همایش ملی انرژی
دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر
آذر 1394

امکان سنجی استفاده از میکرو توربین بادی محور عمودی ساونیوس در بام سازه های مسکونی شهر تهران

محمد یاوری فروشانی [1]، محمدجواد مهرانی [2*]
* نویسنده مسئول: m.mehrani@mail.sbu.ac.ir

چکیده

رشد روز افزون تقاضای انرژی، افزایش استانداردهای زندگی، گرم شدن بیش از حد کره زمین و در نهایت مشکلات زیستی موجب شده تا هر روز شاهد پیشرفت هایی در زمینه فن آوری استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر باشیم. با توجه به این امر که پتاسیل باد برای تولید انرژی پاک در بسیاری از نقاط ایران قابل توجه است پرداختن به انرژی باد امری ضروری به نظر می رسد. شهر تهران نیز به دلیل موقعیت جغرافیایی و تعداد بالای روزهای دارای وزش باد از وضعیت مناسبی برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر به ویژه انرژی باد برخوردار است، در این مقاله سعی شده است که امکان استفاده از توربوژنراتور بادی ساونیوس برای نصب در بام سازه هایی با ارتفاع حداقل 10 متر برای تامین برق بخشی از سازه در شهر تهران به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی، اشتغال زایی و استفاده از انرژی های در دسترس وتجدید پذیر بررسی گردد. نتایج این مطالعه نشان می دهد این طرح در 95 درصد از سازه های مسکونی شهر تهران قابل اجرا است و استفاده از توربین بادی جهت تولید برق در سازه های مسکونی در صورتی که به دقت بررسی گردد کاهش مصرف انرژی و آلودگی زیست محیطی، اشتغال زایی و در نهایت توسعه پایدار شهری را به دنبال خواهد داشت.

واژه‌های کلیدی

توربین بادی ؛ محور عمودی؛ انرژی؛ ساختمان مسکونی؛ شهر تهران

1- دانشگاه آزاد خمینی شهر، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، خمینی شهر، اصفهان، ایران

2- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده عمران و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی

1- مقدمه

بشر از زمانهای بسیار دور انرژی باد را به شیوه های مختلف بکار گرفته است. ایرانیان از جمله اولین کسانی بودند که برای آردکردن غلات از آسیابهای بادی استفاده کرده اند که امروزه آثار آن در نواحی خواف و تایباد(حدفاصل بین سیستان و خراسان) در شرق کشور به چشم می خورد[1].امروزه استفاده از انرژی های نو و تجدیدپذیر به یک تکنولوژی کارآمد و رو به رشد مبدل گردیده است. اما یکی از موضوعاتی که در این زمینه کمتر مورد توجه قرار گرفته است، استفاده از این انرژی ها در منازل به منظور تامین انرژی و کاهش هزینه مربوط به حامل های انرژی می باشد. از این رو باد به عنوان یکی از انرژی های تجدیدپذیر و دردسترس می تواند از اهمیت بالایی برخوردار باشد[2]. امروزه نیز استفاده از این انرژی بی پایان وتجدیدپذیر مورد توجه قرار گرفته است به طور مثال سازمان نظام مهندسی استان اصفهان درآینده ای نه چندان دور اولین ساختمان مصرف انرژی نزدیک به صفر[3]درکشور را نیز افتتاح خواهد کرد تااهمیت استفاده ازمنابع تجدید پذیر وصرفه جویی درانرژی ای که امروزه جزوچالشهای اساسی جوامع مطرح می باشدرا به همگان گوشزد نماید[3] دراین راستا کارگروه برق وانرژیهای نو باشگاه پژوهشگران جوان ونخبگان دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمینی شهر اصفهان نیز اقدام به طراحی، ساخت ونصب یک توربین بادی محور عمودی با توان اسمی 5 کیلو وات دراین واحد دانشگاهی نمود که خودآغازیست بر استفاده هرچه بهتر وبیشتر از انرژیهای تجدید پذیر در تامین انرژی بخش های مختلف به خصوص ساختمانهای مسکونی.

