فصلنامه معماری سبز
سال هشتم، شماره ۱ (پیاپی: ۲۸)، بهار ۱۴۰۱، جلد دو
ISSN:2476-5368

تغییر در مصرف برق با استفاده از پنل‌های فتوولتائیک در ساختمان‌ها مسکونی؛ نمونه موردی شهر تهران

امیرمحمد نهاوندی[1]*، ایمان شیخ انصاری[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۱
کد مقاله: ۴۲۳۹۵

چکـیده

انرژی خورشیدی یکی از انرژی‌های تجدیدپذیر است که رایگان، بدون آلاینده و سازگار با محیط زیست میباشد.شهر تهران با ۳۰۰ روز هوای افتابی در سال از نظر دریافت انرژی خورشید دارای سطح بالایی است که باید از این موقییت با تکنولوژی‌های لازم استفاده کرد. از این رو استفاده از پنل های فتوولتایک خورشیدی(سیلیکون تک کریستال)، ابزاری برای تبدیل انرژی خورشید به انرژی الکتریکی لازم است.با استفاده از برنامه شبیه سازی راینو ورژن ۷ و پلاگین های climate studio، لیدی باگ، هانی بی و استفاده از فایل اب و هوایی شهر تهران فرودگاه مهراباد، مقدار تابش انرژی خورشید و میزان دریافت انرژی پنل های فتوولتائیک محاسبه شده است. هدف از این مقاله، محاسبه میزان تولید انرژی الکتریکی پنل های فتوولتائیک و تاثیر ان در میزان مصرف انرژی الکتریکی در خانه های مسکونی شهر تهران میباشد. نتایج این تحقیق نشان میدهد با استفاده از ۴ پنل‌های فتوولتائیک با بازدهی ۱۹,۲۳ درصدی، میتوان ۱۵۷۶,۷۴ KWH انرژی الکتریکی در سال تولید کرد که باعث کاهش ۴۳ درصد از میزان برق مصرفی خانگی میباشد.کاهش در مصرف برق میتوان تاثیرات بسیاری در کاهش گاز های گلخانه ای داشته باشد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

واژگـان کلـیدی: پنل فتوولتائیک، انرژی تجدیدپذیر، صرفه جویی، گاز های گلخانه ای

۱- داشجوی کارشناسی معماری داخلی،دانشگاه ازاد اسلامی واحد پرند، تهران، ایران (نویسنده مسئول)
nahavandi21@gmail.com

۲- دانشجوی دکتری دانشگاه هنر اصفهان

۱- مقدمه

با توجه به افزایش تقاضا برای انرژی های مختلف و بحران تمام شدن سوخت های فسیلی در اینده ، جهان همواره به دنبال یک جایگزین موثر برای کاهش الودگی های ناشی از سوخت های فسیلی است.(1) استفاده بهینه از انرژی و استفاده از انرژی های تجدیدپذیر روز به روز از اهمیت بیشتری برخوردار میشود. (2). سوخت های فسیلی فعلی دارای هزینه بالا و اسیب های فراوان انها به محیط زیست همواره نگرانی های زیادی را به همراه داشته است.به دلیل اثرات مخرب مصرف سوخت های فسیلی روی محیط زیست (3) انسان‌ها همواره به دنبال راهی برای جایگزین سوخت های فسیلی با سوخت های تجدیدپذیر بوده اند.انرژی های تجدیدپذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد و .. که کمترین اسیب را به محیط زیست وارد میکنند جایگزین مناسبی برای سوخت های فسیلی هستند. فناوری های انرژی تجدیدپذیر به دلیل مزایای بالقوه در مقایسه با منبع انرژی فعلی – برق از اهمیت زیادی برخوردار هستند. (4) فناوری های انرژی تجدیدپذیر متعددی مانند سوخت های زیستی، زیست توده، پنل های خورشیدی و توربین های بادی در حال حاضر در بازار موجود هستند. انرژی خورشیدی یکی از بهینه ترین راه‌های تولید الکتریسیته و سازگار با محیط زیست است که میتواند تاثیرات خوبی در دراز مدت روی محیط زیست داشته باشد. (4)

