

بررسی ظرفیت های تولید انرژی خورشیدی در ایران

ایمانه نوراللهی^۱، مجید احتشامی^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

Email: i.noorollahi@email.kntu.ac.ir

۲- استادیار دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی عمران، گروه محیط زیست

Email: ehteshami@kntu.ac.ir

چکیده

تحقیقات صورت گرفته توسط متخصصان امر نشان می دهد انرژی تابشی خورشید در ایران بسیار بیشتر از میانگین بین المللی است به طوری که در برخی از نقاط این میزان بالاتر از ۷ تا ۸ کیلووات ساعت بر مترمربع اندازه گیری شده است. در حالی که کشورهای اطراف ایران از یک سیستم فتوولتائیک با ظرفیت تولید یک کیلووات تنها ۱۴ تا ۱۵ درصد برق تولید می کنند، ما می توانیم راندمان آن را به ۱۶ تا ۱۹ درصد افزایش دهیم و به عبارتی ایران باصرفه ترین و اقتصادی ترین کشور منطقه برای بهره گیری از انرژی خورشیدی است.

کلمات کلیدی: انرژی تابشی خورشید، راندمان، ظرفیت تولید، نیروگاه خورشیدی، تولید برق

۱. مقدمه

اگرچه استفاده از انرژی خورشیدی بطور مستقیم یا غیرمستقیم به تمدن های باستانی بر می گردد ولی استفاده عملی و فنی این منبع انرژی دوستار محیط زیست، از اواخر قرن بیستم شروع شده است. تمدن های باستانی و کهن در حوزه دریای مدیترانه، اصول اساسی استفاده از انرژی خورشیدی را در شرایط معماری بناهایشان بکار بردند (بناهای رومی و یونانی) و اولین طرح استفاده از انرژی خورشیدی توسط فلاسفه یونانی ابداع شدند [۱۵]. برای شهرهای واقع در کویر ایران، سالیانه میزان تشعشعات خورشید و ساعات آفتابی در طول روز از مقدار متوسط آن در سایر مناطق، بیشتر میباشد و از طرف دیگر انتقال انرژی به این مناطق دور دست کار بسیار مشکلی است لذا طرح های تحقیقاتی در عرصه تولید انرژی خورشیدی در این مناطق در دست بررسی و اجرا می باشد. طراحی و ساخت پمپ های آب خورشیدی، دستگاه های تقطیر آب خورشیدی،

کولکتورهای خورشیدی، آبگرمکن های خورشیدی، یخچال های خورشیدی و گرمکن های هوای خورشیدی مثال هائی از این قبیل بشمار می روند [۹].

یو آخیم لوتر درباره انرژی های جایگزین چنین می گوید: از میان همه انرژی های تجدید شونده، نیروی خورشیدی بیشترین امکانات را دارد و دلیل آن هم ساده است، نور خورشید همه جا هست [۴]. انرژی خورشیدی عظیم ترین منبع انرژی در جهان است. این انرژی پاک، ارزان و پایا است و در بیشتر مناطق کره زمین قابل استحصال است. محدودیت منابع فسیلی و پیامدهای حاصل از تغییرات زیست محیطی و آب و هوای جهانی، فرصت های مناسبی را برای رقابت انرژی خورشیدی با انرژی های فسیلی خصوصاً در کشورهای با پتانسیل بالای تابش ایجاد کرده است. نیروگاه های حرارتی خورشیدی از تابش مستقیم خورشید DNI استفاده می کنند. این بخش از تابش خورشید، توسط ابرها، دود یا گرد و غبار منحرف نمی شوند. بنابراین، نیروگاه های حرارتی -خورشیدی باید در مناطقی که از تابش مناسب خورشید برخوردارند ساخته شوند. به طور معمول نقاطی برای این سایت ها مناسب اند که آب و هوا و گیاهان منطقه، رطوبت و گرد و غبار زیادی را در اتمسفر ایجاد نمی کنند، مانند استپ ها، بوته زار، صحرای نیمه خشک و صحراهایی که به طور معمول در عرض جغرافیایی شمال یا جنوب در کمتر از ۱۹ درجه قرار دارند [۸].

