵۰	برای نصب نیروگاه بادی مناسب است

درجه V	۲۵۰ - ۳۰۰	
درجه VI	۴۰۰ - ۳۰۰	برای ایجاد پارک بادی بسیار مناسب است
درجه VII	۱۰۰۰ - ۴۰۰	

۱۲ - فرضیات در این تحقیق :

موقعیت جغرافیایی کشور ایران , تنوع ارتفاعات , تنوع جهت چین خوردگی ها , نزدیکی به کمربند استوا و برخورداری از ساعتهای آفتابی طولانی , فراوانی وقوع بادهای , وجود رودخانه های متعدد و مجاورت با دریاها در شمال و جنوب کشور امکان استفاده از انرژیهای بادی , آبی , آفتابی , جزر و مدی با ضریب کاربری قابل توجه را فراهم می سازد.

۱۳ - مراحل اجرای تحقیق :

الف) جمع آوری داده از بانک اطلاعاتی سازمان هواشناسی و سایر موسسات

ب) مطالعه پیشینه تحقیق

ج) تشکیل بانک اطلاعاتی خاص پروژه شامل (اطلاعات ورودی - کنترل کیفیت داده ها - پرکردن خلأ آماری - محاسبات آماری و پردازش داده ها)

د) پژوهش های علمی محوری (جستجوی قانون مندی - انتخاب روش - آزمون و ارزیابی روش انتخابی)

ه) اخذ نتایج در سطح استانی و کشوری - تهیه نقشه و نمودار و جداول لازم

۱۴ - بادهای استان اصفهان

اختلاف فشار هوا در نواحی مجاور هم سبب جریان یافتن هوا در سطوح افقی می گردد. این اختلاف ناشی از تغییرات دما و یا ورود سامانه های جوی سرد و گرم می باشد. بادهای استان از لحاظ علت ایجاد دو دسته هستند :

- بادهای محلی کوچک مقیاس که بین دشت و کوهستان یا دره و کوهستان به وجود می آیند.

- بادهای سیستماتیک که منشأ قاره ای دارند و با جبهه ها همراه می باشند. این بادهای در عبور از ارتفاعات زاگرس بعد از تخلیه رطوبت خشک شده و استان را تحت تأثیر قرار می دهند. (منبع ۷)

جدول شماره (۵) : برآورد نیروی باد در ارتفاع ده متری سطح زمین

منطقه	سرعت باد (متر بر ثانیه)	نیروی حاصل از باد (وات بر متر مربع)
شمال غرب تا جنوب شرق به موازات زاگرس	۵/۱ - ۴/۴	۱۵۰-۱۰۰
استان خراسان تا سواحل خزر	۵/۶ - ۵/۱	۴۰۰-۳۰۰
مرکز دریای خزر	۵/۶ - ۶/۰	۵۰۰-۴۰۰
استان سیستان و بلوچستان	۴ - ۰	۱۰۰-۰
جنوب استان خراسان	۵/۱ - ۴/۴	۱۵۰-۱۰۰
غرب کشور تا مجاورت عمان و خلیج فارس	۴ - ۰	۱۵۰-۰

۱۵ - سرعت و جهت باد :

باد کمیتی برداری است که دارای جهت و سرعت می باشد. در ماههای مختلف سال در استان اصفهان بین ۶۱ درصد تا ۲۵ درصد هوا آرام است. در مجموع در طول سال ۴۲ درصد از کل سال هوا آرام می باشد. بادهای آرام در طول فصل زمستان و به ویژه در دی ماه مشاهده می شود.

در استان اصفهان وزش بادهای غربی با فراوانی وقوع ۱۲ درصد بیشترین فراوانی وقوع را دارد. بادهای غربی با فراوانی وقوع ۱۰ درصد و بادهای شمالی - شمال شرقی با فراوانی وقوع ۸ درصد در رتبه های بعدی قرار می گیرند. جهت ناهموازی ها تأثیر قابل ملاحظه ای در فراوانی وقوع بادهای , به ویژه بادهای غربی دارد. بادهای با سرعت ۴ تا ۶ متر بر ثانیه بیشترین فراوانی وقوع را در سطح استان دارند, سرعت بادهای غربی نیز قابل توجه بوده و میانگین حداکثر سرعت بادهای در منطقه از ۱۱,۵ متر بر ثانیه تجاوز نمی کند و جهات اصلی فراوانی وقوع باد به ترتیب غربی , جنوب غربی و شمالی می باشند.