مزایای انرژی خورشیدی به عنوان منبع جایگزین و امکانات فراوان ان شامل تامین بخش زیادی از منبع برق ساختمان، نیازهای گرمایش آب، بهره برداری با حداقل هزینه، کاهش استفاده از برق یا سوخت های فسیلی و کاهش هزینه انرژی است (3) انرژی های تجدیدپذیر نقش عمده ای در رفع مشکلات منابع زیست محیطی و طبیعی مانند گازهای گلخانه ای و حفاظت از منابع را ایفا می کنند. فن‌آوری‌های انرژی تجدیدپذیر برای تولید الکتریسیته ممکن است به طور کلی نسبت به منابع فعلی غیر قابل تجدید انرژی کارآمدتر باشند (4) امروزه با استفاده از روش‌های تولید مناسب و بالابردن بازدهی سیستم های برق خورشیدی وکاستن هزینه های تولید و نیز افزایش قیمت سوخت‌های فسیلی، این سیستم ها توانستند هر چه بیشتر جایگاه خود را در بین کشور های تامین انرژی در دنیا بگشایند و در حال حاضر به صورت گسترده در کشورهای اروپای غربی، امریکای و قاره آفریقا و آسیا و دیگر نقاط جهان مورد استفاده قرار میگیرند. (۵)

شهر تهران با داشتن سطوح تابش خورشیدی مناسب در بسیاری روز های سال، با میانگین ۴۰۰۰ ساعت تابش در سال دارای موقیت خوبی از لحاظ دریافت انرژی خورشیدی است.با استفاده از پنل های خورشیدی مناسب و طراحی اصولی میتوان نهایت بهره را از انرژی دریافتی داشت. در این مقاله سعی بر این است که با محاسبه میزان دریافت انرژی خورشید در سطح پنل های خورشیدی در شهر تهران و میزان تبدیل این انرژی به انرژی الکتریکی توسط پنل های فتوولتائیک در مصرف برق خانگی صرفه جویی شود. مقدار مصرف برق فعلی و تاثیر ان در اسیب به محیط زیست و انتشار گاز های گلخانه ای در مقایسه با انرژی بی الاینده و تجدیدپذیر بسیار متفاوت است.در انتها با برنامه شبیه ساز مقدار انرژی الکتریکی تولیدی پنل های فتوولتائیک محاسبه شده و میزان تاثیر این پنل ها در صرفه جویی در مصرف برق قرار داده شده است.

۲- پیشینه پژوهش

با توجه به مصرف بالای سوخت های فسیلی و اهمیت استفاده از انرژی تجدیدپذیر در کاهش سوخت های فسیلی، مطالعات در این زمینه صورت گرفته است. مهدوی عادلی و همکاران(۱۳۹۳) در پژوهش خود به دغدغه اقتصادی پنل های فتوولتائیک در مجتمع مسکونی واقع در شهر مشهد پرداخته اند و به این نتیجه رسیده اند که نرخ بازدهی داخلی در مجتمع مسکونی با متوسط مصرف ۴۰۰ KWH در ماه برای هر واحد برابر با ۲۲/۸۳ درصد است . در ادامه به بازگشت سرمایه ۱۳ سال و نیز ارزش فعلی به میزان تقریبی ۹۶ میلیون ریال میباشد. (۵) در پژوهشی دیگر فرزان و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی فنی و اقتصادی سامانه خورشیدی پشت بامی شهر تهران پرداخته اند.انالیز های فنی نشان داد با احداث سامانه خورشیدی فتوولتائیک پشت بامی با ظرفیت ۵ کیلووات در شهر تهران ، میتوان طی سال به تور متوسط ، به میزان حدود ۹ مگاوات در ساعت انرژی الکتریکی به شبکه سراری برق تزریق کرد.با توجه به محاسبات درامد سامانه با در نظر گرفتن متوسط ضریب تعدیل سالانه بازگشت سرمایه این سامانه کمتر از ۵ سال با نرخ بازشگت سرمایه حدود ۳۰ درصد خواهد بود.همچنین این سامانه به طور خالص از انتشار بیش از ۱۲۰ تن دی اکسید کربن طی عمر ۳۰ سال خود جلوگیری میکند. (۶)

