

بررسی امکان استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر خورشیدی و بادی در ساختمانهای بدون مصرف انرژی، مطالعه موردی: همدان

مهدی جهانگیری^۱، علیرضا حجی ملایری^۲، پوریا علمداری^۳، احمد صداقت^۴

^۱ هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرکرد، شهرکرد، ایران
Jahangiri@iaushk.ac.ir

^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
A.Hajji@me.iut.ac.ir

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
P.Alamdari@me.iut.ac.ir

^۴ هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران
Sedaghat@cc.iut.ac.ir

چکیده

هدف از این مقاله، بررسی امکان استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر خورشیدی و بادی در ساختمانهای بدون مصرف انرژی در شهر همدان است. به منظور برآورد اولیه انرژی بادی و خورشیدی در این ایستگاه محاسبات لازم بر روی اطلاعات آماری اندازه‌گیری شده توسط سازمان انرژی‌های نو ایران انجام شده است. در ابتدا با استفاده از آمار میزان ابرناکی، تعداد روزهای با میزان ابرناکی برابر صفر تا دو هشتم، به عنوان روزهای پرتابش شمارش شده و میانگین ماهیانه و سالانه آنها محاسبه گردید. سپس شدت تابش خورشید بررسی شده است. از نتایج مشاهده می‌شود که همدان در بیشتر از نیمی از طول سال دارای آسمان صاف بوده که نشان‌دهنده‌ی این امر است که همدان از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی، برخوردار است. با تحلیل آماری روی داده‌های بادی همدان، ابتدا سرعت باد در ماههای مختلف مطالعه شده است. این ایستگاه دارای میانگین سرعت سالیانه ۲ متر بر ثانیه است. همچنین جهت وزش باد غالب، درصد باد غالب و سرعت باد غالب نیز بررسی گردیده است. تقریباً در طول سال جهت باد ثابت نمی‌باشد. این موضوع که جهت باد ثابت باشد، در امر چیدمانی توربین‌ها مهم است و ثابت بودن جهت باد مزیت عمده‌ای برای نیروگاه بادی می‌باشد. از نتایج مشاهده می‌شود که ایستگاه همدان از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر بادی، برخوردار نیست.

کلمات کلیدی

انرژی تجدیدپذیر، ساختمان صفر انرژی، همدان، میزان ابرناکی، سرعت باد.

۱- مقدمه

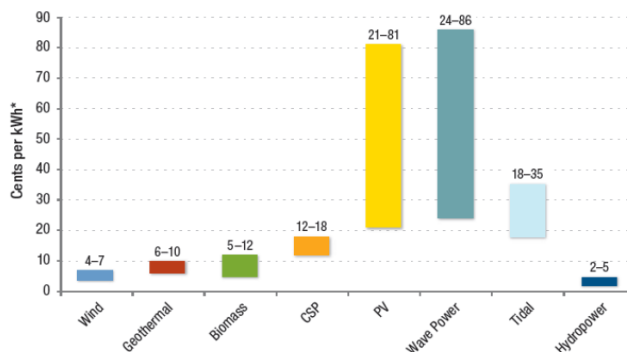
استفاده از انرژی‌های پاک در طراحی و اجرای ساختمان‌ها در دهه گذشته بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱-۳]. طی دهه گذشته محیط‌زیست و آلودگی‌های ناشی از سوخت‌های فسیلی به نگرانی اصلی جوامع بشری تبدیل شده است. منشاء این آلودگی‌ها، سوخت‌های فسیلی مربوط به بعد از فرآیند سوختن و انتشار گازهای گلخانه‌ای حاصل از آن است. در کشور ایران نیز وابستگی مطلق به منابع انرژی‌های فسیلی، عواقب اقتصادی، استراتژیک و زیست محیطی را در بر داشته است و در حال حاضر ایران در رتبه دهم کشورهای آلوده‌کننده محیط‌زیست دنیا قرار دارد. در این میان

مباحث استراتژیک و ژئوپلتیک این موضوع با توجه به موقعیت جغرافیایی و سیاسی ایران نیز خود به صورت جداگانه می‌تواند محل تحقیق و بررسی باشد. به عنوان مثال در کشورهای عضو سازمان توسعه و همکاری‌های اقتصادی (OECD) با توجه به میزان تولید و مصرف گاز طبیعی در جهان، پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۰ میلادی مصرف گاز طبیعی کمتر از نرخ رشد تولید باشد [۴]. جدول ۱ میزان استفاده کشورهای عضو OECD و کشورهای توسعه‌یافته از منابع مختلف انرژی را نشان می‌دهد [۵].

