



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No: 15251.B.EL.REP.010

Page: 1 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

نام پروژه :

احداث نیروگاه خورشیدی به ظرفیت 15MW در شهرستان بشرویه

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)
دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها

00	1404/05/10	Issued For Review	K.KHAZAEI	H.ZARGHAM	A.DADVAR
Rev.	Issue Date	Status	Prepared	Checked	Approved



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No: 15251.B.EL.REP.010

Page: 2 of 44

Document Title:
مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

Revision Index

Page	Revision				
	00	01	02	03	04
1	X				
2	X				
3	X				
4	X				
5	X				
6	X				
7	X				
8	X				
9	X				
10	X				
11	X				
12	X				
13	X				
14	X				
15	X				
16	X				
17	X				
18	X				
19	X				
20	X				
21	X				
22	X				
23	X				
24	X				
25	X				

Page	Revision				
	00	01	02	03	04
26	X				
27	X				
28	X				
29	X				
30	X				
31	X				
32	X				
33	X				
34	X				
35	X				
36	X				
37	X				
38	X				
39	X				
40	X				
41	X				
42	X				
43	X				
44	X				
45					
46					
47					
48					
49					
50					

Page	Revision				
	00	01	02	03	04
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					

Page	Revision				
	00	01	02	03	04
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 3 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

فهرست مطالب

5	مقدمه
1-6	1- بررسی وضعیت شبکه برق ایران و جهان و ضروریات احداث نیروگاه
6	1-1- جهان در حال گذار به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر
9	1-2- ضرورت حرکت به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران
11	1-3- مدل‌های نهایی قراردادی جهت خرید و فروش انرژی نیروگاه خورشیدی
13	2- بررسی موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های محل احداث
13	2-1- ویژگی‌های زمین مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی
16	2-2- موقعیت جغرافیایی و الکتریکی زمین احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه
18	2-3- تحلیل شرایط اقلیمی شهرستان بشرویه
18	3- شبیه‌سازی نیروگاه خورشیدی با استفاده از نرم افزار PVSYS
18	3-1- رتبه‌بندی پنل‌ها و اینورترهای خورشیدی
19	3-2- پنل و اینورتر نیروگاه خورشیدی بشرویه
19	3-3- پنل خورشیدی
20	3-4- اینورتر خورشیدی
20	3-5- مطالعات نرم‌افزار PVSYS
22	4- اتصال به شبکه نیروگاه بشرویه
22	5- ارزیابی جامع اثرات زیست محیطی نیروگاه خورشیدی
22	5-1- اثرات مثبت زیست محیطی نیروگاه‌های فوتوولتائیک
23	5-1-1- کاهش گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با نیروگاه‌های حرارتی
26	5-1-2- بهبود کیفیت هوا و سطح سلامتی انسان‌ها
27	5-1-3- کاهش تغییرات اقلیمی و کمک به حفظ اکوسیستم
28	5-1-4- صرفه‌جویی در منابع آبی
28	5-2- اثرات منفی زیست محیطی نیروگاه‌های فوتوولتائیک و مدیریت آن
28	5-2-1- تغییر کاربری اراضی
29	5-2-2- تأثیر بر تنوع زیستی
30	5-2-3- پسماندهای نیروگاه خورشیدی
31	5-2-4- آلودگی آب و خاک ناشی از شست و شوی پنل‌ها
32	5-3- جمع‌بندی
33	6- تحول اشتغال جهانی با گسترش انرژی‌های تجدیدپذیر
36	7- تحلیل اقتصادی نیروگاه خورشیدی پتروکاوایان

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(سازگرا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاوااتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 4 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

- 1-7- هزینه های سرمایه گذاری..... 37
- 1-1-7- هزینه احداث نیروگاه..... 37
- 2-1-7- هزینه اتصال به شبکه نیروگاه..... 37
- 2-7- هزینه های عملیاتی و نگهداری..... 38
- 1-2-7- هزینه های تعمیر و نگهداری دوره ای..... 38
- 2-2-7- هزینه های نیروی انسانی..... 38
- 3-7- درآمد نیروگاه خورشیدی..... 38
- 4-7- محاسبه شاخص های مالی و اقتصادی..... 41
- 8- جمع بندی..... 44

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)
دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 5 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

مقدمه

انرژی‌های تجدیدپذیر در دهه‌های اخیر به عنوان یکی از محوری‌ترین راهبردهای جهانی جهت مقابله با چالش‌های زیست محیطی و بحران انرژی مطرح شده‌اند. در این میان، انرژی خورشیدی به دلیل ویژگی‌های منحصر به فردی همچون فراوانی، دسترسی گسترده، کاهش روزافزون هزینه‌های تولید و پیشرفت مداوم فناوری‌های مرتبط، به یکی از مؤثرترین گزینه‌ها برای تأمین برق تبدیل شده است. ایران به عنوان کشوری با موقعیت جغرافیایی ممتاز در کمربند تابشی خورشید، پتانسیل قابل توجهی برای بهره‌گیری از این منبع پاک و تجدیدپذیر دارد. از این رو، توسعه نیروگاه‌های خورشیدی در مناطق مستعد کشور می‌تواند به عنوان راه‌کاری اثر بخش در راستای کاهش وابستگی به منابع فسیلی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای مورد توجه قرار گیرد.

در این گزارش، امکان‌سنجی احداث نیروگاه خورشید 15 مگاواتی در شهرستان بشرویه استان خراسان جنوبی از جنبه‌های فنی، اقتصادی و زیست محیطی مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش‌های مختلف این مطالعه، پارامترهایی نظیر طراحی فنی سیستم، برآورد هزینه‌های سرمایه‌گذاری و عملیاتی، تحلیل تأثیرات زیست محیطی و ارزیابی دقیق شاخص‌های اقتصادی از جمله دوره بازگشت سرمایه و نرخ بازده داخلی مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. بنابراین، هدف از این مطالعه ارائه ارزیابی جامع و مستند به منظور بهینه‌سازی تصمیمات و تبیین توجیه‌پذیری احداث این پروژه در منطقه مذکور است.

معاون انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(سازما)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



1- بررسی وضعیت شبکه برق ایران و جهان و ضروریات احداث نیروگاه

جهان امروز در حالی به سمت تحولی اساسی در صنعت انرژی حرکت می کند که تغییرات اقلیمی و بحران های زیست محیطی ناشی از استفاده بی رویه از سوخت های فسیلی، انگیزه ای قوی برای گذار به انرژی های تجدیدپذیر بوجود آورده است. در این مسیر، اغلب کشورها بطور فزاینده ای در حال سرمایه گذاری بر منابعی همچون انرژی خورشیدی، بادی و آبی هستند که نه تنها از لحاظ زیست محیطی پایدارتر هستند، بلکه از نظر اقتصادی نیز به عنوان گزینه ای قابل اعتماد و بلندمدت در تأمین نیازهای انرژی مطرح می شوند. این تحولات در سطح جهانی باعث شده است که سیاست گذاران و مدیران صنایع انرژی در پی یافتن راه کارهایی برای سازگاری با این روند و کاهش وابستگی به منابع انرژی فسیلی باشند.

در این میان، برخی کشورها توانسته اند با بهره برداری از منابع تجدیدپذیر به میزان چشمگیری از مشکلات زیست محیطی کاسته و زیرساخت های انرژی خود را به سمت آینده ای پایدار سوق دهند. در عین حال، ساختار شبکه های برق در بسیاری از کشورها در حال تحول است و به سمت انعطاف پذیری، هوشمندسازی و بهره برداری بهینه از منابع بادی و خورشیدی پیش می رود.

در چنین شرایطی، کشورهایی که به منابع غنی انرژی دسترسی دارند، به ویژه در مناطقی با شرایط مناسب برای تولید انرژی های تجدیدپذیر، نیازمند توجه ویژه به این تحولات جهانی و استفاده از پتانسیل های بومی خود برای توسعه شبکه های انرژی هستند. این تحولات نه تنها به تأمین برق پایدار کمک می کند، بلکه در فرآیند تبدیل شدن به یکی از بازیگران کلیدی در بازار جهانی انرژی تأثیرگذار خواهد بود.

1-1- جهان در حال گذار به سمت انرژی های تجدیدپذیر

مطابق با آنچه که در شکل 1 نشان داده شده است، ظرفیت جهانی انرژی های تجدیدپذیر از سال 1510 تا 1523 به شکل پیوسته رشد کرده و از حدود 1150 گیگاوات در سال 1510 به بیش از 3800 گیگاوات در سال 1523 رسیده است. این رشد تقریباً سه برابری، نشان دهنده تلاش جهانی برای گذار به انرژی های پایدار و کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی و سیاست های جهانی برای مقابله با تغییرات اقلیمی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای می باشد.

با در نظر گرفتن توضیحات ارائه شده، انرژی خورشیدی سریع ترین رشد را در میان تمام فناوری ها تجربه کرده و از سال 1515 به بعد جهش چشمگیری داشته است. این روند ناشی از کاهش هزینه تولید پنل های خورشیدی و ورود فناوری های بهتر با کارایی بیشتر بوده است. انرژی بادی نیز در جایگاه دوم رشد ظرفیت قرار دارد و سهم قابل توجهی از رشد جهانی را به خود اختصاص داده است. انرژی برق آبی همچنان بزرگ ترین سهم را در ظرفیت انرژی های تجدیدپذیر دارد اما رشد آن

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(سانپا)



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 7 of 44

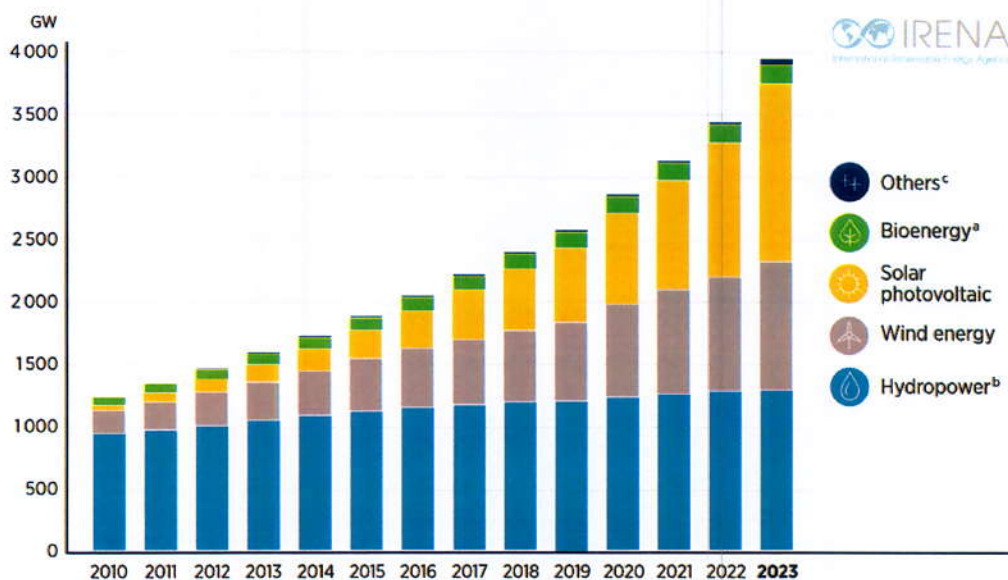
Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

نسبت به فناوری‌های دیگر مانند فوتوولتائیک و بادی کندتر بوده است. این مسئله به دلیل چالش‌های مربوط به محدودیت منابع آب و عدم وجود زیرساخت‌های مربوط به حوزه سدسازی است.

از سویی دیگر، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تولید برق جهانی در حال رشد بوده و مطابق با آنچه در شکل 2 نشان داده شده است، پیش‌بینی می‌شود تا سال 1530، بیش از 16000 تراوات ساعت برق تجدیدپذیر تولید شود. این میزان به این معناست که نزدیک به 66 درصد برق مصرفی در جهان قرار است توسط انرژی‌های تجدیدپذیر تأمین شود. این تغییرات به دلیل چند عامل مهم روی می‌دهد. اولین عامل، کاهش هزینه‌های تولید انرژی از منابع تجدیدپذیر است که باعث می‌شود این منابع نسبت به سوخت‌های فسیلی یک مزیت رقابتی داشته باشند. همچنین، سیاست‌های حمایتی و قوانین زیست محیطی در بسیاری از کشورها نقش مهمی در تسریع این روند دارند. برای مثال، در بسیاری از کشورهای اروپایی، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر از مجموع انرژی تولیدی در حال افزایش است و پیش‌بینی می‌شود که تا سال 1530، انرژی خورشیدی بزرگ‌ترین منبع تولید انرژی تجدیدپذیر در جهان باشد.