با توجه به ضروری بودن عوامل اقتصادی این موضوع.وی و همکاران(۲۰۱۴) در یک پژوهش انجام شده هزینه اتخاذ یک فناوری انرژی خورشیدی به‌ویژه سیستم متصل به شبکه خورشیدی با مقایسه هزینه سرمایه‌گذاری اولیه و استفاده در یک ساختمان مسکونی معمولی سه خوابه با منبع تغذیه برق معمولی پرداخته اند.با استفاده از یک رویکرد تحقیق مطالعه موردی، یافته های تحقیق نشان داد که سیستم فتوولتائیک در دراز مدت در مقایسه با منبع برق تبدیلی مقرون به صرفه تر است. اگرچه پیش سرمایه گذاری در سیستم فتوولتائیک نسبتاً زیاد است، اما در بلندمدت یک سرمایه گذاری قابل اعتماد است. تاکید بر این نکته ضروری است که استفاده از لوازم برقی کم مصرف، روشنایی، عایق و شیشه های دوبل، کارایی سیستم را افزایش داده است.. (4)

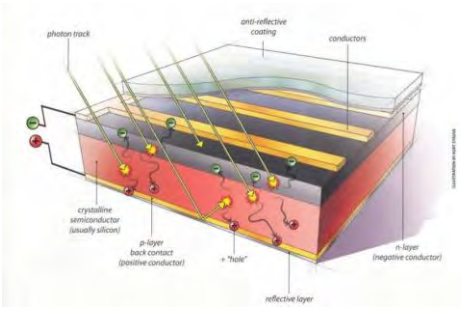
با توجه به پیشینه پژوهش های انجام شده ، بیشتر تحقیق ها رویکرد اقصادی داشته اند و تحقیقات ذکر شده به جنبه های دیگر این موضوع نپرداخته اند.به دلیل عدم انجام تحقیقات در ارتباط با تاثیر پنل های فتوولتائیک در کاهش مصرف برق مسکونی

شهر تهران ، این مقاله از اهمیت زیادی برخوردار میباشد.علاوه بر ان ، در هیچکدوم از تحقیق های انجام شده از نرم افزار climate studio ، راینو و پلاگین هانی بی و لیدی یاگ استفاده نشده است.این مقاله نشان میدهد نرم افزار های ذکر شده از پتانسیل زیادی برای تخمین انرژی وارده بر ساختمان دارا هستند.

۳- مبانی نظری

۳-۱- تکنولوژی انرژی تجدیدپذیر – سیستم پنل های فتوولتائیک خورشیدی

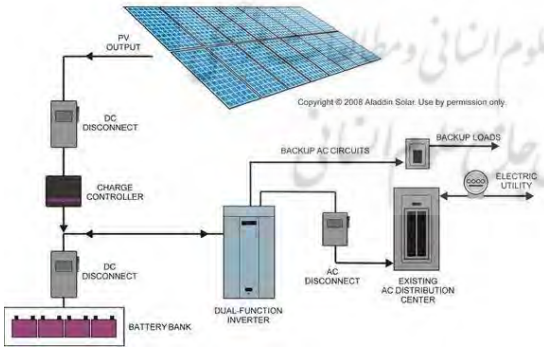
تکنولوژی پنل فتوولتائیک انرژی تابش خورشید را مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل میکند. زمانه که فوتون‌های نور خورشید به پنل فتوولتائیک اثابت میکند، یک جریال الکتریکی توسط الکترون های تحریک شده تولید می‌شود. میدان الکتریمی موجود در سلول خورشیدی این الکترون‌ها را به سمت لایه های دیگر میکشاند، و با جریان الکترون‌ها از بار منفی به مثبت انرژی الکتریکی تولید می‌شود.(7)



شکل ۱- طرح کلی از یک سلول خورشیدی (۷)

