

## امکان سنجی و شبیه‌سازی نیروگاه فتوولتائیک ۲۰ کیلوواتی در غرب مازندران با نرم‌افزار PVSYST

یاسر نوری کجوریان<sup>۱</sup>، شهریار تمندانی<sup>۲</sup>

[yaser.noori@yahoo.com](mailto:yaser.noori@yahoo.com)

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برق گرایش سیستم های قدرت دانشگاه علامه محدث نوری

۲- عضو هیئت علمی برق گرایش الکترونیک دانشگاه علامه محدث نوری

### چکیده

این مقاله عملکرد شبیه‌سازی شده سیستم فتوولتائیک Si-poly متصل به شبکه ۲۰ کیلووات در غرب مازندران را تحلیل می‌کند. سیستم شبیه‌سازی شده شامل ۶۶ ماژول با توان ۳۱۰ وات می‌باشد و از دو اینورتر ۹,۹ کیلو وات برای اتصال به شبکه استفاده شده است. شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار PVSyst ۶,۶۸ انجام شده و داده‌های آب و هوایی از پایگاه داده هواشناسی مازندران و از نرم‌افزار Meteororm برای این تحلیل استفاده شده است. نتایج شبیه نشان می‌دهد سیستم ۲۰ کیلووات سالانه ۳۰۴۵۱ کیلووات با نسبت عملکرد سالانه حدود ۸۲٪ به شبکه تزریق می‌کند.

واژگان کلیدی : امکان‌سنجی، ماژول، سیستم فتوولتائیک، PVSyst.

تاریخ دریافت مقاله : ۹۷/۰۶/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۷/۱۱/۱۶

## ۱ - مقدمه

است. این نرم‌افزار با ادغام ابزارهای مورد نیاز برای ابعاد گزینی، امکان‌سنجی و شبیه‌سازی سیستم‌های فتوولتاییک، یک نرم‌افزار جامع و مفید برای پژوهشگران و مهندسان به حساب می‌آید. اطلاعات خورشیدی بر حسب طول و عرض جغرافیایی تفکیک شده و در نرم‌افزار pvsyst دسترسی به آن‌ها امکان‌پذیر است.

در این حوزه تحقیقات ارزشمندی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است. سیستم خورشیدی ۲ کیلووات، شبیه‌سازی و تحلیل شده برای دانشگاه شاه فیصل توسط مونیر بوزوندوندا و همکاران (۲۰۱۴)، طراحی شده است. در این مطالعه، اثر سایه زنی به علت وجود ساختمان‌های اطراف و درختان، بر عملکرد سیستم مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مشخص شده است که اثر محدودی از شرایط سایه بر عملکرد سیستم وجود دارد. [۱]

پارس کرکی و همکاران (۲۰۱۲)، یک بررسی عملکرد مقایسه‌ای از سیستم فتوولتاییک وابسته به شبکه در کاتماندو و برلین با استفاده از PVsyst ارائه کرده‌اند. یک سیستم ۶۰ کیلووات توسط نویسندگان شبیه‌سازی شده است، با پارامتر مشابه در دو شهر و مقدار انرژی تولید شده توسط آرایه‌ها و همچنین انرژی تزریق شده به شبکه نیز تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. به غیر از تولید انرژی، تلفات احتمالی مختلف نیز مورد بررسی قرار گرفته است. [۲]

تالب و همکاران (۲۰۱۵)، عملکرد شبیه‌سازی یک سیستم فتوولتاییک ۱ مگاواتی را که به شبکه توزیع متصل است، نشان داده‌اند. نویسندگان عملکرد را با استفاده از PVsyst برای شیب ثابت و همچنین تنظیمات شیب فصلی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که ممکن است تنوع در عملکرد انرژی برای شیب ثابت و شیب فصلی، نسبت‌هایی وجود داشته باشد. [۳]

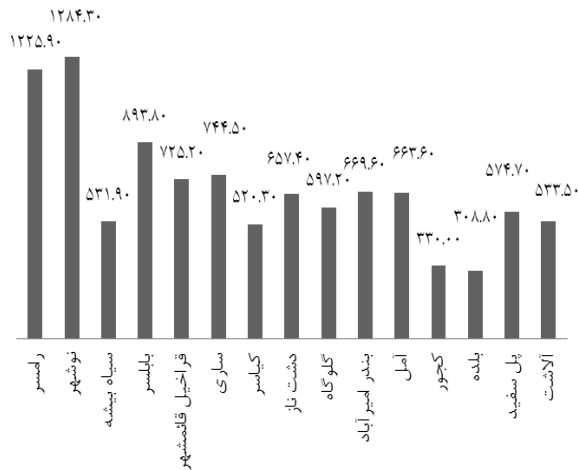
همچنین محمد حسین شمس و همکاران در سال ۹۲ مطالعات اتصال یک نیروگاه ۱۰۰ کیلوواتی با نرم‌افزار pvsyst را با شبیه‌سازی انجام داده‌اند و سایر مطالعات مشابه که گامی در عرصه دانش سیستم‌های خورشیدی به شمار می‌آید. [۹]

