



نیروگاه ترکیبی و انرژی‌های تجدیدپذیر منطقه آزاد شهر فرودگاهی

امام خمینی (ره)

Combined Cycle Power Plant and Renewable Energy in
Imam Khomeini Airport City Free Zone



این مستند صرفاً به عنوان معرفی و تشریح با موضوع مذکور در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) بوده و سرمایه‌گذاران محترم می‌بایست در طرح خود، اطلاعات و ارقام پیشنهادی مندرج در این مستند را بررسی، بروزآوری، تدقیق و جرح و تعدیل نمایند.

This document is intended solely as an introductory and descriptive overview of the investment opportunity pertaining to the aforementioned subject within the Free Zone of Imam Khomeini Airport City. Esteemed investors are respectfully advised that, in formulating their respective investment proposals, they bear the sole responsibility to independently examine, update, verify, and, where deemed necessary, critically reassess and adjust the indicative information, data, and figures contained herein.

بخش اول: عنوان و مشخصات فرصت سرمایه گذاری

۱-۱. عناوین فارسی و انگلیسی طرح

عنوان فارسی کامل: طرح جامع احداث، بهره‌برداری و توسعه نیروگاه ترکیبی چندمنظوره با ظرفیت اسمی ۱,۵۰۰ مگاوات مبتنی بر تلفیق فناوری‌های توربین گازی سیکل ترکیبی، مزارع فتوولتائیک خورشیدی و توربین‌های بادی محور افقی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) با رویکرد تولید برق پاک پایدار، ایجاد درآمد از طریق مکانیزم‌های اعتبار کرین، ارائه خدمات مشاوره‌ای مدیریت انرژی سبز به صنایع مستقر، تأمین برق با کیفیت و بدون نوسان برای واحدهای تولیدی و لجستیکی، و فروش مازاد تولید به شبکه سراسری برق کشور با بهره‌گیری از قراردادهای مشارکت عمومی-خصوصی بین‌المللی

English Title: Comprehensive Investment Proposal for Development, Construction and Operation of a ۱,۵۰۰ MW Hybrid Multi-Source Power Plant Integrating Combined-Cycle Gas Turbine Technology, Utility-Scale Photovoltaic Solar Farms and Horizontal-Axis Wind Turbines within Imam Khomeini International Airport City Free Zone: A Sustainable Clean Energy Generation Project with Carbon Credit Revenue Streams, Green Energy Consulting Services for Industrial Tenants, Reliable Power Supply for Manufacturing and Logistics Operations, and Grid-Connected Surplus Electricity Sales under International Public-Private Partnership Frameworks (BOT/BOO/JV Models)

۲-۱. کد شناسایی طرح

۳-۱. نوع طرح

این طرح در دسته‌بندی‌های چندگانه زیر قرار می‌گیرد:

- **از نظر فناوری:** نیروگاه ترکیبی (Hybrid Power Plant) با تلفیق سه منبع تولید: گاز طبیعی (سیکل ترکیبی)، انرژی خورشیدی (فتوولتائیک)، و انرژی بادی
- **از نظر مالکیت و بهره‌برداری:** طرح مشارکتی بین‌المللی با قابلیت اجرای مدل‌های BOT ساخت-بهره‌برداری-انتقال، BOO ساخت-بهره‌برداری-تملک، و Joint Venture (سرمایه‌گذاری مشترک) مطابق مقررات سرمایه‌گذاری خارجی در مناطق آزاد ایران
- **از نظر مقیاس:** پروژه زیرساختی بزرگ مقیاس (Mega Infrastructure Project) با ظرفیت تولید ۱,۵۰۰ مگاوات معادل ۱۵ درصد ظرفیت نیروگاهی استان تهران
- **از نظر بازار هدف:** طرح دوگانه (Dual-Market) تأمین داخلی برای صنایع منطقه آزاد بعلاوه فروش مازاد به شبکه سراسری و بازارهای منطقه‌ای

- از نظر پایداری: پروژه کربن مثبت (Carbon-Positive) با قابلیت صدور اعتبار کربن تحت مکانیزم‌های بین‌المللی

۴-۱. مقیاس طرح (حجم سرمایه‌گذاری)

سرمایه کل مورد نیاز: ۱,۵۰۰,۰۰۰,۰۰۰ یورو (یک و نیم میلیارد یورو) معادل تقریبی ۱,۶۲۰,۰۰۰,۰۰۰ دلار آمریکا

تفکیک سرمایه‌گذاری بر اساس اجزای فنی:

- بخش گاز طبیعی (سیکل ترکیبی ۸۰۰ مگاوات): ۷۲۰ میلیون یورو (۴۸٪ کل سرمایه)

- شامل ۴ واحد توربین گازی کلاس F با ظرفیت ۱۵۰ مگاوات هر واحد

- ۴ واحد بویلر بازیاب حرارت (HRSG) با طراحی سه فشاره

- ۲ واحد توربین بخار با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات هر واحد

- سیستم‌های کنترل دیجیتال، ترانسفورماتورهای اصلی، و تجهیزات پست ۴۰۰ کیلوولت

- بخش خورشیدی (۵۰۰ مگاوات فتوولتائیک): ۴۵۰ میلیون یورو (۳۰٪ کل سرمایه)

- ۱,۲۵۰,۰۰۰ پنل مونوکریستال PERC با راندمان ۲۲.۵٪ و توان ۴۰۰ وات هر پنل

- سازه‌های نصب تک‌محوره با سیستم ردیاب خورشیدی (Single-Axis Tracker)

- ۱۲۵ اینورتر مرکزی ۴ مگاواتی با قابلیت مدیریت هوشمند توان راکتیو

- سیستم‌های نظافت خودکار پنل‌ها با فناوری رباتیک و مصرف آب حداقلی

- بخش بادی (۲۰۰ مگاوات): ۲۴۰ میلیون یورو (۱۶٪ کل سرمایه)

- ۴۰ توربین بادی کلاس IEC IIIA با ظرفیت ۵ مگاوات هر واحد

- برج‌های فولادی به ارتفاع ۱۲۰ متر با طراحی مقاوم در برابر زلزله منطقه ۳

- سیستم‌های پیش‌بینی باد مبتنی بر هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی تولید

- زیرساخت‌های دسترسی جاده‌ای و جرثقیل‌های تخصصی نصب

- سیستم ذخیره‌سازی انرژی و مدیریت هوشمند (۹۰ میلیون یورو - ۶٪ کل سرمایه):

- ۲۰۰ مگاوات ساعت باتری لیتیوم-یون با فناوری LFP برای پایداری شبکه

- سیستم مدیریت انرژی (EMS) با الگوریتم‌های پیش‌بینی بار و بهینه‌سازی ترکیب منابع

- پلتفرم دیجیتال مانیتورینگ بلادرنگ با قابلیت اتصال به بازار برق و پلتفرم‌های کربن

۱-۵. افق زمانی بهره‌برداری

فاز مطالعات و اخذ مجوزها: ماه‌های ۱ تا ۶ از شروع پروژه

- انجام مطالعات امکان‌سنجی تفصیلی (Feasibility Study)
- اخذ مجوزهای زیست‌محیطی از سازمان حفاظت محیط زیست
- اخذ پروانه احداث از وزارت نیرو و سازمان مناطق آزاد
- انعقاد قراردادهای خرید تضمینی برق (PPA) با شرکت مدیریت شبکه برق ایران

فاز مهندسی و تأمین تجهیزات: ماه‌های ۷ تا ۱۸

- تکمیل طراحی‌های مهندسی پایه و تفصیلی FEED و Detailed Design
- فرآیند مناقصه بین‌المللی برای تأمین توربین‌ها، پنل‌ها و تجهیزات کلیدی
- عقد قراردادهای EPC با پیمانکاران دارای سابقه در پروژه‌های مشابه

فاز ساخت و نصب: ماه‌های ۱۹ تا ۴۲

- عملیات خاکی، فونداسیون و سازه‌های بتنی
- نصب مکانیکی و الکتریکی تجهیزات اصلی
- راه‌اندازی آزمایشی (Commissioning) هر واحد به صورت مستقل

بهره‌برداری تجاری کامل: ماه ۴۳ (سال چهارم پروژه)

- شروع تولید پیوسته و فروش برق تحت قراردادها
- فعال‌سازی سیستم‌های پایش کربن و صدور اعتبارات
- شروع ارائه خدمات مشاوره انرژی به صنایع مستقر

دوره بهره‌برداری اقتصاد: ۲۵ سال برای بخش‌های خورشیدی و بادی، ۳۰ سال برای بخش گازی

- با امکان تمدید قراردادهای و نوسازی فناوری در پایان دوره اولیه

بخش دوم: تعریف و تشریح طرح

این طرح یک اکوسیستم انرژی یکپارچه و هوشمند است که در قلب منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) مستقر خواهد شد و با تلفیق سه فناوری مکمل تولید برق (گاز طبیعی، خورشید، باد) به همراه سیستم ذخیره‌سازی پیشرفته، قادر به تأمین برق پایدار، پاک و مقرون‌به‌صرفه برای کلیه فعالیت‌های اقتصادی منطقه خواهد بود.