شهر تهران به دلیل موقعیت جغرافیایی و روزهای دارای وزش باد[4] از وضعیت مناسبی برای استفاده از انرژی های تجدید پذیر بادی و خورشیدی برخوردار است[4]. رشد روز افزون جمعیت، نیاز به مسکن را افزایش می دهد و به دلیل محدود بودن فضای شهرها، آپارتمان سازی و برج سازی را می طلبد. در سازه های آپارتمانی آسانسور، سیستم روشنایی راه پله و پارکینگ از جمله مواردی است که مشترک بین ساکنین بوده وماهانه هزینه هایی برآنان تحمیل مینماید. تامین برق این تجهیزات را می توان توسط توربین بادی تامین و پشتیبانی کرد و هزینه شارژساختمان را به حداقل رساند.همچنین برای حل مشکلات آلودگی محیط زیست وتحلیل منابع انرژی دوراه‌حل‌وجوددارد،الف-یافتن‌منابع‌انرژی‌جدید ،ب-پایین آوردن مقدارمصرف یابهره برداری بهینه ازمنابع. بنابراین باد به عنوان یک منبع بی پایان انرژی می تواند حل کننده مشکلات موجود درزمینه انرژی و محیط زیست نیز باشد[5]. موضوع بحران انرژی و افزایش روز افزون قیمت حامل های انرژی، بحث بهبود راندمان و کاهش مصرف انرژی در لوازم خانگی بسیار ضروری بوده و آسانسور به عنوان یکی از پرمصرف ترین منابع انرژی در ساختمان نیز از این امر مستثنی نمی باشد. فناوری هایی که تا کنون جهت جلوگیری از اتلاف انرژی در آسانسورها بکار گرفته شده بعنوان یک دستاورد بسیار پر ارزش و گران قیمت مطرح بوده است.

مصرف انرژی آسانسور وابسته به نوع آن است. تفاوت بسیاری در مصرف انرژی آسانسورهای گیربکسی (دنده حلزونی، مارپیچ ومواردون) نوع قدیم، با آسانسورهای جدید جود دارد و نمیشود یک رنج مصرفی خاص را برای آن تعریف نمود، اما به طورکلی درساختمانی که کلیه لوازم

[3] Nearly zero energy building

[6] بیش از سه متر بر ثانیه

وتجهیزات سرمایشی وگرمایشی براساس استاندارد نصب شده باشد، مصرف انرژی آسانسور بین 10% الی 50% ازکل مصرف ساختمان است که می توان با مدیریت صحیح و پیدا نمودن راه حل های مناسب و مطمئن مانند نصب توربین بادی برپشت بام ساختمان بخش قابل توجهی از انرژی مصرفی آنرا تامین نمود.

توربین های بادی به وسیله نیروی باد تولید برق می کنند و این نیرو را در باتری ها ذخیره می کنند. رابطه ۱ نشان دهنده توان خروجی توربین برحسب سرعت باد، مساحت جاروب شده توسط پره می باشد.

$$P = \frac{1}{2}\rho A V^3 \qquad (1)$$

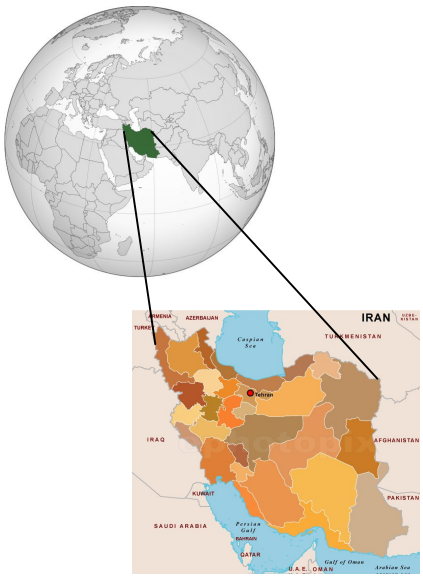
$$P = \frac{1}{2}\rho A V^3$$

که درآن V سرعت باد، A مساحت جاروب شده،ρ چگالی جریان هواست. رابطه نشان میدهد هرچه قدر سرعت باد افزایش یابد توان خروجی توربین نیز باتوان 3 زیادخواهدشد. لذا پیش ازنصب لازم است منطقه از لحاظ میزان وزش باد، سرعت وزش باد و ارتفاع مفید مورد مطالعه قرار گیرد.