جدول ۱: میزان استفاده از انواع حامل‌های انرژی در کشورها [۵]

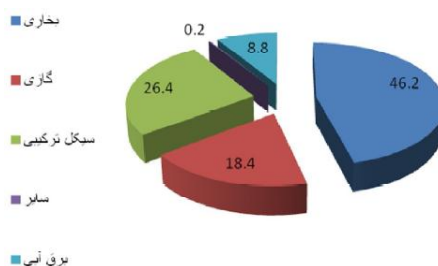
	سوخت فسیلی	انرژی تجدیدپذیر	انرژی هسته‌ای	آهنگ رشد، تمام منابع (۲۰۰۰-۱۹۷۱)
OCED	٪ ۸۲/۷	٪ ۶/۲	٪ ۱۱	٪ ۱/۶
کشورهای توسعه‌یافته	٪ ۷۱/۷	٪ ۲۷/۶	٪ ۰/۷	٪ ۳/۹

با توجه به مطلب ذکر شده استفاده از منابع انرژی‌های تجدیدپذیر در دهه گذشته بطور کاربردی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. انرژی‌های تجدیدپذیر به گونه‌ای از انرژی اطلاق می‌شود که از منابع طبیعی و دائمی موجود در طبیعت بدست می‌آید و در نتیجه استفاده از آن آلودگی وارد طبیعت نمی‌شود. این منابع انرژی نامحدود بوده و با توجه به شرایط محیطی می‌توان از انواع آنها استفاده کرد. انواع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی باد، انرژی خورشید، انرژی بیومس، انرژی برق‌آبی، انرژی زمین‌گرمایی و سوخت‌های هیبریدی می‌باشد. آمار موجود نشان می‌دهد با احتساب انرژی برق‌آبی، ۱۸٪ کل انرژی الکتریکی تولیدی در جهان از طریق انرژی‌های تجدیدپذیر تامین می‌گردد. این میزان بدون احتساب انرژی برق‌آبی به ۲/۵٪ کل انرژی الکتریکی تولیدی در جهان تقلیل می‌یابد. بررسی‌های به عمل آمده نشان می‌دهد در میان انواع انرژی‌های پاک، انرژی باد بالاترین سرعت رشد را در فاصله سالهای ۲۰۰۸-۲۰۰۰ به خود اختصاص داده است که دلایل عمده‌ای از قبیل هزینه پایین تولید و میزان بالای برق تولیدی متناظر، منجر به این مورد شده است. در خصوص انرژی خورشیدی کشور آلمان رتبه اول نصب و تولید در جهان و کشور آمریکا رتبه اول در زمینه انرژی باد، ژئوترمال، جزر و مد و بیومس را دارا می‌باشند [۶]. هزینه‌های تولید انرژی الکتریکی از منابع تجدیدشونده در سال ۲۰۰۸ در نمودار شکل ۱ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود هزینه تولید هر کیلو وات ساعت انرژی از طریق نیروگاههای برق‌آبی، انرژی باد، بیومس و ژئوترمال نسبت به سایر منابع انرژی مانند انرژی خورشیدی بسیار پایین و مقرون به صرفه‌تر است [۷].