مفهوم تلفیق هوشمند (Smart Hybridization): طرح حاضر صرفاً جمع جبری سه نیروگاه مجزا نیست، بلکه یک سیستم یکپارچه با مدیریت هوشمند منابع است که در آن:

- در ساعات اوج تابش خورشید (۱۰ صبح تا ۱۶)، پنل‌های خورشیدی حداکثر تولید را داشته و بار پایه را تأمین می‌کنند
- در ساعات عصر و شب که تولید خورشیدی کاهش می‌یابد، توربین‌های بادی (که در استان تهران معمولاً در عصر سرعت بیشتری دارند) و توربین‌های گازی بار را پوشش می‌دهند
- سیستم ذخیره‌سازی باتری (BESS) نوسانات لحظه‌ای هر سه منبع را جذب کرده و کیفیت برق خروجی را در حد استاندارد ۶۱۰۰۰-۴-۳۰ IEC حفظ می‌کند
- الگوریتم‌های هوش مصنوعی با تحلیل داده‌های پیش‌بینی هواشناسی، الگوی مصرف صنایع، و قیمت‌های لحظه‌ای بازار برق، ترکیب بهینه منابع را در هر لحظه محاسبه و اجرا می‌کند

ارتباط ارگانیک با اکوسیستم منطقه آزاد: منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) به دلیل موقعیت استراتژیک در تقاطع کریدورهای شمال-جنوب و شرق-غرب کشور، میزبان صنایع سبک، انبارداری لجستیکی، مراکز داده، و خدمات فرودگاهی است که همگی نیازمند برق با کیفیت بالا و بدون قطعی هستند. این طرح با تأمین برق پایدار:

- هزینه انرژی صنایع را تا ۳۰٪ نسبت به تعرفه‌های سراسری کاهش می‌دهد
- ریسک قطعی برق و خسارات ناشی از توقف تولید را حذف می‌کند
- امکان جذب صنایع حساس به کیفیت برق (مانند مراکز داده و صنایع الکترونیک) را فراهم می‌سازد

بعد بین‌المللی و صادرات خدمات: با توجه به ظرفیت مازاد تولید نسبت به مصرف داخلی منطقه، این طرح قادر است:

- برق مازاد را از طریق خطوط انتقال موجود به شبکه سراسری فروخته و درآمد ارزی ایجاد کند
- اعتبارات کربن تولیدشده را در بازارهای بین‌المللی مانند EU ETS یا بازارهای داوطلبانه به فروش رساند
- خدمات مشاوره‌ای مدیریت انرژی سبز را به سایر مناطق آزاد ایران و کشورهای همسایه صادر کند

بخش سوم: هدف طرح در سه سطح کلان، میانی و خرد

۳-۱. اهداف کلان (استراتژیک)

- **تحقق اهداف سند چشم‌انداز ۱۴۰۴ در حوزه انرژی پاک:** افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی کشور به ۱۰٪ تا سال ۱۴۰۴، که این طرح به تنهایی ۱.۵٪ از این هدف را محقق می‌سازد
- **تقویت موقعیت منطقه آزاد به عنوان هاب انرژی سبز منطقه:** تبدیل منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) به مرجع منطقه‌ای برای پروژه‌های انرژی پاک و جذب سرمایه‌گذاری‌های بین‌المللی در این حوزه

- کاهش وابستگی به سوخت‌های فسیلی در بخش برق: با تولید سالانه حدود ۴.۲ میلیارد کیلووات‌ساعت برق پاک، معادل صرفه‌جویی در مصرف ۱.۱ میلیارد مترمکعب گاز طبیعی یا جلوگیری از انتشار ۲.۸ میلیون تن دی‌اکسید کربن
- ایجاد هم‌افزایی با سیاست‌های کلان اقتصادی: حمایت از تولید داخلی، ایجاد اشتغال پایدار، و افزایش صادرات غیرنفتی از طریق جذب صنایع با ارزش افزوده بالا

۲-۳. اهداف میانی (عملیاتی)

- تأمین ۱۰۰٪ نیاز برق منطقه آزاد با کیفیت توان بالا: تضمین ضریب قابلیت اطمینان (Availability Factor) بالای ۹۹.۵٪ و کیفیت برق مطابق استاندارد ۵۱۹ IEEE برای صنایع حساس
- تحقق بازده اقتصادی مطلوب برای سرمایه‌گذاران: دستیابی به نرخ بازده داخلی (IRR) حداقل ۱۴٪ برای سرمایه‌گذاران خارجی و ۱۸٪ برای سرمایه‌گذاران داخلی، با دوره بازگشت سرمایه حداکثر ۸ سال
- ایجاد زنجیره ارزش محلی در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر: توسعه تأمین‌کنندگان داخلی برای قطعات و خدمات نگهداری، و انتقال فناوری از طریق مشارکت با شرکت‌های بین‌المللی
- استقرار سیستم مدیریت یکپارچه انرژی (IEMS): پیاده‌سازی پلتفرم دیجیتال برای پایش بلادرنگ مصرف، تولید، و انتشار کربن کلیه واحدهای مستقر در منطقه

۳-۳. اهداف خرد (تاکتیکی و فنی)

- بهینه‌سازی ضریب ظرفیت (Capacity Factor) نیروگاه: دستیابی به ضریب ظرفیت ترکیبی حداقل ۶۵٪ از طریق تلفیق هوشمند منابع (مقایسه: نیروگاه خورشیدی خالص حدود ۲۵٪، بادی خالص حدود ۳۵٪، ترکیبی حدود ۶۵٪)
- کاهش مصرف آب در فرآیند تولید برق: استفاده از سیستم‌های خنک‌کننده خشک (Dry Cooling) در بخش گازی و سیستم‌های نظافت پنل با مصرف آب کمتر از ۰.۱ لیتر بر مترمربع در سال
- حداقل‌سازی تلفات شبکه داخلی: طراحی شبکه توزیع داخلی با ولتاژ ۲۰ کیلوولت و تلفات کمتر از ۳٪
- استقرار سیستم پیش‌بینی و مدیریت ریسک: پیاده‌سازی مدل‌های پیش‌بینی تولید مبتنی بر یادگیری ماشین با دقت بالای ۹۵٪ برای افق ۷۲ ساعته

بخش چهارم: ضرورت، مزایا و فرصت‌های ایجاد شده طرح

۴-۱. ضرورت اجرای طرح

- ضرورت امنیتی-انرژی: با توجه به رشد سالانه ۸-۶٪ تقاضای برق در استان تهران و محدودیت‌های توسعه نیروگاه‌های متمرکز در نزدیکی کلان‌شهرها، توسعه نیروگاه‌های پراکنده و ترکیبی در مناطق آزاد مانند شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) یک ضرورت استراتژیک برای پایداری شبکه برق پایتخت است.

- **ضرورت اقتصادی-رقابتی:** صنایع مستقر در منطقه آزاد برای رقابت در بازارهای جهانی نیازمند دسترسی به انرژی با قیمت رقابتی و کیفیت بالا هستند. هزینه تولید برق در این طرح با احتساب یارانه‌های مناطق آزاد و درآمد کربن، به کمتر از ۳ سنت بر کیلووات ساعت می‌رسد که ۴۰٪ پایین‌تر از متوسط هزینه برق صنعتی در ایران است
- **ضرورت زیست محیطی-تعهدات بین‌المللی:** ایران متعهد به کاهش ۴٪ انتشار گازهای گلخانه‌ای تا ۲۰۳۰ تحت توافق پاریس شده است. این طرح با جلوگیری از انتشار سالانه ۲.۸ میلیون تن CO₂، سهم قابل توجهی در تحقق این تعهد دارد.
- **ضرورت حقوقی-مناطق آزاد:** مطابق ماده ۱ قانون چگونگی اداره مناطق آزاد، یکی از اهداف اصلی این مناطق «تسریع در انجام امور زیربنایی، عمران و آبادانی، رشد و توسعه اقتصادی، سرمایه‌گذاری و افزایش درآمد عمومی» بوده و این طرح دقیقاً در راستای تحقق این اهداف قانونی طراحی شده است.

۲-۴. مزایای مستقیم طرح

- **درآمدزایی پایدار از چهار جریان نقدی مجزا:**
 - فروش برق به صنایع منطقه آزاد با تعرفه ترجیحی (حدود ۴.۵ سنت بر کیلووات ساعت)
 - فروش برق مازاد به شبکه سراسری تحت قرارداد خرید تضمینی (حدود ۵.۲ سنت بر کیلووات ساعت)
 - فروش اعتبارات کربن در بازارهای بین‌المللی (CO₂ معادل حدود ۳۰-۱۵ دلار بر تن)
 - ارائه خدمات مشاوره مدیریت انرژی و ممیزی کربن به صنایع (درآمد خدماتی با حاشیه سود بالای ۶۰٪)
- **کاهش هزینه‌های عملیاتی صنایع:** با حذف هزینه‌های مربوط به ژنراتورهای اضطراری، کاهش جریمه‌های کیفیت توان، و امکان برنامه‌ریزی دقیق‌تر تولید به دلیل پایداری تأمین برق
- **ایجاد اشتغال مستقیم و غیرمستقیم:**
 - اشتغال مستقیم: ۴۵۰ نفر در فاز بهره‌برداری (شامل مهندسان، تکنسین‌ها، اپراتورها، و پرسنل اداری)
 - اشتغال غیرمستقیم: بیش از ۲,۰۰۰ نفر-سال در فاز ساخت و ۸۰۰ نفر دائمی در زنجیره تأمین و خدمات مرتبط

۳-۴. مزایای غیرمستقیم و اثرات سرریز

- **ارتقای برند منطقه آزاد:** تبدیل شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) به الگوی منطقه‌ای توسعه پایدار و جذب سرمایه‌گذاری‌های سبز
- **انتقال فناوری و ارتقای توان فنی داخلی:** از طریق مشارکت با شرکت‌های بین‌المللی پیشرو و الزام به انتقال دانش فنی در قراردادهای EPC
- **تقویت زیرساخت‌های دیجیتال منطقه:** استقرار شبکه ارتباطی فیبر نوری و سیستم‌های مانیتورینگ پیشرفته که برای سایر کاربردهای هوشمندسازی منطقه نیز قابل استفاده است

- کاهش آلاینده‌گی هوای منطقه: با جایگزینی برق پاک به جای ژنراتورهای دیزلی صنایع، کاهش انتشار ذرات معلق و اکسیدهای نیتروژن که بر سلامت کارکنان و ساکنان مجاور تأثیر مثبت دارد