نیاز به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و افزایش قابل توجه قیمت سوخت‌های مرسوم انرژی، فرصتی برای بسیاری از کشورها برای ایجاد سیاست‌های جدید انرژی بوده است، این سیاست‌ها برای ارتقای منابع انرژی تجدیدپذیر در بخش انرژی الکتریکی طراحی شده است. از میان منابع تجدیدپذیر انرژی خورشیدی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. انرژی خورشیدی به دلیل سازگاری بیشتر و وجود تکنولوژی تولید مستقیم از پرتوهای خورشیدی، رواج بیشتری یافته است. سیستم‌های فتوولتاییک که انرژی خورشید را مستقیم به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کنند از پنل‌های فتوولتاییک، باتری و تجهیزات الکترونیک قدرت تشکیل می‌شوند. سیستم‌های فتوولتاییک را به دو صورت متصل به شبکه و مستقل از شبکه تقسیم بندی می‌کنند. سیستم‌های متصل به شبکه را به صورت موازی با سایر منابع به شبکه انرژی تزریق می‌کنند. سیستم‌های متصل به شبکه انرژی پاک را بدون اینکه تلفات انرژی یا سیستم ذخیره انرژی داشته باشند در نزدیکترین محل مصرف تولید می‌کنند. [۱]

استان مازندران یکی از استان‌هایی است که دارای پتانسیل خوبی برای احداث سیستم‌های فتوولتاییک می‌باشد که از میانگین ساعت آفتابی ۱۹۲۱٫۸۲ بر خودار می‌باشد این رنج از ساعت آفتابی از میانگین ۲۰۰۰ ساعت آفتابی کل کشور جایگاه مناسبی برای نیروگاه فتوولتاییک مهیا می‌کند. در این مقاله به بررسی سیستم‌های خورشیدی در غرب استان مازندران پرداخته می‌شود. در مقیاس جهانی مقایسه منطقه غرب مازندران با کشورهایی که سرمایه‌گذاری مناسبی در حوزه انرژی خورشیدی کرده‌اند بیانگر این مفهوم است که این منطقه با میزان انرژی دریافتی خورشیدی

$4,5 \text{ KW/M}^2$  الی ۵ در منطقه بلده و سایر مناطق  $4 \text{ KW/M}^2$  از بوخوم آلمان  $2,18 \text{ KW/M}^2$ ، توکیو ژاپن  $2,98 \text{ KW/M}^2$ ، کانادا  $3,60 \text{ KW/M}^2$ ... پتانسیل بهتری برای نیروگاه‌های خورشیدی دارد.

نرم‌افزارهای مربوط به سیستم‌های فتوولتاییک را می‌توان ابزارهای تجزیه و تحلیل امکان‌سنجی، ابعادگزینی و شبیه‌سازی طبقه‌بندی کرد. نرم‌افزار pvsyst یک بسته نرم‌افزاری برای طراحی سیستم‌های فتوولتاییک و نیروگاه خورشیدی می‌باشد که توسط دانشگاه ژنو توسعه داده شده



شکل (۳) بارندگی در بازه ۹۵-۱۳۸۵ بر حسب میلیمتر

همچنین داده نرم افزار Meteororm ۷,۲ میزان انرژی دریافتی خورشیدی در شهرهای غرب مازندران، ایستگاه بلده را با میزان  $1807 \text{ KW/M}^2$  در سال نقطه مناسبی در منطقه غرب نشان می دهد. جدول (۱) میزان توان خورشیدی در سال در غرب مازندران نشان می دهد.

جدول (۱) داده نرم افزار Meteororm ۷,۲

میزان تابش خورشیدی ( $\text{KWh/M}^2$ )	نام شهر
۱۳۳۴	نوشهر
۱۳۳۵	چالوس
۱۳۱۸	عباس آباد
۱۳۵۶	رویان
۱۴۸۴	چمستان
۱۸۰۷	بلده
۱۴۰۷	محمود آباد
۱۷۰۹	کجور
۱۲۸۰	رامسر

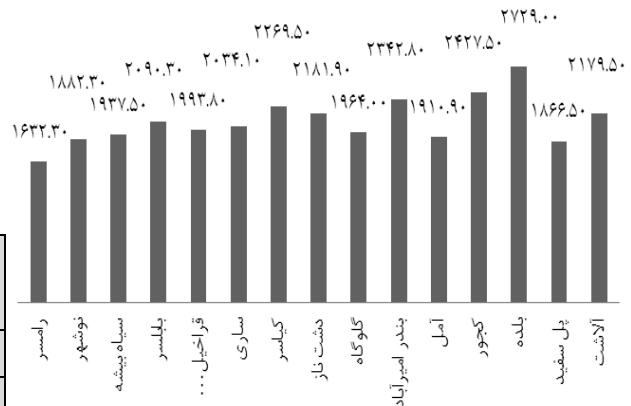
جدول (۲) داده نرم افزار Meteororm ۷,۲ برای ایستگاه بلده

row	Gh $\text{kwh/M}^2$	Dh $\text{kwh/M}^2$	Bn $\text{kwh/M}^2$	Ta $^{\circ}\text{C}$	FF $\text{m/s}$
January	۸۱	۲۷	۱۳۳	-۳,۵	۱,۳
February	۹۷	۳۴	۱۳۱	۰,۱	۲
March	۱۴۰	۵۵	۱۴۹	۵,۶	۲,۴