شکل ۱: متوسط قیمت تولید هر کیلووات ساعت نیروی الکتریکی از منابع مختلف تجدیدشونده [۷]

نمودار شکل ۲ ترکیب تولید ناویژه برق کشور به تفکیک انواع نیروگاه در سال ۱۳۸۶ را نشان می‌دهد. همانطور که مشخص است اغلب برق تولیدی در کشور از طریق نیروگاههای برق فسیلی تامین می‌شود و بجز نیروگاههای برق آبی، سایر منابع تولید انرژی الکتریکی از جمله نیروگاههای انرژی‌های تجدیدپذیر سهم بسیار اندکی در حدود ۰/۲٪ از کل انرژی الکتریکی تولیدی در کشور را به خود اختصاص می‌دهند [۸].



شکل ۲: نمودار ترکیب تولید ناویژه برق کشور به تفکیک انواع نیروگاه در سال ۱۳۸۶ [۸]

ساختمان‌های صفر انرژی اصطلاحی است که برای نسل جدید ساختمان‌هایی که مصرف سوخت و انرژی‌های فسیلی در آنها وجود ندارد و یا بسیار محدود است در نظر گرفته شده است. به سبب آنکه در این ساختمان‌ها از سوخت‌های فسیلی استفاده نمی‌شود، لذا عاری از گاز کربنیک بوده و دارای سیستم‌های جامعی برای افزایش راندمان انرژی، کاهش مصرف آب و به حداقل رساندن ضایعات است [۹]. با توجه به تغییرات الگوهای شهرنشینی مدرن، این دسته خاص از فناوری‌ها در زمینه طراحی و ساخت سازه‌های مرتفع‌تر نظیر برج‌ها کاربردی‌تر شده‌اند. بر اساس این دانش که رویکرد جدیدی در مساله ساخت و ساز است، استفاده از انرژی‌های موجود در طبیعت و کاربرد روش‌های مهندسی برای مهار آنها به چالش و زمینه جدید تحقیقات تئوری و صنعتی تبدیل شده است [۹]. در این مقاله، پتانسیل سنجی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بادی و خورشیدی به منظور استفاده در ساختمان‌های صفر انرژی در شهر کلانشهر همدان انجام شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

استان همدان یکی از استان‌های ایران است. مرکز این استان، شهر باستانی و کهن همدان است. استان همدان از لحاظ جمعیت، چهاردهمین و از لحاظ مساحت، بیست و سومین استان کشور محسوب می‌گردد. جمعیت آن بر پایه سرشماری سال ۱۳۸۵ بالغ بر ۱۷۰۳۲۶۷ نفر بوده است. بزرگترین شهرهای این استان عبارتند از: همدان و ملایر [۱۰]. استان همدان با ۱۹۴۹۳ کیلومتر مربع وسعت، از سمت شمال به استان‌های زنجان و قزوین، از سمت جنوب به استان لرستان، از سمت شرق به استان مرکزی و از سمت غرب به استان‌های کردستان و کرمانشاه محدود شده است. این استان بین مدارهای ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۷ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته و شامل ۹ شهرستان، ۲۵ بخش، ۲۷ شهر، ۷۳ دهستان و ۱۱۲۰ روستا است [۱۰]. موقعیت استان همدان در کشور و تقسیمات آن در شکل‌های ۲ و ۳ آمده است.



شکل ۳: تقسیمات استان همدان



شکل ۲: موقعیت استان همدان در کشور

۳- ایستگاه مورد مطالعه

شهرستان همدان یکی از ۸ شهرستان استان همدان به مرکزیت شهر همدان است. این شهرستان ۶۳۷۳۰۴ نفر جمعیت دارد (آمار ۱۳۸۵) و از سه بخش و ۱۲ دهستان تشکیل شده است. شهرستان همدان با وسعتی حدود ۴۱۱۸ کیلومتر مربع، از رشته کوه الوند تا مرزهای شرقی استان کشیده شده است. شرقی‌ترین نقطه این شهرستان ۴۹ درجه و ۲۷ دقیقه غربی‌ترین آن ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه از نصف النهار گرینویچ فاصله دارد و در حد فاصل ۳۴ درجه و ۳۵ دقیقه، تا ۳۵ درجه عرض شمالی واقع شده است. شهرستان همدان، از شمال به شهرستان‌های رزن و کبودرآهنگ، از جنوب به تویسرکان و ملایر، از شرق به استان مرکزی و از غرب به شهرستان بهار محدود می‌شود [۱۰].