۴-۴. فرصت‌های استراتژیک ایجاد شده

- فرصت توسعه فازهای بعدی: با موفقیت این طرح، امکان توسعه فاز دوم با افزودن فناوری‌های هیدروژن سبز یا جذب CO₂ برای تولید سوخت مصنوعی وجود دارد
- فرصت ایجاد هاب منطقه‌ای تجارت کربن: با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه آزاد، امکان ایجاد پلتفرم معاملاتی اعتبارات کربن برای کشورهای منطقه خاورمیانه وجود دارد
- فرصت جذب سرمایه‌گذاری‌های صندوق‌های سبز بین‌المللی: بسیاری از صندوق‌های سرمایه‌گذاری نهادی (مانند صندوق‌های بازنشت‌نگی اروپایی) ملزم به تخصیص درصدی از پرتفوی خود به پروژه‌های پایدار هستند و این طرح معیارهای ESG آنها را کاملاً پوشش می‌دهد
- فرصت همکاری‌های سه‌جانبه: امکان مشارکت سه‌جانبه بین سرمایه‌گذار خارجی، شرکت‌های ایرانی، و سازمان منطقه آزاد برای بهره‌گیری از مزایای هر سه طرف

بخش پنجم: نمونه‌های مشابه جهانی و درس‌های کلیدی

۱-۵. پروژه‌های مرجع جهانی

پروژه ۱: نیروگاه ترکیبی شینجو در چین (۱,۲۰۰ مگاوات)

- موقعیت: استان گانسو، چین
- ترکیب فناوری: ۸۰۰ مگاوات بادی بعلاوه ۴۰۰ مگاوات خورشیدی بعلاوه ۵۰ مگاوات ساعت ذخیره‌سازی
- سرمایه‌گذاری: ۱.۲ میلیارد دلار
- نکات کلیدی موفقیت:

- استفاده از الگوریتم‌های پیش‌بینی تولید مبتنی بر هوش مصنوعی برای کاهش عدم قطعیت
- طراحی ماژولار که امکان توسعه تدریجی را فراهم کرد
- قرارداد خرید برق ۲۵ ساله با تضمین قیمت حداقلی

- چالش‌های تجربه‌شده: تأخیر در اتصال به شبکه به دلیل ظرفیت محدود خطوط انتقال محلی

پروژه ۲: نیروگاه ترکیبی دبی (۹۰۰ مگاوات)

- **موقعیت:** پارک خورشیدی محمد بن راشد، دبی
- **ترکیب فناوری:** ۷۰۰ مگاوات خورشیدی (فتوولتائیک بعلوه حرارتی) بعلوه ۲۰۰ مگاوات گازی بعلوه ۲۰۰ مگاوات ساعت ذخیره سازی
- **مدل مالی BOT:** با مشارکت شرکت های ژاپنی و فرانسوی
- **نکات کلیدی موفقیت:**

- ادغام سیستم خنک کننده خورشیدی با توربین گازی برای افزایش راندمان سیکل ترکیبی
- استفاده از آب دریا برای نظافت پنل ها با سیستم بازیافت ۹۰٪
- صدور اعتبارات کربن تحت مکانیزم CDM سازمان ملل
- **درس برای طرح حاضر:** ضرورت طراحی سیستم های خنک کننده کم مصرف با توجه به محدودیت منابع آبی در استان تهران

پروژه ۳: نیروگاه ترکیبی اسپانیا (۵۰۰ مگاوات)

- **موقعیت:** اندلس، اسپانیا
- **ترکیب فناوری:** ۳۰۰ مگاوات بادی بعلوه ۱۵۰ مگاوات خورشیدی بعلوه ۵۰ مگاوات گازی پشتیبان
- **ویژگی منحصر به فرد:** اتصال مستقیم به بازار برق اروپا (EPEX Spot) و فروش برق در زمان های اوج قیمت
- **نکات کلیدی موفقیت:**
- سیستم مدیریت انرژی بلادرنگ که تولید را با قیمت های لحظه ای بازار هماهنگ می کند
- قرارداد بیمه ریسک تولید با شرکت های بین المللی برای جذب سرمایه گذاران محتاط
- **درس برای طرح حاضر:** ضرورت طراحی مکانیزم های پوشش ریسک مالی برای جذابیت بیشتر برای سرمایه گذاران خارجی

۵-۲. جمع بندی درس های کلیدی برای طرح پیشنهادی در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره)

- **لزوم طراحی ماژولار و توسعه تدریجی:** به جای احداث همزمان کل ظرفیت ۱,۵۰۰ مگاوات، پیشنهاد می شود طرح در سه فاز ۵۰۰ مگاواتی اجرا شود تا ریسک فنی و مالی کاهش یابد و امکان یادگیری و بهینه سازی در هر فاز فراهم گردد
- **اهمیت یکپارچه سازی سیستم مدیریت انرژی از ابتدا:** سیستم EMS نباید به عنوان افزونه پس از ساخت اضافه شود، بلکه باید از مرحله طراحی پایه، هسته مرکزی کنترل نیروگاه باشد تا قابلیت بهینه سازی ترکیب منابع را داشته باشد

- **ضرورت تنوع بخشی به درآمدها:** تکیه صرف بر فروش برق کافی نیست. ترکیب درآمد حاصل از فروش برق، اعتبارات کربن، و خدمات مشاوره‌ای، پایداری مالی طرح را در برابر نوسانات قیمت برق تضمین می‌کند
- **اهمیت مشارکت ذینفعان محلی:** موفقیت پروژه‌های مشابه نشان داده که درگیر کردن صنایع مستقر از مرحله طراحی، از طریق قراردادهای خرید برق بلندمدت (Corporate PPA)، ریسک بازار را کاهش و پذیرش اجتماعی را افزایش می‌دهد
- **لزوم توجه به محدودیت‌های اقلیمی محلی:** با توجه به گرد و غبار فصلی در استان تهران، طراحی سیستم‌های نظافت خودکار پنل‌ها و فیلتراسیون پیشرفته برای توربین‌های گازی یک ضرورت فنی است، نه یک انتخاب لوکس.
- **اهمیت چارچوب حقوقی شفاف:** پروژه‌های موفق جهانی همگی بر پایه قراردادهای استاندارد بین‌المللی مانند FIDIC برای پیمانکاری و ISDA برای مدیریت ریسک مالی، استوار بوده‌اند. این طرح نیز باید از همان ابتدا با مشاوران حقوقی بین‌المللی طراحی شود.

بخش ششم: موقعیت مکانی طرح با تحلیل چندلایه

۶-۱. تحلیل لایه اول: موقعیت جغرافیایی-استراتژیک

منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) در کیلومتر ۳۰ جاده تهران-قم و در مجاورت فرودگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) واقع شده است. این موقعیت دارای مزایای استراتژیک زیر است:

- **دسترسی به شبکه انتقال برق:** وجود پست ۴۰۰ کیلوولت فرودگاه و خطوط انتقال قدرتمند به شبکه سراسری، هزینه اتصال نیروگاه به شبکه را به حداقل می‌رساند
- **هم‌جواری با مراکز مصرف:** فاصله کمتر از ۵ کیلومتر تا اکثر صنایع مستقر در منطقه، تلفات انتقال را به زیر ۱٪ کاهش می‌دهد
- **دسترسی لجستیکی:** مجاورت با فرودگاه بین‌المللی و آزادراه تهران-قم، حمل و نقل تجهیزات سنگین (مانند توربین‌ها) را تسهیل می‌کند

۶-۲. تحلیل لایه دوم: پتانسیل منابع انرژی تجدیدپذیر

- **پتانسیل خورشیدی:** استان تهران با میانگین تابش سالانه ۱۸۰۰ کیلووات ساعت بر مترمربع و بیش از ۳۰۰ روز آفتابی در سال، از مناطق با پتانسیل خوب خورشیدی ایران است. ضریب ظرفیت مورد انتظار برای بخش خورشیدی این طرح: ۲۸-۲۶٪
- **پتانسیل بادی:** داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی منطقه نشان‌دهنده سرعت متوسط باد ۵.۵-۶.۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۸۰ متری است که برای توربین‌های کلاس IEC IIIA مناسب است. ضریب ظرفیت مورد انتظار بخش بادی: ۳۵-۳۸٪
- **دسترسی به گاز طبیعی:** وجود خط لوله سراسری گاز در فاصله ۲ کیلومتری و امکان اتصال با هزینه پایین، تأمین سوخت بخش گازی را تضمین می‌کند

۳-۶. تحلیل لایه سوم: ملاحظات زیست محیطی و اجتماعی

- **ارزیابی اثرات زیست محیطی (EIA):** با توجه به حساسیت منطقه از نظر آلودگی هوا و نزدیکی به مناطق مسکونی، طراحی نیروگاه باید شامل سیستم های کنترل آلاینده های پیشرفته مانند فیلترهای ESP برای بخش گازی و برنامه پایش مستمر کیفیت هوا باشد
- **مدیریت مصرف آب:** با توجه به تنش آبی استان تهران، استفاده از سیستم های خنک کننده خشک (Dry Cooling) برای بخش گازی و سیستم های نظافت پنبه با مصرف آب بازیافتی الزامی است
- **پذیرش اجتماعی:** اجرای برنامه های مشارکت جامعه محلی از جمله استخدام ترجیحی نیروهای بومی و سرمایه گذاری در پروژه های اجتماعی منطقه، ریسک اعتراضات محلی را کاهش می دهد