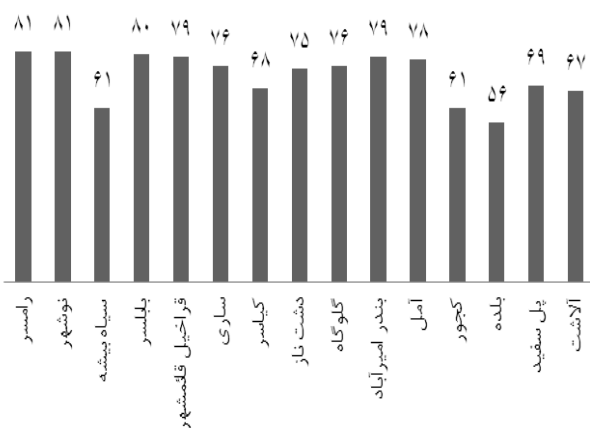
در این مقاله ابتدا نقطه مناسب برای احداث نیروگاه در غرب مازندران مورد ارزیابی قرار گرفته است و در ادامه شبیه سازی نیروگاه ۲۰ کیلوواتی با تمامی جوانب و تجهیزات صورت گرفته است.

## ۲- امکان سنجی خورشیدی

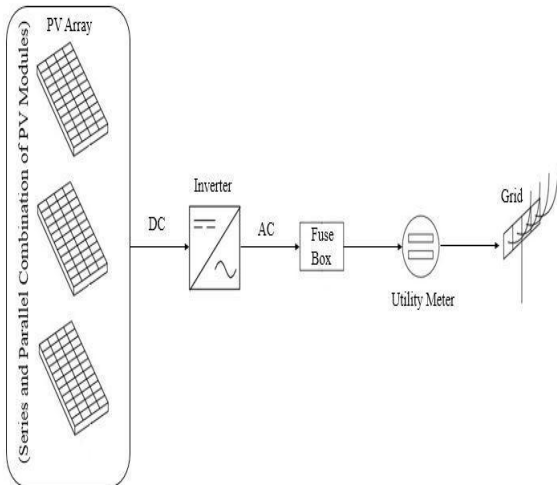
بررسی اطلاعات هواشناسی ایستگاه های مازندران از لحاظ پارامترهای اقلیمی همانند میزان ساعت آفتابی، میزان بارندگی و رطوبت نسبی و ارتفاع منطقه، بیانگر این موضوع است که ایستگاه بلده در غرب مازندران با تعداد روز آفتابی ۲۷۲۹ ساعت و درصد رطوبت ۵۶ درصد و میزان بارندگی ۳۰۸,۸ میلیمتر در بازه ۹۵-۱۳۸۵ از سایر ایستگاه های واقع در غرب مازندران و همچنین در کل مازندران شرایط بهتری از لحاظ پتانسیل خورشیدی دارد.



شکل (۱) ساعت آفتابی در بازه ۹۵-۱۳۸۵ بر حسب ساعت

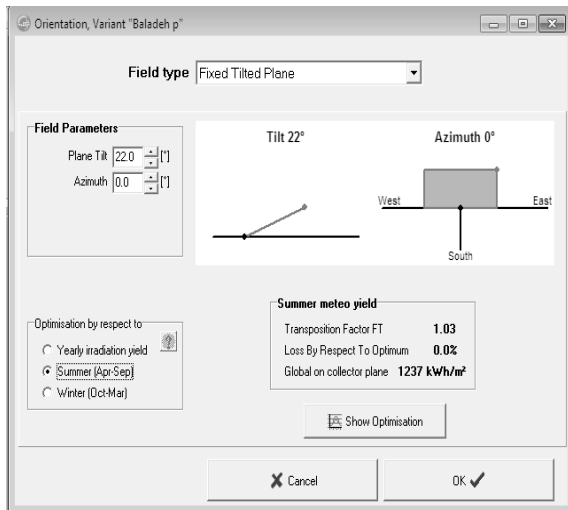


شکل (۲) رطوبت نسبی در بازه ۹۵-۱۳۸۵ بر حسب درصد



شکل (۴) سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه

April	۱۷۱	۶۹	۱۵۹	۱۰.۱	۲.۴
May	۲۰۷	۷۰	۲۰۰	۱۵	۲.۴
June	۲۲۲	۷۲	۲۱۳	۲۰.۳	۲.۵
July	۲۲۰	۷۵	۲۰۸	۲۲.۹	۲.۵
August	۲۰۷	۶۸	۲۰۴	۲۲.۶	۲.۲
September	۱۷۱	۴۶	۲۱۱	۱۸.۴	۲
October	۱۲۸	۴۸	۱۵۱	۱۲.۵	۱.۷
November	۹۱	۳۲	۱۳۵	۴.۵	۱.۵
December	۷۳	۲۵	۱۲۳	-۰.۸	۱.۴
year	۱۸۰۷	۶۲۰	۲۰۱۵	۱۰.۶	۲



شکل (۵) تعیین زاویه پنل‌ها در Pvsyst

### ۲-۳ - انتخاب ماژول‌ها

انتخاب ماژول با توجه به بررسی‌های بعمل آمده، از یک شرکت آلمانی انتخاب شده است. اما درباره توان انتخابی پنل‌ها باید توجه داشت که بنا به دلایلی نظیر کاهش قیمت برای هر وات ماژول، کاهش مساحت اشغال شده، سهولت تعمیر و نگهداری و عیب‌یابی، کاهش اتصالات ماژول‌ها، کاهش وزن ماژول‌ها و روند انتخاب نیروگاه‌های جهان، توان بالاتر (با توجه به خط تولید فعال شرکت ۳۱۰ وات) انتخاب شده است. جدول (۳) مشخصات ماژول انتخاب شده می‌باشد.