استفاده از انرژی خورشیدی از طریق سیستم فتوولتائیک کاربرد های زیادی مدارد و میتواند در کاهش گازهای گلخانه ای کمک می کند و پتانسیل صرفه جویی در هزینه‌های انرژی نیز را دارد. یک سیستم فتوولتائیک، انرژی خورشیدی را از خورشید به سلول‌های خورشیدی خود منتقل می‌کند و انرژی را به الکتریسیته تبدیل می‌کند که می‌تواند در داخل ساختمان استفاده شود یا می‌تواند به شبکه برق بازگردانده شود (4) پنل‌های فتوولتائیک خورشیدی بدون هیچگونه انتشار الاینده ، صدا و یا لرزشی نور مستقیم خورشید را به الکتریسیته تبدیل میکند.انرژی الکتریسیته تولید شده از پنل فتوولتائیک خورشیدی به وسیله دستگاهی به نام اینورتر سیستم برق DC را به برق AC تبدیل میکند.باتری هایی برای ذخیره انرژی نیز درنظر گرفته میشود (8) در مناطق گرم سیر، گرم شدن بیش از حد پنل های فتوولتائیک باعث کاهش بهره وری آنها می شود ، برای جلوگیری از این امر می توان از یک سیستم خنک کننده که توسط مبدل حرارتی ارائه می شود که در قسمت زیرین پنل قرار دارد استفاده کرد.(9) هر گونه برق مازاد تولید شده که در ساختمان استفاده نمی شود به شبکه تامین برق صادر می شود. (4) بیشتر سیستم‌های انرژی خورشیدی مانند سیستم فتوولتائیک خورشیدی متصل به شبکه، با مقدار نور خورشید در یک مکان خاص و جهت گیری آن به نور خورشید محدود می‌شوند. برای ذخیره و استفاده از الکتریسیته در دوره‌های غیر اوج نور خورشید، به سیستم‌های شبکه پشتیبان و برق نیاز است.استفاده از یک سیستم ذخیره انرژی اضافی از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا بیشتری مصرف انرژی برق از ساعت ۶ بعد از ظهر تا ۸ صبح است ، زمانی که نور خورشید در دسترس نیست.افزایش ظرفیت زخیره سازی باتری میتواند مشکل در دسترس نبودن خورشید در ساعات مختلف را حل کند.(4)

با وجود این ، طراحی ساختمان و استفاده از تجهیزات خاص می تواند به طور مستقیم عملکرد یک سیستم فتوولتائیک خورشیدی متصل به شبکه را بهبود بخشد. بهبود کارایی سیستم فتوولتائیک خورشیدی از طریق استفاده از روشنایی کارآمد، شیشه های دوبل، سیستم های گرمایش و سرمایش، و عایق بندی دیوار های به منظور جلوگیری از اتلاف انرژی امکان پذیر است.(4) با این وجود عوامل زیادی در عملکرد پنل های فتوولتائیک مانند: عوامل محیطی، عوامل نصب سیستم، تاسیسات و هزینه های سیستم و عوامل متفرقه دیگر تاثیر دارند.(11)



شکل ۲- یک سیستم فتوولتائیک معمولی متصل به شبکه با باتری (۱۰)

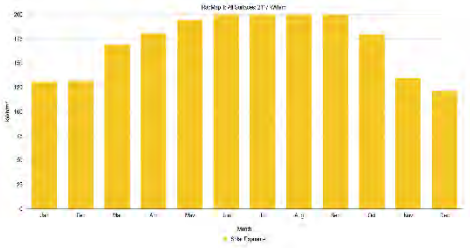
۴- روش پژوهش

در این مقاله، در ابتدا با استفاده از فایل اب و هوایی شهر تهران، فرودگاه مهراباد و برنامه شبیه سازی راینو و پلاگین climate studio میزان انرژی دریافتی در سطح پنل های فتوولتائیک و میزان سطح تابش نور خورشید در شهر تهران محاسبه شده است. با انتخاب نوع پنل فتوولتائیک، نوع عملکرد ان، میزان تاثیر دما و عوامل مربوطه،میزان تولید انرژی الکتریکی پنل ها را

میتوان بدست اورد.در انتها با استفاده از داده های بدست امده، تاثیر میزان تولید انرژی الکتریکی پنل های فتوولتائیک خورشیدی در مقایسه با مصرف انرژی فعلی براورد میشود.