۴-۶. تحلیل لایه چهارم: هم افزایی با فعالیت های منطقه ای

- **هم افزایی با شهرک های صنعتی مجاور:** تأمین برق پایدار برای شهرک های صنعتی شمس آباد، چهاردانگه، و عباس آباد که در شعاع ۳۰ کیلومتری قرار دارند، بازار فروش مازاد برق را تضمین می کند
- **هم افزایی با فرودگاه:** امکان استفاده از برق تولیدی برای تأمین نیازهای فرودگاه (که مصرف کننده بزرگ انرژی است) و همچنین فروش خدمات مدیریت انرژی به فرودگاه
- **هم افزایی با مناطق ویژه اقتصادی:** ایجاد شبکه انرژی یکپارچه بین منطقه آزاد، مناطق ویژه اقتصادی استان تهران، و پارک های علم و فناوری، ارزش افزوده کل اکوسیستم را افزایش می دهد

۵-۶. تحلیل لایه پنجم: ریسک های مکانی و راهکارهای کاهش

- **ریسک زلزله:** منطقه در زلزله خیز درجه ۳ قرار دارد. راهکار: طراحی سازه ها مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ایران و استفاده از جداسازهای لرزه ای برای تجهیزات حساس
- **ریسک گرد و غبار:** طوفان های گرد و غبار فصلی می توانند راندمان پنل ها را کاهش دهند. راهکار: نصب سیستم های نظافت خود کار رباتیک و پوشش های ضد گرد و غبار (Anti-Soiling Coating) بر روی پنل ها
- **ریسک محدودیت فضای فیزیکی:** با توجه به تراکم فعالیت ها در منطقه آزاد، راهکار: استفاده از طراحی عمودی (مانند پنل های دوطرفه با نصب روی سازه های موجود) و بهینه سازی چیدمان تجهیزات با نرم افزارهای شبیه سازی سه بعدی

بخش هفتم: پیش نیازها و زیرساخت های لازم طرح با تحلیل جامع

۱-۷. زیرساخت های قانونی و حکمرانی

- **مجوزهای کلیدی مورد نیاز:**

- پروانه احداث نیروگاه از وزارت نیرو (مطابق آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی)
- مجوز زیست‌محیطی از سازمان حفاظت محیط زیست (شامل ارزیابی اثرات و برنامه مدیریت پسماند)
- تأییدیه سازمان مناطق آزاد تجاری-صنعتی برای فعالیت در چارچوب قانون مناطق آزاد
- مجوز اتصال به شبکه از شرکت مدیریت شبکه برق ایران (با رعایت ضوابط کد شبکه)

• چارچوب حکمرانی پیشنهادی:

- ایجاد «کمیته راهبری انرژی سبز منطقه آزاد» متشکل از نمایندگان سازمان منطقه، وزارت نیرو، سازمان محیط زیست، و سرمایه‌گذار برای تصمیم‌گیری سریع و هماهنگ
- تدوین «آیین‌نامه داخلی تأمین انرژی پاک منطقه آزاد» که تعرفه‌های ترجیحی، اولویت‌های اتصال، و مکانیزم‌های حل اختلاف را شفاف سازد
- استقرار سیستم گزارش‌دهی شفاف عملکرد نیروگاه بر بستر بلاکچین برای افزایش اعتماد سرمایه‌گذاران و ذینفعان

۲-۷. زیرساخت‌های مالی و تأمین سرمایه

• ساختار پیشنهادی تأمین مالی:

- ۳۰٪ سرمایه از طریق آورده نقدی سهامداران (ترجیحاً ترکیبی از سرمایه‌گذار ایرانی و خارجی)
- ۵۰٪ از طریق تسهیلات ارزی از صندوق‌های توسعه بین‌المللی (مانند صندوق محیط زیست جهانی یا بانک توسعه اسلامی)
- ۲۰٪ از طریق انتشار اوراق سبز (Green Bonds) در بورس انرژی ایران یا بازارهای بین‌المللی

• مکانیزم‌های کاهش ریسک مالی:

- اخذ تضمین خرید برق (PPA) با شرکت مدیریت شبکه برق ایران برای بخش مازاد تولید
- استفاده از ابزارهای مشتقه ارزی (مانند سوآپ) برای پوشش ریسک نوسانات نرخ ارز
- بیمه ریسک سیاسی و ریسک تولید با شرکت‌های بیمه بین‌المللی معتبر

۳-۷. زیرساخت‌های فیزیکی و زمین

• مساحت مورد نیاز: حدود ۴۵۰ هکتار زمین با تفکیک زیر:

- بخش گازی: ۵۰ هکتار (شامل نیروگاه، پست برق، و تأسیسات جانبی)
- بخش خورشیدی: ۳۵۰ هکتار (با چیدمان بهینه پنل‌ها و فواصل نگهداری)

- بخش بادی: ۵۰ هکتار (با فاصله گذاری مناسب بین توربین ها برای جلوگیری از اثر سایه بادی)

• زیرساخت های دسترسی و حمل و نقل:

- احداث جاده دسترسی اختصاصی با ظرفیت تحمل بارهای فوق سنگین (تا ۲۰۰ تن)
- ایجاد اسکله موقت یا استفاده از ترمینال های موجود فرودگاه برای تخلیه تجهیزات وارداتی
- هماهنگی با پلیس راه برای حمل تجهیزات بزرگ در مسیرهای مجاز

۴-۷. زیرساخت های فنی و تکنولوژیک

• سیستم های کنترل و مانیتورینگ:

- استقرار سیستم SCADA پیشرفته با قابلیت یکپارچه سازی داده های سه بخش تولید
- پیاده سازی پلتفرم مدیریت انرژی (EMS) مبتنی بر هوش مصنوعی برای بهینه سازی بلادرنگ ترکیب منابع
- اتصال به پلتفرم های بین المللی پایش کربن مانند Verra یا Gold Standard ، برای صدور اعتبارات

• زیرساخت های ارتباطی و دیجیتال:

- احداث شبکه فیبر نوری اختصاصی برای انتقال داده های کنترلی با تأخیر کمتر از ۱۰ میلی ثانیه
- استقرار مرکز داده محلی (Edge Data Center) برای پردازش بلادرنگ داده ها و کاهش وابستگی به اینترنت عمومی
- پیاده سازی سیستم سایبر-فیزیکی (CPS) برای یکپارچه سازی دنیای فیزیکی و دیجیتال نیروگاه

۵-۷. نیروی انسانی و دانش فنی

• نیازهای نیروی انسانی در فاز بهره برداری:

- مدیران فنی و عملیاتی: ۲۵ نفر (دارای مدرک کارشناسی ارشد و سابقه در نیروگاه های ترکیبی)
- مهندسان نگهداری و تعمیرات: ۱۲۰ نفر (شامل متخصصین مکانیک، برق، کنترل، و کامپیوتر)
- تکنسین های عملیاتی: ۲۰۰ نفر (با آموزش های تخصصی در زمینه هر فناوری)
- پرسنل پشتیبانی و اداری: ۱۰۵ نفر

• برنامه توسعه توانمندی ها:

- انعقاد تفاهم نامه با دانشگاه های برتر ایران (مانند دانشگاه صنعتی شریف و امیرکبیر) برای ایجاد دوره های تخصصی انرژی های ترکیبی

- اجرای برنامه کارآموزی بین‌المللی با ارسال نیروهای مستعد به پروژه‌های مشابه در خارج از کشور
- ایجاد «مرکز تعالی انرژی‌های ترکیبی» در منطقه آزاد به عنوان مرجع آموزشی و پژوهشی منطقه

۶-۷. زنجیره تأمین و مواد اولیه

• تأمین تجهیزات کلیدی:

- توربین‌های گازی: اولویت با شرکت‌های دارای سابقه در ایران (مانند زیمنس، جنرال الکتریک، یا آنسالدو) با شرط انتقال فناوری و تأمین قطعات یدکی در داخل
- پنل‌های خورشیدی: ترکیبی از واردات پنل‌های با راندمان بالا و توسعه تولید داخلی پنل‌های استاندارد برای بخش‌های کم‌حساسیت
- توربین‌های بادی: انتخاب توربین‌های مناسب برای کلاس باد منطقه (ترجیحاً با برج بلند برای دسترسی به باد با کیفیت بالاتر)

• مدیریت ریسک زنجیره تأمین:

- تنوع‌بخشی به تأمین‌کنندگان هر قطعه کلیدی برای کاهش وابستگی به یک منبع
- ایجاد انبار استراتژیک قطعات یدکی پرمصرف در محل نیروگاه
- انعقاد قراردادهای بلندمدت تأمین با شرط جریمه تأخیر برای تأمین‌کنندگان

۷-۷. ملاحظات محیطی و پایداری

• برنامه مدیریت پسماند و بازیافت:

- طراحی سیستم جمع‌آوری و بازیافت پنل‌های خورشیدی فرسوده در پایان عمر مفید (با توجه به برنامه‌های آینده اتحادیه اروپا در این زمینه)
- مدیریت پسماندهای روغنی و شیمیایی بخش گازی مطابق استاندارد ISO ۱۴۰۰۱
- استفاده از مصالح ساختمانی با محتوای بازیافتی در احداث سازه‌های نیروگاه

• برنامه پایش و گزارش‌دهی زیست‌محیطی:

- نصب ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا، آب، و خاک در اطراف نیروگاه با ارسال بلادرنگ داده‌ها به سازمان محیط زیست
- انتشار سالانه گزارش پایداری (Sustainability Report) مطابق استاندارد GRI برای شفاف‌سازی عملکرد زیست‌محیطی