شکل ۱: روند تحول ظرفیت برق تجدیدپذیر در سطح جهان از سال ۱۵۱۰ تا ۱۵۲۳

منبع: منابع انرژی تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(سازمان)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

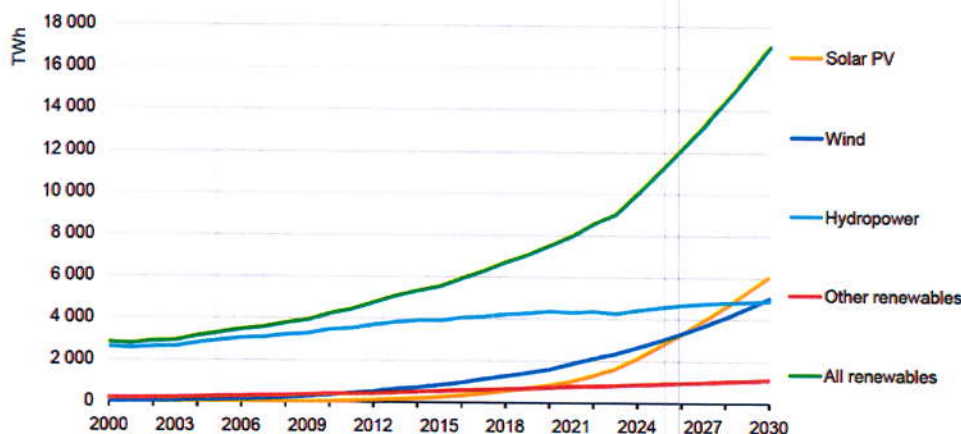
15251.B.EL.REP.010

Page: 8 of 44

Document Title:

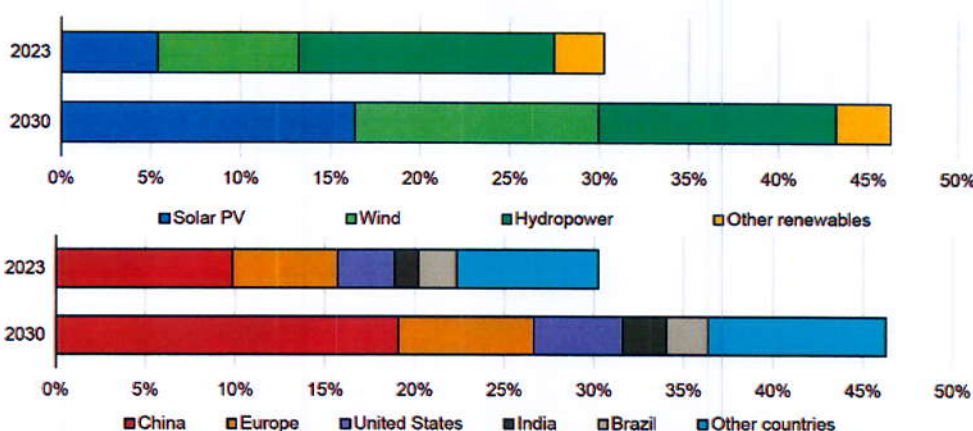
مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00



شکل ۲: چشم انداز تولید برق جهانی تا سال ۱۵۳۰

در تکمیل توضیحات ارائه شده، تحلیلی از تولید برق از طریق منابع تجدیدپذیر در سال‌های ۱۵۲۳ و ۱۵۳۰ از حیث نوع تکنولوژی و از حیث کشورهای با بیشترین ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در شکل ۳، ارائه شده است. بر اساس این نمودارها، انرژی خورشیدی و بادی شاهد رشد قابل توجهی خواهند بود و تا سال ۱۵۳۰ به یکی از مهم‌ترین منابع تولید برق تجدیدپذیر تبدیل خواهند شد. در مقابل، سهم انرژی برق آبی در طول سال‌های بررسی شده در این شکل، تقریباً ثابت می‌باشد. در سطح جهانی، چین پیش‌تاز تولید برق تجدیدپذیر باقی خواهد ماند و پیش‌بینی می‌شود که سهم این کشور از تولید برق تجدیدپذیر در سال ۱۵۳۰ حتی بیشتر از مجموع سایر کشورها باشد. اروپا و ایالات متحده نیز به عنوان تولیدکنندگان اصلی برق تجدیدپذیر همچنان نقش مهمی ایفا می‌کنند، اگرچه رشد آن‌ها نسبت به چین محدودتر است. کشورهای دیگری مانند هند و برزیل نیز بطور تدریجی در حال افزایش سهم خود در این زمینه هستند.



شکل ۳: تحلیل تولید برق جهانی از منابع تجدیدپذیر در سال‌های ۱۵۲۳ و ۱۵۳۰

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(ساتبا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



1-2- ضرورت حرکت به سمت انرژی های تجدیدپذیر در ایران

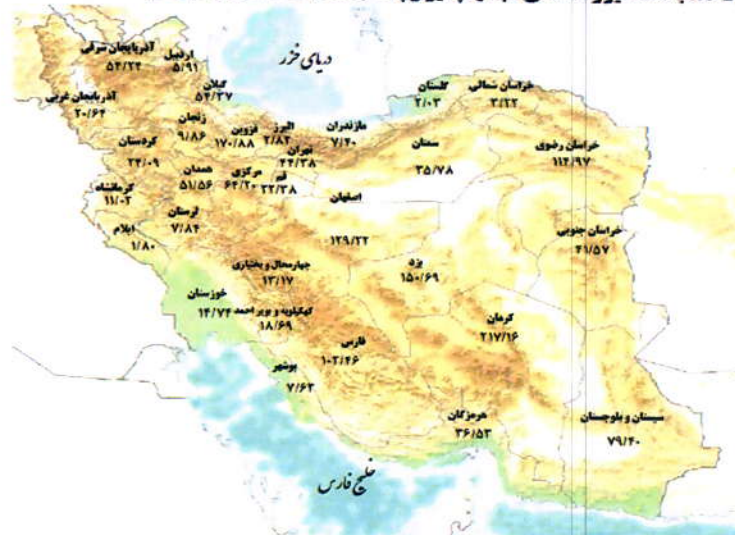
ایران با وجود منابع غنی گاز طبیعی و پتانسیل بالای انرژی های تجدیدپذیر، با مشکلات ساختاری قابل توجهی در حوزه انرژی روبه رو است. یکی از اصلی ترین چالش ها، ناترازی برق است که به دلیل عدم تطابق تولید و مصرف و فرسودگی زیرساخت های شبکه برق ایجاد شده است. در تابستان، نیاز به برق به اوج می رسد اما نیروگاه ها به دلیل کمبود گاز یا محدودیت های دیگر قادر به پاسخگویی نیستند و این مسئله منجر به خاموشی های گسترده در شهرها و آسیب های اقتصادی و اجتماعی می شود.

از سوی دیگر، در زمستان، افزایش مصرف گاز در بخش گرمایش خانگی باعث کاهش شدید سوخت نیروگاه ها می شود. در این شرایط، استفاده از سوخت های آلاینده مانند مازوت برای جبران کمبود سوخت، علاوه بر افزایش آلودگی هوا، مشکلات جدی زیست محیطی و سلامتی ایجاد کرده است. این آلودگی در شهرهایی مانند تهران و اصفهان به یکی از عوامل اصلی مشکلات تنفسی و مرگ و میر ناشی از آلودگی هوا تبدیل شده است.

در شرایط فعلی، حرکت به سمت انرژی های تجدیدپذیر برای ایران نه تنها راهکاری برای رفع بحران های کنونی انرژی است، بلکه فرصتی استراتژیک برای کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی، مقابله با تغییرات اقلیمی و افزایش امنیت انرژی به شمار می رود.

در خاورمیانه، کشورهای همسایه ایران مانند عربستان سعودی و ترکیه در حال گسترش قابل توجه نیروگاه های تجدیدپذیر خود هستند. با این حال و علیرغم اینکه ایران با توجه به منابع فراوان انرژی خورشیدی و بادی و بیش از 300 روز آفتابی در سال، پتانسیل بالایی برای توسعه نیروگاه های تجدیدپذیر تولید 90,000 مگاوات برق از منابع تجدیدپذیر دارد، سهم انرژی خورشیدی و بادی در تولید برق کشور کمتر از 2 درصد است. با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران و پراکندگی شهرها و روستاها در کشور، استفاده از انرژی خورشیدی یکی از مهم ترین عواملی است که باید مورد توجه قرار گیرد چرا که یکی از بهترین راه های برق رسانی و تولید انرژی در مقایسه با دیگر مدل های انتقال انرژی به شهرها، روستاها و نقاط دورافتاده از نظر هزینه، حمل و نقل، نگهداری و عوامل مشابه است. در شکل 4، میزان ظرفیت نصب شده انرژی های تجدیدپذیر در ایران بر اساس اعلام رسمی ساتبا، نشان داده شده است. مطابق با این شکل، استان های پیشرو از منظر ظرفیت نیروگاه های تجدیدپذیر نصب شده به ترتیب کرمان، قزوین، یزد، فارس و خراسان رضوی هستند. در شکل 5 نیز مقایسه ای میان انواع نیروگاه های تجدیدپذیر در ایران صورت گرفته است. در این شکل، رنگ زرد در شکل 5 ظرفیت نیروگاه های خورشیدی در ایران را نشان می دهد که مطابق نمودار، روند رو به رشد چشمگیری در زمینه افزایش سهم تولید این نیروگاه ها از سال 1394 تا 1403 در کشورمان رخ داده است.

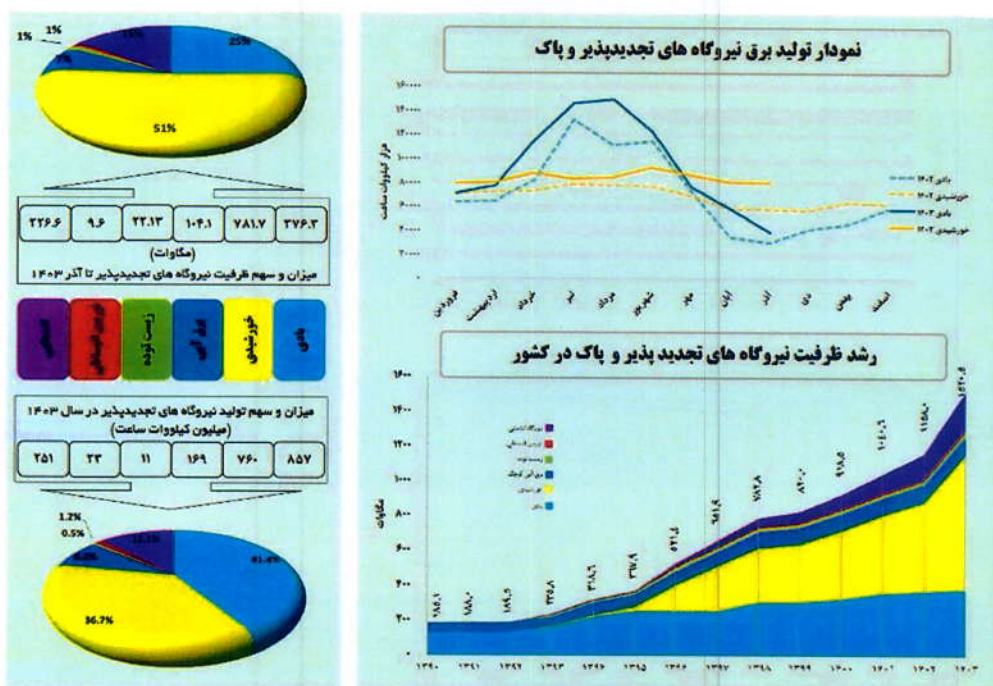
ظرفیت نصب شده نیروگاه های تجدیدپذیر و پاک به تفکیک استان (مگاوات)



استان های پیشرو از منظر ظرفیت نیروگاه های تجدیدپذیر و پاک نصب شده (مگاوات)



شکل ۴: ظرفیت نصب شده نیروگاه های تجدیدپذیر و پاک به تفکیک استان



شکل ۵: میزان و سهم تولید نیروگاه های تجدیدپذیر و پاک در سال ۱۴۰۳



1-3- مدل های نهایی قراردادی جهت خرید و فروش انرژی نیروگاه خورشیدی

بازار برق ایران به منظور افزایش بهره‌وری، گسترش ظرفیت انرژی‌های تجدیدپذیر و کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی از مدل‌های نوین قراردادی بهره می‌برد. این مدل‌ها با در نظر گرفتن الزامات قانونی و اقتصادی، به‌طور مشخص برای تأمین انرژی پایدار در صنایع، نهادهای دولتی و بخش خصوصی طراحی شده‌اند. از جمله مهم‌ترین این مدل‌ها می‌توان به تابلو سبز بورس انرژی، الزامات ماده 16 قانون جهش تولید دانش‌بنیان و سازوکار تهاتر انرژی اشاره کرد که در ادامه به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرند.

ماده 16 قانون جهش تولید دانش‌بنیان یک الزام قانونی برای واحدهای صنعتی بزرگ به شمار می‌رود. این قانون بیان می‌کند صنایعی که دیمانداً آن‌ها بیشتر از 1 مگاوات است، موظف هستند که در سال اول معادل 1٪ و تا سال پنجم معادل 5٪ از مصرف برق خود را از طریق احداث نیروگاه تجدیدپذیر تأمین کنند، در غیر اینصورت 1 الی 5٪ از برق مصرفی این صنایع با نرخ تجدیدپذیر محاسبه و در قبوض آن‌ها اعمال می‌شود. اجرای این ماده در قالب قراردادهای خرید برق تجدیدپذیر، نقش مهمی در کاهش فشار بر شبکه سراسری و توسعه زیرساخت‌های تجدیدپذیر دارد.

تابلو سبز بورس انرژی به عنوان یک پلتفرم شفاف و رقابتی، بستر اصلی برای عرضه برق تولید شده از نیروگاه‌های تجدیدپذیر در ایران محسوب می‌شود. در این مدل، نیروگاه‌های خورشیدی، بادی و سایر منابع تجدیدپذیر می‌توانند برق تولیدی خود را به مشترکان بزرگ مانند صنایع و مصرف‌کنندگان با قدرت قراردادی بالا بفروشند و یا متقابلاً مطابق ماده 16 قانون جهش تولید دانش‌بنیان، اقدام به خرید 1 الی 5٪ از دیمانداً مصرفی خود از تابلو سبز بورس انرژی کنند. نرخ معاملاتی این بازار بطور دوره‌ای توسط وزارت نیرو و توانیر اعلام می‌شود. این مدل علاوه بر تشویق سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های پاک، به مدیریت تقاضای بار شبکه و کاهش هزینه‌های تولید برق حرارتی کمک شایانی می‌کند.

ناترازی برق و گاز ایجاد شده طی سال‌های اخیر صنعتگران را در فصول گرم و سرد سال با چالش جدی مواجه نموده است. از این رو وزارت نیرو جهت رفع این چالش از طریق مشارکت صنایع پر مصرف در احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر اقدام به تهاتر برق تولیدی از این قبیل نیروگاه‌ها نموده است. مطابق این مصوبه، صنایعی که اقدام به احداث نیروگاه تجدیدپذیر در هر نقطه از کشور نمایند، به میزان برق تولیدی نیروگاه، بنا به درخواست صنعت، برق هموار در نقطه مصرف دریافت خواهند کرد که این برق مشمول قطع و محدودیت شبکه نخواهد شد.