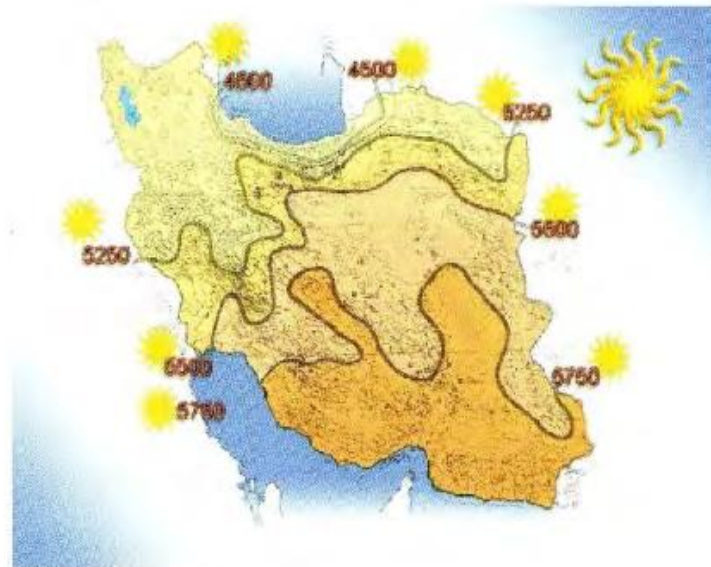
۲. ضرورت بهره برداری از انرژی خورشیدی

خورشید منبع تمام انرژی ها است و هم اکنون در دنیا تحقیق روی فناوری استفاده از انرژی خورشیدی به سرعت در حال رشد است. مهمترین نوع استفاده از انرژی خورشیدی به صورت گسترده در نیروگاه های خورشیدی است که انواع آن عبارتند از: ۱- نیروگاه خورشیدی از نوع سیستم های فتوولتائیک ۲- نیروگاه خورشیدی از نوع دریافت کننده مرکزی ۳- نیروگاه خورشیدی از نوع دودکش خورشیدی ۴- کلکتورهای نوع جفت سهموی یا 9-CPC متمرکز کننده خطی سهموی [۶].

امروزه انرژی های خورشیدی به دلیل پیشرفت تکنولوژی پانلهای خورشیدی، به مراتب بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به سهم ایران از تابش نور خورشید هنوز راه زیادی تا بهره گیری مطلوب از این انرژی عظیم را داریم. اما سؤالی که اینجا مطرح می شود این است که چرا شهرهایی که از نظر تابش نور خورشید در بهترین وضعیت قرار دارند، مستقیماً برای سرمایه گذاری انتخاب نمی شوند و چه دغدغه ای در این سرمایه گذاری دخیل است؟ پاسخ این است که عوامل موثر در کاهش راندمان پانلهای خورشیدی با توجه به وضعیت آب و هوا، گرما و میزان بالای گرد و غبار می باشد، که در سرمایه گذاری علاوه بر میزان تشعشع خورشید در منطقه باید وضعیت آب و هوایی منطقه را نیز مورد بررسی قرار داد. به طور کلی وزش طوفانهای کویری و دمای بسیار بالای برخی از مناطق جنوبی باعث می شود که هزینه نگهداری و تعمیرات این تجهیزات افزایش یافته و عملاً بهره برداری از انرژی خورشید مقرون به صرفه و علمی نباشد [۵].



روند رو به رشد جمعیت و همچنین توسعه اقتصادی، مصرف انرژی جهانی را افزایش داده است. از سوی دیگر به دلیل افزایش اثرات نامطلوب حاصل از گازهای گلخانه ای ناشی از انتشار دی اکسید کربن در فضا و لزوم به کار گیری انرژی های پاک و همچنین عدم امکان دسترسی شبکه توزیع برق کشور به بسیاری نقاط دور به لحاظ ملاحظات اقتصادی و محدودیت های جغرافیایی ضرورت توجه به انرژی های پایدار و تجدیدپذیر در مصرف انرژی کشور آشکار می گردد. انرژی خورشیدی به عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین انرژی رایگان، پاک و عاری از اثرات مخرب زیست محیطی میتواند در موارد بسیاری از جمله تولید برق، گرما و شیرین سازی آبهای شور مورد استفاده قرار گیرد. کشور ایران به دلیل ویژگی هایی از جمله گستردگی عرض جغرافیایی، امتداد کوهستان ها، تغییرات چشمگیر ارتفاعات و وجود دریاها و گستره های آبی از تنوع اقلیمی فراوانی برخوردار بوده و از پتانسیل بالایی برای بهره برداری از انرژی های طبیعی به ویژه انرژی خورشیدی برخوردار می باشد. اولین قدم برای استفاده از انرژی خورشیدی، شناسایی نواحی پرتابش برای بهره برداری از آن است. به این منظور می توان از داده های موجود در بخش آمار و اطلاعات هواشناسی بهره جست. در تحقیق مناطق با کمترین میزان ابرناکی شناسایی شده است و بر این اساس در اغلب مکان های مورد مطالعه در ۵۵ درصد روزهای سال آسمان صاف و آفتابی میباشد و بنابراین اغلب استان های کشور از بابت دریافت انرژی خورشیدی وضعیت مطلوبی دارند [۱۲].