○ اختصاص ۱٪ از درآمد سالانه به صندوق جبران آثار زیست محیطی منطقه

بخش هشتم: خدمات پیشنهادی قابل ارائه طرح و تشریح آنها

۸-۱. خدمات اصلی تولید و فروش انرژی

۸-۱-۱. **تأمین برق پایدار و باکیفیت برای صنایع مستقر در منطقه آزاد** این طرح متعهد به ارائه خدمات تأمین برق با مشخصات فنی برتر نسبت به شبکه سراسری برای کلیه واحدهای صنعتی، لجستیکی، و خدماتی مستقر در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) می باشد. مشخصات فنی برق ارائه شده شامل: ولتاژ تحویلی ۲۰ کیلوولت با قابلیت تنظیم $\pm 5\%$ ، فرکانس ۵۰ هرتز با نوسان کمتر از $\pm 0.2\%$ ، هرتز، ضریب توان قابل تنظیم بین ۰.۹۵ تا ۰.۹۵ القایی تا خازنی، و سطح هارمونیک کل (THD) کمتر از ۳٪ مطابق استاندارد IEEE ۵۱۹. این سطح از کیفیت برق برای صنایع حساسی مانند مراکز داده، صنایع الکترونیک، داروسازی، و تجهیزات پزشکی که در منطقه آزاد فعالیت می کنند، حیاتی است. مکانیزم تحویل برق از طریق شبکه توزیع اختصاصی ۲۰ کیلوولت با پیکربندی حلقوی (Ring Main) طراحی می شود تا در صورت بروز خطا در یک شاخه، تأمین برق از مسیر جایگزین بدون قطعی ادامه یابد. همچنین، برای مشترکین ویژه، امکان تأمین برق از طریق فیدرهای مجزا با سیستم پشتیبان خودکار (ATS) با زمان سوئیچ کمتر از ۱۰ میلی ثانیه فراهم خواهد شد.

۸-۱-۲. **فروش برق مازاد به شبکه سراسری و بازارهای منطقه ای** پس از تأمین کامل نیاز داخلی منطقه آزاد، مازاد تولید برق (که بر اساس پیش بینی های بار، سالانه حدود ۱۸ میلیارد کیلووات ساعت خواهد بود) از طریق پست ۴۰۰ کیلوولت اختصاصی به شبکه سراسری برق ایران تزریق می گردد. این فروش تحت دو مکانیزم انجام می پذیرد: اول، قرارداد خرید تضمینی برق (PPA) بلندمدت ۲۰ ساله با شرکت مدیریت شبکه برق ایران برای بخش تجدیدپذیر طرح (خورشیدی و بادی) با قیمت های مصوب هیئت تنظیم بازار برق؛ دوم، فروش در بازار عمده فروشی برق (IPEX) برای بخش گازی که امکان بهره برداری از قیمت های اوج بار و افزایش درآمد را فراهم می سازد. علاوه بر این، با توجه به موقعیت استراتژیک منطقه در کریدور ترانزیتی شمال-جنوب، امکان صادرات برق به کشورهای همسایه از طریق خطوط انتقال موجود (مانند خط ۴۰۰ کیلوولت ایران-عراق) در فازهای بعدی توسعه طرح مورد مطالعه قرار خواهد گرفت.

۸-۲. خدمات ارزش افزوده مبتنی بر پایداری و کربن

۸-۲-۱. **تولید و فروش اعتبارات کربن (Carbon Credits)** این طرح با تولید سالانه حدود ۴.۲ میلیارد کیلووات ساعت برق پاک، از انتشار حدود ۲.۸ میلیون تن دی اکسید کربن در سال جلوگیری می کند. این کاهش انتشار تحت مکانیزم های بین المللی زیر قابل تبدیل به اعتبار کربن و فروش در بازارهای جهانی است:

• **مکانیزم توسعه پاک (CDM) سازمان ملل:** ثبت پروژه به عنوان فعالیت کاهش انتشار در چارچوب پروتکل

کیوتو و صدور Certified Emission Reductions (CERs)

- **استاندارد طلایی (Gold Standard):** ثبت پروژه با تمرکز بر اثرات توسعه پایدار و صدور اعتبارات با پرمیوم قیمتی ۱۵-۲۰٪ نسبت به CER های معمولی

- **برنامه کاهش انتشار داوطلبانه (VCS/Verra):** صدور Verified Carbon Units (VCUs) برای فروش در بازارهای داوطلبانه کربن که توسط شرکت های چندملیتی برای تحقق اهداف Net Zero خریداری می شوند. فرآیند صدور اعتبار شامل مراحل زیر است: تدوین سند طراحی پروژه (PDD) مطابق متدولوژی های تأیید شده، اعتبارسنجی توسط نهاد سوم مستقل (DOE)، ثبت در دبیرخانه مکانیزم مربوطه، پایش دوره ای کاهش انتشار توسط سیستم های مانیتورینگ نیروگاه، تأییدیه دوره ای توسط نهاد اعتبارسنج، و نهایتاً صدور و واگذاری اعتبارات در پلتفرم های معاملاتی. درآمد حاصل از این بخش با فرض قیمت متوسط ۲۰ دلار بر تن CO₂، سالانه حدود ۵۶ میلیون دلار درآمد ارزی ایجاد خواهد کرد.

۲-۲-۸. خدمات مشاوره و ممیزی انرژی سبز برای صنایع با بهره گیری از تخصص فنی و داده های بلادرنگ نیروگاه، این طرح خدمات تخصصی زیر را به صنایع مستقر و واحدهای خارج از منطقه ارائه می دهد:

- **ممیزی انرژی و کربن (Energy & Carbon Audit):** بررسی جامع الگوی مصرف انرژی واحدهای صنعتی، شناسایی فرصت های بهینه سازی، و محاسبه ردپای کربنی محصولات بر اساس استاندارد ISO ۱۴۰۶۷
 - **طراحی و پیاده سازی سیستم های مدیریت انرژی (EnMS):** استقرار سیستم مدیریت انرژی مطابق استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ با استفاده از پلتفرم دیجیتال نیروگاه برای پایش بلادرنگ شاخص های عملکرد انرژی (EnPI)
 - **مشاوره اخذ گواهینامه های پایدار:** همراهی صنایع در فرآیند اخذ گواهینامه های بین المللی مانند LEED، BREEAM، یا Carbon Trust Standard که برای صادرات به بازارهای اروپایی ضروری است
 - **خدمات مدیریت تقاضا (Demand Response):** ارائه مکانیزم های انعطاف پذیری مصرف به صنایع در ازای دریافت مشوق های مالی، که به پایداری شبکه و کاهش هزینه های کلی کمک می کند
- این خدمات با مدل درآمدی ترکیبی (حق عضویت سالانه بعلاوه کارمزد بر اساس صرفه جویی محقق شده) ارائه شده و حاشیه سود عملیاتی بالای ۶۰٪ دارند.

۳-۸. خدمات فنی و پشتیبانی تخصصی

۱-۳-۸. مرکز تعمیرات و نگهداری پیشگیرانه (Predictive Maintenance Hub) با توجه به سرمایه گذاری سنگین در تجهیزات پیشرفته توربین های گازی، خورشیدی و بادی، این طرح یک مرکز تخصصی تعمیرات و نگهداری در محل نیروگاه ایجاد می کند که خدمات زیر را ارائه می دهد:

- **پایش وضعیت بلادرنگ (Condition Monitoring):** استفاده از سنسورهای لرزش، دما، و آنالیز روغن برای تشخیص زود هنگام خرابی های بالقوه در توربین ها

• **تعمیرات تخصصی با واقعیت افزوده (AR-Assisted Maintenance)** تجهیز تکنسین ها به عینک های

هوشمند واقعیت افزوده که دستورالعمل های تعمیراتی، نقشه های فنی، و پشتیبانی ویدئویی از متخصصان بین المللی را به صورت
بلادرنگ نمایش می دهد

• **مدیریت هوشمند قطعات یدکی:** استفاده از الگوریتم های پیش بینی مصرف قطعات و سیستم انبارداری خودکار

برای کاهش زمان توقف تجهیزات

این مرکز علاوه بر پشتیبانی از نیروگاه خود، می تواند به عنوان مرکز خدمات منطقه ای برای سایر نیروگاه های تجدیدپذیر در
استان تهران و استان های همجوار فعالیت کند و درآمد خدماتی ایجاد نماید.

۸-۳-۲. مرکز آموزش و انتقال فناوری انرژی های ترکیبی این طرح با تعهد به توسعه سرمایه انسانی، یک مرکز

آموزش تخصصی در محل نیروگاه تأسیس می کند که دوره های زیر را ارائه می دهد:

- دوره های گواهینامه دار بین المللی در زمینه طراحی، نصب، و بهره برداری از نیروگاه های ترکیبی
- کارگاه های تخصصی برای مهندسان ایرانی در زمینه سیستم های مدیریت انرژی هوشمند، تحلیل داده های بزرگ در
نیروگاه ها، و مدیریت ریسک پروژه های انرژی

- برنامه های کارآموزی عملی برای دانشجویان مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری از دانشگاه های برتر ایران

این مرکز نه تنها نیاز نیروی انسانی متخصص طرح را تأمین می کند، بلکه به عنوان منبع درآمد آموزشی و ابزاری برای تقویت
برند فنی منطقه آزاد عمل خواهد نمود.

۸-۴. خدمات دیجیتال و پلتفرم های نوین

۸-۴-۱. پلتفرم تجارت انرژی همتابهمتا (P2P Energy Trading Platform) با بهره گیری از فناوری

بلاکچین و قراردادهای هوشمند، این طرح یک پلتفرم دیجیتال برای تجارت مستقیم برق بین تولیدکنندگان و مصرف کنندگان در
داخل منطقه آزاد ایجاد می کند. در این مدل:

- صنایعی که پنل خورشیدی روی سقف کارخانه خود نصب کرده اند، می توانند مازاد تولید خود را مستقیماً به همسایه
صنعتی خود بفروشند

- قیمت گذاری به صورت بلادرنگ و بر اساس عرضه و تقاضای محلی انجام می شود

- تسویه حساب به صورت خودکار و آنی از طریق توکن های دیجیتال مبتنی بر ارز ریال دیجیتال یا استیبل کوین های

بین المللی صورت می پذیرد

این پلتفرم با کاهش هزینه های واسطه گری و افزایش کارایی بازار محلی انرژی، ارزش افزوده قابل توجهی برای کلیه ذینفعان
منطقه ایجاد می کند.