2- روش تحقیق

ابتدا آمار وزش باد در شهر تهران از سایت سازمان هواشناسی کشور دریافت شد. سپس بر روی آمار دریافتی تحلیل صورت گرفت. پس از آن توربین ساخته شده در دانشگاه آزاد واحد خمینی شهر در نرم افزار **sketchup** شبیه سازی شد و در نهایت امکان نصب آن بر بام سازه های مسکونی شهر تهران مورد بررسی قرار گرفت.

3- منطقه مورد بررسی

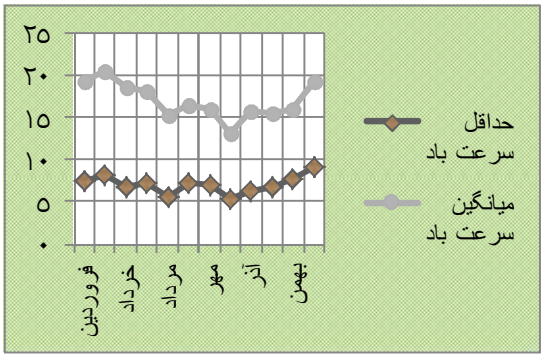


4- بررسی وضعیت باد در شهر تهران

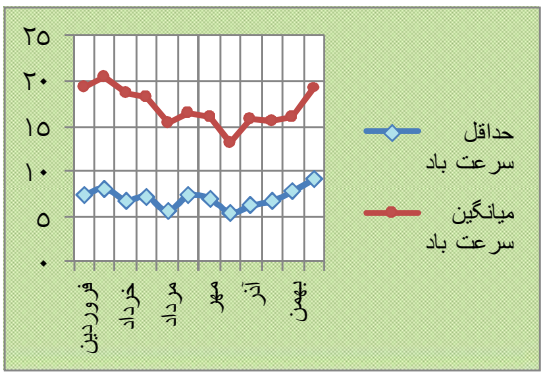
4-1- بررسی آماری میزان وزش باد در شهرتهران

پارامتر های مهم برای طراحی ، ساخت و به ویژه نصب هر توربین بادی،عبارتند از: تعداد روزهای با وزش بادمناسب، میانگین ماهانه سرعت باد، سرعت حداقل ، حداکثر وجهت وزش باد. از آنجائیکه توربین مورداستفاده از نوع محور عمودی و ساونیوس اصلاح شده است، جهت وزش باد اهمیتی ندارد. درشکل 2و1 اطلاعات مربوط به باد شهر تهران که مربوط به نزدیکترین ایستگاه های سنجش باد در چهار نقطه از شهر در ارتفاع ده متری از سط زمین تهیه گردیده[5]،به صورت نموداری قابل مشاهده است. ایستگاه های سنجش باد مورد بررسی عبارتند از: ایستگاه شمیران؛ ایستگاه فرودگاه امام ره ؛ ایستگاه تهران و ایستگاه ژیوفیزیک تهران.

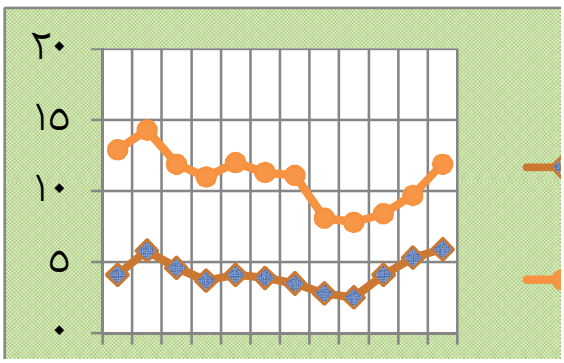
[5] منبع سایت سازمان هواشناسی کشور (www.irimo.ir)



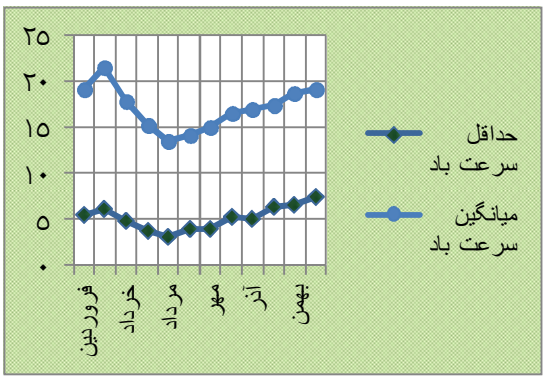
شکل (1) حداقل و میانگین سرعت باد در ایستگاه مرکزی تهران .(سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه)