شکل ۱- نقشه پتانسیل انرژی خورشید در ایران [۱۱]

۳. ظرفیت منابع انرژی خورشیدی موجود در کشور

ایران به عنوان یکی از کشورهایی که بر روی کمربند خورشیدی قرار دارد جزو کشورهای با پتانسیل بسیار مناسب برای به کارگیری این انرژی به شمار میرود با توجه به آمار ارائه شده، پتانسیل انرژی خورشیدی در ایران از ۸،۲ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز، در شمال کشور تا ۴،۵ کیلو وات ساعت بر متر مربع در روز، در جنوب متغیر است. در نتیجه ایران با داشتن منبع

غنی خورشیدی می‌تواند با بهره‌برداری از آن در تولید برق کشور استفاده قابل توجهی داشته باشد [۱۴]. با توجه به اینکه ۶۰ درصد از این کشور دارای زمین‌های خشک و با حداکثر تابش خورشید است و از تابشی در حدود ۲۰ تا ۳۰ مگاژول بر مترمربع در روز برخوردار است انرژی دریافت شده مساحتی حدود ۱۵۵۱۰ کیلومتر مربع از مساحت کشور نه تنها انرژی مورد نیاز کنونی سالانه داخلی را پاسخ می‌دهد بلکه می‌تواند به همین میزان به کشورهای دیگر صادر گردد. در هر حال، توسعه سیستم‌های انرژی‌های خورشیدی و ورود آن به بازارهای انرژی امری اجتناب‌ناپذیر است. اما باید در نظر داشت که این امر به چندین دلیل مانند، عدم توسعه همزمان تکنولوژی و توسعه صنایع تولیدی و محدودیت‌های سرمایه‌گذاری کلان در این بخش از سرعت لازم برخوردار نیست [۱۳].

ما در اکثر نقاط کشورمان به ازای هر متر مربع بیش از ۵ کیلووات ساعت انرژی رایگان از خورشید دریافت می‌کنیم و اگر بخواهیم احساسی نسبت به این مقدار انرژی داشته باشیم می‌توانیم این مثال را بزنیم، اگر یک لامپ ۲۰ وات را ۱۰ ساعت در روز روشن کنیم، مقدار انرژی مصرفی آن برابر خواهد بود با ۲۰۰ وات ساعت انرژی. در حالی که ما در هر متر مربع حدود ۵ هزار وات ساعت انرژی رایگان دریافت می‌کنیم. پس این حجم میزان دریافت انرژی از خورشید است که به صورت خیلی زیادی در اقصی نقاط کشورمان وجود دارد. حتی در مناطق شمالی میزان شدت تابش انرژی در هر متر مربع بین دو و هشت‌دهم تا سه و هشت‌دهم کیلووات ساعت است. یعنی در کشور ما به کمک انرژی خورشیدی در هر متر مربع سطح زمین به صورت میانگین ۲۸۰۰ تا ۳۸۰۰ وات ساعت انرژی قابل تولید است [۲].

ما از ظرفیت بالای انرژی خورشیدی در ایران بسیار کم استفاده می‌کنیم. در حال حاضر میزان استفاده ما از انرژی خورشیدی در کشور ۱۲۳ هزارم درصد، یعنی کمتر از دودهم درصد است. ما می‌توانیم در بسیاری از مناطق کویری نیروگاه‌های خورشیدی نصب کنیم و در تمامی این مناطق بی‌سکنه می‌توانیم از خورشید انرژی تأمین کنیم. هر جا که انرژی باشد آبادانی هم می‌تواند باشد، آب را می‌توانند استحصال و پمپ کنند و زندگی در مناطق کویری از سر گرفته شود. ایران می‌تواند به این طریق هم اشتغال و هم انرژی تولید کند و این انرژی را به همسایگانمان نیز صادر کند. به عنوان مثال ما در بخش خراسان در طول سال بین ۴۵۰۰ تا ۵۲۰۰ وات ساعت در هر متر مربع انرژی داریم و این را می‌توانیم در نیروگاه‌ها تولید و به افغانستان صادر کنیم. همین مقدار را در غرب کشورمان هم داریم و می‌توانیم آن را به عراق و کشورهای دیگر صادر کنیم [۲].