برای تعیین میزان عدم خاموشی دریافتی نیروگاه‌های خورشیدی از فرمول زیر استفاده می‌شود که در آن:

$$P = \frac{E \times 1/3}{d \times \alpha}$$

سا. مان انرژی های تجدیدپذیر بهره‌وری انرژی برق

(سابق)

دست‌انویس محاسبه کارخان و نظارت بر پروژه ها



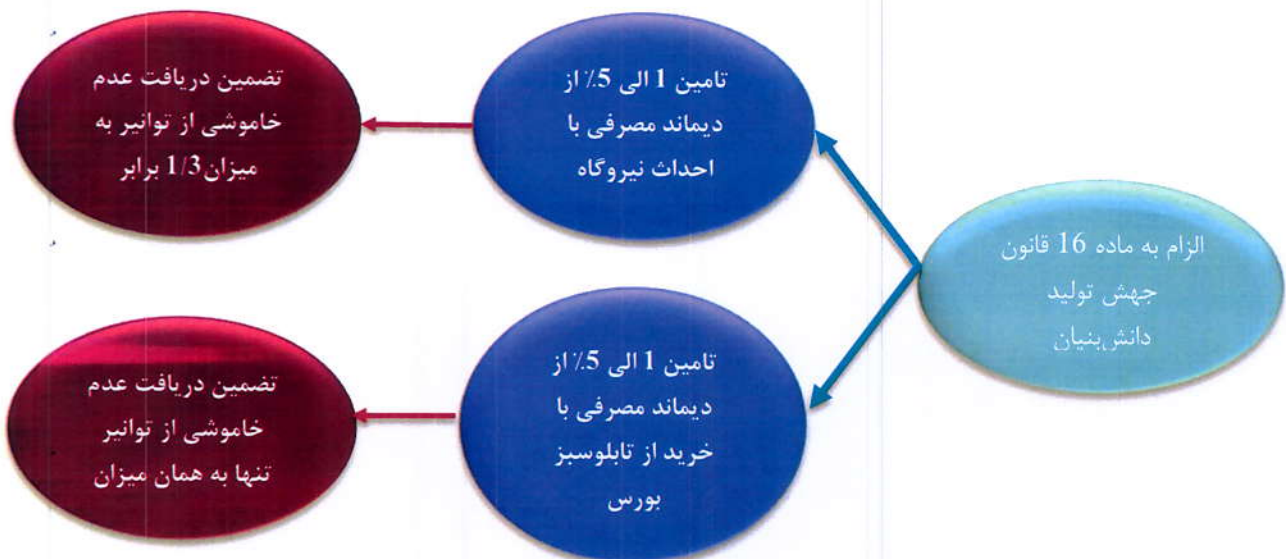
P : توان ثابت معاف از خاموشی

E: برآورد تولید انرژی ماهانه نیروگاه خورشیدی برحسب مگاوات ساعت

d: تعداد روزهای کاری صنعت در هر ماه

α : بازه زمانی درخواستی صنعت برای دریافت برق هموار در هر روز

شکل 6 خلاصه‌ای از روش‌های مختلف تحقق الزامات ماده 16 قانون جهش تولید دانش‌بنیان را نشان می‌دهد.



شکل ۶: نمودار روش‌های تحقق الزامات ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش‌بنیان

مبارزان انرژی های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)
بصورت محور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



2- بررسی موقعیت جغرافیایی و ویژگی‌های محل احداث

2-1- ویژگی‌های زمین مناسب جهت احداث نیروگاه خورشیدی

یکی از مهمترین عوامل در احداث نیروگاه‌های خورشیدی که در برگیرنده مجموعه‌ای از عوامل کیفی و کمی می‌باشد، انتخاب محل احداث نیروگاه‌های خورشیدی است. بطور مرسوم، نیروگاه‌های خورشیدی عمدتاً در مناطق دور از مناطق شهری که تابش خورشید زیاد است، نصب می‌شوند. در نقطه مقابل، این موضوع سبب می‌گردد که انتقال و توزیع انرژی تولیدی نیروگاه با مشکل مواجه گردد. بنابراین، معیارها و عوامل مختلفی باید در انتخاب محل احداث نیروگاه‌های خورشیدی در نظر گرفته شوند.

در انتخاب بهینه زمین یک نیروگاه خورشیدی بطور کلی، عواملی مانند تابش خورشیدی و به حداکثر رساندن بازده انرژی، آب و هوا، آلاینده‌های پیرامونی، محیط زیست، مسائل مربوط به مجوز باید در نظر گرفته شوند. علیرغم این، مهمترین عوامل برای انتخاب بهترین مکان برای احداث نیروگاه خورشیدی عبارتند از:

- میزان تابش خورشید؛
- فاصله محل انتخابی تا شبکه برق؛
- شیب زمین انتخاب شده؛
- پوشش زمین؛
- متوسط دمای محیط؛
- فاصله جاده‌ها تا محل نیروگاه خورشیدی؛
- فاصله از مناطق شهری؛
- نوع کاربری زمین؛
- در دسترس بودن برخی از زیرساخت‌ها مانند آب؛

در جدول 1، معیارها، حداقل نیازمندی‌ها و محدودیت‌ها برای عوامل فوق بیان شده است.



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 14 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

جدول 1: معیارهای در نظر گرفته شده جهت مکان یابی نیروگاه خورشیدی

ردیف	معیارهای ارزیابی	محدودیت ها
1	حداقل شدت انرژی تابشی سالیانه	1800 kWh/m ² /year
2	شیب زمین	3-5° <
3	شبکه برق پیرامونی	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
4	نزدیکی به مناطق پرجمعیت	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
5	نزدیکی به مجتمع های صنعتی	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
6	نزدیکی به جاده ها	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
7	متوسط دمای محیط	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
8	نزدیکی به مناطق مسکونی بویژه ساختمان های بلندمرتبه	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
9	نزدیکی به سکونتگاه ها	مطابق با توضیحات ادامه گزارش
10	پوشش زمین	عاری از کوه، جنگل، آب، ساختمان، تالاب، دشت سیلابی ترجیحاً پوشش گیاهی کم و متوسط، بوته زارها، زمین های بایر، محل های دفن زباله بسته، زمین های معدنی متروکه.
11	مناطق حفاظت شده	پارک های ملی و منطقه ای، مناطق میراث فرهنگی، سایت های دیرینه شناسی و باستان شناسی
12	قنات های قدیمی	عدم وجود قنات
13	مناطق مرتفع و خطوط ساحلی	مطابق با توضیحات ادامه گزارش

بر اساس آنچه که در جدول 1 ارائه شده است:

- بدیهی است هر چه میزان تابش خورشیدی بیشتر باشد، الکتریسیته بیشتری توسط یک پنل خورشیدی تولید می شود. بر این اساس و بر اساس برآوردهای صورت گرفته، برای اینکه سیستم های فتوولتائیک از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشند، معمولاً به شدت انرژی تابشی به میزان حداقل 1800 کیلووات ساعت بر متر مربع در سال نیاز می باشد.

- دمای هوا بطور مستقیم بر عملکرد نیروگاه خورشیدی و دوره بهره برداری آن تأثیر می گذارد. پارامترهای الکتریکی هر سلول خورشیدی بطور مرسوم در شرایط آزمایش استاندارد (STC) تعیین می شود (شدت توان تابشی 1000 W/m² و دمای کار سلول خورشیدی 25 درجه سانتیگراد است). بنابراین، بدیهی است که کار در شرایط STC منجر به راندمان بیشتر نیروگاه های خورشیدی می شود. شایان ذکر است که علاوه بر دمای هوا، عوامل دیگر اقلیمی مانند میزان رطوبت و نیز شرایط بهره برداری از پنل های خورشیدی (مانند نظافت سطح پنل ها)، تأثیری مستقیم در میزان راندمان یک نیروگاه خورشیدی دارند.

کارمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)

دفتر امور سرمایه گذاری و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 15 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

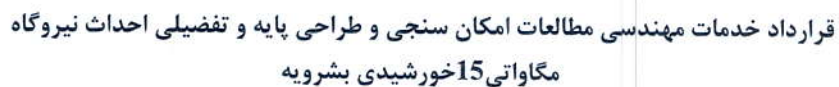
Rev. 00

- یکی از مهمترین مسائل که هزینه قابل توجهی در احداث نیروگاه‌های خورشیدی را ایجاد می‌کند، نزدیکی محل احداث نیروگاه به شبکه برق می‌باشد. در واقع، هرچه یک پروژه به خطوط یا پست‌های برق موجود نزدیکتر باشد، اتصال آن به شبکه ارزان‌تر خواهد بود و تلفات خط و هزینه‌های انتقال کمتر خواهد بود. با اینحال، مطالعات نشان می‌دهد که سایت‌های نیروگاه‌های خورشیدی نزدیک‌تر به مناطق با تقاضای برق بالا مطلوب‌تر هستند، زیرا مسافت انتقال انرژی به حداقل رسیده و هزینه‌های مربوط به تلفات خط و انتقال توان را کاهش می‌دهد.
- از آنجاییکه ساخت جاده گران است، انتخاب مکان‌های نزدیک‌تر به جاده‌های موجود هزینه پروژه را به میزان قابل توجهی کاهش داده و از سویی دیگر می‌تواند اثرات زیست محیطی مرتبط با ساخت جاده‌های جدید را به حداقل برساند. لازم به ذکر است که زمین‌های بالقوه مناسب باید دارای جاده‌هایی به عرض حدود 3 متر برای نگهداری مناسب از مزرعه خورشیدی باشند.
- خانه‌های چند طبقه یا هرگونه اجسام بلند مانند درختان یا کوه‌ها ممکن است مانع از رسیدن نور خورشید به مزرعه خورشیدی در ساعات خاصی از روز شوند. این عامل بطور مستقیم بر عملکرد نیروگاه‌های خورشیدی تأثیر می‌گذارد. بنابراین، مناسب است که مزارع خورشیدی دور از این نوع عوارض، قرار گیرند.
- برخی مطالعات نزدیک بودن پروژه‌ها به مناطق شهری با تقاضای بالای برق را مطلوب می‌دانند، در حالیکه برخی دیگر، نزدیک بودن بیش از حد به مناطق مسکونی را نامطلوب می‌دانند. در واقع دلایل اصلی این نگرانی، افزایش پتانسیل مخالفت عمومی و احتمال ممانعت از رشد شهری است. علاوه بر این، فاصله مناسب از سایت‌های صنعتی نیز بسیار مهم است. زیرا بسیاری از سایت‌ها دارای آلودگی هستند که باعث کاهش راندمان نیروگاه‌های خورشیدی می‌شود.
- با توجه به پوشش زمین، منطقه مناسب بالقوه جهت احداث نیروگاه خورشیدی باید عاری از کوه، جنگل، آب، ساختمان، تالاب، دشت سیلابی و ترجیحاً دارای پوشش گیاهی کم یا متوسط باشد.
- در مناطق ساحلی، فاصله حداقل 1000 متری از خط ساحلی می‌تواند مزرعه خورشیدی را از پیامدهای بلایای طبیعی ناشی از دریا محافظت کند. یکی دیگر از دلایل اجتناب از مناطق ساحلی هنگام نصب یک مزرعه خورشیدی، قیمت بالاتر آن‌ها است که باعث می‌شود چنین تأسیساتی مقرون به صرفه نباشد. علاوه بر این، احداث نیروگاه خورشیدی در مناطق مرتفع نیز هزینه حمل و نقل بالاتری دارند و لذا بطور مرسوم جهت احداث نیروگاه‌های خورشیدی، پیشنهاد نمی‌گردند.

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(ساتبا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



15251.B.EL.REP.010

Rev. 00

در انتخاب محل احداث نیروگاه خورشیدی، دسترسی مناسب به شبکه یکی از عوامل کلیدی محسوب می‌شود که تأثیر بسزایی در ارزیابی فنی و اقتصادی پروژه دارد. به‌منظور ارائه‌ی دقیق و مستند از محل مورد نظر، شکل 7 تصویر زمین را نمایش می‌دهد. این تصاویر به درک بهتر شرایط محیطی و موقعیت مکانی سایت کمک می‌کنند. با توجه به معیارهای ذکر شده در بخش قبل، زمین در نظر گرفته شده به منظور احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه که در استان خراسان جنوبی واقع شده است، دارای مختصاتی به شرح ذیل می‌باشد. متناظر با این مقادیر، موقعیت این زمین بر روی نقشه Google Earth نیز در **Error! Reference source not found.** نشان داده شده است:

[illegible]

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 17 of 44

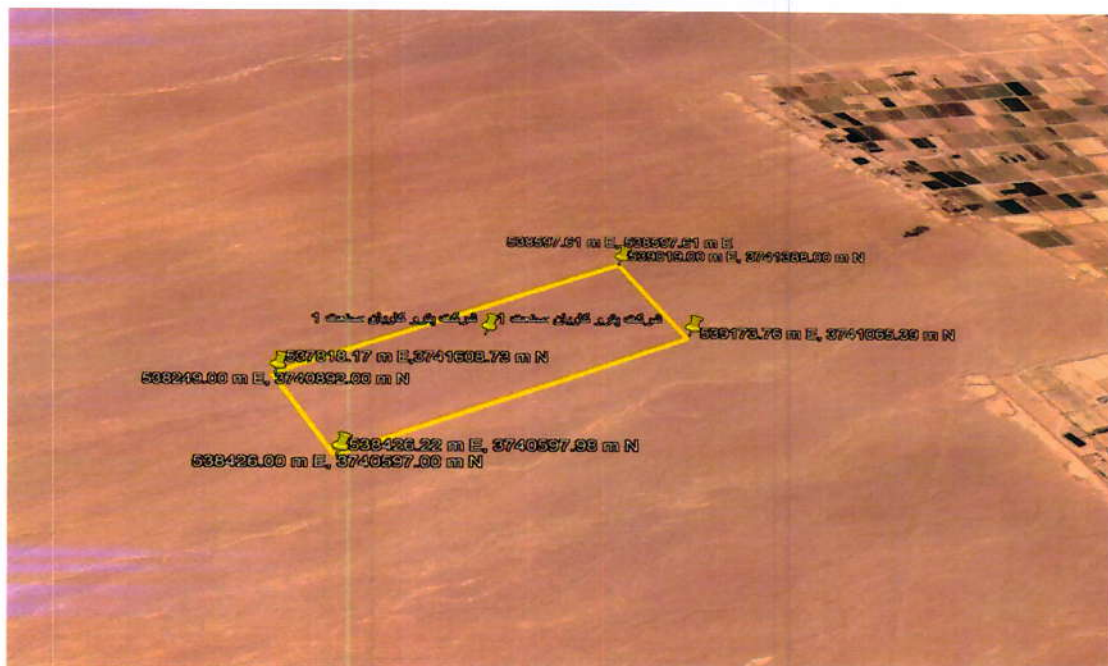
Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00



شکل 7: نمای نزدیک از محل احداث نیروگاه



شکل 8: نمایی از زمین محل احداث نیروگاه در نرم افزار google earth

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)

دفتر امور سرمایه گذاری و مشارکت بر پروژه ها



با توجه به این شکل ها و موقعیت ارائه شده، ویژگی های زمین در نظر گرفته شده به شرح ذیل است:

- زمین در نظر گرفته شده در حدود 24 هکتار می باشد که با توجه به استاندارد 1/2 هکتار زمین برای هر مگاوات نیروگاه خورشیدی (با استراکچر ثابت - Fix Tilt) برای احداث حدود 15 مگاوات نیروگاه خورشیدی، مناسب می باشد؛
- همچنین در بخش شمالی و جنوب شرقی زمین، جاده خاکی واقع شده است که رفت و آمد را به محل احداث نیروگاه ممکن می سازد.

3-2- تحلیل شرایط اقلیمی شهرستان بشرویه

جزئیات مربوط به میانگین حداقل و حداکثر دما، رطوبت نسبی، میزان بارش سالیانه، سرعت و جهت وزش باد و میزان گرد و غبار در محل احداث نیروگاه خورشیدی واقع در شهرستان بشرویه، بصورت جامع و با جزئیات کامل در مدرک مطالعات هواشناسی با شماره سند 15251.B.EL.REP.004 گردآوری شده است. لذا، به منظور جلوگیری از تکرار مکررات، از ذکر مجدد این اطلاعات در این بخش صرف نظر شده است.