۸-۴-۲. داشبورد هوشمند پایداری برای صنایع (Sustainability Dashboard) هر واحد صنعتی مستقر در منطقه آزاد به یک داشبورد شخصی سازی شده دسترسی خواهد داشت که شاخص های زیر را به صورت بلادرنگ نمایش می دهد:

- میزان مصرف برق، آب، و سوخت به تفکیک خطوط تولید و شیفت های کاری
- رد پای کربنی محصولات تولید شده بر اساس روش های محاسبه استاندارد
- مقایسه عملکرد پایداری با میانگین صنعت و اهداف تعیین شده
- پیشنهادات هوشمند بهینه سازی مبتنی بر تحلیل داده های تاریخی و هم تایان صنعتی

این داشبورد نه تنها به صنایع در مدیریت بهتر منابع کمک می کند، بلکه گزارش های استاندارد برای ارائه به مشتریان بین المللی و نهادهای نظارتی تولید می نماید.

بخش نهم: جزئیات دقیق و عمیق فنی، عمرانی و منابع مورد نیاز طرح

۹-۱. جزئیات فنی بخش گاز طبیعی (سیکل ترکیبی ۸۰۰ مگاوات)

۹-۱-۱. مشخصات توربین های گازی

- **تعداد و ظرفیت:** ۴ واحد توربین گازی کلاس F با ظرفیت نامی ۱۵۰ مگاوات هر واحد (مجموع ۶۰۰ مگاوات در حالت ساده)

- **فناوری:** کمپرسور محوری ۱۷ مرحله ای با نسبت فشار ۱۸:۱، محفظه احتراق خشک کم آلاینده (Dry Low NOx Combustor)، و توربین سه مرحله ای با پره های تک کریستال خنک شونده داخلی

- **راندمان:** راندمان الکتریکی خالص ۳۹.۵٪ در حالت ساده و ۶۳٪ در حالت سیکل ترکیبی (با بازیافت حرارت)
- **سوخت:** گاز طبیعی با مشخصات استاندارد ملی ایران (ارزش حرارتی پایین ۹۵۰۰ کیلوکالری بر مترمکعب، فشار تحویل ۴۰-۶۰ بار)

- **آلاینده گی:** انتشار اکسیدهای نیتروژن (NOx) کمتر از ۲۵ ppm در شرایط بار پایه، انتشار مونوکسید کربن کمتر از ۱۰ ppm، و حذف کامل ذرات معلق با فیلترهای الکترواستاتیک

۹-۱-۲. سیستم بازیاب حرارت و توربین بخار

- **بویلرهای بازیاب حرارت (HRSG):** ۴ واحد HRSG سه فشاره با سوپر هیت، ری هیت، و اکونومایزر، طراحی شده برای بازیافت حرارت از گازهای خروجی توربین گازی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد
- **توربین های بخار:** ۲ واحد توربین بخار با ظرفیت ۱۰۰ مگاوات هر واحد، طراحی کندانسور با خلأ ۰.۰۵ بار، و سیستم تغذیه آب با پمپ های با راندمان بالای ۸۵٪

- **سیستم خنک کننده:** استفاده از کولینگ تاورهای مدار بسته با سیستم خشک-تر ترکیبی (Hybrid Wet-Dry Cooling) برای کاهش مصرف آب تا ۷۰٪ نسبت به سیستم‌های متعارف، با توجه به محدودیت منابع آبی استان تهران

۹-۱-۳. سیستم‌های کنترل و ایمنی

- **سیستم کنترل توزیع شده (DCS)** پیاده‌سازی سیستم کنترل مبتنی بر پروتکل OPC UA با قابلیت یکپارچه‌سازی با سیستم‌های مدیریت انرژی و پایش کربن
- **سیستم توقف اضطراری (ESD)** طراحی لایه‌ای با سه سطح حفاظت (فرآیندی، ایمنی، و فاجعه) مطابق استاندارد IEC 61511 برای تضمین ایمنی در شرایط غیرعادی
- **سیستم اطفای حریق:** نصب سیستم‌های اطفای حریق گازی (FM-۲۰۰) برای اتاق‌های کنترل و تجهیزات الکتریکی، و سیستم‌های فوم برای مخازن سوخت

۹-۲. جزئیات فنی بخش خورشیدی (۵۰۰ مگاوات فتوولتائیک)

۹-۲-۱. پنل‌های خورشیدی و سیستم نصب

- **فناوری پنل:** پنل‌های مونوکریستالین PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) با راندمان تبدیل ۲۲.۵٪، توان نامی ۴۰۰ وات، و ضریب دمایی توان -۰.۳۵٪ بر درجه سانتی‌گراد
- **تعداد و چیدمان:** ۱,۲۵۰,۰۰۰ پنل در آرایه‌های ۲۰×۱۰ با فاصله ردیف‌ها ۸ متر برای جلوگیری از سایه‌اندازی، چیدمان بهینه شده با نرم‌افزار PVsyst برای حداکثرسازی تولید سالانه
- **سیستم ردیاب خورشیدی:** سازه‌های نصب تک‌محوره (Single-Axis Tracker) با زاویه چرخش $\pm 45^\circ$ درجه که تولید سالانه را نسبت به سیستم ثابت ۲۵٪ افزایش می‌دهد
- **پوشش محافظ:** استفاده از شیشه‌های با پوشش ضد بازتاب (Anti-Reflective Coating) و لایه ضد گرد و غبار (Anti-Soiling) برای کاهش تلفات ناشی از آلودگی در محیط نیمه‌خشک تهران

۹-۲-۲. اینورترها و سیستم‌های الکتریکی

- **اینورترهای مرکزی:** ۱۲۵ واحد اینورتر ۴ مگاواتی با راندمان اروپایی ۹۸.۵٪، قابلیت تزریق توان راکتیو برای پشتیبانی ولتاژ شبکه، و حفاظت‌های کامل در برابر خطاهای اتصال کوتاه و جزیره‌ای شدن
- **ترانسفورماتورهای افزایشنده:** ترانسفورماتورهای خشک ۲۰/۴ کیلوولت با عایق‌بندی کلاس H و سیستم خنک‌کننده طبیعی برای کاهش ریسک آتش‌سوزی
- **سیستم زمین‌سازی و صاعقه‌گیر:** طراحی شبکه زمین‌سازی با مقاومت کمتر از ۱ اهم و سیستم صاعقه‌گیر فعال (Early Streamer Emission) برای حفاظت از تجهیزات در برابر صاعقه‌های متناوب منطقه

۹-۲-۳. سیستم نظافت و نگهداری

- **ربات‌های نظافت خودکار:** استفاده از ربات‌های نظافت پنل با سیستم چرخشی و پاشش آب با فشار پایین (۲ بار) که هر پنل را هر ۱۰ روز یکبار نظافت می‌کنند
- **منبع آب نظافت:** تأمین آب مورد نیاز از پساب تصفیه‌شده منطقه آزاد با سیستم تصفیه ثانویه برای حذف املاح معلق که می‌توانند روی پنل رسوب کنند
- **سیستم پایش عملکرد:** نصب سنسورهای تابش‌سنج (Pyranometer) و دماسنج در نقاط نماینده مزرعه خورشیدی برای کالیبراسیون مدل‌های پیش‌بینی تولید

۹-۳-۳. جزئیات فنی بخش بادی (۲۰۰ مگاوات)

۹-۳-۱. توربین‌های بادی و مشخصات فنی

- **مدل توربین:** توربین‌های بادی محور افقی کلاس IEC IIIA با ظرفیت ۵ مگاوات، قطر روتور ۱۵۵ متر، و ارتفاع هاب ۱۲۰ متر
- **فناوری ژنراتور:** ژنراتور القایی دوسرعت با مبدل فرکانس کامل (Full-Scale Converter) برای بهره‌برداری در محدوده سرعت باد ۳-۲۵ متر بر ثانیه و تزریق برق با کیفیت شبکه
- **سیستم کنترل پره:** پره‌های کامپوزیتی با سیستم پیتچ فعال (Active Pitch Control) برای بهینه‌سازی زاویه حمله در سرعت‌های مختلف باد و کاهش بارهای مکانیکی در طوفان‌ها
- **سیستم یخ‌زدایی:** نصب سیستم‌های گرمایشی الکتریکی در لبه پیشرو پره‌ها برای جلوگیری از تشکیل یخ در ماه‌های سرد که می‌تواند راندمان را کاهش و ریسک پرتاب یخ را افزایش دهد

۹-۳-۲. مطالعات باد و چیدمان بهینه

- **برنامه اندازه‌گیری باد:** نصب ۵ دکل اندازه‌گیری باد با ارتفاع ۱۰۰ متر مجهز به انومتر و وین‌وین برای جمع‌آوری داده‌های یک‌ساله قبل از نصب نهایی توربین‌ها
- **مدل‌سازی میکرو سایت:** استفاده از نرم‌افزار WAsP یا OpenWind برای مدل‌سازی اثرات توپوگرافی، زبری سطح، و تداخل سایه بادی بین توربین‌ها و بهینه‌سازی چیدمان برای حداکثرسازی تولید کل مزرعه
- **فاصله‌گذاری توربین‌ها:** فاصله حداقل ۵ قطر روتور در جهت غالب باد و ۳ قطر روتور در جهت عمود برای کاهش اثرات تداخلی و خستگی سازه‌ای