۱۶ - نتایج :

پس از انجام محاسبات مربوط به سمت و سرعت باد در جهات هشت گانه در ارتفاع ده متری این نتایج حاصل گردید:

به طور کلی میانگین سالانه سرعت باد در تمامی جهات در کلیه ایستگاههای کشور از ۳/۴ متر بر ثانیه در سواحل جنوبی دریای خزر، دشت گرگان، ناحیه سرخس، و سقز تا ۴/۷ متر بر ثانیه در ایستگاه زاهدان متغیر است. میانگین سرعت بادهای در سواحل جنوبی کشور تا رقم ۴/۵ متر بر ثانیه افزایش می یابد. در بخش هایی از سیستان، جنوب شرقی استان خراسان، شمال شرقی استان کرمان، دشت واقع بین چاله اصفهان - سیرجان و بخش شمال غربی جلگه خوزستان و دشت اردبیل میانگین سرعت باد ۴ متر بر ثانیه است.

در شهرضا سرعت باد غالب ۴،۴ متر بر ثانیه در جهت شمال شرقی می باشد. بیشینه سرعت باد غالب در ماه مارس به مقدار ۷،۵ متر بر ثانیه در جهت جنوب شرقی می باشد و کمینه سرعت باد در ماه اوت در جهت غربی با مقدار ۳،۶ متر بر ثانیه می باشد. ماه دسامبر از آرام ترین ماه های سال بوده و در فصل بهار و تابستان سریع ترین بادهای روی می دهند.

در اردستان باد غالب در جهت شمال شرقی بوده و سرعت باد غالب ۵،۵ متر بر ثانیه می باشد. بیشینه سرعت باد غالب در ماه مارس به مقدار ۶،۸ متر بر ثانیه است در جهت جنوبی می باشد. در ماه آوریل کمینه سرعت باد ۴ متر بر ثانیه در جهت شمالی می باشد. ماه دسامبر آرام ترین ماه سال است. سریعترین بادهای در فصول پائیز و زمستان می وزند.

در کاشان جهت باد غالب شمال شرقی و سرعت باد غالب ۳،۳ متر بر ثانیه است. در ماه مارس باد غالب با سرعت ۵،۳ متر بر ثانیه بیشترین مقدار را در جهت غربی دارد در حالی که در ماه دسامبر کمترین مقدار ۳،۲ متر بر ثانیه در جهت شمال شرقی می باشد. ماه دسامبر آرام ترین ماه سال است و سریعترین بادهای در فصل بهار، اوایل تابستان و زمستان می وزند.

در شهر اصفهان میانگین سرعت باد ۳،۵ متر بر ثانیه است که در شرق شهر اصفهان این میزان به ۴ متر بر ثانیه می رسد. بخشی از مناطق جنوبی و شرقی کشور و آذربایجان شرقی و تهران و همدان و سیرجان از ساعات آرام کمتری برخوردارند. در آذربایجان غربی حدود ۹۰ درصد اوقات سال باد آرام است.

در شهرهای مختلف استان چهارمحال و بختیاردی در صد فراوانی وقوع بادهایی که سرعت آنها بین ۶ تا ۱۵ متر بر ثانیه است کم می باشد. لذا جزء مناطق مساعد جهت استحصال انرژی از باد نمی باشد. شاید وجود کوه های فراوان و مرتفع با جهات مختلف یکی از موانع در جهت افزایش سرعت باد در این استان است و البته در این گونه مناطق چشم اندازهای توپوگرافیک ویژه ای وجود دارد که میتواند توان بالقوه خوبی برای استحصال انرژی از باد داشته باشد و این امر مستلزم مکان یابی دقیق و مشاهدات میدانی می باشد.