3- شبیه سازی نیروگاه خورشیدی با استفاده از نرم افزار PVsyst

در استفاده از نرم افزار PVsyst برای طراحی نیروگاه خورشیدی، اولین گام انتخاب دقیق نوع و برند پنل های خورشیدی و اینورترها و تعیین مشخصات فنی آنها است. در این مرحله، باید اطلاعات کاملی از توان نامی پنل ها، نوع فناوری، برند سازنده و ویژگی های فنی اینورترها مانند ظرفیت و راندمان، جمع آوری و به نرم افزار وارد شود. این اطلاعات به عنوان ورودی های اصلی برای شبیه سازی ها و طراحی نیروگاه استفاده می شوند و تأثیر قابل توجهی بر دقت نتایج و طراحی های بعدی مانند تحلیل عملکرد و بهینه سازی سیستم خواهند داشت.

3-1- رتبه بندی پنل ها و اینورترهای خورشیدی

نوع، کیفیت، کارایی، طول عمر و سازگاری با شرایط محیطی تجهیزات اصلی یک نیروگاه خورشیدی از جمله پنل و اینورتر، نقشی اساسی در راندمان اینگونه نیروگاه ها دارد. در انتخاب و مقایسه برندهای مختلف پنل های خورشیدی، توجه به عوامل کلیدی مانند کارایی، قابلیت اطمینان، هزینه، تست های آزمایشگاهی (از جمله مقاومت در برابر دما، تابش، تنش های مکانیکی و) مهم است. از سویی دیگر، برندهای مختلفی برای اینورتر نیروگاه خورشیدی در دنیا وجود دارند

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)
دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 19 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

که هر یک مشخصات و کاربردهای مربوط به خود را دارند. بر اساس منابع معتبری که برندهای مختلف پنل و اینورتر خورشیدی در سالهای اخیر را رتبه‌بندی کرده‌اند، در جداول 3 و 4 نتایج حاصل از این بررسی‌ها، بیان شده است.

- مقایسه برندهای مختلف پنل خورشیدی بر اساس Tier 1، PVEL، RETC؛
- مقایسه برندهای مختلف اینورتر بر اساس PVTIME، Wood Mackenzie، Elum-energy.com و

جدول 3: جمع‌بندی برندهای برتر پنل خورشیدی

بر اساس RETC	بر اساس PVEL	بر اساس Tier 1
Trina Solar Qcells Jinko Longi solar JA solar	Jinko Trina Solar JA Solar Qcells Astronergy	Jinko Trina Solar JA Solar Tongwei Canadian solar

جدول 4: جمع‌بندی برندهای برتر اینورتر

بر اساس PVTIME	بر اساس Elum-energy	بر اساس Wood Mackenzie
Huawei / Sungrow SMA Goodwe Solis Growatt	Huawei Sungrow SMA Fronius Solis	Huawei Sungrow Solis Growatt GoodWe

3-2- پنل و اینورتر نیروگاه خورشیدی بشرویه

با توجه به توضیحات ارائه شده در جداول 3 و 4 و با در نظر گرفتن جلسات فنی برگزار شده، در حال حاضر پنل TrinaSolar و اینورتر Sungrow به عنوان تجهیزات اصلی نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه انتخاب شده است که جزئیات آن‌ها در ادامه بیان شده است.

3-3- پنل خورشیدی

در این نیروگاه از پنل خورشیدی 715 وات N-type/ Bifacial/ Monocrystalline/ Topcon ساخت شرکت Trina Solar کشور چین استفاده شده است. این شرکت یکی از پنج تأمین‌کننده برتر پنل خورشیدی در جهان است. کاتالوگ این پنل در پیوست شماره 1، ارائه شده است.

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)

دستورالعمل سرعانه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 20 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

3-4- اینورتر خورشیدی

در این نیروگاه از اینورتر خورشیدی 350 کیلووات ساخت شرکت Sungrow کشور چین استفاده شده است. این شرکت یکی از پنج تأمین کننده برتر اینورتر خورشیدی در جهان است. مطابق با آخرین گزارش نشریه معتبر Wood Mackenzie، محصولات اینورتر خورشیدی شرکت Sungrow برای پنجمین سال متوالی در زمره 3 تولیدکننده برتر جهان قرار گرفت. این شرکت به لحاظ حجم فروش و کیفیت بالا (متناسب با قیمت مقرون به صرفه این محصولات) در سال 1521 مقام اول جهانی را کسب نموده است. کاتالوگ اینورتر به کار رفته در این طراحی در پیوست شماره 2، ارائه خواهد شد.

3-5- مطالعات نرم افزار PVsyst

در این بخش از گزارش و مطابق با مدل های در نظر گرفته شده برای پنل و اینورتر و نیز موقعیت جغرافیایی محل احداث طرح، نتایج مطالعات بدست آمده از نرم افزار PVsyst ارائه شده است. نتایج کامل شبیه سازی نیروگاه در نرم افزار PVsyst در پیوست شماره 3 ارائه شده است. مطابق با نتایج بدست آمده از این نرم افزار میزان انرژی تولیدی نیروگاه در سال اول بهره برداری مطابق با ذیل است:

48,153,000kWh = انرژی تولیدی نیروگاه 15 مگاواتی در سال اول

همچنین، با در نظر گرفتن خروجی نرم افزار PVsyst و توان تولیدی نیروگاه در سال اول بهره برداری و نیز با توجه به راندمان پنل های خورشیدی در نظر گرفته شده در پروژه، نمودار تولید سالیانه انرژی نیروگاه 15 مگاواتی شهرستان بشرویه در طول مدت زمان 15 سال بهره برداری، مطابق با شکل، خواهد بود. در این شکل، محور عمودی بیانگر میزان انرژی تولیدی نیروگاه بر حسب مگاوات ساعت بوده و محور افقی نیز بیانگر سال های بهره برداری از نیروگاه می باشد.

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(ساتبا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

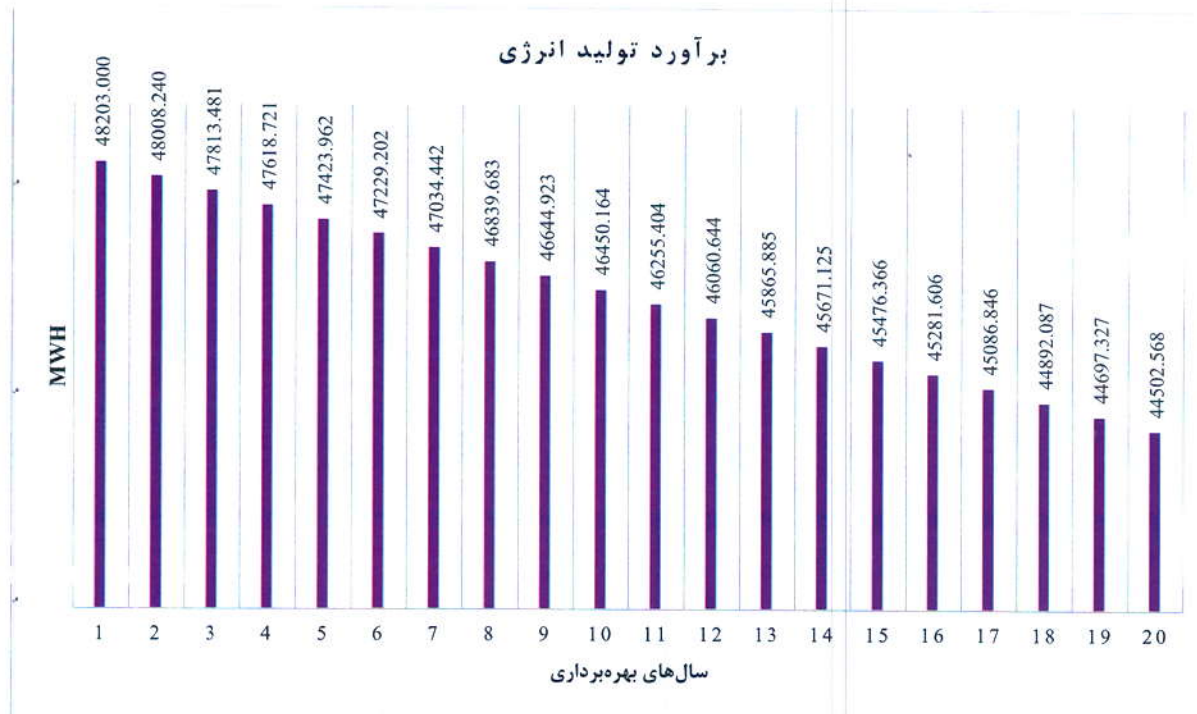
15251.B.EL.REP.010

Page: 21 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00



شکل 9: نمودار تولید سالیانه نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه در طول 15 سال مدت بهره برداری

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق

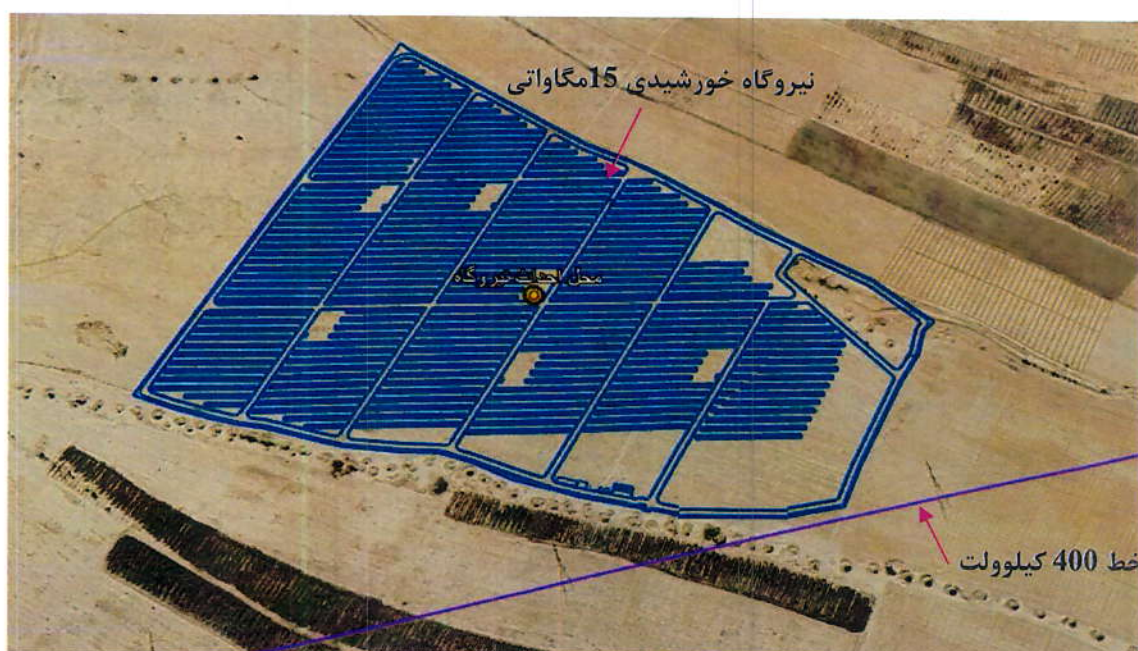
(ساتیا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



4- اتصال به شبکه نیروگاه بشرویه

عطف به نامه شماره 6829/100/ص/1404 شرکت برق منطقه‌ای خراسان، با توجه به مختصات اعلام شده و با شرط احداث و توسعه فیدرهای فشار متوسط و کلیدخانه ایستگاه فوق توزیع ----- بشرویه موافقت اولیه با احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاوات شهرستان بشرویه صورت گرفته است که این نامه در پیوست شماره 4 ارائه می‌شود.



شکل 10: چگونگی اتصال به شبکه نیروگاه 15 مگاواتی خورشیدی به شبکه بالادست

5- ارزیابی جامع اثرات زیست محیطی نیروگاه خورشیدی

ارزیابی جامع اثرات زیست محیطی نیروگاه خورشیدی، مستلزم تحلیل دقیق پیامدهای اکولوژیکی ساخت و بهره‌برداری از نیروگاه های خورشیدی بر محیط زیست است. این فرآیند شامل بررسی تغییرات در پوشش زمین، تاثیر بر اکوسیستم های محلی و زیستگاه های طبیعی، مصرف منابع آب و تاثیر بر تنوع زیستی منطقه می شود. علاوه بر این، میزان کاهش انتشار گازهای گلخانه ای و نقش نیروگاه در کاهش وابستگی به سوخت های فسیلی نیز مورد ارزیابی قرار می گیرد.

5-1- اثرات مثبت زیست محیطی نیروگاه های فوتوولتائیک

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(سازپا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



یکی از مهم‌ترین جنبه‌های احداث نیروگاه‌های خورشیدی فوتوولتائیک، اثرات مثبتی است که این نیروگاه می‌تواند بر روی محیط زیست بگذارد. این نیروگاه‌ها با استفاده از انرژی تجدیدپذیر خورشید، نقش مؤثری در کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی و حفاظت از منابع طبیعی ایفا می‌کنند. در ادامه به بررسی دقیق‌تر هر یک از اثرات پرداخته شده است.

5-1-1- کاهش گازهای گلخانه‌ای در مقایسه با نیروگاه‌های حرارتی

نیروگاه‌های حرارتی، بعنوان یکی از اصلی‌ترین منابع تولید برق در جهان، سهمی در حدود 85 درصد از ظرفیت اسمی تولید برق در ایران را به خود اختصاص می‌دهند. این نیروگاه‌ها مجموعه‌ای از آلاینده‌های زیست‌محیطی را در فرآیند احتراق سوخت‌های فسیلی نظیر زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی آزاد می‌کنند. مهم‌ترین گاز منتشر شده از این نیروگاه‌ها، دی‌اکسید کربن (CO_2) است که سهم عمده‌ای در گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی دارد. طبق گزارش‌های سازمان بین‌المللی انرژی (IEA)، نیروگاه‌های حرارتی بیش از 40 درصد از انتشار جهانی دی‌اکسید کربن (CO_2) را به خود اختصاص می‌دهند. در مقابل، نیروگاه‌های خورشیدی بدلیل حذف فرآیندهای احتراقی، یکی از مؤثرترین راهکارهای کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش تولید برق به‌شمار می‌روند.