۹-۳-۳. زیرساخت‌های دسترسی و نصب

- **جاده‌های دسترسی:** احداث جاده‌های خاکی با عرض ۶ متر و شیب حداکثر ۱۲٪ برای دسترسی جرثقیل‌های سنگین (با ظرفیت ۱۰۰۰ تن) به پایه هر توربین

- **فونداسیون توربین‌ها:** طراحی فونداسیون‌های بتنی مسلح به ابعاد $3 \times 20 \times 20$ متر با آرماتوربندی ویژه برای تحمل بارهای دینامیکی و گشتاورهای خمشی ناشی از باد

- **سیستم جمع‌آوری برق:** کابل‌های فشار متوسط ۳۳ کیلوولت زیرزمینی برای اتصال هر توربین به پست جمع‌آوری، با عایق‌بندی مقاوم در برابر رطوبت و مواد شیمیایی خاک

۹-۴. سیستم ذخیره‌سازی انرژی و مدیریت هوشمند

۹-۴-۱. سیستم باتری لیتیوم-یون (BESS)

- **فناوری باتری:** سلول‌های لیتیوم-آهن-فسفات (LFP) با چگالی انرژی ۱۶۰ وات-ساعت بر کیلوگرم، عمر چرخه ۶۰۰۰ سیکل در عمق تخلیه ۸۰٪، و ضریب ایمنی بالا در برابر فرار حرارتی

- **پیکربندی:** ۲۰۰ مگاوات-ساعت ظرفیت انرژی با توان خروجی ۱۰۰ مگاوات، پیکربندی ماژولار در کانتینرهای استاندارد ۲۰ فوتی برای سهولت نصب و توسعه

- **سیستم مدیریت باتری (BMS):** سیستم مدیریت سلول‌به‌سلول با قابلیت بالانسینگ فعال، پایش دما در سه نقطه هر ماژول، و الگوریتم‌های پیش‌بینی عمر باقیمانده (RUL)

- **سیستم خنک‌کننده:** خنک‌کنندگی مایع با مبرد غیرقابل اشتعال و سیستم بازیافت حرارت برای گرمایش فضاها در اداری در فصول سرد

۹-۴-۲. سیستم مدیریت انرژی هوشمند (AI-EMS)

- **معماری سیستم:** پلتفرم مبتنی بر میکروسرویس‌ها با قابلیت استقرار ابری-لبه‌ای (Cloud-Edge) برای پردازش بلادرنگ و ذخیره‌سازی تاریخی داده‌ها

- **الگوریتم‌های بهینه‌سازی:** استفاده از یادگیری تقویتی عمیق (Deep Reinforcement Learning) برای تصمیم‌گیری بلادرنگ درباره ترکیب بهینه منابع تولید، شارژ/دشارژ باتری، و مشارکت در بازار برق

- **مدل‌های پیش‌بینی:** ترکیب مدل‌های فیزیکی هواشناسی با شبکه‌های عصبی بازگشتی (LSTM) برای پیش‌بینی تولید خورشیدی و بادی با افق ۷۲ ساعته و دقت بالای ۹۵٪

- **رابط کاربری:** داشبورد تعاملی با قابلیت نمایش سه‌بعدی وضعیت نیروگاه، شبیه‌سازی سناریوهای عملیاتی، و گزارش‌دهی خودکار به ذینفعان

۹-۵. منابع انسانی و برنامه توسعه توانمندی

۹-۵-۱. ساختار سازمانی نیروی انسانی در فاز بهره‌برداری

- **مدیریت ارشد:** مدیر عامل، مدیر فنی، مدیر عملیات، مدیر مالی، و مدیر پایداری (هر کدام با حداقل ۱۵ سال سابقه در صنعت انرژی)

• واحدهای فنی:

- واحد بهره‌برداری گازی: ۴۵ نفر (شامل اپراتورهای کنترل، تکنسین‌های مکانیک و ابزار دقیق)
- واحد بهره‌برداری تجدیدپذیر: ۶۰ نفر (متخصصین خورشیدی و بادی با گواهینامه‌های بین‌المللی)
- واحد نگهداری و تعمیرات: ۸۰ نفر (شامل تیم‌های تخصصی الکتریکال، مکانیکال، و کنترل)
- واحد مدیریت انرژی و داده: ۳۵ نفر (مهندسان داده، متخصصین هوش مصنوعی، و تحلیلگران بازار برق)

• واحدهای پشتیبانی:

- واحد بهداشت، ایمنی و محیط زیست (HSE): ۲۰ نفر با مسئولیت پایش مستمر شاخص‌های ایمنی و زیست‌محیطی
- واحد آموزش و توسعه: ۱۵ نفر برای اجرای برنامه‌های آموزش مستمر و ارتقای مهارت‌های پرسنل
- واحد اداری و مالی: ۳۰ نفر برای مدیریت قراردادهای، حسابداری پروژه، و روابط با سرمایه‌گذاران

۹-۵-۲. برنامه جذب و توسعه نیروی انسانی

- **جذب نخبگان داخلی:** همکاری با سازمان ملی نخبگان و دانشگاه‌های برتر برای شناسایی و جذب استعدادها برتر در رشته‌های مهندسی برق، مکانیک، و کامپیوتر
- **برنامه کارآموزی بین‌المللی:** اعزام سالانه ۲۰ نفر از پرسنل مستعد به دوره‌های کارآموزی ۶ ماهه در نیروگاه‌های مشابه در اروپا یا آسیای شرقی
- **سیستم انگیزشی مبتنی بر شایستگی:** طراحی ساختار حقوق و پاداش که ۳۰٪ از درآمد متغیر پرسنل به شاخص‌های عملکردی مانند در دسترس بودن تجهیزات، ایمنی، و نوآوری گره خورده باشد
- **برنامه تعادل جنسیتی:** هدف‌گذاری برای رسیدن به سهم ۲۵٪ نیروی انسانی زن در پست‌های فنی و مدیریتی تا پایان سال پنجم بهره‌برداری

۹-۶. زنجیره تأمین و مدیریت ریسک تدارکات

۹-۶-۱. استراتژی تأمین تجهیزات کلیدی

- **توربین‌های گازی:** انعقاد قرارداد بلندمدت با دو تأمین‌کننده معتبر بین‌المللی (مانند Siemens Energy و Ansaldo Energia) با شرط انتقال فناوری مونتاژ نهایی و ساخت ۴۰٪ قطعات در ایران طی ۵ سال
- **پنل‌های خورشیدی:** ترکیب استراتژیک ۶۰٪ واردات پنل‌های با راندمان بالا از تولیدکنندگان تراز اول جهانی مانند Longi یا Jinko و ۴۰٪ تأمین از تولیدکنندگان داخلی دارای گواهینامه‌های بین‌المللی برای بخش‌های کم‌حساسیت
- **توربین‌های بادی:** انتخاب توربین‌های مناسب برای کلاس باد منطقه از میان تأمین‌کنندگانی که مرکز خدمات پس از فروش در خاورمیانه دارند مانند Vestas یا Goldwind

۹-۶-۲. مدیریت ریسک زنجیره تأمین

- **تنوع بخشی جغرافیایی:** عدم وابستگی به یک کشور یا منطقه برای تأمین قطعات استراتژیک؛ به عنوان مثال، تأمین اینورترها از هر دو منبع اروپایی و آسیایی
- **انبار استراتژیک:** ایجاد انبار مرکزی با ظرفیت نگهداری قطعات یدکی پرمصرف به ارزش ۱۵ میلیون یورو برای کاهش زمان توقف در صورت بروز اختلال در زنجیره تأمین
- **قراردادهای هوشمند تأمین:** استفاده از قراردادهای EPC با شروط جریمه تأخیر (Liquidated Damages) معادل ۰.۵٪ از ارزش قرارداد به ازای هر هفته تأخیر، و پاداش تحویل زودهنگام
- **پایش بلادریم زنجیره تأمین:** استقرار پلتفرم دیجیتال برای ردیابی لحظه‌ای وضعیت تولید، حمل و نقل، و ترخیص گمرکی تجهیزات کلیدی

۹-۷. ملاحظات عمرانی و زیرساخت‌های فیزیکی

۹-۷-۱. عملیات خاکی و آماده‌سازی سایت

- **مطالعات ژئوتکنیک:** انجام آزمایش‌های نفوذ استاندارد (SPT) و نمونه‌برداری از خاک در ۵۰ نقطه سایت برای تعیین ظرفیت باربری و طراحی فونداسیون‌ها
- **عملیات تسطیح:** تسطیح سایت با شیب‌بندی مناسب برای هدایت آب‌های سطحی و جلوگیری از آب‌گرفتگی، با حفظ پوشش گیاهی موجود در حد امکان
- **سیستم زهکشی:** احداث شبکه زهکشی سطحی و زیرسطحی با لوله‌های پلی‌اتیلن موج‌دار برای کنترل سطح آب زیرزمینی و حفاظت از فونداسیون‌ها

۹-۷-۲. سازه‌های بتنی و فلزی

- **فونداسیون توربین‌های گازی:** فونداسیون‌های بتنی مسلح با ضخامت ۳ متر و بتن با مقاومت فشاری ۴۰ مگاپاسکال، مجهز به سیستم جداساز لرزه‌ای برای کاهش انتقال ارتعاشات به خاک
- **سازه‌های نگهدارنده پنل‌ها:** سازه‌های گالوانیزه گرم با پوشش اضافی اپوکسی برای مقاومت در برابر خوردگی در محیط نیمه‌خشک، طراحی شده برای تحمل بار باد ۱۵۰ کیلومتر بر ساعت
- **برج‌های توربین‌های بادی:** برج‌های فولادی مخروطی با ضخامت متغیر ۲۰-۴۰ میلی‌متر، جوشکاری شده با روش Submerged Arc Welding و بازرسی غیرمخرب ۱۰۰٪ جوش‌های اصلی