شکل (2) حداقل و میانگین سرعت باد در ایستگاه فرودگاه امام.(سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه)



شکل (3) حداقل و میانگین سرعت باد در ایستگاه شمیران.(سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه)



شکل (4) حداقل و میانگین سرعت باد در ایستگاه ژیوفیزیک.(سرعت باد بر حسب متر بر ثانیه)

4-2- نکات استنتاج شده از نمودارهای هواشناسی

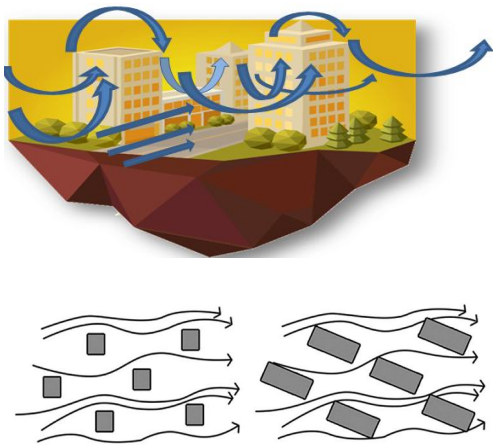
1. در ده سال گذشته کمترین سرعت باد 2 متر برثانیه بوده که فقط در دو ماه از ماه های کم باد رخ داده است و بیشترین سرعت باد برابر 30 متر بر ثانیه است.

2. میانگین کمترین سرعت بادی که در اکثر ایام سال می وزد برابر 4 متر بر ثانیه است در صورتیکه توربین طراحی شده با سرعت 3 متر برپانیه نیز به حرکت در می آید و بدین معنی است که بانصب توربین درمکان مناسب میتوان دراکثرماههای سال انرژی ازباد دریافت نمود.

3. حداکثر سرعت باد احتمالی 80 متر بر ثانیه که مربوط به نواحی فاقد پوشش گیاهی و حاشیه شهر تهران بوده و توسط سازمان هواشناسی تهران تخمین زده شده است، همچنین آیین نامه های طراحی سازه ها سرعت بحرانی باد در شهر تهران را که دوره بازگشت آن در 50 سال آینده، کمتر از 2% است، 30m/s برداشت کرده اند که این مطلب در طراحی توربین (Cut Out) اهمیت دارد..

4 .در شهر تهران در 70 % از ایام سال بادی متناسب با نیاز توربین طراحی شده میوزد و نصب این توربین در بام سازه هایی با حداقل 10 متر ارتفاع برای تامین برق بخشی از ساختمان امری معقول و دور از انتظار نیست.

همچنین فرم سازه های مسکونی و اقلیم شهری و شهر سازی در نحوه ی وزش باد موثر است. الگوی ساختمانی فشرده سبب حرکت باد در بالای سازه ها می شود که در نواحی کم تراکم تر؛ سرعت باد آرام می شود و با فاصله گذاری بیشتر بین سازه ها، باد ها به پایین کشانده می شوند[6]. همچنین اگر سازه ای بلند مرتبه در میان دیگر سازه ها ی با ارتفاع متوسط قرار گیرد؛ باعث وجود گردباد هایی در مقابل سازه ی بلند مرتبه می شود. 80 درصد سازه های مسکونی شهر تهران، ارتفاعی در حدود 18 تا 25 متر دارند وبا توجه به الگوی فشرده ساختمانی آنها، باد در بالای سازه ها (در معرض چشمه باد توربین) حرکت میکند. شکل 3 نحوه وزش و عبور باد از سازه های مختلف را با توجه به فرم مختلف آنها نشان می دهد[7].