داده‌های مورد نیاز در این مقاله شامل داده‌های میزان ابرناکی، سرعت و جهت باد و ... برای ایستگاه همدیدی فرودگاه همدان در استان همدان می‌باشد که از بخش آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور [۱۱] تهیه گردید. در بخش آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور بر روی داده‌ها کنترل کیفی صورت گرفته و کلیه آزمون‌های همگنی، استقلال و کفایت انجام شده است. بنابراین با اطمینان از انجام آزمون‌های آماری مذکور بر روی داده‌ها، پس از پردازش و بررسی اولیه ایستگاه، اقدام به تحلیل داده‌های تابشی و بادی نمودیم. در جدول ۲ مختصات جغرافیایی ایستگاه فرودگاه همدان و دوره زمانی میانگین‌گیری اطلاعات تابشی و بادی مشاهده می‌شود [۱۱].

جدول ۲: مختصات ایستگاه مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	دوره زمانی مورد مطالعه
۱	فرودگاه همدان	۴۸/۳۲	۳۴/۵۲	۱۷۴۱/۵	۱۹۷۶-۲۰۰۵

۴- بررسی آماری داده‌های تابشی

کشور ایران بواسطه قرارگیری روی کمربند خورشیدی زمین و با توجه به اینکه یک چهارم مساحت آن را پوشانده است، موقعیت بسیار خوبی از لحاظ استفاده از انرژی خورشید را داراست. نوع کاربرد پیش‌بینی شده برای استفاده از انرژی خورشیدی در ساختمان‌های صفر انرژی، استفاده از آبگرمکن و آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی (شکل ۵) و تولید برق برای استفاده در بخش‌های دیگر ساختمان است [۱۲].



۱- پانل فتوولتائیک	۵- DC Controller AC	۹- باتری
۲- مجموعه پانلهای فتوولتائیک	۶- Distribution Panel	۱۰- Battery Enclosure
۳- Control Enclosure	۷- Lighting/Surge Production	۱۱- Charge Controller
۴- Inverter	۸- Battery Ventilator fan	۱۲- قاب سازه‌ای

شکل ۵: نمای شماتیک از آبگرمکن و آب‌شیرین‌کن‌های خورشیدی و قسمت‌های مختلف آن

به منظور تعیین مناطق با کمترین میزان ابرناکی با توجه به اینکه میزان ابرناکی آسمان توسط دیده‌بان بر مبنای کسری از هشت گزارش می‌شود و نیز با عنایت به این مطلب که حتی در روزهای کاملاً صاف و آفتابی نیز همیشه ابرهای پراکنده در آسمان رویت می‌شوند، تعداد روزهایی که میزان ابرناکی آنها برابر صفر تا دو هشتم گزارش شده بود به عنوان روزهای پرتابش برای ایستگاه همدیدی مورد مطالعه در طول دوره آماری تعیین و شمارش شد. سپس میانگین ماهانه و سالانه تعداد روزهای دارای آسمان صاف محاسبه شده و جهت نتیجه‌گیری و بحث مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که با توجه به حجم عظیم اطلاعات مستخرج از محاسبات و محدودیت صفحات مقاله، در مقیاس ماهانه و سالانه به ارائه میانگین تعداد روزهای با کمترین میزان ابرناکی این دوره آماری اکتفا گردید.