۴-۱- انتخاب نوع پنل فتوولتائیک

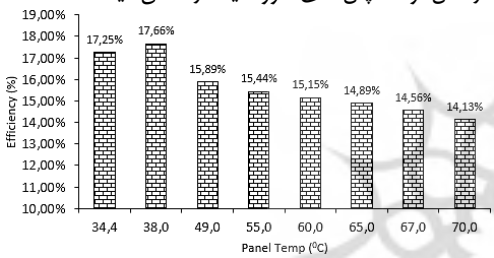
پنل های فتوولتائیک سیلیکونی مونوکریستال، قدیمی ترین شکل سلول های فتوولتائیک هستند که بالاترین راندمان تبدیل را در بین پنل های فتوولتائیک موجود داراست. (۷) دلیل انتخاب این نوع پنل بازدهی بالا و دردسترس بودن ان در بازار فعلی می‌باشد. با استفاده از پنل های خورشیدی با بازدهی ۱۹,۲۳ درصدی و دارای ابعاد۱۹۵۶×۹۹۲×۴۰ مدل TBM72-375M (جدول ۱) و اینورتر مدل SYMO 5.0.3 M (جدول ۲) با بازدهی ۹۸ درصد میتوان استفاده مطلوبی از انرژی خورشیدی داشت.به دلیل بالاترین نرخ بهره وری و محدودیت های فضا پنل های سیلیکون تک کریستال[1] در نظر گرفته شده است. (12)



نمودار ۱- نمودار دریافت انرژی در سطح پنل ها فتوولتائیک در برنامه climate studio

پنل نصب شده در سقف ساختمان با ارتفاع ۱۰ سانتی متر از سطح سقف و زاویه ۳۰ درجه رو به جنوب میباشد (۱۳) که سالیانه ۲۱۱۷ kw/m2 انرژی دریافت میکند. نمودار ۱ سطح دریافت انرژی در سال توسط پنل های فتوولتائیک را نشان میدهد.

بهترین زاویه قرار گیری پنل های فتوولتائیک بین ۳۰-۳۳ درجه محاسبه شده است و بیشترین میزان دریافت انرژی را دارد.در این زاویه سطح پنل های فتوولتائیک ۹۰ – ۹۸ ٪ انرژی خورشید را دریافت میکند.(14) با توجه به تاثیر دما در بازدهی پنل های فتوولتائیک ، دمای بین ۲۵-۶۰ درجه سانتیگراد را دما مناسب برای بهره وری از پنل های سیلیکونی تک کریستال در نظر گرفته شده است.(15)



نمودار ۱- بازدهی پنل های فتوولتائیک نسبت به افزایش دما(16)

جدول ۱- مشخصه های الکتریکی پنل خورشیدی فتوولتاییک تابان، مدل TBM72-375M (٦)

مشخصه	مقدار
توان نامی (وات)	۳۷۵
ولتاژ حداکثر توان (ولت)	۹۳,۷۹
جریان حداکثر توان (آمپر)	۹,۴۳
ولتاژ مدار باز (ولت)	۴۸,۱۸
جریان اتصال کوتاه (آمپر)	۹,۱۹
بازده ماژول (درصد)	۱۹,۳۲

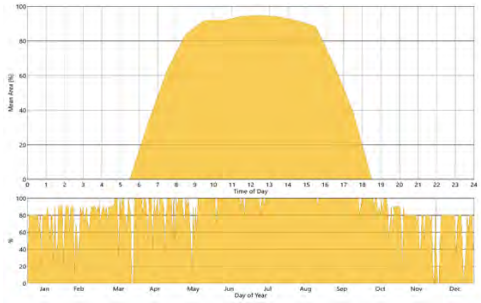
جدول ۲- مشخص‌های الکتریکی اینورتر فرونیوس، مدل SYMO 5.0.3 M (٦)

مشخصه	مقدار
توان خروجی AC (وات)	۵۰۰۰۰
حداکثر جریان ورودی (آمپر)	۱۶
ولتاژ نامی ورودی (ولت)	۵۹۵
تعداد MPPT	۵
فرکانس خروجی (Hz)	۵۰
حداکثر بازده (درصد)	۹۸

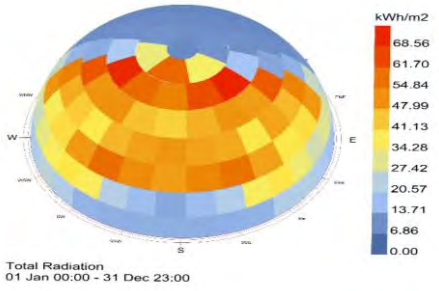
۴-۲ مقدار تابش افتاب

کشور ایران با حدود ۳۰۰ روز آفتابی در سال در کمربند خورشیدی است و ۲۲۰۰ kw-h انرژی خورشیدی در متر مربع دریافت میکند. با در نظر گرفتن تنها ۱٪ از کل منطقه و با ۱۰٪ راندمان سیستم برای مهار انرژی خورشیدی، حدود ۹ میلیون مگاوات انرژی می تواند در روز به دست اورد. (17)