۴. برآورد پتانسیل انرژی حرارتی خورشیدی در ایران

پتانسیل فنی انرژی حرارتی خورشیدی عبارت است از کل امکانات بهره‌گیری از تابش خورشید با استفاده از تکنولوژی فعلی در دسترس با راندمان مشخص بدون در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی و نزدیکی به بازار مصرف. مقدار خالص کل پتانسیل فنی، مقداری است که موانع طبیعی را در محاسبات کسر می‌نماید. مثلاً مساحت کوه‌ها، جنگل‌ها، بیابان‌ها، دشت‌ها، مزارع کشاورزی، مراتع، رودخانه و غیره از کل مساحت قابل استفاده برای نصب واحدهای خورشیدی کسر می‌شود. اما پتانسیل

اقتصادی انرژی حرارتی خورشیدی آن بخش از پتانسیل فنی است که به لحاظ اقتصادی دارای صرفه است و در نزدیکی بازار مصرف قرار دارد. برای محاسبه پتانسیل فنی از مفروضات و اطلاعات مربوط به ایران به شرح زیر استفاده می شود:

- تابش سالیانه خورشیدی (مناطق مرکزی ایران): ۷/۷ ساعت در روز یا ۲۸۰۰ ساعت در سال
- متوسط تابش خورشیدی: ۱۹/۲۳ مگاژول در متر مربع در روز (۵/۳ کیلو وات متر مربع در روز)
- متوسط تابش خورشیدی سالیانه: ۲۰۰۰ کیلو وات ساعت در متر مربع
- راندمان واحد حرارتی خورشیدی ۳۵٪
- پتانسیل فنی انرژی حرارتی خورشیدی به صورت رابطه (۱) محاسبه می شود:

$$S = h \times f \cdot sqm \quad (1)$$

که در آن S میزان تابش خورشیدی جذب شده توسط واحد حرارتی خورشیدی در سال است و مبین پتانسیل فنی انرژی حرارتی خورشید است. ضریب متوسط راندمان انرژی برای دستگاه انرژی خورشیدی حرارتی مورد استفاده (۳۵٪) و f میزان تابش خورشیدی در هر متر مربع (۵/۳ کیلووات متر مربع در روز) است. همچنین sqm بیانگر مساحت قابل استفاده برای نصب سیستم های خورشیدی حرارتی است.

پتانسیل فنی ناخالص با لحاظ کل مساحت کشور برآورده می شود. اما پتانسیل خالص فنی فقط، مساحت های ممکن برای استفاده از سیستم های خورشیدی را در نظر می گیرد. جدول ۱ با در نظر گرفتن کلیه مفروضات و ملاحظات ذکر شده پتانسیل فنی انرژی خورشیدی حرارتی را برآورده می نماید [۷].

جدول ۱- برآورد پتانسیل فنی انرژی حرارتی خورشیدی

| پتانسیل فنی | میلیون تراوات |
|---|---------------|
| کل پتانسیل ناخالص: ۱۰۰٪ راندمان دستگاه خورشیدی | ۳/۳ |
| پتانسیل خورشیدی خالص با کسر موانع طبیعی، زمین های کشاورزی،... و فرض راندمان ۳۵٪ برای دستگاه های خورشیدی | ۰/۰۹۱ |

۵. بررسی اقتصادی نیروگاه خورشیدی

بررسی اقتصادی منابع مختلف انرژی با برآورد هزینه های منبع انرژی آغاز می شود. بدیهی است هر چه تجربه بیشتری در استفاده از منبع انرژی وجود داشته باشد، ارزیابی دقیق تر، و به واقعیت نزدیک تر خواهد بود. به همین دلیل برآورد هزینه های منابع جدید انرژی (به عنوان مثال نیروگاه های تجدید پذیر) به دلیل ناشناخته بودن برخی قیمت ها و پارامترها دشوارتر بوده و با تخمین احتمالات بیشتری همراه می باشد. پس از برآورد هزینه سرمایه گذاری برای احداث نیروگاه و لحاظ نمودن هزینه های جاری، درآمد حاصل از نیروگاه با توجه به میزان تولید محصول که در اینجا الکتریسیته و فروش گواهی کربن است و به پارامترهای مختلفی نظیر ضریب ظرفیت بستگی دارد، تخمین زده