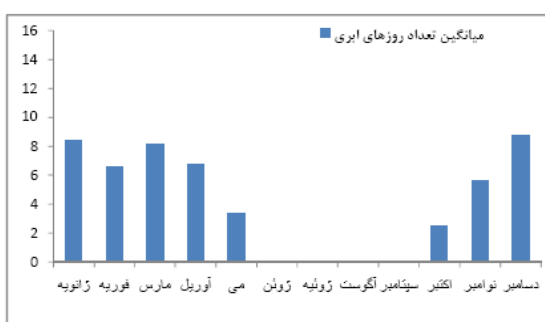
۵- بررسی آماری داده‌های بادی

استفاده از انرژی باد در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر بدلیل دائمی بودن و ارزانی نسبی آن در مقایسه با سایر انرژی‌های پاک در اولویت قرار دارد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده شد، قیمت تمام شده تولید انرژی الکتریکی از نیروی باد نسبت به سایر منابع در دسترس انرژی تجدیدپذیر بسیار پایین‌تر است. با گسترش فرهنگ استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیری توان با بکارگیری تجهیزات تولید برق بوسیله نیروی باد به تولید پراکنده برق برای مشتریان پرداخت که این امر از اهداف وزارت نیرو نیز می‌باشد [۹]. با توجه به اینکه میانگین سرعت وزش باد در ساعات شب بیشتر از سایر زمان‌ها است لذا با ذخیره‌سازی نیروی برق در ساعات شب، از انرژی ذخیره شده در طول روز برای تامین انرژی الکتریکی ساختمان استفاده می‌شود. پتانسیل باد، برای تولید انرژی پاک، در بسیاری از نقاط ایران قابل توجه است. در این مقاله یک تحلیل آماری روی داده‌های بادی ایستگاه همدان در استان همدان نیز انجام شده است. به منظور برآورد اولیه انرژی باد در این ایستگاه محاسبات لازم بر روی اطلاعات آماری اندازه‌گیری شده توسط سازمان انرژی‌های نو ایران انجام شده است [۱۱]. با توجه به نوع داده‌ها سعی شده محاسبات در یک بازه ۲۹ ساله انجام گیرد. ابتدا سرعت باد در ماه‌های مختلف مطالعه شده است. همچنین جهت وزش باد غالب، درصد باد غالب و سرعت باد غالب نیز بررسی گردیده است.

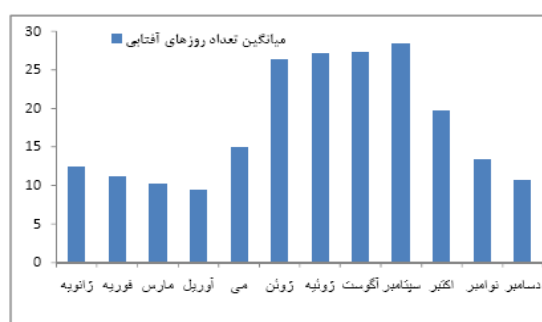
۶- نتایج

۶-۱- نتایج انرژی خورشیدی

چنانچه در بخش‌های قبل گفته شد، برای رعایت اختصار فقط میانگین ماهانه و سالانه تعداد روزهای دارای کمترین میزان ابرناکی در طی دوره آماری برای ایستگاه مورد مطالعه محاسبه شده است. نتایج این محاسبات در شکل ۵ آمده است. نتایج نشان داد که بیشترین روز آفتابی در ماه سپتامبر است. از نتایج مشاهده می‌شود که ایستگاه همدان در حدود ۶۰ درصد از طول سال دارای آسمان صاف و آفتابی بوده که نشان‌دهنده‌ی این امر است که از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی، برخوردار است. همچنین نتایج مربوط به تعداد روزهای با آسمان ابری که تعداد روزهایی هستند که میزان ابرناکی آنها برابر هفت هشت تا هشت هجدهم گزارش شده است، در شکل ۶ آمده است. این روزها در محاسبات مربوط به پتانسیل سنجی استفاده از انرژی خورشیدی به‌عنوان روزهای نامطلوب شناخته می‌شوند. نتایج نشان داد که بیشترین روز ابری در ماه دسامبر است. از شکل میزان اشعه خورشیدی روزانه افقی دیده می‌شود که در ماه ژوئن بیشترین تابش و در ماه دسامبر کمترین تابش را داشته‌ایم. همچنین از شکل مجموع ساعات آفتابی ماهیانه دیده می‌شود که در ماه ژوئیه بیشترین ساعات آفتابی و در ماه دسامبر کمترین ساعات آفتابی را داشته‌ایم.