1 M-SI

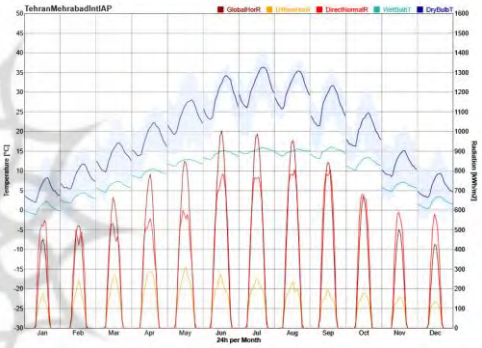


نمودار ۲ نمودار تابش افتاب در هر تهران طبق فایل اب و هوایی فرودگاه مهراباد با نرم افزار CLIMATE STUDIO

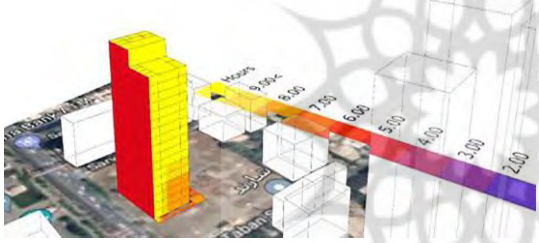


شکل ۳ ماتریکس اسمان (پلاگین لیدی باگ)

تهران با عرض جغرافیایی ۳۵,۴۱,۳۹ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱,۲۵,۱۷ شرقی از شمال محدود به رشته کوه های البرز و از جنوب هم مرز با دشت های مرکزی ایران است. (18) نمودار ۳ سطح دریافت انرژی خورشیدی در شهر تهران بر اساس فایل اب و هوایی فرودگاه مهراباد و برنامه شبیه سازی climate studio است. طبق این نمودار شهر تهران دارای سطح دریافت خوبی از انرژی خورشیدی است که استفاده لازمه از این انرژی در سطح شهر صورت نمیگیرد.با استفاده از تکنولوژی های بروز در دریافت این انرژی و تبدیل ان به انرژی الکتریکی و بهره وری ان در خانه های مسکونی میتوان مقدار مصرف قابل توجهی انرژی برق را کاهش داد و انرژی های تجدیدپذیر را جایگزین کرد.استفاده از پنل های فتوولتائیک مناسب برای تبدیل این انرژی و مصرف ان در خانه های مسکونی لازم است.



نمودار ۳ نمودار دمای حباب خشک تهران طبق فایل اب و هوایی فرودگاه مهراباد



شکل ٤ میزان ساعت دریافت انرژی خورشید (رنگ زرد: ۹ ساعت، رنگ قرمز ۵ ساعت ، رنگ نارنجی ۸ ساعت) (۱۹)

۵- یافته‌ها

با توجه به نوع ، جهت گیری و زاویه قرارگیری پنل ها در سقف در راستای بیشترین بهره وری ، با قرار دادن ۴ پنل و با بازدهی ۱۹,۲۳ و بازدهی ۹۸ درصدی اینورتر میتوان نتیجه گرفت ۱۵۷۶ kwh انرژی الکتریکی در سال میتوان با این پنل ها تولید کرد.

$$E = N \times E(PV) \times E(INVERTER)$$

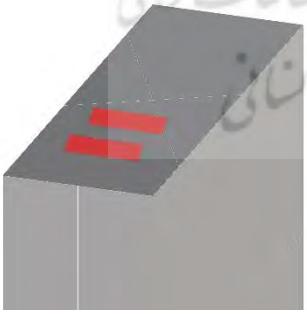
E= انرژی الکتریکی تولید شده

N= تعداد پنل ها

E(PV) = درصد بازدهی پنل های فتوولتائیک

E(INVERTER) = بازدهی اینورتر

$$2117 \text{ kwh} \times 4 \times 0.19 \times 0.98 = 1576.74 \text{ kwh}$$

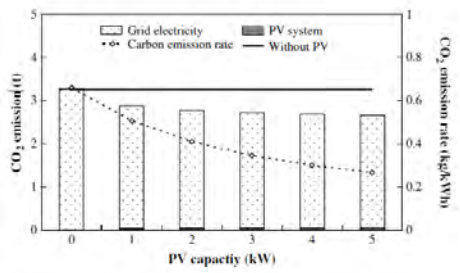


شکل ٤ موقیت قرارگیری پنل های فتوولتائیک در سقف ساختمان شبیه سازی نرم افزار راینو (با در نظر گرفتن عدم سایه اندازی روی هم)