در ایران و بر اساس داده‌های موجود در آخرین ترازنامه انرژی منتشر شده که مربوط به سال 1401 است، میزان تولید انواع آلاینده‌ها در بخش نیروگاه‌های حرارتی و صنایع به شرح جدول 3 می‌باشد. مطابق با این جدول، نیروگاه‌های حرارتی شامل نیروگاه گازی، بخار، سیکل ترکیبی و دیزلی به ازای هر مگاوات ساعت تولید برق، حدود 723 کیلوگرم CO_2 منتشر می‌کنند که جایگزینی این منابع با انرژی خورشیدی می‌تواند بطور مستقیم از انتشار این حجم از آلاینده جلوگیری کند. بر اساس مدلسازی صورت گرفته در محیط نرم‌افزار PVsyst، میزان انرژی تولیدی نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی بشرویه در سال اول بهره‌برداری از آن در حدود 48153 MWh می‌باشد. بنابراین، نسبت به یک نیروگاه حرارتی که همین میزان انرژی را تولید می‌کند؛

- در صورت احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی بشرویه، 34,864 تن دی‌اکسید کربن کمتری در سال وارد جو می‌شود که این میزان بر اساس رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\text{میزان عدم تولید } CO_2 \text{ (kg)} = \text{ضریب } CO_2 \times \text{میزان انرژی سالانه تولیدی نیروگاه (kWh)}$$

- یک درخت بالغ حدود 22 کیلوگرم دی‌اکسید کربن را در سال جذب می‌کند، بنابراین این میزان عدم تولید دی‌اکسید کربن معادل جذب میزان دی‌اکسید کربنی است که توسط بیش از یک و نیم میلیون درخت می‌تواند صورت بگیرد؛



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 24 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

- همچنین با فرض آنکه یک خودرو به طور متوسط در طول سال 15000 کیلومتر حرکت کند و مصرف بنزین آن به ازای هر 100 کیلومتر 8 لیتر باشد، حدود 3 تن دی اکسید کربن در سال تولید می کند؛ بنابراین این میزان عدم انتشار دی اکسید کربن معادل حدود 11,621 خودرویی است که در طول سال در حرکت هستند. مطابق با توضیحات ارائه شده و با توجه به ضرایب بیان شده در جدول 5، جزئیات میزان عدم تولید انواع آلاینده ها در نیروگاه 15 مگاواتی بشرویه در سال اول بهره برداری، در شکل 11 نشان داده شده است.

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق

(ساتبا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)
دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها

PKSP

Page: 25 of 44

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان‌سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

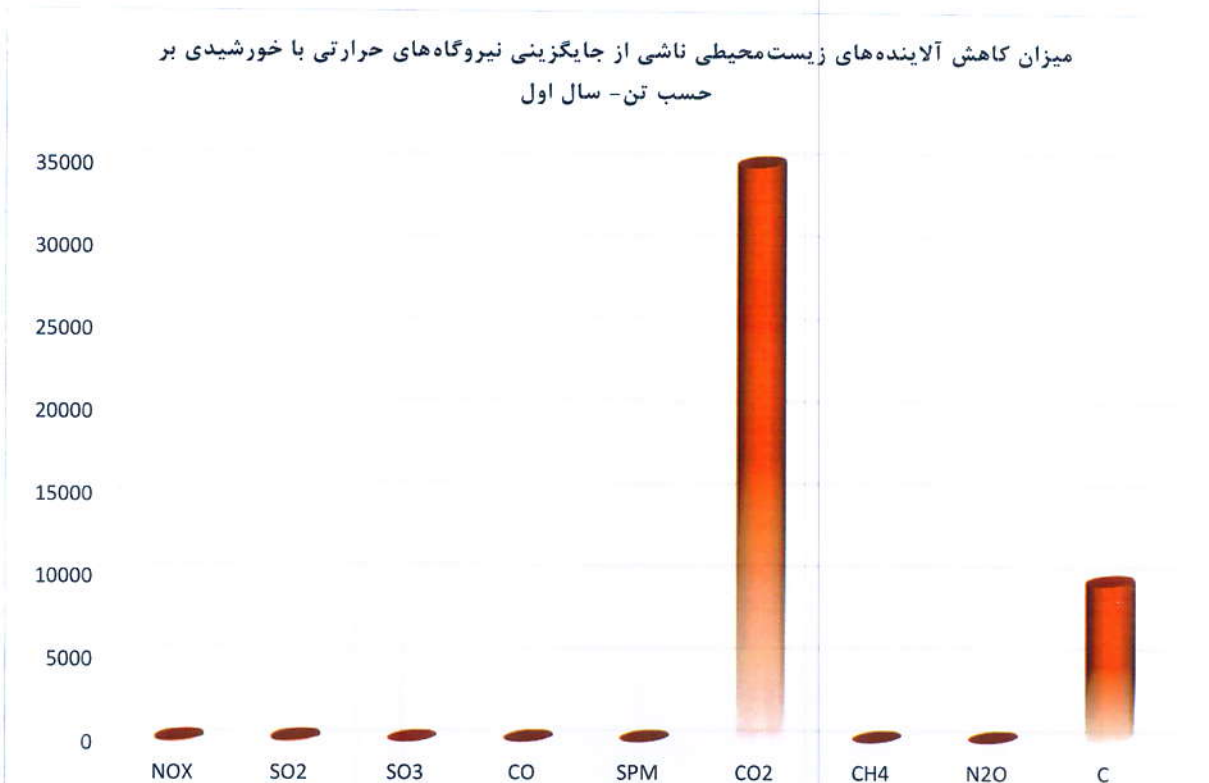
جدول ۵: شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای در بخش نیروگاهی کشور

شاخص انتشار گازهای آلاینده و گلخانه‌ای بخش نیروگاهی کشور در سال 1401 (Kg/MWh)

C	N ₂ O	CH ₄	CO ₂	SPM	CO	SO ₃	SO ₂	NO _x	گازهای آلاینده
156.19	0.003	0.02	756.029	0.146	2.011	0.025	5.731	2.159	بخاری
230.708	0.002	0.017	845.931	0.114	0.119	0.009	0.319	2.396	گازی
150.409	0.002	0.012	551.5	0.087	0.091	0.01	0.461	2.654	سیکل ترکیبی
224.165	0.007	0.034	821.94	0.294	0.001	0.071	4.58	1.517	دیزلی
197.115	0.003	0.017	722.755	0.123	1.087	0.018	3.147	2.341	میانگین وزارت نیرو
151.469	0.002	0.016	738.719	0.116	0.435	0.016	3.61	2.265	بخاری
198.863	0.002	0.015	729.165	0.1	0.066	0.008	0.38	1.417	گازی
169.02	0.002	0.012	619.741	0.087	0.058	0.01	0.455	2.708	سیکل ترکیبی
179.071	0.002	0.013	656.593	0.093	0.101	0.01	0.789	2.38	میانگین بخش خصوصی
310.621	0.001	0.013	1138.945	0.072	0.379	0.001	0.099	2.877	صنایع بزرگ
197.26057	0.00286	0.01800	723.28929	0.13486	0.39729	0.02129	2.21943	2.15943	میانگین نیروگاه‌ها

وزارت نیرو

بخش خصوصی



شکل ۱۱: میزان کاهش آلاینده‌های زیست محیطی در سال اول بهره‌برداری نیروگاه خورشیدی ۱۵ مگاواتی بشرویه

5-1-2- بهبود کیفیت هوا و سطح سلامتی انسان‌ها

همانطور که پیش‌تر نیز اشاره شد، اصلی‌ترین محصول نیروگاه‌های حرارتی، دی‌اکسید کربن (CO_2) و پس از آن کربن خالص (دوده) است. کربن خالص (دوده) معمولاً در شرایطی تولید می‌شود که احتراق سوخت‌های فسیلی بطور کامل انجام نمی‌گیرد. این اتفاق، بویژه در نیروگاه‌هایی که از سوخت زغال‌سنگ یا نفت با کیفیت پایین استفاده می‌کنند، رایج‌تر است. علاوه بر CO_2 ، این نیروگاه‌ها دی‌اکسید گوگرد (SO_2) و اکسیدهای نیتروژن (NO_x) تولید می‌کنند که تأثیرات مخربی بر کیفیت هوا و اکوسیستم‌ها دارند. SO_2 عامل اصلی باران اسیدی است که با کاهش pH آب‌های سطحی و خاک، زیستگاه‌های طبیعی و پوشش‌های گیاهی را به مرور نابود می‌کند. از سوی دیگر، NO_x علاوه بر نقش در تشکیل باران اسیدی، در حضور نور خورشید با ترکیبات آلی فرار (VOCs) واکنش داده و به تشکیل ازن سطحی و مه‌دود فتوشیمیایی منجر می‌شود. این مه‌دود، کیفیت هوا را کاهش داده و منجر به مشکلات جدی سلامت عمومی از جمله بیماری‌های ریوی و قلبی-عروقی می‌شود.

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 27 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

نیروگاه‌های حرارتی همچنین منبع انتشار ذرات معلق¹ به‌ویژه PM_{10} و $PM_{2.5}$ هستند که بدلیل اندازه کوچک، قابلیت نفوذ به سیستم تنفسی انسان را دارند و در درازمدت منجر به بیماری‌هایی نظیر سرطان ریه و بیماری‌های قلبی می‌شوند. علاوه بر این، فلزات سنگین نظیر جیوه (Hg)، کادمیوم (Cd) و سرب (Pb) که عمدتاً از احتراق زغال‌سنگ حاصل می‌شوند، تهدیدی جدی برای سلامت انسان و حیات آبیان محسوب می‌شوند. جیوه، بخصوص، در زنجیره غذایی متمرکز شده و اثرات نورو تاکسیک شدیدی بر موجودات زنده دارد. آمارهای رسمی در ایران نشان می‌دهد سالیانه پنجاه هزار نفر در اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند.

در مقابل، استفاده از انرژی خورشیدی بویژه در مناطق شهری، می‌تواند تأثیرات مثبتی بر کیفیت هوا داشته باشد چرا که نیروگاه‌های خورشیدی در دوران بهره‌برداری خود هیچ یک از گازهای آلاینده نظیر دی اکسید کربن (CO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x)، دی اکسید گوگرد (SO_x) و ذرات معلق ($PM_{2.5}$) را منتشر نمی‌کنند؛ بنابراین استقرار این نیروگاه خورشیدی در یک منطقه، می‌تواند بهبود چشمگیری در شاخص کیفیت هوا (AQI) ایجاد کند. در عین حال، کاهش آلاینده‌ها بطور مستقیم منجر به کاهش هزینه‌های بهداشتی و درمانی مرتبط با بیماری‌های تنفسی می‌شود. این موضوع بطور مستقیم می‌تواند منجر به بهبود کیفیت هوا و کاهش بیماری‌های ریوی، قلبی و سرطان‌های ناشی از آلودگی هوا شود.

5-1-3- کاهش تغییرات اقلیمی و کمک به حفظ اکوسیستم

نیروگاه‌های خورشیدی نقش کلیدی در کاهش تغییرات اقلیمی ایفا می‌کنند، زیرا از انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از احتراق سوخت‌های فسیلی جلوگیری می‌کنند. دی اکسید کربن (CO_2)، به عنوان یکی از گازهای گلخانه‌ای اصلی، عامل عمده گرمایش جهانی است و جایگزینی انرژی فسیلی با انرژی خورشیدی، انتشار این گاز را به طور چشمگیری کاهش می‌دهد. برای مثال، همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره کردیم یک نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی می‌تواند از انتشار ده‌ها هزار تن CO_2 در سال جلوگیری کند. این کاهش، علاوه بر کمک به کاهش دمای جهانی، اثرات مخرب تغییرات اقلیمی نظیر طوفان‌های شدید، ذوب یخ‌های قطبی، و بالا آمدن سطح دریاها را نیز محدود می‌کند.

این آلاینده‌ها، در کنار اثرات فوری بر کیفیت هوا و سلامت انسان، پیامدهای بلند مدتی نیز برای اکوسیستم‌های طبیعی دارند که بازسازی آن‌ها به دلیل تخریب گسترده و تجمع آلاینده‌ها در محیط، مستلزم دهه‌ها تلاش و صرف منابع اقتصادی کلان است. در مقایسه با سایر پروژه‌های صنعتی، نیروگاه‌های خورشیدی بویژه در مناطق وسیع، نیاز به تغییرات محدودی در کاربری زمین دارند. در واقع، پنل‌های خورشیدی معمولاً بر روی زمین‌های کشاورزی غیرمفید یا مناطق بایر نصب

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(ساتبا)

¹ Particulate Matter

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 28 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

می شوند که فشار زیادی بر اکوسیستم های بومی وارد نمی کنند. تمامی این تحلیل ها، اهمیت جایگزینی نیروگاه های حرارتی با منابع تجدیدپذیر را دو چندان می کند.

5-1-4- صرفه جویی در منابع آبی

جایگزینی یک نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی به جای یک نیروگاه حرارتی می تواند تأثیرات چشمگیری بر صرفه جویی در مصرف آب داشته باشد. نیروگاه های حرارتی معمولاً به آب زیادی برای فرآیندهای خنک سازی و تولید بخار نیاز دارند. این آب ها، که از منابع سطحی یا زیرزمینی تأمین می شوند، به دلیل تبخیر، اتلاف گرما، و تخلیه پساب گرم به محیط زیست، مصرف می شوند و در عین حال فشار زیادی بر منابع آبی به ویژه در مناطق کم آب ایجاد می کنند. بطور متوسط، یک نیروگاه حرارتی برای تولید یک مگاوات ساعت برق حدود 2/5 مترمکعب آب مصرف می کند. در این صورت با فرض اینکه انرژی تولیدی اینگونه نیروگاه ها به اندازه انرژی تولیدی نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی بشرویه (48,153 مگاوات ساعت) باشد، حدود 115,507 مترمکعب آب نیاز است که این حجم آب معادل نیاز سالانه بیش از ده ها هزار نفر به آب آشامیدنی است. در مقابل، نیروگاه های خورشیدی برای تولید برق نیازی به مصرف آب در فرآیند تولید ندارند و تنها میزان محدودی آب برای شست و شوی پنل ها استفاده می شود. این مصرف آب معمولاً در محدوده 15 تا 50 مترمکعب در سال به ازای هر مگاوات ظرفیت است که برای یک نیروگاه 15 مگاواتی، حداکثر به 1000 مترمکعب در سال می رسد. این صرفه جویی قابل توجه در مصرف آب می تواند در مناطقی با تنش آبی بالا، نقشی حیاتی ایفا کند. علاوه بر این، کاهش استفاده از منابع آبی باعث جلوگیری از تخلیه حرارتی به رودخانه ها و دریاچه ها شده و از آسیب به اکوسیستم های آبی و موجودات زنده در این زیستگاه ها جلوگیری می کند. این ویژگی نیروگاه های خورشیدی، آن ها را به گزینه ای ایده آل برای تأمین انرژی پایدار در مناطقی که با بحران های آبی مواجه هستند تبدیل می کند.

5-2- اثرات منفی زیست محیطی نیروگاه های فوتوولتائیک و مدیریت آن

نیروگاه های خورشیدی، علیرغم مزایای زیست محیطی قابل توجه، می توانند اثرات منفی بر تنوع زیستی داشته باشند، به ویژه زمانی که بدون در نظر گرفتن حساسیت های زیست محیطی طراحی و اجرا شوند. تغییر کاربری اراضی، تأثیر بر تنوع زیستی و اکوسیستم منطقه و دفع ضایعات ناشی از احداث نیروگاه از جمله این موارد محسوب می شوند.