### ۳- سیستم فتوولتائیک متصل به شبکه

در این بخش از مقاله یک نیروگاه خورشیدی ۲۰ کیلوواتی برای نصب در بلده مازندران توسط نرم افزار pvsyst شبیه‌سازی شده و از لحاظ میزان تولید انرژی و بازده و برآورد اقتصادی مورد بررسی قرار گرفته است. شکل (۴) مدل یک سیستم متصل به شبکه را نمایش می‌دهد.

### ۳-۱ - زاویه پنل

اگر زاویه تابش خورشید را با SA و عرض جغرافیایی محل را با L نمایش دهیم، مقدار بیشینه و کمینه زاویه تابش خورشیدی در روزهای اول تابستان و زمستان در هر نقطه در نیم کره شمالی زمین برابر است با:

$$SA(MAX) = 90 - L + \delta$$

$$SA(MIN) = 90 - L - \delta$$

زاویه تابش خورشید به صورت زاویه‌ای بین خط واصل فرضی بین مرکز زمین و مرکز خورشید و خط تراز افق می‌باشد. با توجه به موقعیت طول عرض جغرافیایی شهر بلده، طول ۳۶،۱۹ و عرض ۵۱،۸ زاویه پنل‌ها به گونه‌ای انتخاب شده‌اند که حداکثر بازده در توان خروجی اعمال شود.

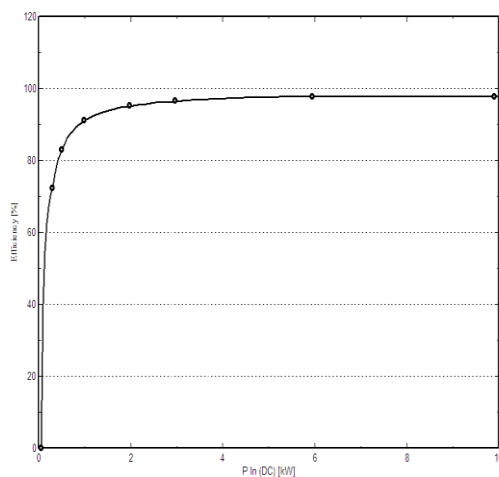
۳-۳ - انتخاب اینورتر

برای نیروگاه ۲۰ کیلوواتی می توان از اینورترهای با توان های متفاوت بهره برد. یکی از برندهای معتبر در این زمینه، برند SMA است که محصولات متنوعی در محدوده های توانی مختلف با قیمت های متفاوت عرضه می کند. برای نیروگاه ۲۰ کیلوواتی چندین حالت را با توجه به قیمت ها و بازدهی این نوع اینورترها می توان در نظر گرفت.

جدول (۴) مشخصات ماژول TLEE-JP-۱۱ Sunny Tripower ۱۰۰۰۰ SMA

نوع اینورتر	SMA
توان در نقطه بیشینه (KW)	۹,۹
جریان نرمال متناوب (V)	۲۹
فرکانس (HZ)	۵۰
ماکزیمم ولتاژ (V)	۵۹۰
ماکزیمم ولتاژ روی ماژول (V)	۶۰۰
بازده (%)	۹۶,۵

Efficiency profile vs Input power

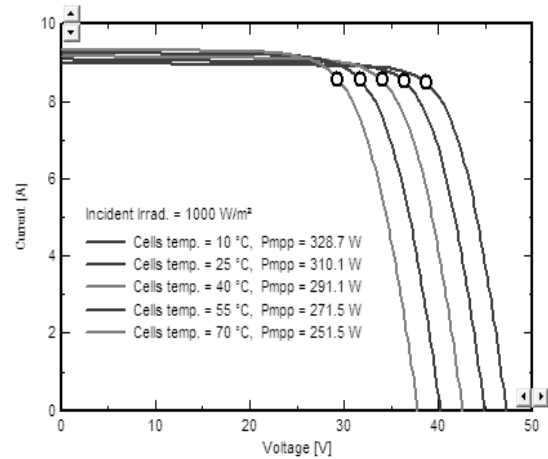


شکل (۷) منحنی مشخصه کیفیت توان TLEE-۱۰۰۰۰ Tripower SMA-JP-۱۱

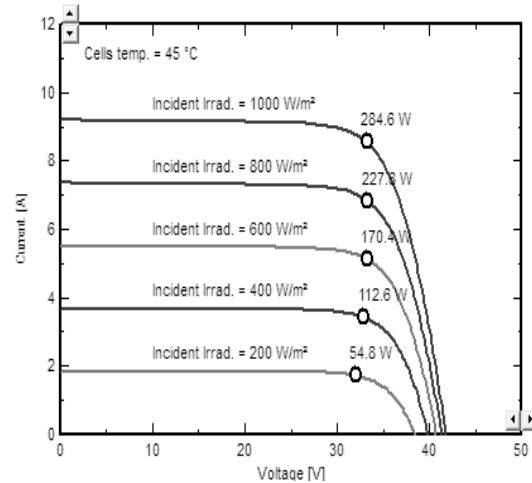
جدول (۳) مشخصات ماژول CS6X - ۳۱۰P-FG

نوع ماژول	سیلیکون پلی کریستال
توان در نقطه بیشینه (W)	۳۱۰
جریان اتصال کوتاه (A)	۹,۰۸
ولتاژمدار باز (V)	۴۴,۹۰
ولتاژ در توان در نقطه بیشینه (V)	۳۶,۴۰
جریان در توان در نقطه بیشینه (A)	۸,۵۲
بازده (%)	۱۷,۷