این فرمول میزان انرژی الکتریکی تولید شده از پنل های فتوولتائیک بدون در نظر گرفتن تاثیر میزان وجود گرد و غبار در پنل ها فتوولتائیک را محاسبه میکند. با در نظر گرفتن مصرف انرژی الکتریکی خانگی در سال ۲۰۰۹ در شهر تهران که ۲۸۰۳ kwh محاسبه شده است این عدد ۴۱ درصد از سال ۱۹۸۹ افزایش یافته است(20) که میزان اهمیت استفاده از انرژی تجدیدپذیر را نشان میدهد.

با درنظر گرفتن میزان تولید انرژی الکتریکی پنل های فتوولتائیک، میتوان نتیجه گرفت با قرار دادن ۴ پنل فتوولتائیک میتوان مصرف انرژی الکتریکی را به ۱۲۲۴ kwh کاهش داد. با کاهش ۴۳ درصد در مصرف برق در خانه‌های مسکونی میتوان صرفه جویی بسزایی در کاهش سرانه مصرف برق داشت. با در نظر گرفتن قیمت برق این میزان صرفه جویی در انرژی کمک بسیار زیادی در صرفه جویی در هزینه های مربوطه نیز برخوردار است.

علاوه بر این با میزان کاهش مصرف برق ، کاهش گاز co^2 نیز کاهش میابد.میزان کاهش co^2 رابطه مستقیم با میزان کاهش مصرف برق سرانه شهر دارد.(21)



نمودار ٤- ساختار انتشار CO2 و نرخ انتشار برای ظرفیت های مختلف (۲۱)

۶- نتیجه گیری

انرژی خورشیدی یک منبع انرژی رایگان ، غیر الاینده و تجدید پزیر است.شهر تهران دارای سطح تابش بسیار خوبی از انرژی خورشیدی در بیشتر روزهای سال میباشد.با این حال این منبع به اندازه کافی مورد توجه قرار نمیگیرد.در این مطالعه با برسی موقیت تهران در کمربند خورشیدی میزارن دریافت انرژی خورشیدی محاسبه گردید است و در ادامه با توجه به بازدهی ۱۹ درصدی پنل های فتوولتائیک و استفاده از نرم افزار راینو ورژن ۷ و پلاگین climate studio میزان دریافت انرژی خورشیدی در هر یک از سطوح پنل فتوولتائیک محاسبه شده است.با در نظر گرفتن مصرف برق خانه های مسکونی با قرار دادن ۴ پنل فتوولتائیک میتوان حدود ۴۳ درصد در مصرف برق صرفه جویی کرد.کاهش ۴۳ درصدی میزان برق در کاهش تولید گاز های گلخانه ای کمک بسیاری میکند.با توجه به موقییت اقتصادی در ایران و در نظر گرفتن تورم شاهد افزایش روز افزون قیمت برق در ایران هستیم.با در نظر گرفتن مصرف سرانه انرژی برق در ایران به خصوص زمان پیک مصرف در تابستان برخی از شهر های ایران شاهد قطعی برق در برخی از ساعت پیک مصرف برق بودند ، از این رو استفاده از پنل های فتوولتائیک میتواند تاثیر بسزایی در صرفه جویی در هزینه های انرژی الکتریکی در مصارف خانگی و در ابعاد بزرگ تر میتواند کمک زیادی به سرانه مصرف برق کل کشور داشته باشد.به طور متوسط اگر ۵۰ درصد از خانه های شهر تهران از این انرژی تجدیدپذیر استفاده کنند میتوان شاهد کاهش ۴۳ درصدی مصرف برق شهر بود.