5-2-1- تغییر کاربری اراضی

تأسیس نیروگاه های خورشیدی در مقیاس بزرگ، نیازمند مساحت های وسیعی است که می تواند تعادل اکولوژیکی مناطق را مختل کند. تغییر کاربری اراضی برای نصب پنل های خورشیدی در مناطقی مانند مراتع، جنگل ها، یا اراضی کشاورزی ممکن است زیستگاه گونه های گیاهی و جانوری را از بین ببرد و باعث تخریب خاک، کاهش تنوع زیستی، و تغییر در

مدیران انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق
(سازنا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 29 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

چرخه‌های طبیعی شود. یکی از معیارهای کلیدی در طراحی نیروگاه‌های خورشیدی، بکارگیری پنل‌های خورشیدی با بازده و توان تولیدی بالا می‌تواند تا حدی نیاز به استفاده از مساحت گسترده را کاهش دهد. انتخاب زمین‌های غیرقابل استفاده یا کم‌ارزش نظیر بیابان‌ها، زمین‌های شور، و اراضی صنعتی متروک می‌تواند از هدررفت زمین‌های حاصلخیز جلوگیری کند. از طرفی نواحی حفاظت شده شامل پارک‌های ملی، آثار طبیعی ملی، زیستگاه‌های حیات وحش و تالاب‌ها به عنوان مناطقی که دارای ارزش‌های زیست محیطی منحصر به فردی هستند، باید از هرگونه دخل و تصرف و تغییر کاربری محافظت شوند؛ بنابراین می‌بایست در فرآیند مکان‌یابی نیروگاه‌های خورشیدی، رعایت حریم این نواحی حفاظتی و حفظ فاصله مناسب از آن‌ها، در نظر گرفته شود.

در شکل 12 نقشه نواحی حفاظتی در نزدیکی شهرستان بشرویه با رنگ بنفش که با استفاده از نرم افزار Arc Gis Pro استخراج شده، نشان داده شده است. مطابق با این شکل، در شهرستان بشرویه ناحیه حفاظتی وجود ندارد.



شکل 12: نقشه اراضی قابل استفاده در بشرویه

5-2-2- تأثیر بر تنوع زیستی

یکی از مهم‌ترین نگرانی‌ها در احداث نیروگاه‌های خورشیدی، تغییر زیستگاه‌های گونه‌های گیاهی و جانوری است که می‌تواند به تخریب زیستگاه‌های طبیعی و جابه‌جایی یا انقراض گونه‌های جانوری و گیاهی منجر شود. احداث این نیروگاه‌ها ممکن است باعث از بین رفتن زیستگاه‌های حیوانات، تغییر الگوهای مهاجرت پرندگان و کاهش تنوع گونه‌های گیاهی منتج شود. همچنین، انعکاس نور پنل‌ها و گرمای تولیدشده می‌تواند رفتار حیوانات را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات نشان می‌دهند که ممکن است زنجیره‌های غذایی و روابط اکولوژیکی جانوران در این مناطق مختل شود، به خصوص اگر در زیستگاه‌های

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(سازپا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 30 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

اولیه پرنندگان، خزندگان یا گونه‌های گیاهی بومی احداث شوند. به منظور مدیریت این امر می‌بایست پیش از احداث نیروگاه، ارزیابی‌های زیست محیطی دقیق برای شناسایی زیستگاه‌های حساس و گونه‌های در معرض خطر صورت بگیرد. همچنین برای نیروگاه‌هایی که در نزدیکی زیستگاه‌های طبیعی قرار دارند، ایجاد مناطق حائل با پوشش گیاهی بومی می‌تواند این گونه‌ها را از اثرات مستقیم نیروگاه‌ها محافظت کند.

5-2-3- پسماندهای نیروگاه خورشیدی

احداث نیروگاه‌های خورشیدی در کنار مزایای زیست محیطی، می‌تواند منجر به تولید ضایعات مختلفی در مراحل طراحی، ساخت و نصب شود. این ضایعات عمدتاً به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند:

• ضایعات عمرانی و ساختمانی

این نوع ضایعات شامل خاک‌های حاصل از گودبرداری، نخاله‌های ساختمانی، بسته‌بندی تجهیزات و سازه‌های فلزی است. انباشت نخاله‌ها می‌تواند باعث تخریب زیستگاه‌های طبیعی و تغییر توپوگرافی منطقه شود. همچنین، دفن نامناسب ضایعات عمرانی آلودگی خاک و در نهایت کاهش کیفیت زمین را به همراه می‌آورد.

• ضایعات تجهیزات الکترونیکی و صنعتی

شامل پنل‌های خورشیدی معیوب، تجهیزات معیوب اینورترها، و باتری‌ها است. این ضایعات، به‌ویژه پنل‌های خورشیدی، حاوی فلزات سنگین نظیر کادمیم و سرب هستند که در صورت عدم مدیریت مناسب، آلودگی‌های شیمیایی قابل توجهی ایجاد می‌کنند.

برای مدیریت ضایعات ناشی از ساخت نیروگاه‌های خورشیدی، یک استراتژی چند لایه و تخصصی ضروری است تا اثرات منفی زیست محیطی به حداقل برسد. در ابتدا، ارزیابی دقیق در مورد نوع و مقدار ضایعاتی که ممکن است تولید شود، اهمیت دارد. این ارزیابی شامل شناسایی مواد حاصل از تخریب زمین، ضایعات فلزی، پلاستیکی و شیمیایی مرتبط با تجهیزات و فرآیندهای ساخت است. سپس، می‌توان یک سیستم مدیریت پسماند طراحی کرد که در آن تفکیک و پردازش مواد در اولویت باشد. به عنوان مثال، فلزات و شیشه‌های دورریز می‌توانند به مراکز بازیافت ارسال شوند، در حالیکه ضایعات خطرناک مانند مواد شیمیایی باید تحت نظارت‌های خاص دفع شوند.

یکی دیگر از اقدامات اساسی برای کاهش اثرات پسماند ناشی از احداث نیروگاه خورشیدی، همکاری با شرکت‌های بازیافت متخصص در مواد صنعتی و ساخت و ساز است. این شرکت‌ها می‌توانند ضایعاتی مانند قاب‌های آلومینیومی و مواد پلاستیکی را بازسازی کنند یا به چرخه تولید بازگردانند.

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



5-2-4- آلودگی آب و خاک ناشی از شست و شوی پنل‌ها

شست و شوی پنل‌های خورشیدی یکی از عملیات ضروری برای حفظ بازدهی و بهره‌وری این تجهیزات است، اما اگر بدرستی مدیریت نشود، می‌تواند اثرات منفی بر منابع آب و خاک داشته باشد. این فرآیند معمولاً شامل مصرف آب برای پاکسازی گرد و غبار، فضولات پرندگان و آلودگی‌های دیگر از سطح پنل‌ها است. استفاده نادرست از آب می‌تواند به هدر رفت منابع آبی منجر شود، بویژه در مناطق خشک که نیروگاه‌های خورشیدی اغلب در آنجا مستقر می‌شوند.

یکی از مشکلات شست‌وشوی پنل‌ها، تخلیه آب آلوده به خاک اطراف نیروگاه است. این آب ممکن است حاوی مواد شیمیایی یا شوینده‌های متعددی باشد که در صورت نفوذ به خاک، کیفیت آن را کاهش می‌دهد و حتی می‌تواند به فرسایش خاک یا تغییر ترکیب شیمیایی آن منجر می‌شود. همچنین، در صورتیکه این آب وارد منابع آبی زیرزمینی یا سطحی شود، می‌تواند کیفیت آب را تحت تأثیر قرار دهد و آسیب‌هایی به اکوسیستم‌های آبی وارد کند.

برای کاهش این اثرات، از آب، می‌توان از آب‌های بازیافتی یا جمع‌آوری شده از محل بارندگی استفاده کرد و از مواد شیمیایی غیر ضروری در فرآیند شست و شو پرهیز نمود. بعلاوه، طراحی سیستم‌های جمع‌آوری و تصفیه آب در نزدیکی نیروگاه می‌تواند از نفوذ آلاینده‌ها به محیط‌زیست جلوگیری کند.



5-3- جمع بندی

بررسی های انجام شده در این گزارش نشان می دهد که احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی بشرویه، اثرات زیست محیطی مثبت متعددی در مقایسه با نیروگاه های حرارتی خواهد داشت. از مهم ترین مزایای احداث این نیروگاه، می توان به کاهش انتشار گازهای گلخانه ای اشاره کرد که نقش بسزایی در کنترل تغییرات اقلیمی و کاهش اثرات ناشی از گرمایش جهانی ایفا می کند. با جایگزینی انرژی خورشیدی بجای سوخت های فسیلی، انتشار آلاینده هایی نظیر دی اکسید کربن (CO_2)، اکسیدهای نیتروژن (NO_x) و اکسیدهای گوگرد (SO_x) کاهش یافته و در نتیجه، کیفیت هوا بهبود می یابد. این امر می تواند تأثیر مستقیمی بر سلامت عمومی و کاهش شیوع بیماری های تنفسی و قلبی-عروقی داشته باشد.

علاوه بر این، نیروگاه های خورشیدی در مقایسه با نیروگاه های حرارتی مصرف آب بسیار ناچیزی دارند که این موضوع از اهمیت ویژه ای برخوردار است. با کاهش وابستگی به منابع آب برای خنک سازی تجهیزات و فرآیندهای احتراقی، نیروگاه 15 مگاواتی بشرویه به مدیریت بهینه منابع آبی منطقه کمک خواهد کرد. همچنین، کاهش آلاینده های زیست محیطی و عدم انتشار آلاینده های زیان آور به آب و خاک، به حفظ اکوسیستم های طبیعی و کاهش آسیب به تنوع زیستی منجر می شود.

تمامی این مزایا سبب می شود که اجرای پروژه 15 مگاواتی بشرویه از منظر زیست محیطی ارزش افزوده چشمگیری به همراه داشته باشد. جدول 6، مقایسه ای از اثرات زیست محیطی نیروگاه های خورشیدی را با نیروگاه های حرارتی نشان می دهد.

جدول 6: مقایسه اثرات زیست محیطی نیروگاه های خورشیدی و حرارتی

نیروگاه خورشیدی	نیروگاه حرارتی
کاهش چشمگیر دی اکسید کربن و سایر گازهای گلخانه ای	انتشار بالا و مستمر دی اکسید کربن و دیگر آلاینده ها
بهبود کیفیت هوا و کاهش بیماری های تنفسی و قلبی ناشی از آلودگی	آلودگی شدید هوا، افزایش بیماری های تنفسی و قلبی
مصرف ناچیز آب، بدون نیاز به فرآیندهای خنک سازی پرهزینه	مصرف بالای آب برای خنک سازی تجهیزات و فرآیندهای تولید انرژی
کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و کمک به مقابله با گرمایش جهانی	تشدید تغییرات اقلیمی و افزایش اثرات منفی ناشی از گرمایش جهانی



6- تحول اشتغال جهانی با گسترش انرژی های تجدیدپذیر

بر طبق آمار آرانس بین المللی انرژی های تجدید پذیر (IRENA)¹ میزان اشتغال مستقیم و غیرمستقیم ایجاد شده در مجموعه سیستم های تجدیدپذیر در سال 1523 در حدود 16/2 میلیون نفر بوده که نسبت به سال 1522 در حدود 18 درصد رشد داشته است. در شکل ، مقایسه ای میان اشتغال ایجاد شده برای هر یک از بخش های نیروگاه های تجدیدپذیر در بازه سال های 1512 تا 1523 نشان داده شده است. در سال 1522، نیروگاه های خورشیدی توانستند برای 4.9 میلیون نفر در سراسر جهان شغل ایجاد کنند. این رقم در سال 1523 به 7.11 میلیون نفر رسید، که نشان دهنده رشد چشمگیر اشتغال در این بخش است. این افزایش قابل توجه، به وضوح نشان دهنده رشد روزافزون صنعت فوتوولتائیک است و تاییدی بر اهمیت روزافزون آن در تأمین انرژی های تجدیدپذیر در سطح جهانی است. این روند نشان می دهد که صنعت انرژی خورشیدی در حال تبدیل شدن به یکی از ارکان اصلی برای اشتغال زایی و توسعه اقتصادی در سراسر جهان است.

بر اساس داده های موجود در سال 1523، حوزه فوتوولتائیک تقریباً پنج برابر بخش بادی شغل ایجاد کرده است و حتی فاصله معناداری میان این حوزه و سایر حوزه های تجدیدپذیر وجود دارد که نشان می دهد فوتوولتائیک به عنوان یکی از نیروهای محرکه اصلی در توسعه انرژی های تجدیدپذیر، توانسته است سهم بزرگی در ایجاد فرصت های شغلی ایفا کند.

شکل میزان اشتغال ایجاد شده در حوزه انرژی خورشیدی در سال 1523 را در ده کشور برتر از نظر سهم ایجاد اشتغال به تصویر می کشد. چین با اختصاص 65 درصد از کل اشتغال ایجاد شده در صنعت فوتوولتائیک، معادل حدود 4.6 میلیون شغل، به عنوان رهبر جهانی در این حوزه شناخته می شود. در مجموع، ده کشور برتر در این حوزه 86 درصد از کل اشتغال فوتوولتائیک جهان را به خود اختصاص داده اند. هند و ایالات متحده به عنوان رتبه های دوم و سوم، هر کدام نزدیک به 0.3 میلیون شغل در این حوزه ایجاد کرده اند. این کشورها به دلیل گسترش پروژه های بزرگ مقیاس خورشیدی و سیاست های حمایتی دولتی در توسعه انرژی های تجدیدپذیر، سهم بالایی در اشتغال جهانی دارند. برزیل نیز با تکیه بر توسعه نیروگاه های خورشیدی و ارتقای زیرساخت های مرتبط، سهمی مشابه با ایالات متحده دارد.

همچنین مطابق شکل ، هزینه های مربوط به تولید انرژی برای انواع منابع تجدید پذیر خورشیدی (فوتوولتائیک² و متمرکز³) و بادی (فراساحلی⁴ و دریایی⁵) برحسب دلار / کیلووات ساعت نیز از سال 1510 تا 1523 مطابق شکل 6 می باشد. بر اساس این شکل هزینه مربوط به تولید انرژی خورشیدی طی سال های اخیر با شیب تندی، کاهش یافته است.