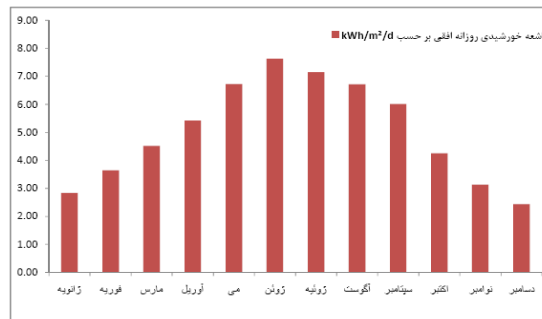
شکل ۶: میانگین ماهانه تعداد روزهای با آسمان ابری



شکل ۵: میانگین ماهانه تعداد روزهای با آسمان آفتابی



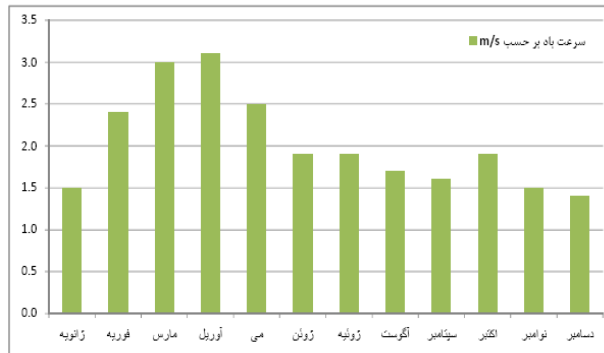
شکل ۸: مجموع ساعات آفتابی ماهیانه



شکل ۷: میانگین اشعه خورشیدی روزانه افقی

۶-۲- نتایج انرژی باد

در شکل ۹ میانگین سرعت باد ماهیانه برای شهر همدان نشان داده شده است. با توجه به اینکه پتانسیل انرژی باد نصب توربین بادی در سرعت متوسط کمتر از ۴/۵ متر بر ثانیه ضعیف، ۴/۵-۵/۴ متر بر ثانیه مرزی، ۵/۴-۶/۷ متر بر ثانیه خوب تا خیلی خوب و برای سرعت‌های بالاتر از ۶/۷ متر بر ثانیه عالی ارزیابی می‌شود [۱۳]، لذا می‌توان منطقه همدان را در ارزیابی بادخیزی به صورت جدول ۳ طبقه بندی کرد.



شکل ۹- توزیع سرعت متوسط ماهانه

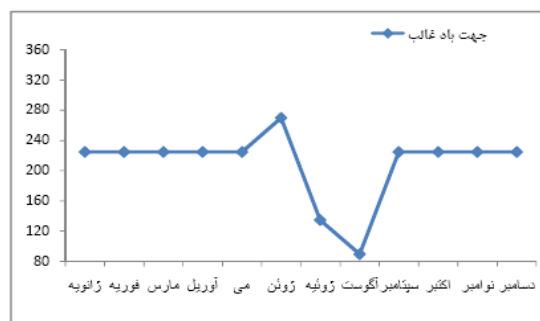
جدول ۳: ارزیابی بادخیزی

تعداد ماه	نوع ارزیابی
۱۲	ضعیف
۰	مرزی
۰	خوب
۰	عالی

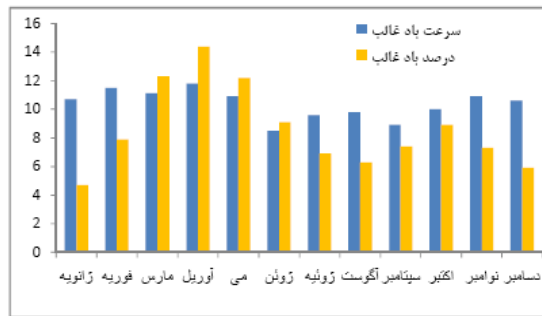
از نتایج مشاهده می‌شود که ایستگاه همدان از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر بادی، برخوردار نیست. در شکل ۱۰ جهت غالب باد در طول سال برای ایستگاه همدان نشان داده شده است. در طول سال جهت باد ثابت نمی‌باشد. این موضوع در امر چیدمانی توربین‌ها مهم است و ثابت بودن جهت باد مزیت عمده‌ای برای نیروگاه می‌باشد. همچنین درصد باد غالب و سرعت باد غالب نیز در شکل ۱۱ نشان داده شده است.