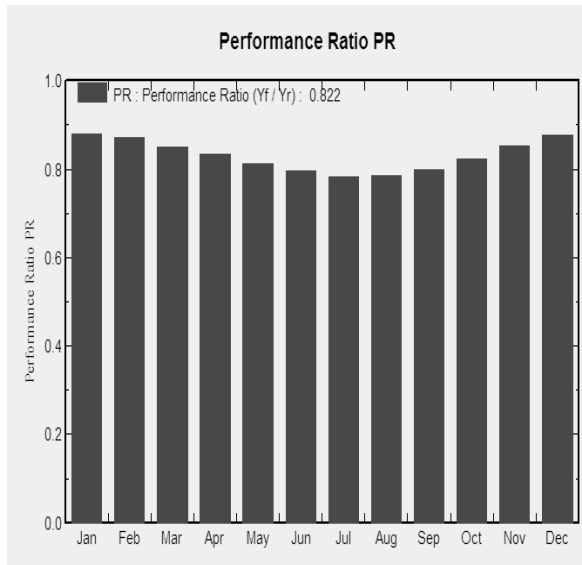
PV module: Canadian Solar Inc., CS6X - 310P-FG



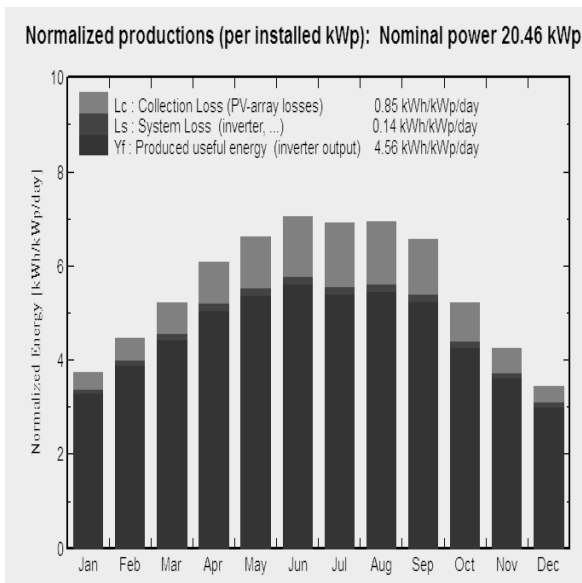
PV module: Canadian Solar Inc., CS6X - 310P-FG



شکل (۶) رفتار پنل خورشیدی CS6X - ۳۱۰P-FG در درجه حرارت و تابش مختلف



شکل (۹) میانگین ضریب عملکرد سیستم متصل به شبکه سایت بلده



شکل (۱۰) میانگین ماهانه تلفات و تولید انرژی سایت بلده

جزئیات میانگین ماهانه تلفات در شکل (۱۰) بر حسب کیلووات بر ساعت نشان داده است. تلفات آرایه‌ها ۰/۸۵ و تلفات سیستم شامل اینورتر ۰/۱۴ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک بر روز می‌باشد. و مجموع انرژی مفید قابل دسترسی در خروجی اینورتر برابر ۴،۵۶ کیلووات ساعت بر کیلووات پیک بر روز می‌باشد.

اما پارامتر مهم در نیروگاه، تلفات کل یا تلفات سالانه می‌باشد که نمایانگر آن است که کدام بخش از نیروگاه بیشترین تلفات را در طول سال ایجاد خواهد کرد. شکل (۱۱) نمودار کل تلفات در یک سال می‌باشد. بیشترین

#### ۴- نتایج شبیه‌سازی

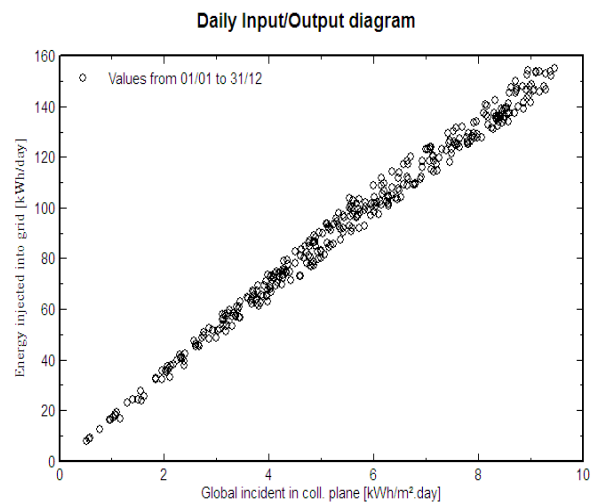
بعد از اعمال پارامترهای بهینه به نرم‌افزار pvsyst مطالعات زیر استخراج شده است. با توجه به انتخاب ماژول-ها و اینورترها و داشتن ابعاد استانداردهای تجهیزات، مساحت ۱۲۹ مترمربع برای احداث نیروگاه مورد نیاز می‌باشد.