از آنجائی که بازدهی قابل توجه توربین ها از سرعت ۴ متر بر ثانیه به بالا می باشد. بررسی ها نشان می دهد که بخشی از منطقه سیستان و بلوچستان و سواحل جنوبی کشور از شرق جاسک تا قسمتی از تنگه هرمز و جزیره قشم و کیش و لاوان و نوار ساحلی از بندر لنگه تا حوالی خارک از توان بالقوه بادخیزی مناسبی برخوردار است.

چون در فصل بهار و پائیز مکانیزم سیستم های جوی تغییر می نماید پس گرادیان فشار افزایش یافته و میزان بادهای افزایش دارد.

در فصل پائیز به علت فراوانی وقوع فشار کم ها و گرادیان فشاری قوی بین دشت سبیری و دریای خزر سرعت باد در منطقه افزایش می یابد. در ایستگاه های حوزه داخلی حداکثر سرعت باد در فصل بهار و تابستان حداکثر می باشد. در فصل بهار تشکیل فروبارهای محلی و ایجاد گرادیان شدید فشاری در فراوانی وقوع باد و افزایش سرعت آن در ایستگاه های حوزه داخلی نقش زیادی دارد. تعیین روند روزانه سرعت باد در هر محل برای برآورد میزان انرژی و زمستان استحصال حداکثر بازده انرژی بادی ضروری می باشد.

در سطوح پائین معمولاً حداکثر سرعت باد در اوایل ظهر و حداقل آن در نیمه های شب می باشد.

در ارتفاعات حداکثر سرعت باد در اواسط شب و حداقل آن در بعد از ظهر می باشد.

در مناطقی که محتمل ترین باد ناحیه ۱/۱ متر بر ثانیه و میانگین سرعت باد ۲/۹ کمتر بر ثانیه است برای نصب نیروگاه مناسب نمی باشد.

جدول شماره (۷) : برآورد مقدار تقریبی نیروی باد در مناطق مختلف ایران

نیروی باد (وات بر متر مربع)	سرعت باد (متر بر ثانیه)	منطقه
۱۵۰-۱۰۰	۴،۴-۵،۱	شمال غرب تا جنوب شرق به موازات سلسله جبال البرز
۴۰۰-۳۰۰	۵،۶-۵،۱	شمال شرق استان خراسان تا سواحل خزر
۵۰۰-۴۰۰	۶-۵،۶	مرکز دریای خزر
۱۰۰-۰	۴،۴-۰	سیستان و بلوچستان
۱۵۰-۱۰۰	۵،۱-۴،۴	جنوب خراسان
۱۰۰-۰	۴،۴-۰	غرب کشور تا مجاورت عمان و خلیج فارس

رسیده ایم. این محاسبات بر اساس میانگین ماهانه سرعت بادها اخذ گردیده است.

جدول شماره (۸) : نتایج نهایی در سطح استان اصفهان

نام شهرستان	نتایج حاصل از تحقیق
اصفهان	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است
اردستان	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است و در برخی نقاط برای نصب نیروگاه مناسب است.
سمیرم	منطقه بادخیز نمی باشد
داران	در برخی چشم انداز های خاص منطقه بادخیزی مناسب دارد
شهرضا	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است .
کاشان	منطقه بادخیز نمی باشد
گلپایگان	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است .
نائین	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است .
خور و بیابانک	استفاده از انرژی باد جهت مصارف کشاورزی مثل پمپاژ مناسب است .
نطنز	منطقه بادخیز نمی باشد

فہادات :

برای تعیین امکان پذیری عملی استفاده از انرژی بادی این موارد توصیه می گردد:

1-Paul Gipe

American Wind Energy Association (AWEA)

2- <http://www.middleeast1-Paul Gipe>

6 - World Meteorological Organization ;

Meteorological Aspects Of The Utilization Of Wind As Energy Source ;
1981

رابطه قدرت توربین با سرعت باد



اثر سرعت باد بر نبروی توربین