شکل(5) نحوه وزش باد با توجه به شهرسازی و فرم ساختمان ها

5- مشخصات توربین بادی

این توربین از نوع محور عمودی و دارای گیربکس عمودی، خود القا و خود تحریک می باشد و سازوکار آن به این شکل است که با وزیدن باد، پره های آن شروع به حرکت نموده و میله ی انتقال را به گیربکس متصل میکند. نیروی ایجاد شده در گیربکس به ژنراتور انتقال می یابد و نیروی مکانیکی به الکتریکی تبدیل می شود. همچنین طراحی زاویه دار کردن پره ی توربین دارای نوع آوری از نوع ساونیوس اصلاح شده می باشد که در نوع خود کم نظیر است.

مزایای توربین محورقائم ساونیوس طراحی شده:

•مرکز ثقل پایین‌تر که به معنای پایداری بیشتر و خستگی کمتر در مقابل بارهای ثقلی است..

•سازه برجای نتوربین هاکوچکتربوده و در فاصله نزدیکتری نسبت به زمین قرار می گیرند که این امر مراحل تعمیرات ونگهداری را بسیار ساده تر می کند.

•سرعت شروع به کار و در نتیجه تولید انرژی در این توربین ها کمتر از توربین های محور افقی بوده و معمولا در سرعت 10 کیلومتر در ساعت (2/78 متر بر ثانیه) شروع به تولید برق می کنند .

•آلودگی صوتی کمتری نسبت به توربین های محور افقی ایجاد میکنند .

•قابلیت ساخت در مقیاس‌های متفاوت برای کاربردهای گوناگون.

•سادگی مکانیزم توربین و استفاده از قطعات کمتر که عمر ماشین را بیشتر کرده و نیاز به تعمیرات را کاهش می‌دهد[8].

محققان پیشبینی میکنند، نسل آینده توربینهای بادی شامل توربینهای بادی با محور عمودی میشوند که امکان استفاده حداکثری از انرژی باد را فراهم میکند.

دلیل سادگی توربین بادی محور عمودی ساونیوس طراحی شده، عدم نیاز به سیستمی است که اصطلاحاً یاو

(YAW) نامیده می‌شود. این سیستم در توربین های بادی محور عمودی باعث می‌شود تا توربین در هر لحظه با تغییر جهت باد، بهترین موقعیت قرارگیری در برابر آن را داشته باشد. اما از طرفی دیگر، توربین های بادی محور عمودی بایستی به نحوی طراحی شوند که در برابر بارهای گریز از مرکز توان کافی داشته باشد. توربین های بادی محور افقی در صورت ثابت بودن باد، گشتاور ثابتی را بر روی پره‌های خود تحمل خواهند نمود، اما در توربین های بادی محور عمودی بر اساس اینکه پره ها در برابر یا پشت به باد قرار بگیرند، دو نوع پالس گشتاور و قدرت را دارا خواهند بود. این ناهماهنگی گشتاوری باعث افزایش خستگی در سیستم انتقال قدرت و اجزای محور می‌شود. در پروژه‌ای که آزمایشگاه ملی ساندیا مشغول به آن است، طراحی نوع بهتری از روتور است که بتواند بدون افزایش هزینه های ساخت، در برابر تغییرات گشتاور مقاومت بیشتری از خود نشان دهد[9].

شکل(6) پره توربین ساخته شده در دانشگاه آزاد خمینی شهر.

شکل(7) شبیه سازی توربین با نرم افزار sketchup

جدول (1) ویژگی های اصلی توربین طراحی شده

پارامترها	مقدار	واحد
قطر پره	2	m
ارتفاع پره	3	m
زاویه پیچش پره	26	Φ
ارتفاع پایه	1	m
سرعت باد اسمی	8	m/s
توان اسمی	2.68	hp
سرعت شروع چرخش (cut in)	3	m/s
سرعت توقف (cut out)	20	m/s
حداکثر خروجی	10	kw
راندمان	50	%

همانطور که در شکل 6 قابل مشاهده است؛ توربین دارای پره ای با قطر 1 متر وارتفاع 2 متر است. همچنین با توجه به شکل 7، اتاقک توربین که وظیفه ی نگه داری مجموعه پایه و پره را داراست، به صورت مخروط ناقص وارتفاع 1.5 متر طراحی شده است. برروی سقف اتاقک گیربکس و در زیر آن ژنراتور قرار میگیرد و میله انتقال(شفت) را از پره به ژنراتور می رساند. همچنین باتری های ذخیره در اتاقک نصب می شوند. تعمیرات احتمالی ژنراتور و گیربکس نیز از طریق همبن اتاقک به سهولت انجام می شود.