با توجه به شکل (۸) جامعه آماری تعداد روزهایی که در آن به سبب افزایش میزان دریافت انرژی بر واحد مترمربع در زاویه نصب بهینه منطقه شکل گرفته، تراکم زیادی دارد خصوصاً از زمانی که تابش به بیش از ۴ کیلووات ساعت بر متر مربع می‌رسد و در پی آن، انرژی تزریق شده به شبکه به بیش از ۶۰ کیلووات ساعت افزایش می‌یابد.

از طرفی دیگر پارامتر مهم در بازدهی نیروگاه فتوولتائیک ضریب عملکرد می‌باشد. ضریب عملکرد PR برابر است نسبت عملکرد نهایی سیستم فتوولتائیک  $Y_f$  به عملکرد مرجع  $Y_p$  می‌باشد.

$$PR = \frac{Y_f}{Y_p}$$

که طبق شکل (۹) میانگین ضریب عملکرد سیستم متصل به شبکه سایت بلده ۰/۸۲ می‌باشد.

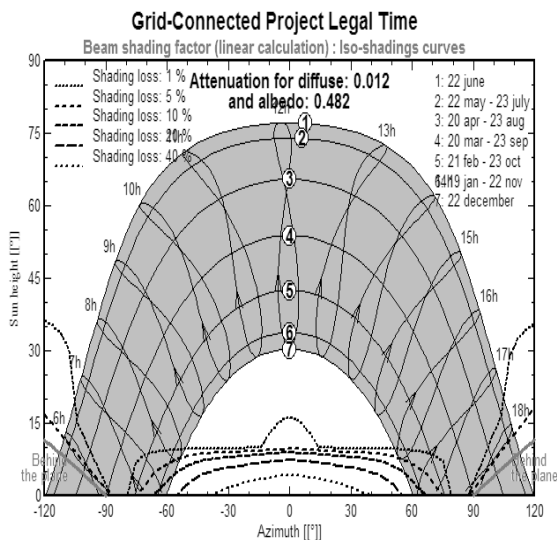


شکل (۸) نمودار پراکندگی توزیع انرژی تزریق شده به شبکه به نسبت انرژی دریافت شده

نحوه حرکت مسیر خورشید در فصول مختلف سال به همراه درصد تلفات به سبب سایه‌اندازی در محل نیروگاه، از جمله تلفات در نیروگاه فتوولتائیک می‌باشند. همانطور که در شکل (۱۳) نیز قابل مشاهده می‌باشد، خطوط مختلفی به صورت ممتد و نقطه چین تلفات را از ۱ درصد تا ۴۰ درصد دسته بندی کرده‌اند.

براساس منحنی حرکت روزانه خورشید با pvsyst ارتفاع خورشید در طولانی‌ترین روز سال در ارتفاع ۷۵ درجه و در کوتاه‌ترین سال در ارتفاع ۲۵ درجه قرار دارد.

و در آخر میزان تولید ماهانه نیروگاه مورد مطالعه در جدول (۵) آمده است که با توجه به انرژی دریافتی بیشترین تولید را در ماه‌های تیر و مرداد و شهریور خواهیم داشت.



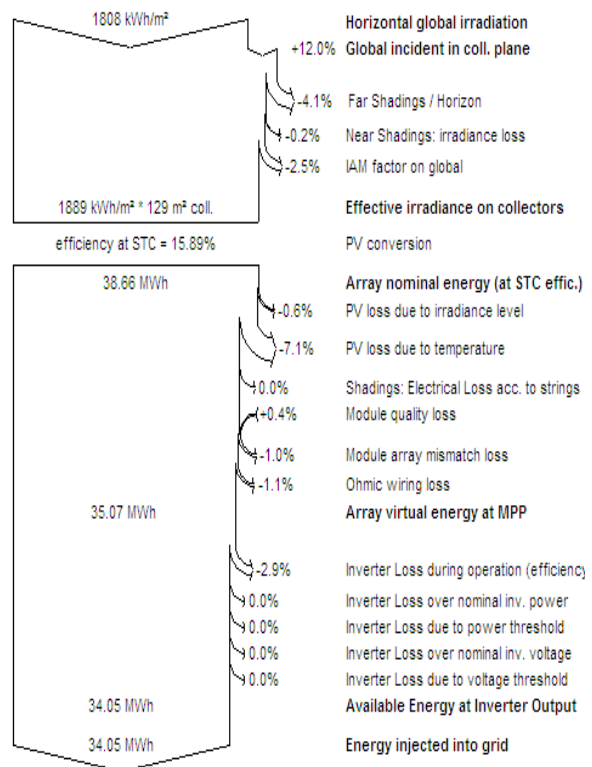
شکل (۱۳) نمودار تلفات سایه اندازه‌ی سایت بلده