¹ International Renewable Energy Agency (IRENA)

² Photovoltaic

³ Concentrating

⁴ Onshore wind

⁵ Offshore wind

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق

(ساتبا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

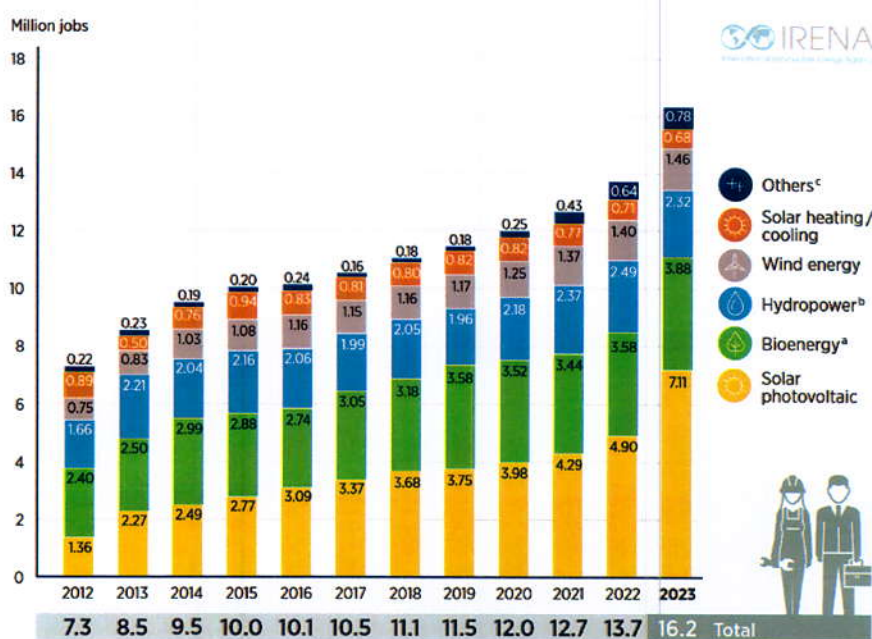
Page: 34 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

بر اساس مطالعات انجام شده برای نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه نیز 11 نفر به صورت تمام وقت در طول 15 سال بهره‌برداری از نیروگاه، مشغول به فعالیت خواهند بود.



شکل ۱۳: مقایسه‌ای میان اشتغال ایجاد شده برای هر یک از بخش‌های نیروگاه‌های تجدیدپذیر در بازه سال‌های ۱۵۱۲ تا ۱۵۲۳

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتیا)
دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

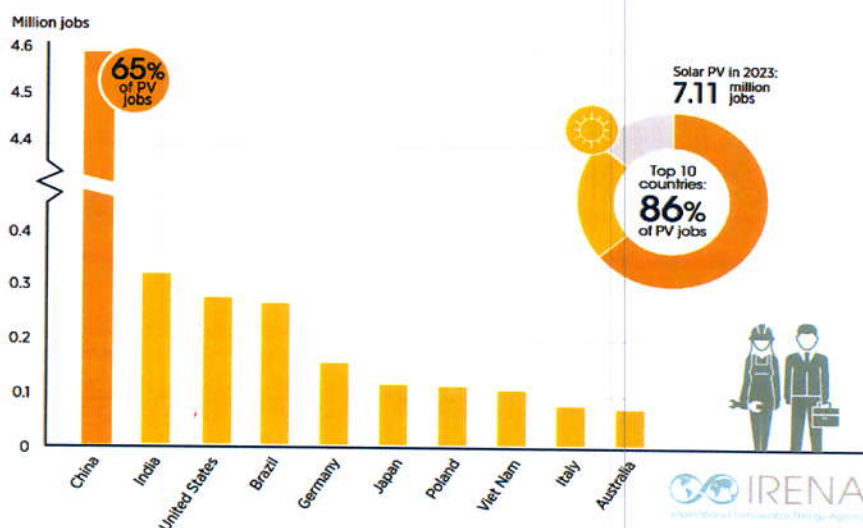
15251.B.EL.REP.010

Page: 35 of 44

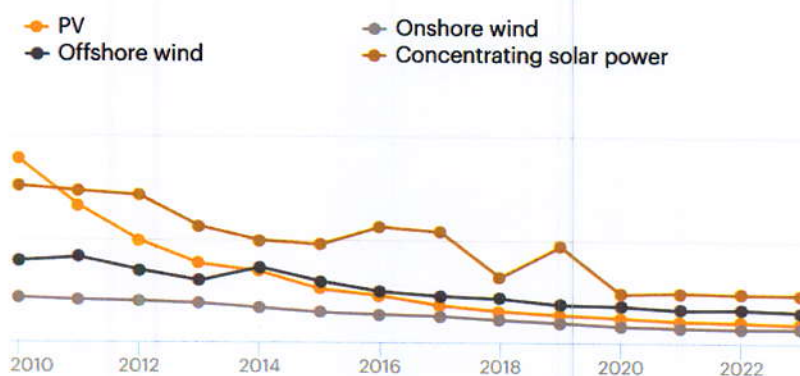
Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00



شکل ۱۴: میزان اشتغال ایجاد شده در ۱۰ کشور برتر دنیا در حوزه خورشیدی در سال ۱۵۲۳



شکل ۱۵: هزینه‌های مربوط به انرژی‌های تجدیدپذیر در سال ۱۵۱۲ تا ۱۵۲۳

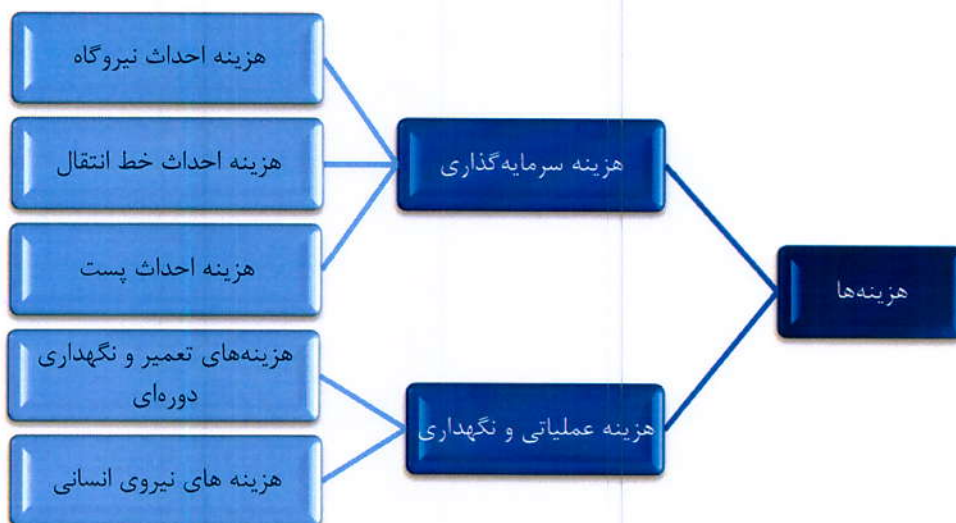
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)
دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



7- تحلیل اقتصادی نیروگاه خورشیدی پتروکاوایان

تحلیل مالی با هدف ارزیابی سودآوری، پایداری اقتصادی و مدیریت ریسک‌های مالی پروژه طراحی شده و نقش کلیدی در جلب نظر سرمایه‌گذاران و تصمیم‌گیران ایفا می‌کند. در پروژه‌های نیروگاه خورشیدی، تحلیل مالی نه تنها برای بررسی بازگشت سرمایه و نرخ سود مورد انتظار اهمیت دارد، بلکه به تصمیم‌گیری در زمینه ساختار تأمین مالی، شناسایی هزینه‌های سرمایه‌گذاری¹ (CAPEX) و عملیاتی² (OPEX) و پیش‌بینی درآمدهای آتی کمک می‌کند.

در این فصل تمام مفروضات مالی و اقتصادی و شاخص‌های کلیدی مانند نرخ بازگشت سرمایه (IRR)، ارزش خالص فعلی (NPV) و دوره بازگشت سرمایه (Payback Period) به صورت شفاف مورد بررسی قرار می‌گیرد. این رویکرد جامع، دیدگاهی روشن و عملیاتی را برای اطمینان از سودآوری و پایداری پروژه در بلندمدت فراهم می‌کند. شکل نمایی کلی از تحلیل اقتصادی پروژه را ارائه می‌دهد و اجزای اصلی آن را به صورت خلاصه و ساختار یافته نمایش می‌دهد.



شکل ۱۶: نمای کلی تحلیل اقتصادی پروژه

¹ Capital Expenditure

² Operation Expenditure



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No: 15251.B.EL.REP.010

Page: 37 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

7-1- هزینه‌های سرمایه‌گذاری

هزینه‌های سرمایه‌گذاری شامل تمامی هزینه‌های مربوط به طراحی، احداث و راه‌اندازی پروژه نیروگاه خورشیدی است. این هزینه‌ها معمولاً به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند که هر یک به تفصیل در ادامه شرح داده می‌شوند:

7-1-1- هزینه احداث نیروگاه

این بخش شامل هزینه‌های خرید و نصب تجهیزات نیروگاه از قبیل پنل‌های خورشیدی، اینورترها، سازه‌های نگهدارنده، کابل و تجهیزات جانبی است. هزینه‌های مطالعات اولیه، طراحی، مهندسی، نصب و اجرا نیز در این دسته قرار می‌گیرد. لازم به ذکر است که در این مطالعات، هزینه احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی، حدود 400,000 دلار برای هر مگاوات برآورد شده است.

7-1-2- هزینه اتصال به شبکه نیروگاه

با توجه به موقعیت نیروگاه نسبت به شبکه برق پیرامونی و پست 63/15 کیلوولت -----، اتصال نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی مورد مطالعه در این پروژه از طریق احداث خط دومداره 15 کیلوولت و اتصال این خط به پست 66/15 کیلوولت پست -----، صورت خواهد گرفت. بنابراین، هزینه اتصال به شبکه نیروگاه شامل مواردی از قبیل احداث خطی به طول تقریبی 8 کیلومتر و توسعه پست بالادست می‌باشد.

بنابراین، با توجه به توضیحات ارائه شده، هزینه‌های ثابت (CAPEX) احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه و توسعه شبکه بالادست، به شرح جدول 7، می‌باشد. همچنین، شایان ذکر است که در این مطالعات نرخ تبدیل دلار به ریال، 70 هزار تومان معادل نرخ دلار نیمایی لحاظ شده است.

جدول 7: هزینه‌های ثابت نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی (بر حسب دلار)

شرح حالت اتصال به شبکه	احداث نیروگاه (دلار)	احداث خط (دلار)	احداث پست (دلار)	توسعه شبکه بالادست (دلار)	مجموع (دلار)
احداث نیروگاه 15 مگاواتی و اتصال به شبکه سراسری	8,000,000	285,714	0	71,428	8,357,142

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)
دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



7-2- هزینه‌های عملیاتی و نگهداری

هزینه‌های عملیاتی و نگهداری (OPEX) شامل تمامی هزینه‌هایی است که برای حفظ عملکرد بهینه نیروگاه خورشیدی در طول دوره بهره‌برداری لازم است. این هزینه‌ها شامل مجموعه‌ای از هزینه‌های جاری و پیش‌بینی نشده در زمینه‌های مختلف هستند که در ادامه به تفصیل توضیح داده خواهند شد.

7-2-1- هزینه‌های تعمیر و نگهداری دوره‌ای

نیروگاه‌های خورشیدی به منظور عملکرد بهینه نیاز به تعمیر و نگهداری منظم دارند. این هزینه‌ها شامل سرویس‌های دوره‌ای مانند بررسی وضعیت پنل‌های خورشیدی، بررسی عملکرد اینورترها، تمیزکاری، هزینه‌های مربوط به قطعات یدکی و جایگزینی تجهیزات معیوب می‌شود.

7-2-2- هزینه‌های نیروی انسانی

برای عملیات روزانه، نظارت، تعمیرات و دیگر وظایف مدیریتی، نیروگاه‌های خورشیدی به نیروی انسانی ماهر نیاز دارند. این هزینه‌ها شامل حقوق و دستمزد پرسنل، هزینه‌های آموزش کارکنان و هزینه‌های مدیریتی می‌شود. در جدول 8 شرح هزینه‌های جاری نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی به تفکیک هر بخش آمده است. در این بخش فرض بر این است که نیروگاه دارای 3 شیفت کاری بوده که در هر شیفت 3 نفر در حال فعالیت می‌باشند، همچنین، 1 نفر نیز به عنوان نیروی فعال در زمینه بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری خط در نظر گرفته شده است.

جدول 8: هزینه‌های سالیانه نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی (بر حسب دلار)

هزینه تعمیر و نگهداری نیروگاه (دلار)	هزینه نیروی کار انسانی نیروگاه (دلار)	هزینه نیروی کار انسانی خط (دلار)	مجموع (دلار)
64,285	38,571	4,285	107,141

7-3- درآمد نیروگاه خورشیدی

در ایران، مفهوم برق سبز که به برق تولید شده توسط منابع تجدیدپذیر گفته می‌شود، با راه‌اندازی تابلوی برق سبز در بورس انرژی به منظور اجرای اهداف ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش‌بنیان و تأمین برق صنایع با مصرف بالاتر از یک مگاوات، از ابتدای سال ۱۴۰۲ مطرح شد. تابلوی برق سبز و اولین معامله آن که از ابتدای خرداد ۱۴۰۲ صورت گرفت، با ورود انرژی‌های تجدیدپذیر به بورس انرژی، می‌تواند پاسخی به سه چالش مهم ناترازی برق، ناترازی گاز و ناترازی منابع مالی در بخش انرژی باشد. لازم به ذکر است نرخ خرید انرژی تولیدی نیروگاه‌ها در این بازار بر اساس شرایط فصلی تغییر می‌کند؛ این تغییر به نحوی است که در ماه‌های گرم سال (ماه‌های پیک بار شبکه برق) افزایش قابل توجهی نسبت به ماه‌های

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)
دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفصیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 39 of 44

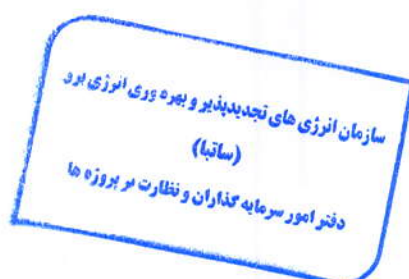
Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

دیگر سال دارد به نحوی که این مبلغ در تاریخ 1403/4/3 در حدود 75000 ریال بوده است. با این حال، با توجه به شرایط عرضه و تقاضا در این بازار، امکان عدم وجود مشتری برای خرید انرژی تولیدی نیروگاه نیز وجود دارد که در این حالت، سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر (ساتبا) اقدام به خرید تضمینی برق تولیدی نیروگاه‌های تجدیدپذیر با نرخ 70 درصد مبلغ معامله انرژی سبز در بورس سبز انرژی می‌نماید. با توجه به اینکه قیمت برق در تابلوی سبز بورس انرژی برای نخستین بار در تیرماه 1402 ارائه شده است، این بازار همچنان در مراحل ابتدایی خود قرار دارد و الگوی قیمتی مشخص و پایداری در آن مشاهده نمی‌شود. علاوه بر این، با توجه به شرایط اقتصادی کشور و تورم مستمر، پیش‌بینی قیمت برق بر حسب ریال با عدم قطعیت قابل توجهی همراه است و نوسانات قابل ملاحظه‌ای را تجربه می‌کند. از اینرو، به منظور ایجاد مبنایی پایدارتر برای تحلیل‌های اقتصادی و مقایسه‌پذیری بهتر در این گزارش، قیمت برق در تابلوی سبز بورس انرژی بر حسب دلار ارائه شده و مبنای محاسبات قرار گرفته است.