نیروی وارد بر سازه از طرف توربین به صورت قائم و لنگر از همه جهت می باشد که طراح سازه با توجه به این نیروها دال و بیس پلیت های مورد نیاز نصب توربین را طراحی میکند. لازم به ذکر است که سیستم سقف (دال) طراحی شده در بام خرپشته ها که مربوط به آسانسور است، توانایی تحمل نیروهای وارده از طرف توربین به سازه را داراست چراکه مقدار نیروهای وارده از طرف توربین به سازه نسبت به سایر نیروهای وارده به آن ناچیز است.

6- بهترین مکان نصب توربین و روشهای اجرای آن

بهترین مکان نصب توربین در بام سازه ها، در قسمت بام خرپشته است، چراکه بالاترین ارتفاع را نسبت به سایر نقاط دارد و محلی مناسب برای اجرای فنداسیون توربین در سازه های ساخته شده است. در مورد نصب توربین در پشت بام، نظر به اینکه بار زنده مربوط به توربوژنراتور بادی بر پشت بام برابر 150 کیلوگرم بر متر مربع است،باید وزن متمرکز آن توسط فنداسیون مناسبی به صورت گسترده بروی بام پخش شود. و همچنین می توان در مناطقی که پراکندگی پوشش گیاهی وجود ندارد و یا ساختمان های مجاور آن ساختمان اندک است و توربین در معرض باد شدید قرار دارد، توربین را با کابل مهار کرد[10].

6-1- هنگامی که سازه در فاز طراحی می باشد

این هنگام، بهترین حالت مکان یابی توربین است چون هنوز سازه طراحی نشده و بارهای اعمالی به آن هنوز مشخص نشده و طراح و مهندس سازه می تواند بار توربین را نیز در طراحی سازه اعمال کند و سازه را با دقت بیشتری مدل و آنالیز کند و حتی مکان قرارگیری خرپشته را طوری مشخص کند تا ازهسته مرکزی قاب دور بوده و کمترین لرزش و سروصدای ایجاد شده حاصل از سازوکار توربین به سازه منتقل شود.

در این حالت طراح می تواند اتاقک توربین را در خرپشته بگنجاند. در طراحی های اخیر در شهر تهران، شاهد ساخت اتاقک هایی در کنار خرپشته هستیم که کاربری های مختلفی از جمله انباری دارند و می توان یکی از آن اتاقک ها را به توربین اختصاص داد تا توربین بدون اتاقک بر روی خرپشته نصب شود.

شکل (8) شبیه سازی و طراحی مفهومی از نصب و قراگیری توربین بر روی یک سازه ی مسکونی مدرن در شهر تهران با نرم افزار sketchup

همانطور که در شکل 8 مشاهده میشود، توربین بدون اتاقک بر روی بام خرپشته قرار گرفته است و یکی از اتاقک

های از قبل پیش بینی شده در بام، به اتاقک توربین اختصاص داده شده است. دراین حالت بام خرپشته به صورت دال اجرا شده و نحوه اتصال پایه توربین به بام از طریق بیس پلیت(base plate) انجام میگیرد.

2-6- هنگامی که سازه در فاز اجرا می باشد

کارفرما میتواند با مشورت با طراح و ناظر سازه خود؛ از بار پشت بام بکاهد (سبک سازی) و زمینه نصب توربین را فراهم کند. این کار زمانی می تواند انجام شود که مرحله سفت کاری سازه به بام خرپشته نرسیده باشد.

3-6- هنگامی که سازه ساخته شده و در حال بهره برداری است

در این حالت دیگر انجام تغییرات زیر ساختی روی سازه ممکن نیست و فقط در بازدید محل قبل از نصب توربین با مشورت با طراح سازه ، باید به مکان یابی بهتر روی پشت بام توجه کرد. در این نوع سازه ها بهتر است توربین به همراه اتاقک مخصوص خودش نصب شود، چراکه اتاقکی از قبل برای توربین اختصاص داده نشده است. همچنین می توان نحوه ی اجرای آن را به صورت بدون اتاقک اجرا کرد. در این حالت با شاسی کشی روی بام خرپشته و ایجاد حفره در دال مخصوص آسانسور میتوان توربین را اجرا کرد.