جدول (۵) میزان تولید توان بر حسب کیلووات ساعت در سایت بلده

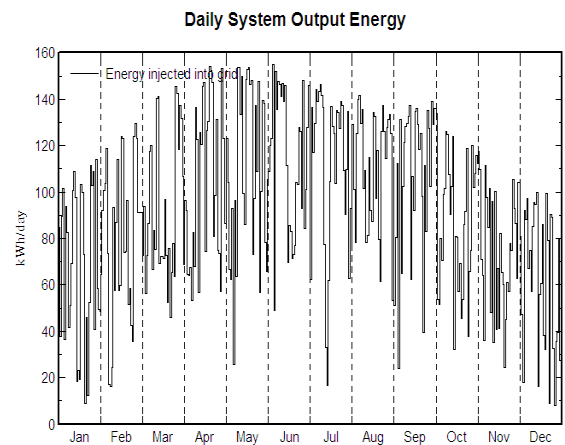
	E-GRID (KWH)
january	2087
february	2228
march	2811
april	3107
may	3409
june	3443
july	3434
august	3456
september	3221
october	2716
november	2222
december	1914
year	34051

تلفات به علت راندمان پانل‌ها در شرایط استاندارد و درجه حرارت محیط می‌باشد. دریافت انرژی مجموعه پانل‌ها ۳۸/۶۶ مگاوات ساعت در مجموعه نیروگاه بوده که پس از کسر تلفات سیستمی به ۳۴/۰۵ مگاوات ساعت در زمان تزریق به شبکه رسیده است. شکل (۱۲) میزان پراکندگی انرژی در ماه‌های مختلف را نشان می‌دهد.

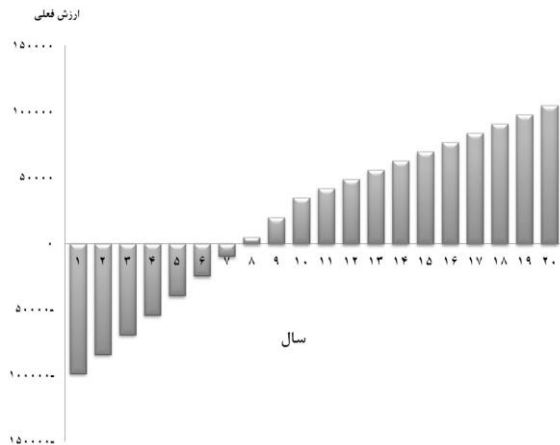
Loss diagram over the whole year



شکل (۱۱) تلفات کل نیروگاه از تابش تا تزریق انرژی به شبکه



شکل (۱۲) میزان پراکندگی انرژی تولیدی در ماه‌های مختلف



شکل (۱۴) نمودار NPV سایت بلده بر حسب کیلوتومن

### ۵- نرخ خالص ارزش فعلی سایت بلده (NPV)

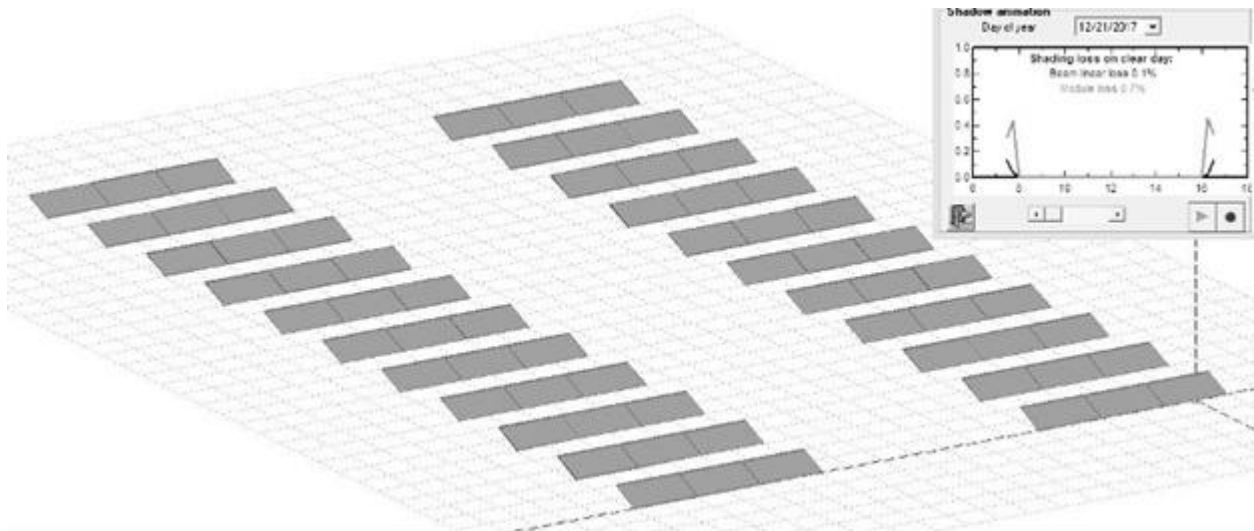
تابع NPV به منظور ارزیابی اقتصادی پروژه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. عملکرد این تابع بدین صورت است که ارزش فعلی تمامی پرداختی‌ها و دریافتی‌ها (جریان نقدی) را محاسبه می‌کند و سپس آن‌ها را با یکدیگر جمع می‌کند، در صورت مثبت بودن عدد نهایی پروژه سودده است و سرمایه‌گذار می‌تواند با بررسی سایر فاکتورها از جمله ریسک پروژه در آن سرمایه‌گذاری کند ولی در صورت منفی شدن آن، پروژه زیان‌ده خواهد بود و برای سرمایه‌گذاری مناسب نمی‌باشد. شکل (۱۴) نمودار NPV نیروگاه مورد بررسی با در نظر گرفتن تمامی موارد اقتصادی اعم از قیمت تجهیزات، هزینه بهره‌برداری و... می‌باشد.