منابع

1. Potential of Saving. Sangin, Hamed, haghighat, Hamed and Kheiri, Parisa. 2018.
2. Exergy Analysis of Photovoltaic Panels-Coupled Solid Oxide Fuel Cell and Gas Turbine-Electrolyzer Hybrid System. Sadeghi, Saber and Ameri, Mehran. 2014, Journal of Energy Resources Technology.
3. Soak up the sun: Impact of solar energy systems on residential home values in Arizona. Qiu, Yueming, DavidWang, Yi and Wang, Jianfeng. 2017, Energy Economics, pp. 328-336.
4. Adoption of Solar Grid-Tied PV-System Adopted in a Residential Building. Wei, Sun and Temitope, Egbelakin. 2014, Australasian Journal of Construction Economics and Building, pp. 80-88.

۵. ارزیابی اقتصادی استفاده از انرژی برق خورشیدی(فتوولتائیک) و برق فسیلی در مصارف خانگی (مطالعه موردی مجتمع سه واحدی درشهرستان مشهد). مهدوی عادلی, محمد حسین, سلیمی فر, مصطفی و قزلباش, اعظم. ۱۳۹۳, مجله علمی – پژوهشی سیاستگذاری اقتصادی.

۶ بررسی فنی و اقتصادی سامانهٔ خورشیدی پش تبامی با ظرفیت ۵ کیلووات در شهر تهران. فرزان, محسن, زندی, مجید و مسیبی جیرهنده, ابوالقاسم. ۱۳۹۹, فصلنامه اقتصاد و برنامه ریزی شهری, ص. ۲۱۳-۲۰۶.

7. Photovoltaic System Iran (Photovoltaic System Iran). 2014, 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.
8. Role of renewable energy sources in environmental protection: A review. Panwar, N.L, Kaushik, S.C and Kothari, Surendra. 2011, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 1513–1524.
9. Energy and Environmental Performance of Solar Thermal Collectors and PV Panel System in Renovated Historical Building. Zukowski, Miroslaw, Kosior-Kazberuk, Marta and Blaszczynski, Tomasz. 2021, MDPI.
10. Thermal-photovoltaic solar hybrid system for efficient solar energy conversion. Vorobiev, Yu. , et al. 2006, Solar Energy, pp. 170-176.

11. An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels. Fouada, M.M, Shihata, Lamia A and Morgan, ElSayed I. 2017, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 1499–1511.
12. Energy, economic and environmental analyses of photovoltaic systems in the energy renovation of residential buildings in Turkey. MANGAN , Suzi Dilara and KOÇLAR ORAL, Gül. 2016, ITU A|Z , pp. 5-22.
۱۳. تحلیل شیب و آزیموت بهینه برای نصب پنل فتوولتاییک براساس تابش دریافتی خورشید در شهرستان کاشان. رحیمی, علیرضا, کربلائی درئی, علیرضا و کربلائی, محمدرضا. ۱۳۹۶, نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی سال هجدهم, ص. ۷۴-۵۹.
14. The Best Architectural Form for BiPV in Tehran. Farsi Mohammadi Pour, Alireza. 2010, ENVIRONMENTAL SCIENCES, Vol. 3, pp. 43-54.
15. Impact of temperature on performance of series and parallel connected mono-crystalline silicon solar cells. Chandera,, Subhash, et al. 2015, Energy Reports, pp. 175-180.
16. The impact of high temperature and irradiance sourceon the efficiency of polycrystalline photovoltaic panelefficiency of polycrystalline photovoltaic panel in a controlled environment. Ogbulezie, Julie C, et al. 2020, International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), pp. 3942-3947.
17. Solar energyinIran:Currentstateandoutlook. G. Najafi, et al. 2015, RenewableandSustainableEnergy, pp. 931-942.
18. Economic evaluation of grid–connected photovoltaic systems viability under a new dynamic feed–in tariff scheme: A case study in Iran. RezaBakhsh and JavadSadeh. 2017, Renewable Energy.
19. Energy performance of building integrated photovoltaic high-risebuilding: Case study, Tehran, Iran. Hoseinzadeh, Pegah, et al. 2021, Energy & Buildings, Vol. 235.
20. Estimating and forecasting residential electricity demand in Iran. Pourazarm, Elham and Cooray, Arusha. 2013, Faculty of Business - Papers (Archive).
21. Economic optimization and sensitivity analysis of photovoltaic system in residential buildings. Ren, Hongbo , Gao, Weijun and Ruan, Yingjun . 2008, Renewable Energy, Vol. 34, pp. 883-889.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی