امکان سنجی و استفاده از فضای سبز شهر تهران جهت نصب سامانه‌های فتوولتائیک و تولید انرژی جهت مصرف در بوستان‌های سطح شهر و فروش به شبکه توزیع جهت کاهش آلودگی و قطعی برق

رضا شهبازی[۱]، علی ماشاءاله کرمانی[۲،*]، صدف محبی[۳]

۱. دانشجو دکترای مهندسی مکانیک بیوسیستم انرژی‌های تجدیدپذیر، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران (shahbazi.reza36@ut.ac.ir)
۲. استادیار،گروه فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران (amkermani@ut.ac.ir)
۳. دانشجو دکترای مهندسی مکانیک بیوسیستم انرژی‌های تجدیدپذیر، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران (sdf.mohebi@ut.ac.ir)

چکیده

تهران پانزدهمین شهر پرجمعیت جهان با مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربع است که به همراه توابع خود جمعیتی بالغ بر ۱۴ میلیون نفر دارد. تراکم جمعیت آن بین ده هزار و هفتصد تا بیش از یازده هزار نفر در هر کیلومتر مربع است. آلودگی هوا یکی از چالش‌های اصلی کلانشهر تهران محسوب می‌شود. یکی از راهکارهای مناسب برای کاهش سطح آلودگی هوا و جلوگیری از افزایش آن بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر در این کلانشهر است. نصب پنل های خورشیدی به دلیل نیاز به فضای مناسب امکان استفاده از آن در بوستان های سطح شهر احساس می شود. میزان توان مورد نیاز جهت تأمین برق پمپ های آبیاری در طول یکسال آبیاری جنگل کاری های شمال شرق پایتخت برابر با ۳۹۳ کیلووات که فضای بالغ بر۲۷۳۸ هکتار را تامین می کند. تعداد آرایه های مورد نیاز ۱۱۵۳ عدد می باشد که مجموع فضای اشغالی برابر با ۲۲۷۴ متر مربع می باشد. مقدار سود مالی از نصب این سامانه برابر با ۱۳۴ میلیون تومان می باشد.با استفاده از سامانه های خورشیدی می توان از اعمال بار اضافی در طول روز به شبکه برق جلوگیری کرد.با تولید توان از سامانه خورشیدی از تولید ۶۸ تن گاز دی اکسید کربن نیز جلوگیری شده است.

کلمات کلیدی: امکان سنجی، بوستان های شهری، سامانه فتوولتائیک، تهران،نیروگاه خورشیدی،

* نویسنده مسئول

امکان سنجی استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی کوچک مقیاس جهت استفاده در بوستان‌های جنگلی شهر تهران

۱ – مقدمه

استفاده ازسوخت های فسیلی که تأمین کننده انرژی مورد نیاز انسان‌ها هستند باعث مشکلات زیادی از جمله آلودگی هوا ،گرم شدن کره زمین وآلوگی های محیط زیستی می شود. استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر از جمله انرژی بادی، خورشیدی ، زیست توده و زمین گرمایی می تواند از مشکلات و آلودگی زیست محیطی جلوگیری کند[۱].

گرچه مصرف انرژی تجدیدپذیر در مقابل انرژی های پایان پذیر بسیار اندک است اما با گذشت زمان و سرمایه گذاری و افزایش زیر ساخت های لازم میزان استفاده ازآن روندی رو به رشد دارد، بر این اساس در بین کشورهای آسیایی چین با ۱۳,۴، هند با ۴,۶ و ژاپن با ۳,۴ درصد کل انرژی داخلی خود از انرژی تجدیدپذیر می باشد [۲]. ایران واقع در خاورمیانه و دارای مساحت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع است و بیش از ۹۰ درصد سطح کشور به عنوان مناطق خشک ونیمه خشک می‌باشد و این می‌تواند پتانسیل خوبی جهت استفاده از انرژی خورشیدی باشد.کشور ایران یکی از مناسب‌ترین کشورهای جهان از نظر میزان دریافت انرژی تابشی خورشیدی است به طوری که بر اساس برآوردها ایران به طور متوسط بیش از ۲۳۱۱ ساعت آفتابی در سال دارد.[۳]. میزان مصرف برق در کشورایران رو به افزایش است. در سال ۹۸ نسبت به سال ۹۷ رشد مصرف برق در ایران برابر با ۴,۷ درصد می باشد که بیشترین افزایش مصرف برق در بخش صنعتی و خانگی به ترتیب ۶,۷ و ۴,۸ درصد می باشد. در کشور ایران علی‌رغم حرکت کند استفاده از انرژی های تجدید پذیر، برنامه ریزی هایی جهت استفاده از این نوع انرژی توسط وزارت نیرو و سازمان انرژی های نو کشور در حال انجام می باشد.

طبق گزارش وزارت نیرو، در بخش انرژی ظرفیت نصب نیروگاه‌های تجدید پذیر در سال ۹۸ نسبت به سال ۹۷ رشد ۱۷,۹ درصد را داشته است.ظرفیت نصب نیروگاههای بادی و خورشیدی در سال ۹۸ نسبت به سال ۹۷ به ترتیب ۶ و ۲۹ درصد رشد داشته است[۴].

تولید ۱۴۰ میلیون کیلووات ساعت انرژی تجدید پذیر در فروردین ۱۴۰۰ در کشور مجموع انرژی تجدید پذیر را به ۶۰۵۴ میلیون کیلووات رسانده است که پراکندگی تولید انرژی های تجدید پذیر را در تصویر شماره ۱ نمایش داده شده است.با استفاده از انرژی تجدید پذیر میزان صرفه جویی در مصرف سوخت ۱۷۱۹ میلیون متر مکعب گاز طبیعی ،۱۳۳۲ میلیون لیتر آب ،۴۰۶۹ هزارتن گاز دی‌اکسید کربن شده است. ظرفیت استفاده از انرژی خورشیدی ۴۲۹,۴ مگاوات در کشور می باشد.

تصویر شماره ۱: نمایش پراکندگی و ظرفیت تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح کشور(مگاوات)[۴].

طبق مصوب دولت نرخ خرید تضمینی انرژی های تجدیدپذیر از مزرعه خورشیدی با ظرفیت دو مگاوات و کمتر ۸۹۱۸ ریال در هر کیلووات ساعت می باشد، همچنین نرخ خرید از مزارع تولید انرژی خورشیدی با ظرفیت ۲۰۰ کیلووات و کمتر ۱۲۷۴۰ ریال و ظرفیت ۲۰ کیلوات و کتر ۱۴۵۶۰ ریال می باشد[۵].

پترا اشمیتر و همکاران (۲۰۱۸) استفاده از انرژی خورشیدی جهت استخراج آب از چاههای کم عمق برای زمین های کشاورزی اتیوپی مطالعه کرده اند،آنان با استفاده از روش GIS به این نتیجه رسیده اند که ۹ درصد زمین های کشاورزی آبی و ۱۸ درصد زمین های دیمی مناسب استفاده از این سیستم جهت آبیاری مناسب است[۶].

نیتین باسی (۲۰۱۷) استفاده از انرژی خورشیدی جهت آبیاری زمین های کشاورزی در نقاط مختلف هند را مطالعه کرد. همچنین ایشان امکان استفاده از سلول های خورشیدی را به جهت کاهش مصرف سوخت یارانه ای و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای مورد بررسی قرار داده است[۷].

آیدا آیو دوی جیریانتاری و همکاران (۲۰۱۶) استفاده از انرژی خورشیدی جهت آبیاری در زمین های کشاورزی در کشور اندونزی مطالعه انجام دادند. ظرفیت مقدار توان ۱۲,۵ کیلووات برای استفاده ازپمپ آبیاری با استفاده از ۳۳ ماژول بدست آوردند آنها توانستند از این مقدار توان برای آبیاری ۱۷,۵ درصد زمین ۱۶ هکتاری استفاده گردید[۸].

در ایران، پرورش‌ریزی و همکاران (۱۳۹۷) تحلیل فنی و اقتصادی آبیاری خورشیدی را در کاشمر در باغ انگور انجام داده اند و به این نتیجه رسیده اند که به دلیل استفاده از سوخت های یارانه ای در موتور آب دیزلی این سیستم آبیاری خورشیدی فقط توان کتر از ۴,۵ کیلووات می تواند از لحاظ اقتصادی رقابت کند[۹].

شهر تهران با دارا بودن بوستانهای جنگلی در اطراف خود و همچنین دارای جمعیت زیاد نیاز به استفاده از انرژی های تجدیدپذیر برای کاهش استفاده از برق شبکه وکاهش آلودگی هوا احساس می شود. با ایجاد مزرعه های انرژی تجدیدپذیر خورشیدی در بوستان‌های تهران علاوه بر تأمین انرژی سطح بوستان می‌توان در موارد عدم نیاز به انرژی برق آن را وارد شبکه سراسری کرد تا از قطع مکرر برق

درسطح شهر جلوگیری کرد. هدف از این تحقیق بررسی امکان‌سنجی استفاده از نیروگاه‌های خورشیدی کوچک مقیاس جهت استفاده در بوستان‌های جنگلی شهر تهران جهت تولید توان برای استفاده در سیستم آبیاری و بررسی استفاده از ظرفیت تولید برق خورشیدی در بوستان ها جهت کمک برای کاهش بار شبکه توزیع برق سراسری ، همچنین بررسی کمک یه شبکه توزیع سراسری در فصول سرد سال با فروش برق خورشیدی تولیدی در بوستان ها و کاهش آلودگی هوا می باشد.

۲ – کاربردهای و چگونگی بکار گیری سیستم های فتوولتائیک

سیستم فتوولتائیک جهت مصارف عمومی و کشاورزی به صورت نیروگاه های مستقل از شبکه سراسری یا سیستم های متصل به شبکه سراسری به صورت ثابت یا متحرک مورد استفاده قرار می گیرند[۱۰].

۲-۱ سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه سراسری برق

در این نوع کاربرد می توان با استفاده از تجهیزات الکترونیک همچون اینورتور ومبدل های جریان مستقیم به متناوب می توان برق تولیدی از نیروگاه های خورشیدی را وارد شبکه سراسری کرد.به این ترتیب علاوه بر تامین برق مورد نیاز و کمک به تولید پراکنده می توان کمک شایانی در بهبود توزیع برق و کاهش قطعی برق در شبکه سراسری شد.

۲-۲ سیستم فتوولتائیک مستقل از شبکه سراسری برق

در این نوع کاربرد فتوولتائیک به دلیل عدم اتصال به شبکه برق ، مستقیما وظیفه تامین برق واحد را در طول شبانه روز دارد. به دلیل عدم وجود نور در شب عملا این سیستم کارایی خود را در طول شب از دست می‌دهد و برای تامین برق در شب بایستی از باتری به عنوان منبع ذخیره و توزیع در شب استفاده کرد. باتری به دلیل قیمت بالا باعث افزایش قیمت راه اندازی این سیستم می گردد.

۲-۳ مزایا ومعایب سیستم فتوولتائیک

۲-۳-۱ از مزایای سیستم فتوولتائیک می توان به شرح ذیل بیان کرد:

الف- انرژی خورشیدی تجدید پذیر و نامحدود است.

ب- انرژی خورشیدی آلودگی زیست محیطی ندارد.

ج- امکان استفاده به صورت تولید پراکنده از انرژی خورشیدی وجود دارد.

د- سیستم انرژی خورشیدی به دلیل نبود قطعات مکانیکی هزینه نگهداری کمتری دارد[۱۱].

۲-۳-۲ از معایب سیستم فتوولتائیک می توان به شرح ذیل بیان کرد:

الف-هزینه نصب و راه اندازی بالاتری نسبت به استفاده از برق شبکه دارد.

ب-تولید برق توسط این سیستم بستگی به شرایط جوی و ناپایدار است.

ج-سیستم فتوولتائیک جهت نصب سلول های خورشیدی نیاز به فضا دارد.

۳ – امکان سنجی راه اندازی سیستم فتوولتائیک به صورت نیروگاهی

۳-۱ طراحی اولیه

بررسی مکان نصب همانند نبود مانع جهت جلوگیری از تابش نور و همچنین فضای کافی جهت نصب ماژول های تولید برق و استفاده کامل از نور خورشید می‌باشد که بایستی در مکانی که حداکثر دریافتی از انرژی خورشیدی را داشته باشند [۱۰].

۲-۳ تعیین توان مورد نیاز اولیه

اولین قدم جهت نصب و استفاده از سیستم فتوولتائیک بدست آوردن توان مورد نیاز واحد می‌باشد . در بوستان‌ها به جهت استفاده از پمپ‌های آبیاری که توان زیادی مصرف می‌کنند بایستی به صورت دقیق محاسبه گردد تا مشکلی جهت راه اندازی سیستم آبیاری بوجود نیاید.توان مورد نیاز در بخش آبیاری فضای سبز را می‌توان از رابطه ۱ بدست آورد [۸]:

$$P_V = (P_P \times 0.247) + P_P \quad (۱)$$

در رابطه ۱، P_P توان مورد نیاز پمپ آبیاری می‌باشد که با واحد kW نشان داده می‌شود ،همچنین به دلیل وجود تلفات در تولید برق در سیستم خورشیدی توان مورد نیاز در عدد ۰,۲۴ ضرب می شود تا توان واقعی مورد نیاز حاصل شود. دلایل ایجاد تلفات در تولید توان در سیستم فوتولتائیک در جدول شماره ۱ آورده شده است.

جدول ۱: تلفات ایجاد شده در یک سیستم فتوولتائیک[۸]

ردیف	تلفات	مقدار٪
۱	تلفات دما	۱۴
۲	افت کیفیت ماژول	۱,۵
۳	عدم تطابق	۲
۴	تلفات کابل	۱,۲
۵	تلفات اینورتر	۳
۶	تلفات گردوخاک	۳
۷	جمع	۲۴,۷

برای بدست آوردن توان مورد نیازپمپ از رابطه ۲ می توان بدست آورد [۱۱]:

$$P_P = \frac{\rho g h Q}{\eta_P} \quad (۲)$$

در رابطه شماره۲ ، Q برابر با دبی پمپ با واحد(m^3/s)و η_P بازدهی پمپ می باشد همچنین h،g،ρ به ترتیب هد پمپ ،نیروی گرانش زمین و چگالی آب می باشد.دبی پمپ را در فضای سبز با توجه به نیاز آبی گیاه می توان تعیین کرد . از رابطه شماره ۳می توان دبی پمپ مورد نیازرا محاسبه کرد.

$$Q = \frac{ET \times A_F}{3600 \times t} \quad (۳)$$

در رابطه شماره ۳، ET نیاز آبی فضای سبزمی باشد که وابستگی به پارامترهایی همچون گونه گیاه ،خاک،راندمان سیستم آبیاری ،نوع خاک و... بدست می آید.. A_F نشان دهنده سطح گیاه می باشد و با واحد (m^2) بیان می شود.

۳-۳ تعیین نوع و تعداد پانل خورشیدی

پارامتر های تعیین نوع و تعداد پنل های خورشیدی جهت تامین ، استفاده و محاسبات در جدول شماره ۲ نوشته شده است که طبق اطلاعات جدول و پنل‌های موجود در بازار بایستی فضای نصب مورد نیاز را محاسبه کرد.

جدول ۲:پارامترهای مهم در طراحی سیستم فتوولتائیک

ردیف	مشخصات پنل
۱	ابعاد (طول ،عرض،ارتفاع)
۲	ماکسیمم ولتاژ سیستم
۳	ماکزیمم توان تولیدی
۴	بازدهی ماژول
۵	حداکثر ولتاژ
۶	حداکثرآمپر
۷	جریان اتصال کوتاه
۸	ولتاژ مدار باز

۳-۴ مساحت مورد نیاز برای نصب پنل خورشید[۸]:

برای محاسبه مساحت مورد نیاز جهت نصب پنل خورشیدی ابتدا تعداد پنل مورد نیاز را با توجه به توان درخواستی بایستی بدست آید، از رابطه شماره۴ می توان تعداد پنل مورد نیاز را بدست آورد:

$$N_{pv} = \frac{P_V}{\mathrm{Pm}} \qquad (۴)$$

در رابطه شماره ۴ ،Npv تعداد پنل مورد نیاز ، P_Vتوان مورد نیاز است ،Pm توان تولیدی هر پنل مورد استفاده می باشد.

مساحت فضای مورد نظر جهت نصب پنل‌های خورشیدی بستگی به میزان توان تولیدی هر پنل و ابعاد آن دارد که می توان ار رابطه ۵ بدست آورد.

$$S.LAND = S \times N_{pv} \qquad (۵)$$

در رابطه شماره ۵ ، مساحت هر پنل را با S نشان داده می شود.

۳-۵ زاویه نصب پنل خورشیدی

زاویه نصب پنل خورشیدی در میزان توان تولیدی پنل سولار تاثیر بسیار مهمی دارد. توان تولیدی پنل سولار وقتی به مقدار بیشینه خود می‌رسد که بیشینه تابش را دریافت کند و این مقدار وقتی اتفاق می‌افتد که زاویه تابش عمود بر سطح پنل باشد.در نیمکره شمالی جهت بدست آوردن بهترین زاویه نصب از رابطه ۶،۷ ،۸ استفاده می شود. [۹].

$$\alpha(\mathrm{mid}) = 90°\text{-}\beta_N \qquad (۶)$$

$$\beta_N = 90° - \mathrm{L} + \delta \quad (۷)$$

$$\delta = 23.45\ sin\left[\frac{360}{365}(n-81)\right] \quad (۸)$$

در رابطه‌های شماره ۷ و ۸، L زاویه عرض جغرافیای منطقه و n شماره روز از آغاز سال میلادی می باشد.

٤ - نتایج وتحلیل

۴-۱ محاسبه توان مورد نیاز جهت نصب پنل در بوستانهای جنگلی تهران

برای بدست آوردن توان مورد نیاز پمپ‌های به کار رفته در عرصه فضای سبز طبق رابطه ۲ و ۳ بایستی نیاز آبی فضای سبز مناطق مورد نظر به دست آید.در این پژوهش از نیاز آبی بوستان‌هایی که توسط پژوهشگران در سنوات گذشته و در تعدادی از بوستان‌ها برای ۲۷۰ روز(۹ ماه) بدست آمده است به عنوان پایلوت استفاده شده است.جدول شماره ۳ نیاز آبی بوستان‌های جنگلی شمال شرق (منطقه ۴ شهرداری تهران) شهر تهران نوشته شده است.

جدول شماره۳: نیاز آبی بوستانهای جنگلی شمال شرق تهران(منطقه ٤)[۱۲]

ردیف	نام قطعه	مساحت-هکتار (ha)	نیاز آبی سالانه(m^3/ha)
۱	پارک جنگلی لویزان	۷۱۸,۹	۹۴۱۳,۴۱
۲	پارک جنگلی باغ پرندگان	۱۰۵,۳۹	۸۸۸۲,۵۱
۳	پارک جنگلی یاس فاطمی	۱۹۸,۴۷	۹۴۱۳,۴۱
۴	پارک جنگلی تلو۵۰۰ هکتاری	۱۴۰	۷۱۸۱,۱۱
۵	پارک جنگلی تلو۱۰۰۰ هکتاری	۶۵	۸۸۱۱,۹۱
۶	پارک جنگلی امام حسین(ع)	۱۴۰	۸۸۷۴,۲
۷	پارک تلو انصار الحسین(ع)	۳۲۲,۲	۸۲۲۵,۲۴
۸	پارک جنگلی غزال	۵۳۵,۲۸	۶۲۴۱,۸۶
۹	پارک جنگلی آبعلی	۳۱۰,۷۵	۸۰۲۵,۲۴
۱۰	جنگل کاری شهرک امام خمینی(ع)	۵۲	۸۳۶۲,۶۳
۱۱	جنگل کاری قوچک	۱۵۰	۷۱۶,۸
۱۲	جمع	۲۷۳۸,۰۷	۸۳۸۴۸,۳۲

با توجه به جدول شماره ۳ و طبق روابط های شماره ۱،۲ و۳ می‌توان دبی ، توان و همچنین توان تولیدی توسط پنل‌های خورشیدی را بدست آورد در رابطه شماره ۳ هد پمپ که حداکثر ۱۰ متر می‌توان در نظر گرفت ، نیروی گرانش زمین برابر۹,۸ و چگالی آب ۱۰۰۰، همچنین راندمان پمپ ۸۵ درصد در نظر گرفته شده و در جدول شماره ۴ نوشته شده است.

جدول شماره ٤ :نمایش دبی،توان پمپ و توان تولیدی توسط پنل‌های خورشیدی را نشان می دهد

ردیف	نام قطعه	دبی پمپ مورد نیاز(m^3/s)	توان پمپ(kW)	توان مورد نیاز(تولیدی)(kW)
۱	پارک جنگلی لویزان	۰,۸۷	۱۰۰,۳۴	۱۲۴,۴۳
۲	پارک جنگلی باغ پرندگان	۰,۱۲	۱۳,۸۷	۱۷,۲۱۱
۳	پارک جنگلی یاس فاطمی	۰,۲۴۰	۲۷,۷	۳۴,۳۴
۴	پارک جنگلی تلو۵۰۰ هکتاری	۰,۱۲۹	۱۴,۹	۱۸,۴۸
۵	پارک جنگلی تلو۱۰۰۰ هکتاری	۰,۰۷۳۶	۸,۴۹	۱۰,۵
۶	پارک جنگلی امام حسین(ع)	۰,۱۵۷۹	۸۱,۲۱	۲۲,۵۸
۷	پارک تلو انصار الحسین(ع)	۰,۳۳۲	۳۸,۳۳	۴۷,۵
۸	پارک جنگلی غزال	۰,۴۲۹۶	۴۹,۵۳	۶۱,۴۲
۹	پارک جنگلی آبعلی	۰,۳۲۰	۳۶,۹۷	۴۵,۸۵
۱۰	جنگل کاری شهرک امام خمینی(ع)	۰,۰۵۵	۶,۴۴	۷,۹۹۵
۱۱	جنگل کاری قوچک	۰,۰۱۳۸	۱,۵۹	۱,۹۷
۱۲	مجموع	۲,۷۴	۳۷۹,۳	۳۹۱,۹

۴-۲ مساحت مورد نیاز جهت نصب پنل‌های خورشیدی

جهت بدست آوردن مساحت نصب پنل‌های خورشیدی بایستی ابعاد این پنل‌ها بدست آورده شود.با توجه به موجودی پنل های خورشیدی در بازار می‌توان بر حسب بازدهی و توان تولیدی وموجود بودن در بازار انتخاب کرد.در این مطالعه پنل مدل SS-DM340NA ساخت کشوره کره جنوبی انتخاب گردیده است. مشخصات پنل انتخاب شده در جدول شماره۵ نوشته شده است.

جدول شماره ۵: مشخصات پنل خورشیدی انتخاب شده

ردیف	مشخصات آرایه	مقدار
۱	ابعاد(طول ،عرض،ارتفاع)	۱,۹۷*۰,۹۹*۰,۰۴ (m)
۲	ماکزیمم توان تولیدی	۳۴۰ W
۳	بازدهی ماژول	۰,۸۵
۴	حداکثر ولتاژ	۳۷,۶ V
۵	حداکثرآمپر	۹,۱۱ Am

۴-۳ زاویه و مکان نصب پنل‌های خورشیدی

دقت در نصب پنل خورشیدی به دلیل استفاده از توان تابشی خورشید بسیار مهم می باشد.زاویه تابش در ماه‌های مختلف متفاوت می‌باشد که یکی از بهترین روش‌های نصب به صورت ثابت ،استفاده از رابطه شماره ۶ می باشد.

برای نصب آرایه های خورشیدی بایستی در تهران به طرف جنوب که بیشترین تابش خورشید را دارد توجه کرد. موقعیت جغرافیایی شهر تهران برابر با۵۱ و۳۵ درجه که به ترتیب طول شرقی و عرض شمالی می باشد که می توان زاویه نصب را با روابط های ۶،۷،۸ بدست آورد. یکی از روش های تجربی در نصب زاویه پنل ها به جهت ثابت ماندن در طول سال می توان با درجه زاویه عرضی منطقه نصب کرد. زاویه نصب پنل‌ها برای شهر تهران می‌توان ۳۵ درجه قرار داد.

برای بدست آوردن تعداد پنل‌ها با توجه به توان مورد نیاز به شدت تابش در موقعیت جغرافیایی برای بدست آوردن ماکزیمم وات تولیدی از پنل ها بایستی توجه شود.

با توجه به شکل شماره ۲ میانگین شدت تابش ماهیانه شهر تهران را نشان می‌دهد.کمترین شدت تابش مربوط به ماه دسامبر(۱۰ آذر الی ۱۰ دی) است که برابر با Wh/m^2 ۴۰۴۴ می‌باشد که درتصویر شماره ۲ میانگین شدت تابش خورشید هر ماه میلادی شهر تهران نشان داده شده است [۱۳].

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5					3	13	1					
5 - 6				29	138	174	112	64	20			
6 - 7		33	130	219	305	363	285	327	313	175	39	15
7 - 8	258	299	369	338	419	498	419	479	528	433	317	258
8 - 9	463	451	467	431	512	596	525	587	642	538	445	439
9 - 10	544	522	544	504	585	665	600	667	719	610	508	517
10 - 11	593	590	596	554	623	700	643	709	762	662	549	554
11 - 12	610	604	608	557	623	711	657	722	771	666	566	556
12 - 13	596	567	564	526	588	700	648	711	755	632	539	530
13 - 14	562	523	516	470	534	664	617	678	713	577	494	497
14 - 15	514	481	468	397	456	591	555	611	636	491	421	430
15 - 16	344	405	392	312	367	497	466	508	515	342	240	249
16 - 17	17	112	230	221	268	378	342	364	281	61		
17 - 18			7	40	128	205	170	131	24			
18 - 19						15	10					
19 - 20												
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	4502	4588	4891	4599	5549	6768	6052	6557	6679	5187	4118	4044

شکل شماره ۲:میانگین شدت تابش خورشید در ماههای مختلف سال

با توجه به اینکه به ازای هر کیلوات برق تولیدی مقدار ۶۶۰ گرم گاز دی اکسید کربن تولید می‌شود[۱۴] می‌توان با استفاده از سامانه خورشیدی مقدار قابل توجهی از انتشار گاز های گلخانه ای جلوگیری کرد که در جدول شماره ۷ نوشته شده است. با توجه به توان مورد نیاز در جدول شماره ۴ و همچنین اطلاعات پنل‌های خورشیدی در جدول شماره ۵ و استفاده از روابط های شماره ۴ و ۵ و حداقل شدت تابش در شهر تهران می توان تعداد آرایه های خورشیدی و مساحت اشغال شده را محاسبه کرد .مقادیر محاسبه شده تعداد پنل‌های خورشیدی مورد نیاز و مساحت اشغال شده در جدول شماره۷ نشان داده شده است.

جدول شماره ۷: تعداد پنل‌های خورشیدی مورد نیاز،سطح فضای سبز اشغال شده و میزان ارزش مالی تولید شده

ردیف	نام قطعه	تعداد پنل (عدد)	مساحت مورد نیاز(m^2)	درصد مساحت اشغال شده فضای سبز توسط پنل های خورشیدی	ارزش ریالی توان تولید شده (میلیون ریال)	وزن جلوگیری از انتشار گاز دی اکسید کربن (تن)
۱	پارک جنگلی لویزان	۳۶۶	۷۲۱	۰,۰۱۰۰	۴۲۸	۲۱,۸
۲	پارک جنگلی باغ پرندگان	۵۱	۹۹,۷۲	۰,۰۰۹۴	۵۹,۲	۳,۰۲
۳	پارک جنگلی یاس فاطمی	۱۰۱	۱۹۹,۰۳	۰,۰۱۰۰	۱۱۸,۱۵	۶,۰۲۸
۴	پارک جنگلی تلو ۵۰۰ هکتاری	۵۵	۱۰۷,۱۰	۰,۰۰۷۶	۶۳,۵۸	۳,۲۴
۵	پارک جنگلی تلو ۱۰۰۰ هکتاری	۳۱	۶۱,۰۹	۰,۰۰۹۳	۳۶,۲۲	۱,۸۴
۶	پارک جنگلی امام حسین(ع)	۶۷	۱۳۰,۸۶	۰,۰۰۹۱	۷۷,۶	۳,۹۶
۷	پارک تلو انصار الحسین(ع)	۱۴۰	۲۷۵,۴۶	۰,۰۰۸۵	۱۶۳,۵۲	۸,۳۴
	پارک جنگلی غزال	۱۸۱	۳۵۵,۹۴	۰,۰۰۶۰	۲۱۱,۳	۱۰,۷۸
۹	پارک جنگلی آبعلی	۱۳۵	۲۶۵,۶۷	۰,۰۰۸۵	۱۵۷,۷	۸,۰۴۶
۱۰	جنگل کاری شهرک امام خمینی(ع)	۲۴	۴۶,۳۲	۰,۰۰۸۵	۲۷,۵	۱,۴
۱۱	جنگل کاری قوچک	۶	۱۱,۴۵	۰,۰۰۰۷	۶,۷	۰,۳۴
۱۲	جمع	۱۱۵۷	۲۲۷۳	۰,۰۸۵	۱۳۴۰	۶۸

نتیجه گیری

با توجه به جدول شماره ۷ و مجموع توان تولیدی ازپنل های خورشیدی برابر با ۱۰۵۹۴۳کیلوات در طول یکسال آبی (۲۷۰ روز)می‌باشد که درصد اشغال فضای سبز جهت نصب این پنل ها خورشیدی کمتر از۰,۱ درصد کل فضای سبز محاسباتی می باشد که شهرداری تهران می‌تواند از پتانسیل بوستان‌های خود جهت تولید برق استفاده نماید .همچنین اگر این توان تولیدی را با قیمت اعلامی خرید از طرف دولت که برابر با ۱۲۷۴۰ ریال می باشد می تواند مبلغ ۱۳۴۹۷۱۵۹۷۲ ریال در ۶ ماه دوم سال که آبیاری درختان عملا انجام نمی‌گیرد و پمپ‌های آبیاری خاموش هستند بفروش برساند و درآمد ثانویه ای کسب نماید.در روزهای سرد سال که وارونگی هوا ایجاد می شود وتولید برق از مازوت یکی ازعوامل آلوده کننده هوا در شهر تهران می باشد ، با توجه به تولید برق از پنل های خورشیدی در بوستان‌ها می توان درصد قابل قبولی از این آلودگی‌ها که توسط نیروگاه‌های تولید برق ایجاد می شود کاهش داد.