### جدول (۶) جدول اثر سایه زنی در سایت بلده

Shading factor table (linear), for the beam component

Azimuth	-180°	-160°	-140°	-120°	-100°	-80°	-60°	-40°	-20°	0°	20°	40°	60°	80°	100°	120°	140°	160°	180°	
90°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50°	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40°	0.004	0.012	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.002	0.004	0.000
30°	0.005	0.025	0.029	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.023	0.020	0.008	0.005	0.000
20°	0.006	0.038	0.092	0.044	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.046	0.073	0.013	0.006	0.000
10°	Behind	Behind	0.155	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.070	0.126	Behind	Behind	0.000
2°	Behind	Behind	Behind	Behind	0.000	0.000	0.138	0.390	0.561	0.689	0.564	0.393	0.140	0.000	0.000	Behind	Behind	Behind	Behind	0.000

Shading factor for diffuse: 0.012 and for albedo: 0.482



### شکل (۱۵) شبیه‌سازی سه بعدی به همراه نمودار سایه زنی

مقاله، یک روش عملیاتی برای احداث و انتخاب ابعاد بهینه اجزای نیروگاه فتوولتائیک با در نظر گرفتن شرایط اجزای نیروگاه نظیر ولتاژ و توان خروجی ماژول، محدوده ولتاژ و جریان ورودی اینورتر در غرب مازندران پیشنهاد شده است. در نهایت، محاسبه خروجی نیروگاه توسط نرم-

### ۶- نتیجه‌گیری

مهمترین دلیل استفاده از انرژی خورشیدی در استان‌های شمالی کشور، مربوط به بحث صرفه جویی در مصرف سوخت‌های فسیلی است. تنها سوخت مورد استفاده این مناطق در کل کشور، سوخت‌های فسیلی است. در این



[۱۰] معینی سام، جوادی شهرام، دهقان منشادی محسن و اسماعیلی رضا، ۱۳۸۹، برآورد پتانسیل خورشیدی در شهر یزد، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۳، شماره ۱.

افزارهای PVSyst، روش پیشنهادی برای احداث نیروگاه فتوولتائیک را در این منطقه تصدیق می‌کند. نتایج حاکی از انتخاب یک زمین به مساحت ۱۲۹ متر و نصب جایگذاری ۶۶ پنل ۳۱۰ وات با ۲ اینورتر ۹،۹ کیلووات خروجی سالانه ۳۴،۰۵ مگاوات در سال به شبکه تزریق می‌کند.

## ۷- منابع

- [۱] M. Bouzguenda, A. Al Omair, A. Al Naeem, M. Al-Muthaffar and O. Ba Wazir. Design of an off-grid ۲ kW solar PV system. In Proceedings of ۲۰۱۴ Ninth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER), Monte-Carlo; ۲۰۱۴. p. ۱-۶.
- [۲] P. Karki, B. Adhikary and K. Sherpa. Comparative study of grid-tied photovoltaic (PV) system in Kathmandu and Berlin using PVsyst. Proceedings of ۲۰۱۲ IEEE Third International Conference on Sustainable Energy Technologies (ICSET), Kathmandu; ۲۰۱۲. p. ۱۹۶-۱۹۹.
- [۳] R. Tallab and A. Malek. Predict system efficiency of ۱ MWc photovoltaic power plant interconnected to the distribution network using PVSYST software. In Proceedings of ۲۰۱۵ ۳<sup>rd</sup> International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC), Marrakech, Morocco; ۲۰۱۵, p. ۱-۴.
- [۴] A.E. Becquerel, Comt. Rend. Acad. Sci. ۹, ۵۶۱, ۱۸۳۹.
- [۵] D.M. Chapin, C.S. Fuller, G.L. Pearson, J. Appl. Phys. ۲۵, ۶۷۶, ۱۹۵۴
- [۶] Yadav, P. Kumar, N. Chandel, S.S., "Simulation and performance analysis of a 1kWp photovoltaic system using PVsyst", Computation of Power, Energy Information and Communication (ICCPEIC), ۲۰۱۵ International Conference on, On page(s): ۰۳۵۸ - ۰۳۶۳.
- [۷] Jaydeep V. Ramoliya, "Performance Evaluation of Grid-connected Solar Photovoltaic plant using PVsyst Software", February ۲۰۱۵, Volume ۲, Issue ۲ J ETIR (ISSN-۲۳۴۹-۵۱۶۲).
- [۸] C.R. Charan, "Performance Analysis and Seasonal Modulation of Load Grid Connected Photovoltaic System Using PVsyst", International Journal of Pure and Applied Research In Engineering and Technology, ۲۰۱۶; Volume ۴ (۹): ۴۰۹-۴۱۷
- [۹] شمس محمد حسین، کیا محسن، مهدوی بهداد، ۱۳۹۲، مطالعات طراحی بهینه یک نیروگاه فتوولتائیک ۱۰۰ کیلوواتی متصل به شبکه در تهران با استفاده از نرم افزار PVSyst، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۶، شماره ۲.