۳-۶- نتایج کلی

در جدول ۴ داده‌های ماهیانه و سالیانه بادی و خورشیدی آورده شده است. از داده‌ها مشخص است که حدود ۶۰٪ سال در شهر همدان آفتابی و مناسب استفاده از انرژی خورشیدی است و ۱۴٪ سال در شهر همدان ابری است و مناسب استفاده از انرژی خورشیدی نیست. در مجموع شهر همدان از پتانسیل بالایی برای استفاده از انرژی خورشیدی برخوردار است. همچنین با بررسی داده‌های بادی شهر همدان مشخص است که سرعت میانگین باد ماهیانه شهر همدان کمتر از حد مطلوب برای استفاده از انرژی باد است.



شکل ۱۰- توزیع جهت غالب باد در طول سال



شکل ۱۱- سرعت و درصد باد غالب در طول سال

۷- نتیجه گیری

هدف از این مقاله، پتانسیل سنجی استفاده از انرژی‌های بادی و خورشیدی به منظور کاربرد در ساختمانهای صفر انرژی در شهر همدان است. به منظور برآورد اولیه انرژی بادی و خورشیدی در این ایستگاه محاسبات لازم بر روی اطلاعات آماری اندازه‌گیری شده توسط سازمان انرژی‌های نو ایران انجام شده است. از نتایج مشاهده می‌شود که همدان در بیشتر از نیمی از طول سال دارای آسمان صاف بوده که نشان‌دهنده این امر است که همدان از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشیدی، برخوردار است. از آنجایی که همدان دارای میانگین سرعت سالانه ۲ متر بر ثانیه است، در نتیجه از استعداد و قابلیت بالایی برای استفاده از انرژی تجدیدپذیر بادی، برخوردار نیست.

سپاسگذاری

نویسندگان مقاله از سرکار خانم بهناز حبیبی، کارشناس زبان انگلیسی، که در تهیه این مقاله اینجانبان را یاری نمودند، بسیار سپاسگذارند.

مراجع

- [1] Huo, H., Wang, M., Bloyd, C. and Putsche, V., *Life-Cycle Assessment of Energy and Greenhouse Gas Effects of Soybean-Derived Biodiesel and Renewable Fuels*, AU.S. Department of energy laboratory managed by argonne national laboratory, energy systems division, ANL/ESD/08-۲, 2008.
- [2] Barrett, J., *Greenhouse Molecules, Their Spectra and Function in the Atmosphere, Reprinted From ENERGY & ENVIRONMENT*, 16 (6), Multi-Science Publishing Co. Ltd, 5 Wates Way, Brentwood, Essex CM15 9TB, United Kingdom, 2005.
- [3] Eugene A., *Final Report: Energy Conservation Opportunities for Greenhouse Structures*, Minnesota Department of Commerce Energy Office, Scales and Associates, Inc, 2003.
- [4] مشهدی رجبی، م.، (۱۳۸۷)، "کشورهای OCED چهل درصد تولید ۵۲ درصد مصرف گاز جهان"، دنیای اقتصاد، شماره ۱۶۷۱، ص ۴.
- [5] Goldemberg, J., *the Case for Renewable Energies, International Conference for Renewable Energies*, Bonn, Thematic Background Paper, 2004.
- [6] Gelman, R., Hockett, S., and Kubik M., *Renewable Energy Data Book*, U.S. Department of ENERGY, Energy Efficiency & Renewable Energy, 2009.
- [7] Idaho National Laboratory, *Carbon Trust, Simmons Energy Monthly*, U.S. DOE-EERE, IEA, Solarbuzz LLC, REN21, LBNL.
- [8] وزارت نیرو، "ترازنامه انرژی سال ۱۳۸۶ ایران"، (۱۳۸۷)، دفتر برنامه‌ریزی کلان برق و انرژی.
- [9] رحیمی، و.، طالب‌پور، م.ج. و محمودزاده، س.، (۱۳۹۰)، "روشهای ساخت و توسعه ساختمان‌های با انرژی صفر و کارکردهای آن در کاهش آلاینده‌های زیست محیطی"، ششمین کنگره ملی مهندسی عمران، ۶ و ۷ اردیبهشت ۱۳۹۰، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Hamedan_Province
- [11] <http://www.chaharmahalmet.ir/iranarchive.asp>
- [12] Austin, C., Borja, R., and Phillips, J., *operation solar eagle: A Study Examining Photovoltaic (PV) Solar Power as an Alternative for the Rebuilding of the Iraqi Electrical Power Generation Infrastructure*, MBA Professional Report, NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL, Monterey, California, 2005.
- [13] James F. Manwell, Jon G. McGowan, Anthony L. Rogers, *Wind Energy Explained: Theory, Design and Application*, John Wiley & Sons, p.11, 2002.

جدول ۴: داده‌های ماهیانه و سالیانه بادی و خورشیدی [۱۱]

ماه	مجموع ساعات آفتابی ماهیانه	جهت باد غالب	درصد باد غالب	سرعت باد غالب	میانگین تعداد روزهای آفتابی
ژانویه	۱۴۹/۳	۲۲۵	۴/۷	۱۰/۷	۱۲/۴
فوریه	۱۶۱/۶	۲۲۵	۷/۹	۱۱/۵	۱۱/۲
مارس	۱۹۹/۷	۲۲۵	۱۲/۳	۱۱/۱	۱۰/۲
آوریل	۲۲۴/۷	۲۲۵	۱۴/۴	۱۱/۸	۹/۳
می	۲۹۲/۲	۲۲۵	۱۲/۲	۱۰/۹	۱۵
ژوئن	۳۵۰/۵	۲۷۰	۹/۱	۸/۵	۲۶/۳
ژوئیه	۳۵۱/۶	۱۳۵	۶/۹	۹/۶	۲۷/۱
آگوست	۳۳۹/۸	۹۰	۶/۳	۹/۸	۲۷/۳
سپتامبر	۳۰۹/۹	۲۲۵	۷/۴	۸/۹	۲۸/۳
اکتبر	۲۵۴	۲۲۵	۸/۹	۱۰	۱۹/۷
نوامبر	۱۷۵/۳	۲۲۵	۷/۳	۱۰/۹	۱۳/۴
دسامبر	۱۳۶/۴	۲۲۵	۵/۹	۱۰/۶	۱۰/۷
سالیانه	۲۹۴۵	۲۲۵	۸/۳	۱۰/۴	۲۱۰/۹

ماه	میانگین تعداد روزهای ابری	درجه حرارت هوا بر حسب درجه سانتیگراد	اشعه خورشیدی روزانه افقی بر حسب kWh/m ² /d	سرعت باد بر حسب m/s
ژانویه	۸/۴	-۲/۷	۲/۸۴	۱/۵
فوریه	۶/۶	۰/۵	۳/۶۵	۲/۴
مارس	۸/۲	۶/۶	۴/۵۲	۳
آوریل	۶/۸	۱۱/۸	۵/۴۲	۳/۱
می	۳/۴	۱۶/۳	۶/۷۳	۲/۵
ژوئن	۰/۱	۲۲	۷/۶۳	۱/۹
ژوئیه	۰/۱	۲۵/۱	۷/۱۵	۱/۹
آگوست	۰	۲۵/۳	۶/۷۲	۱/۷
سپتامبر	۰/۱	۱۹/۷	۶/۰۱	۱/۶
اکتبر	۲/۵	۱۴/۲	۴/۲۵	۱/۹
نوامبر	۵/۶	۶/۱	۳/۱۳	۱/۵
دسامبر	۸/۸	۱/۵	۲/۴۴	۱/۴
سالیانه	۵۰/۶	۱۲/۳	۵/۰۵	۲