شکل (9) شبیه سازی و طراحی مفهومی از نصب توربین بر روی یک سازه ی مسکونی درحال بهره برداری در شهر تهران با نرم افزار sketchup

همانطور که در شکل 9 قابل مشاهده است، توربین به همراه پایه و اتاقک مخروطی مخصوص خود در بام سازه اجرا شده است.

همچنین شیب اجرای سقف نیز در نصب توربین اهمیت دارد. فرانچسکو بالدوزی و همکارانش نشان دادند که در مقایسه دو بام تخت و شیبدار(شیروانی) در شرایط یکسان، توربین نصب شده در بام تخت دارای عملکردی بهتر نسبت به بام شیروانی است[4].لازم به ذکر است که سقف بام و خرپشته تمامی سازه های مسکونی در شهر تهران از نوع تخت می باشند

جرالد مولر و همکارانش نیز نشان دادند که با طراحی و نصب یک توربین محور عمودی بروی بام یک آسمان خراش که دارای پره هایی مسطح با ابعاد 5×8 متر، راندمان 50% و سرعت باد 15 متر بر ثانیه طراحی شده است، می توان به حداکثر خروجی برق 36 کیلووات ساعت که بیش از نیمی از برق مصرفی ساختمان است رسید[11].

4-6- بررسی اقتصادی

استفاده از توربین بادی ذکر شده جهت تولید برق مصرفی قسمتی از سازه (آسانسور،روشنایی و...) نه تنها باعث صرفه جویی در مصرف انرژی بلکه اقتصاد سبز را به دنبال دارد. از مهمترین مزایای اقتصادی آن می توان به 1- نداشتن هزینه های اجتماعی2-کاهش اتکا به منابع انرژی وارداتی3-تقویت ساختار اجتماعی و اقتصادی منابع شهری 4-اشتغال زایی (تولید یک مگاوات =اشتغال زایی 15 نفر) 5- کاهش هزینه های ناشی از آلودگی های زیست محیطی اشاره کرد[12].

در حال حاضر هزینه هر کیلووات ساعت برق مصرفی در کشور ایران در حال کم باری حدود 520 ریال بوده که وزارت نیرو طبق سیاست های تشویقی، برق تولیدی از انرژی های تجدید پذیر نظیر ژنراتور های بادی را به مبلغ 4430 ریال خریداری می نماید[13]. باتوجه به جدول 2 قیمت تمام شده یک توربین بادی به همراه ده سال هزینه تعمیرات ونگهداری به میزان ۷۳،۰۰۰،۰۰۰ ریال بوده که معادل تولید حدود 17 هزار کیلو وات ساعت برق از انرژی بادی است.

جدول3- قیمت تمام شده توربین ساخته شده ونصب شده در سال 1394

کالا	قیمت بر حسب ریال
طراحی و ساخت توربین وگیرباکس طبق جدول 1	۳۰،۰۰۰،۰۰۰
طراحی واجرای فونداسیون	۸،۰۰۰،۰۰۰
طراحی و ساخت ژنراتور الکتریکی وتجهیزات جانبی	۲۰،۰۰۰،۰۰۰
هزینه حمل ونقل و نصب تجهیزات	۵،۰۰۰،۰۰۰
هزنیه نگهداری برای ده سال	۱۰،۰۰۰،۰۰۰
جمع کل هزینه ها	۷۳،۰۰۰،۰۰۰