میشود. در نهایت با فرض حداقل سود مناسب برای سرمایه گذار و نرخ تنزیل مناسب و تخمین میزان تورم و افزایش قیمت‌های احتمالی، درآمد و هزینه به ارزش حال تبدیل شده و طول دوره بازگشت سرمایه معلوم میشود [۱]. مناسب ترین مناطق جهت احداث نیروگاه حرارتی خورشیدی واقع در جنوب و مرکز کشور شامل استان های یزد، فارس، اصفهان و کرمان است [۳].



شکل ۲- نیروگاه سهموی خطی ۲۵۰ کیلووات شیراز (منبع مورد استفاده: انرژی خورشیدی) [۳]

در ادامه مثالی از آنالیز اقتصادی یک نیروگاه آورده شده است.

آنالیز اقتصادی : احداث نیروگاه به ظرفیت ۱۰ مگاوات

فرضیات بیان شده در زیر به عنوان حالت پایه در نظر گرفته شده است که در برگیرنده شرایط فوق می باشد :

نرخ خرید تضمینی مزرعه خورشیدی با ظرفیت تا ۱۰ مگاوات: ۶۷۵۰ ریال به ازای هر کیلووات ساعت، میزان تولید هر کیلووات پنل خورشیدی: ۱۹۰۰ - ۱۶۰۰ کیلووات ساعت در سال، هزینه احداث هر کیلووات پنل خورشیدی: ۱۹۰۰ دلار، نرخ تورم: ۱۵ درصد، آورده سرمایه گذار: ۱۰۰٪، ضریب تعدیل سالانه: ۱۳،۱ (سالانه ۱۳٪)، هزینه تعمیرات و نگهداری: سال اول ۰،۵٪، سال دوم ۱٪، سال سوم ۲٪. هزینه احداث و از سال چهارم سالانه ۲ درصد به هزینه های تعمیرات و نگهداری اضافه خواهد شد. نرخ خدمات انتقال نیروگاه متصل به شبکه توزیع: ۱۴۸ ریال به ازای هر کیلووات ساعت، میزان بومی بودن پروژه: ۱۵،۵٪، قیمت دلار: ۳۵،۰۰۰ ریال، استهلاک سالانه: ۴،۵ درصد، مساحت مورد نیاز برای ۱۰ مگاوات: ۲۰ هکتار.

در ادامه با در نظر گرفتن نیروگاه خورشیدی با ظرفیت ۱۰ مگاوات و کمتر متصل به شبکه توزیع، براساس میزان آورده سرمایه گذار، نرخ بازگشت سرمایه (ROR) برای دوره های ۵ و ۱۰ ساله با دو نرخ حداقل و حداکثر ضریب تعدیل سالانه محاسبه گردیده که در جدول ۲ آورده شده است [۱۰].

جدول ۲- نرخ بازگشت سرمایه

| تولید برق | ۱۹۰۰ kwh | ۱۶۰۰ kwh |
|--------------|----------|----------|
| ROR | | |
| دوره ۵ ساله | %۲۶ | %۲۲ |
| دوره ۱۰ ساله | %۳۳ | %۲۷ |

۶. نتیجه گیری

ایران پتانسیل مناسبی در زمینه انرژی های تجدیدپذیر دارد. طبق سند چشم انداز ۲۰ ساله، تا سال ۲۰۲۵ تامین ۱۰ درصد از برق کشور از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر معین گردیده است. ایران به طور بالقوه یکی از بهترین مناطق دنیا در بهره برداری از انرژی خورشیدی می باشد. این پتانسیل به گونه ای است که تنها با به فعلیت رساندن ۱ درصد از مساحت کشور در زمینه انرژی خورشیدی می توان کل انرژی کشور را تامین کرد، اما در حال حاضر از این انرژی استفاده محدودی می شود یکی از دلایل استفاده محدود از انرژی خورشیدی تعدد مراکز تصمیم گیری است. اول باید زیرساخت ها در داخل کشور ایجاد شود. دوم اینکه اصلا قوانین حمایتی نیست.