منابع

[۳].یوسفی،ح .،کسائیان،ع.،رنجبران،پ.،کتولی،م.،۱۳۹۵.،مروری بر معیارهای مکانی احداث نیروگاههای خورشیدی در ایران.،نشریه علمی –ترویجی مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی .،دوره هشتم.،شماره ۲.،خرداد ماه ۱۳۹۶

[۴].گزارش عملکرد سال ۱۳۹۸ صنعت آب و برق.،۱۳۹۹.،معاونت تحقیقات و منابع انسانی.،دفتر فناوری اطلاعات و آمار.،وزارت نیرو

[۵].سازمان انرژی های نوایران.،http://www.satba.gov.ir

[۹].محمدی قهرودی، م. ۱۳۹۴. آشنایی با مبانی و اصول طراحی سیستم های برق خورشیدی. انتشارات آیلار،۱۷۶ صفحه، تهران.

[۱۰].حسامی.ز.،۱۳۹۶.، راهنمای کاربرد انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی) (جلد ۱).،نشرشهر.،ص۱۰۶.،۱۳۹۶

[۱۲]. بابائیان.الف.،انصاری قوجقاری.م.،پورغلام آمیجی.م.،پارسی.الف.،۱۳۹۹.،محاسبه نیاز آبی فضای سبز شهری با استفاده از روش کالیفرنیا.،نیوار.،(دو فصلنامه) زمستان وپاییز۱۳۹۹، ۱۱۰شماره۴۴.،ص ۱۱۰-۱۱۱

[1].Fazelpour.F.,Soltani.n.,Rosen.m.,2016.,Economic analysis of standalone hybrid energy systems for application in Tehran, Iran., **International Journal of Hydrogen Energy** Volume 41, Issue 19, 25 May 2016, Pages 7732-7743

[2]. Gorjian.Sh., Ghobadiana,B.,2015.,Solar Thermal Power Plants: Progress and Prospects in Iran., Energy Procedia 75 (2015) 533 – 539

[6]. Schmittera.P , S. Kibretb,c.K , Lefored.N , Barron.J.,2018.,Suitability mapping framework for solar photovoltaic pumps for smallholder farmers in sub-Saharan Africa., **Applied Geography** Volume 94, May 2018, Pages 41-57

[7]. Bassi.N.,2017., Solarizing groundwater irrigation in India: a growing debate., International Journal of Water Resources Development.,2019

[8].Sastradiangga.I.M.A.,Giriantari.I.A.D ,Sukerayasa.I.W.,2020., Solar PV Plant as a Replacement for Power Supply of Irrigation Water Pump., International Journal of Engineering and Emerging Technology, Vol.5, No.2, July — December 202

[11]. Kelley a.L.,Gilbertson a.E ., Sheikh.A .,Eppinger c.D ., Dubowsky.S.,2010., On the feasibility of solar-powered irrigation., Renewable and Sustainable Energy Reviews., 14 (2010) 2669–2682

[13].www.Global solar atlas .com

[14]. D. Weisser, "A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies," Energy, vol. 32, pp. 1543-1559, 2007.

Feasibility study of using small-scale solar power plants for use in the forest parks in Tehran

Reza shahbazi[1], Ali Mashaallah Kermani[2*], Sadaf Mohebi
1. PhD Student in Mechanical Engineering of Renewable Energy Biosystems, Abureihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran (shahbazi.reza36@ut.ac.ir)
2. Assistant Professor, Technical Department, Abu Reihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran (amkermani@ut.ac.ir)
3. PhD Student in Mechanical Engineering of Renewable Energy Biosystems, Abu Reihan Campus, University of Tehran, Tehran, Iran (sdf.mohebi@ut.ac.ir)

Abstract

Tehran is the 15th most populous city in the world with an area of 730 square kilometers, which with its functions has a population of 14 million people. Its population density is between ten thousand and seven hundred to more than eleven thousand people per square kilometer. Air pollution is one of the main challenges of Tehran metropolis. One of the best ways to reduce air pollution and prevent its increase is to use renewable energy in this metropolis. Installation of solar panels Due to the need for suitable space , it can be used in parks in the city. The amount of power required to supply electricity to irrigation pumps during one year of irrigation of forests in the northeast of the capital is equal to 393 kW, which provides space of 2738 hectares. The required number of panels is 1153, which is a total of 2274 square meters of occupied space. The amount of financial profit from the installation of this system is equal to 134 million Tomans. By using solar systems, it is possible to prevent the application of additional load to the electricity network during the day. By producing power from the solar system, the production and emission of 68 tons of carbon dioxide gas has been prevented.

Key words: Feasibility study, photovoltaic system, solar power plant, urban parks, Tehran

*Corresponding author
E-mail: amkermani@ut.ac.ir