7- نتیجه گیری

با توجه به معضلات ناشی از مصرف انرژی الکتریکی در ساختمان های مسکونی و اداری، همواره نیازمند روشهایی جهت کاهش مصرف انرژی خواهیم بود. دراین مقاله سعی شد یکی از آخرین متد های مرسوم مورد بررسی قرار گیرد. طبق محاسبات انجام شده درحال حاضر استفاده از انرژی های نو در ساختمانها در کشور ایران آنچنان مقرون به صرفه نخواهد بود، اما طبق آمار وارقام، کشورهای توسعه یافته باشیب نسبتا تندی به سمت خانه های سبز و پاک حرکت کرده و در حال گسترش استفاده از انرژیهای تجدید پذیر جهت تولید توان درساختمان ها و کاهش مصرف انرژی می باشند که دلیل اصلی این امر بالاتر بودن قیمت انرژی نسبت به کشور ایران قلمداد می گردد. همچنین با توجه به موارد بررسی شده در مورد نحوه اجرای توربین که به سهولت و در مدت زمان کمی انجام میگیرد و موقعیت جغرافیایی و اقلیمی شهر تهران، میتوان گفت پیاده سازی این طرح در 95 درصد از سازه های مسکونی شهر تهران قابل اجرا است، چراکه استفاده از توربین بادی جهت تولید برق در سازه های مسکونی علاوه بر کاهش مصرف انرژی و آلودگی زیست محیطی، باعث اشتغال زایی و تقویت ساختار اجتماعی و اقتصادی شده و گام بلندی به سوی توسعه پایدار شهری خواهد بود. با توجه به اینکه در بخش تولید برق محدودیت منابع سرمایه گذاری از جمله مسائل حائز اهمیتی است که محیط زیست را تحت الشعاع قرار خواهد داد، این امر همت مسئولان محیط زیست و دولت را در زمینه سرمایه گذاری در انرژی های تجدید پذیر از جمله بهره برداری از انرژی بادی می طلبد.

مراجع:

[۱] *Petherbridge, GT, Vernacular architecture: the house and society, Architecture of the Islamic world, ۱۹۷۸,pp. ۱۷۶-۲۰۸.*

[۲]. افشاری پور م،استاد حسینی م، مقاله آنالیز و بررسی تاثیر زاویه و تعداد پره بر عملکرد تولیدی توربین های بادی خانگی،

همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی، جزیره قشم، شرکت تعاونی علم گستران پیشتاز ایرانیان، 1392

[۳]. کوپایی ع، دانش نما، نشریه فنی تخصصی سازمان نظام مهندسی *ساختمان* استان اصفهان، شماره 221، آبان 1388

[٤] *Balduzzi F., Bianchini A., Antonio Carnevale E., Ferrari L., Magnani S., Feasibility analysis of a Darrieus vertical-axis wind turbine installation ,in the rooftop of a building , journal of Applied Energy, ۹۷, ۲۰۰۹,pp. ۹۲۱.۹۲۹.*

[٥] ذبیحی م.ص ، *بررسی‌شرایط‌بهینه فنی و اقتصادی برای فتوولتاییک در معماری*، اولین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت کشور،تهران، 1380، 1-13.

[٦] *Camuffo, D, Microclimate for Cultural Heritage , Elsevier , ۱۹۹۸, ٤١٥.*

[۷]شیخ بیگلو ر ، محمدی ج، تحلیل عناصر اقلیمی باد و بارش با تاکید بر طراحی شهری مطالعه موردی شهر تهران، *مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، پاییز 1389، شماره 3، 61-82.

[۸] Kawamura T., Hayashi T., Miyashita K., *Application of the Domain Decomposition Method to Flow around the Savonius Rotor, ۱۹۹۸*, Chiba, *Japan, pages ۳۸۳–۳۸۹*

[۹] *Fujisawa N., Velocity measurement and numerical calculations of flow field in around Savonius Rotor, Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, ٥٩, ۱۹۹٦, pp. ۳۹-٥٠.*

[۱۰].خلوتی امیرحسین، مقررات ملی ساختمان ایران، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، 1388.

[۱۱] *Muller G., Mark F J., Euan S.,Vertical axis resistance type wind turbines for use in buildings,Journal of Renewable Energy,* ۳٤, ۲۰۰۹, *pp. ١٤٠٧-١٤١٢.*

[۱۲]کیانی فرع، محرم پور ج ، بهینه سازی انرژی باد و کاربرد آن در ساخت روتورهای ساونیوس، دانشکده مهندسی مکانیک ، دانشگاه فردوسی مشهد،1380.

[۱۳]. سازمان انرژی های نو ایران (ناسا) وزارت نیرو *www.suna.org.ir*