در بحث حمایت ما موقعی می توانیم به صورت کلی بگوییم حمایت چه قدر و چه گونه انجام شود که یک طرح جامع ملی انرژی را تدوین کرده باشیم و بدانیم در پنج سال آینده سهم انرژی های تجدیدپذیر و خورشیدی در کشور باید چه قدر باشد. اگر بدانیم که از امسال تا پنج سال آینده سهم انرژی خورشیدی از این مقداری که هست باید به چه مقداری تغییر کند، براساس این هدف تصویب شده می توانیم برنامه ریزی کنیم و بگوییم چه قدر باید بودجه بدهیم و چه حمایت هایی انجام دهیم تا به آن هدفی که تعیین شده برسیم. اما ما هنوز فاقد این هستیم و نمی دانیم که در سبد انرژی مان در یک چشم انداز ۲۰ ساله با فاصله های زمانی ۵ ساله سهم انرژی های خورشیدی کشور چقدر است. توان علمی ما بسیار خوب است، ولی به حمایت های مالی و قانونی نیاز داریم تا با سرعت بیشتری حرکت کنیم [۲].

۷. مراجع

۱. اسکو نژاد م.م.، اقتصاد مهندسی یا ارزیابی پروژه های صنعتی، چاپ ششم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۱۳۷۴.
۲. انرژی هاب، مزیت ها و مشکلات برق خورشیدی ایران / ۲۹۸۳/ <http://barghnews.com/fa/news/2983/>
۳. ایمانلو، بیژن. ۱۳۹۲، "انرژی های نو و تجدید شونده" اولین همایش ملی انرژی های نو و پاک. ارومیه، ایران.
۴. پال، رابرتز. مترجم عظیمی بلوریان، احمد، پایان نفت در آستانه جهان پرمخاطره، ۱۳۸۶
۵. رشیدی، سلمی - ابراهیمی، سمیه - نوذری، فرزاد - خواجه زاده، علیمراد - اسلامی، مهدیه. "بکارگیری انرژی خورشیدی و سرمایه گذاری در ایران: فرصت ها و تهدیدها" همایش ملی تولید و بهره برداری از انرژی های نوسازگار با محیط زیست. کرمان - ایران ۱۳۹۳.
۶. سیاوشی، الهام و کرمپوریان، حسین و کرمپوریان، رضا " بررسی جایگاه های انرژی های نو و بهینه سازی مناسب ترین گزینه با توجه به پتانسیل های موجود در ایران " مجموعه مقالات اولین همایش چشم انداز انرژی در ایران. اهواز - ایران.
۷. شعرافیان، نیلوفر. برآورد پتانسیل فنی اقتصادی انرژی حرارتی خورشیدی در ایران: " راهکاری برای توسعه پایدار انرژی خورشیدی " دانشگاه تکنولوژی وین، اتریش.
۸. صدقی، ناهید. انرژی های نو و تجدیدپذیر، ۱۳۹۱.
۹. نجفی، بهمن. "پیش بینی آینده انرژی های تجدیدپذیر در ایران" سومین همایش و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست. تهران - ایران، ۱۳۸۸.
۱۰. نورسان انرژی. ۱۳۹۴، گزارش اقتصادی امکان سنجی احداث نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک به ظرفیت ۱۰ مگاوات.
۱۱. وزارت نیرو، سازمان انرژی های نو ایران (سانا) <http://suna.ir/>

۱۲. Ghobadian, b., Najafi, Gh, rahimi, H., Yusaf, T.f, Future of renewable energies in Iran. ۲۰۰۷.
۱۳. Ghorashi, A.H., Rahimi, A, Renewable and non- renewable energy status in Iran: Art of know-how and technology-gaps. Renewable and Sustainable Energy Reviews, ۲۰۱۱.
۱۴. Mohammadnejad, M., Ghazvini, M., Mahlia, T.M.I., Andriyana, A, A review on energy scenario and sustainable energy in Iran. 2011 cited; Available from: <http://fa.wikipedia.org/wiki>
۱۵. W.W.S. Charter, The current status of renewable energy technologies, The Australian academy of technological science and engineering. Academy symposium November, ۱۹۹۷.