با توجه به توضیحات ارائه شده و از آنجاکه بر اساس خروجی نرم‌افزار PVSyst، میزان انرژی تولیدی نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه در سال اول بهره‌برداری از آن در حدود 48153 MWh می‌باشد، در جدول 9، میزان درآمد نیروگاه ارائه شده است. در این جدول، میزان انرژی تولیدی نیروگاه در طول 15 سال بهره‌برداری از آن (با در نظر گرفتن تلفات سالیانه پنل‌های خورشیدی مورد استفاده در پروژه)، مبلغ متوسط خرید انرژی تولیدی نیروگاه‌های خورشیدی بر اساس تابلو سبز و میزان درآمد سالیانه نیروگاه، بیان شده است. شایان ذکر است که قیمت خرید انرژی بر اساس قیمت‌های موجود در تابلو سبز بورس 0/06 دلار و با قیمت دلار نیمایی 700 هزار ریال در نظر گرفته شده است. همچنین، متناظر با جدول 6، نمودار ستونی درآمد سالیانه نیروگاه در شکل 17 نشان داده شده است. با توجه به این شکل، درآمد سالیانه نیروگاه به صورت نزولی بوده که این امر بدلیل محاسبه درآمد نیروگاه بصورت دلاری می‌باشد.





قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 40 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

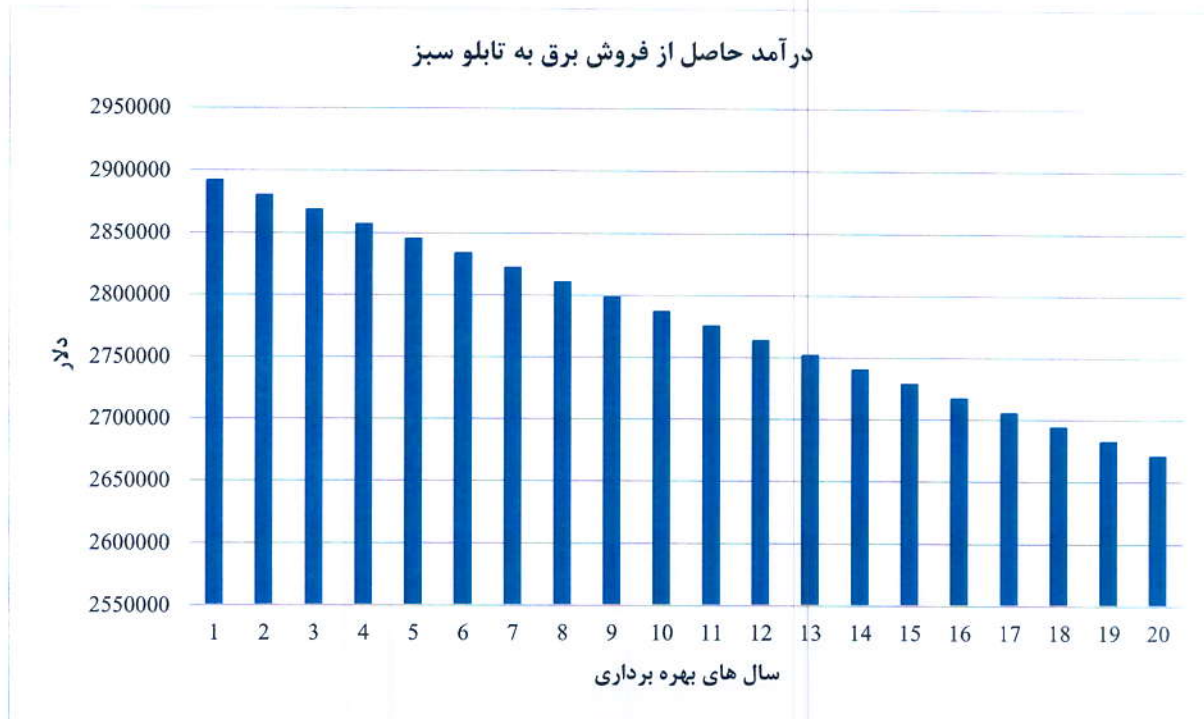
جدول 9: درآمد سالیانه نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی (بر حسب دلار)

سال	میزان انرژی تولیدی منطقه در سال (MWH)	متوسط قیمت هر KWH انرژی در تابلو سبز (دلار)	درآمد حاصل از فروش برق به تابلو سبز (دلار)
1404	0	0	0
1405	48153	0.06	2892180
1406	48008.24	0.06	2880494.4
1407	47813.48	0.06	2868808.8
1408	47618.72	0.06	2857123.2
1409	47423.96	0.06	2845437.6
1410	47229.2	0.06	2833752
1411	47034.44	0.06	2821566.4
1412	46839.68	0.06	2810380.8
1413	46644.92	0.06	2798695.2
1414	46450.16	0.06	2787009.6
1415	46255.4	0.06	2775324
1416	46060.64	0.06	2763638.4
1417	45865.88	0.06	2751952.8
1418	45671.125	0.06	2740267.5
1419	45476.365	0.06	2728581.9
1415	45281.60	0.06	2716896.364
1421	45086.84	0.06	2705210.788
1422	44892.08	0.06	2693525.16
1423	44697.32	0.06	2681839.636
1424	44502.56	0.06	2670154.061

سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق

(ساتبا)

دفتر امور سرمایه گذاران و نظارت بر پروژه ها



شکل ۱۷: نمودار درآمد حاصل از فروش برق به تابلو سبز در طول ۱۵ سال مدت بهره‌برداری

7-4 محاسبه شاخص‌های مالی و اقتصادی

در جدول 10، برخی از مهم‌ترین شاخص‌های اقتصادی برای نیروگاه 15 مگاواتی شهرستان بشرویه محاسبه و تحلیل شده است.

جدول 10: شاخص‌های اقتصادی نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه

IRR-%	(kWh/\$) LCOE	دوره بازگشت سرمایه (سال)
32/8	0/011	4

در جدول 7، دوره بازگشت سرمایه، مدت زمانی است که طول می‌کشد تا درآمدها و صرفه‌جویی‌های ناشی از پروژه، هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه را جبران کند. این شاخص بعنوان یک معیار ساده برای ارزیابی ریسک و سرعت بازگشت سرمایه به کار می‌رود و هرچه کوتاه‌تر باشد نشان‌دهنده ریسک کمتر است. در این پروژه، این دوره، در حدود 4 سال به دست آمده است که عددی معقول و منطقی است. همچنین، شکل، جریان نقدی تجمعی پروژه را نشان می‌دهد. محور عمودی بیانگر جریان نقدینگی بر حسب دلار بوده و محور افقی نیز بیانگر سال‌های بهره‌برداری از نیروگاه می‌باشد. لازم به

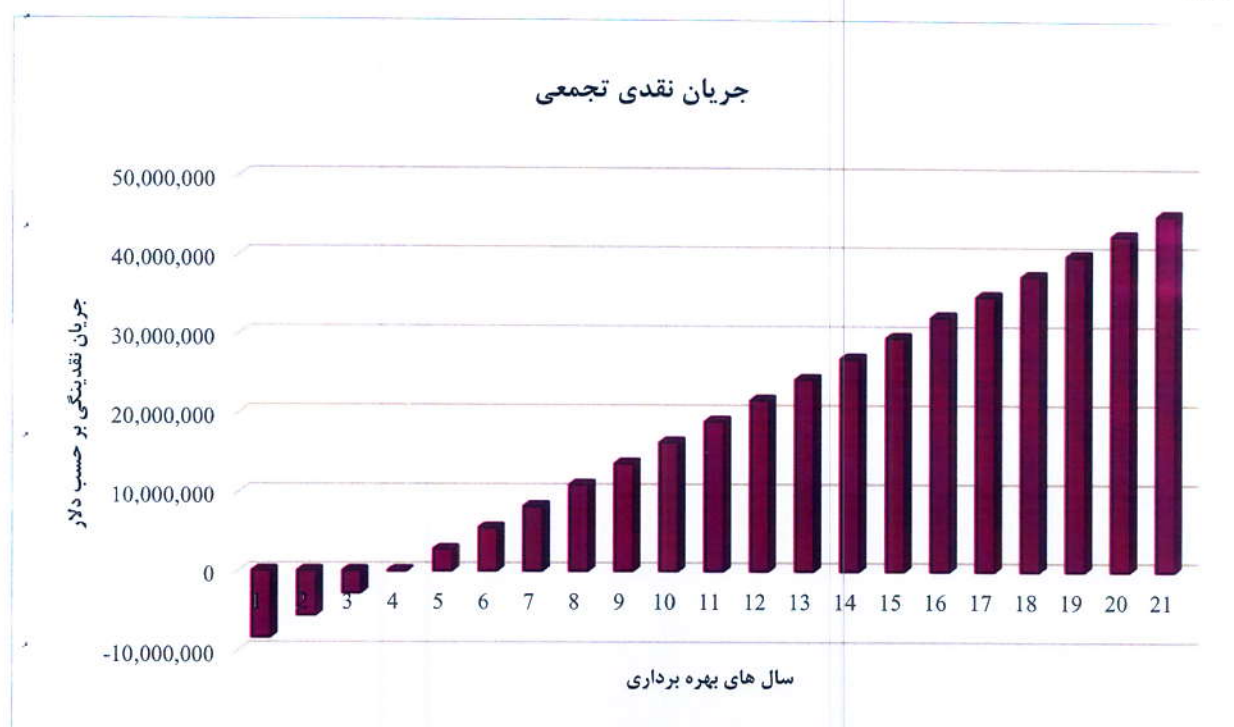
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق

(ساتبا)

دفتر امور سرمایه‌گذاران و نظارت بر پروژه‌ها



ذکر است سال نخست، سال سرمایه گذاری بوده و بهره برداری از سال دوم آغاز می شود. بنابراین مدت زمان بهره برداری 21 سال برآورد شده است.



شکل ۱۸: نمودار جریان نقدی تجمعی بر حسب دلار

شاخص دیگری که در این جدول ذکر شده و در زمینه مباحث هزینه ای و سرمایه گذاری پروژه های خورشیدی به آن توجه می شود، استفاده از شاخص $LCOE^1$ یا هزینه تراز شده انرژی می باشد. هزینه تراز شده انرژی، معیار متوسط هزینه خالص فعلی تولید برق برای یک نیروگاه در طول عمر آن است. شاخص $LCOE$ به عنوان یک معیار کلیدی در تصمیم گیری های سرمایه گذاری در حوزه انرژی استفاده می شود. این معیار به سرمایه گذاران و تصمیم گیران کمک می کند تا هزینه های نسبی تولید برق از منابع مختلف (مانند باد، خورشید، زغال سنگ، گاز طبیعی، هسته ای) را مقایسه کنند و پروژه هایی را انتخاب کنند که بیشترین بازده اقتصادی را در طول عمر خود دارند. به بیان ساده، این معیار هزینه کل تولید برق را در طول عمر یک پروژه انرژی (مانند نیروگاه) در نظر می گیرد و آن را به صورت یک مقدار واحد بر مبنای هر کیلووات ساعت انرژی تولیدی ارائه می دهد. برای این شاخص می توان رابطه زیر را تعریف نمود:

¹ Levelized Cost of Electricity



قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No:

15251.B.EL.REP.010

Page: 43 of 44

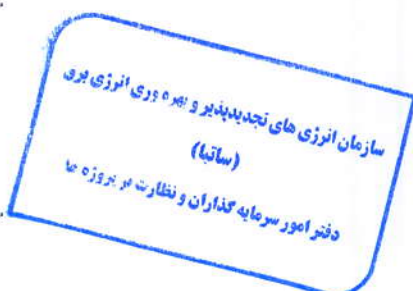
Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

$$LCOE = \frac{\text{مجموع هزینه‌ها در طول عمر نیروگاه}}{\text{مجموع انرژی تولیدی در طول عمر نیروگاه}}$$

در همین راستا و بر اساس محاسبات اولیه صورت گرفته، میزان انرژی تولیدی نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه در طول بهره‌برداری از آن و با لحاظ نمودن افت راندمان نیروگاه در حدود 927,055/643 MWh می‌باشد که در نهایت سبب تعیین مقدار شاخص LCOE خواهد شد.





قرارداد خدمات مهندسی مطالعات امکان سنجی و طراحی پایه و تفضیلی احداث نیروگاه
مگاواتی 15 خورشیدی بشرویه

Doc. No: 15251.B.EL.REP.010

Page: 44 of 44

Document Title:

مطالعات امکانسنجی نیروگاه خورشیدی شامل مطالعات اقتصادی و توجیه پذیری پروژه

Rev. 00

8- جمع بندی

در این گزارش، جزئیات مختلفی از طرح احداث نیروگاه خورشیدی 15 مگاواتی شهرستان بشرویه ارائه گردید که خلاصه این موارد در جدول 11 بیان شده است.

جدول 11: مشخصات کلی طرح نیروگاه 15 مگاواتی شهرستان بشرویه

15	توان نیروگاه / مگاوات
شهرستان بشرویه واقع در استان خراسان	محل احداث
927,055/643	انرژی تولیدی نیروگاه در طول 15 سال بهره برداری (مگاوات ساعت)
تابلو بورس سبز	مدل قراردادی پیشنهادی جهت خرید و فروش انرژی نیروگاه
34,864 تن	حداقل میزان صرفه جویی در انتشار کربن دی اکسید در سال اول بهره برداری
8,000,000	هزینه تقریبی احداث نیروگاه (دلار)
107.142	مجموع هزینه های سالیانه (دلار)
از طریق خط 15 kV به پست -----	نحوه اتصال به شبکه
357,142	هزینه اتصال به شبکه (دلار)
Trina Solar - 715 W	پنل خورشیدی انتخابی
Sungrow - 350 kW	اینورتر خورشیدی انتخابی
27792	تعداد پنل ها
58	تعداد اینورترها
0/011	مقدار LCOE (\$/kwh)
32.8%	مقدار IRR
حدود 4 سال	مقدار دوره بازگشت سرمایه