۹-۷-۳. زیرساخت‌های الکتریکی و ارتباطی

- **پست برق اصلی:** احداث پست ۲۰/۴۰۰ کیلوولت با دو ترانسفورماتور ۲۵۰ مگاواولت آمپر، کلیدهای گازی SF₆، و سیستم‌های حفاظتی دیجیتال با قابلیت ارتباط IEC ۶۱۸۵۰

- **شبکه توزیع داخلی:** شبکه حلقوی ۲۰ کیلوولت با کابل‌های زیرزمینی عایق‌شده XLPE برای کاهش ریسک خطا و افزایش قابلیت اطمینان تأمین برق صنایع
- **شبکه ارتباطی فیبر نوری:** احداث شبکه فیبر نوری اختصاصی با ظرفیت ۱۰ گیگابیت بر ثانیه برای انتقال داده‌های کنترلی، مانیتورینگ، و ارتباطات اداری با تأخیر کمتر از ۵ میلی ثانیه

بخش دهم: استانداردهای الزامی و اختیاری

۱-۱۰. استانداردهای الزامی بین‌المللی و ملی

۱-۱-۱۰. استانداردهای طراحی و مهندسی

• استانداردهای نیروگاه گازی:

- توربین‌های گازی برای صنایع نفت، پتروشیمی و تولید برق: API ۶۱۱۶
- کد آزمون عملکرد توربین‌های گازی: ASME PTC ۲۲
- توربین‌های گازی - خرید: ISO ۳۹۷۷

• استانداردهای نیروگاه خورشیدی:

- الزامات کیفیتی برای مدول‌های فتوولتائیک کریستالی: IEC ۶۱۲۱۵
- الزامات ایمنی مدول‌های فتوولتائیک: IEC ۶۱۷۳۰
- استاندارد اتصال منابع تولید پراکنده به شبکه برق: IEEE ۱۵۴۷

• استانداردهای نیروگاه بادی:

- سری: توربین‌های بادی (شامل بخش‌های طراحی، آزمون، ایمنی، و پایش وضعیت): IEC ۶۱۴۰۰
- الزامات بارگذاری و ایمنی برای توربین‌های بادی خشکی: DNVGL-ST-۰۴۳۷

• استانداردهای سیستم ذخیره‌سازی:

- ایمنی باتری‌های لیتیوم-یون برای کاربردهای صنعتی: IEC ۶۲۶۱۹
- استاندارد ایمنی سیستم‌های ذخیره‌سازی انرژی: UL ۹۵۴۰

۱۰-۱-۲. استانداردهای ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)

• ایمنی فرآیند:

- سیستم‌های ابزاری ایمنی برای صنعت فرآیند: IEC ۶۱۵۱۱
- عملیات تولید، انتقال و توزیع برق: OSHA ۱۹۱۰, ۲۶۹

• محیط زیست:

- سیستم‌های مدیریت محیط زیست: ISO ۱۴۰۰۱
- اندازه‌گیری و گزارش‌دهی گازهای گلخانه‌ای: ISO ۱۴۰۶۴
- دستورالعمل‌های بانک جهانی برای ارزیابی اثرات زیست‌محیطی پروژه‌های انرژی

• بهداشت و ایمنی شغلی:

- سیستم‌های مدیریت ایمنی و بهداشت شغلی: ISO ۴۵۰۰۱

○ استاندارد ملی ایران ۱۶۷۶۷: الزامات عمومی ایمنی در نیروگاه‌ها

۱۰-۱-۳. استانداردهای کیفیت برق و اتصال به شبکه

• کیفیت توان:

- توصیه‌های عملی برای کنترل هارمونیک در سیستم‌های قدرت: IEEE ۵۱۹
- روش‌های آزمون و اندازه‌گیری برای پایش کیفیت توان: IEC ۶۱۰۰۰-۴-۳۰

• اتصال به شبکه:

- کد شبکه ایران (مصوب وزارت نیرو): الزامات فنی اتصال نیروگاه‌ها به شبکه انتقال و توزیع
- الزامات اتصال تولیدکنندگان به شبکه توزیع در اروپا (به‌عنوان مرجع تکمیلی): EN ۵۰۵۴۹

۱۰-۲. استانداردهای اختیاری و بهترین روش‌های صنعتی

۱۰-۲-۱. استانداردهای پایداری و مسئولیت اجتماعی

• گزارش‌دهی پایداری:

- جامع‌ترین چارچوب گزارش‌دهی پایداری برای شفاف‌سازی: GRI Standards (Global Reporting Initiative): عملکرد اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی

- استانداردهای حسابداری پایداری (SASB Standards (Sustainability Accounting Standards Board): مختص صنعت برق و انرژی‌های تجدیدپذیر

• مدیریت کربن:

- ردپای کربن محصولات - اصول و الزامات: ISO ۱۴۰۶۷
- GHG Protocol: پروتکل بین‌المللی محاسبه و گزارش‌دهی گازهای گلخانه‌ای

• مسئولیت اجتماعی:

- راهنمای مسئولیت اجتماعی سازمان‌ها: ISO ۲۶۰۰۰
- اصول سرمایه‌گذاری مسئولانه (PRI) سازمان ملل برای جذب سرمایه‌گذاران نهادی

۱۰-۲-۲. استانداردهای دیجیتال و هوشمندسازی

• اینترنت اشیاء صنعتی (IIoT)

- یکپارچه‌سازی سیستم‌های کنترل و سازمانی: ISA-۹۵
- OPC UA: پروتکل ارتباطی امن و پلتفرم مستقل برای تبادل داده‌های صنعتی

• امنیت سایبری:

- امنیت سایبری برای سیستم‌های کنترل صنعتی و اتوماسیون: IEC ۶۲۴۴۳
- NIST Cybersecurity Framework: چارچوب ملی استاندارد فناوری آمریکا برای مدیریت ریسک سایبری

• هوش مصنوعی و تحلیل داده:

- سری: استانداردهای اخلاقی برای سیستم‌های هوشمند خودمختار: IEEE ۷۰۰۰
- CRISP-DM: روش‌شناسی استاندارد برای پروژه‌های داده‌کاوی و یادگیری ماشین

۱۰-۲-۳. استانداردهای مدیریت پروژه و کیفیت

• مدیریت پروژه:

- PMBOK Guide (ویرایش هفتم): راهنمای بدنه دانش مدیریت پروژه
- راهنمای مدیریت پروژه: ISO ۲۱۵۰۰

• مدیریت کیفیت:

○ سیستم‌های مدیریت کیفیت: ISO ۹۰۰۱

○ Six Sigma: کاهش تغییرپذیری و بهبود فرآیندها برای دستیابی به سطح کیفیت ۳.۴ نقص در هر میلیون فرصت

• مدیریت دارایی‌های فیزیکی:

○ سیستم‌های مدیریت دارایی - الزامات و راهنما برای بهینه‌سازی چرخه عمر تجهیزات: ISO ۵۵۰۰۰

۱۰-۳. مکانیزم‌های انطباق و گواهینامه‌ها

۱۰-۳-۱. فرآیند اخذ گواهینامه‌های کلیدی

• **گواهینامه ISO ترکیبی:** اجرای ممیزی داخلی سالانه و ممیزی خارجی هر سه سال یکبار توسط نهادهای معتبر

بین‌المللی برای حفظ گواهینامه‌های ISO ۹۰۰۱، ۱۴۰۰۱، و ۴۵۰۰۱

• **گواهینامه‌های سبز محصول:** اخذ برچسب‌های بین‌المللی از سازمان‌های معتبر برای افزایش ارزش برند برق تولیدی

در بازارهای صادراتی

• **ثبت در پلتفرم‌های کربن:** تکمیل فرآیند ثبت پروژه در مکانیزم‌های CDM، Gold Standard، یا Verra با

همکاری مشاوران بین‌المللی متخصص برای تسریع در صدور اعتبارات کربن

۱۰-۳-۲. سیستم پایش و گزارش‌دهی انطباق

• **داشبورد انطباق بلادرنگ:** توسعه ماژول اختصاصی در سیستم مدیریت انرژی برای پایش لحظه‌ای شاخص‌های

کلیدی انطباق با استانداردها (مانند سطح آلایندگی، کیفیت برق، و شاخص‌های ایمنی)

• **گزارش‌دهی خودکار:** تنظیم سیستم برای تولید خودکار گزارش‌های ماهانه و سالانه انطباق با فرمت‌های مورد نیاز

نهادهای نظارتی داخلی (وزارت نیرو، سازمان محیط زیست) و بین‌المللی (مکانیزم‌های کربن)

• **برنامه بهبود مستمر:** استقرار چرخه PDCA (Plan-Do-Check-Act) برای بازنگری دوره‌ای عملکرد انطباق و

شناسایی فرصت‌های ارتقای استانداردها

بخش یازدهم: ساختار تفصیلی سرمایه، هزینه‌های عملیاتی و شاخص‌های مالی

۱۱-۱. ساختار تفصیلی حجم سرمایه‌گذاری (۱.۵ میلیارد یورو)

۱۱-۱-۱. سرمایه‌گذاری ثابت (Fixed Capital Investment) ۱,۳۸۰ میلیون یورو (۹۲٪ کل)

الف) هزینه‌های مهندسی، تأمین و ساخت - (EPC) ۱,۱۵۰ میلیون یورو

• بخش گازی (۸۰۰ مگاوات): ۷۲۰ میلیون یورو

- توربین‌های گازی و تجهیزات مرتبط: ۴۸۰ میلیون یورو
 - بویلرهای بازیاب حرارت و توربین بخار: ۱۶۰ میلیون یورو
 - سیستم‌های کنترل، الکتریکال و ابزار دقیق: ۵۰ میلیون یورو
 - سازه‌های بتنی، فونداسیون و نصب مکانیکی: ۳۰ میلیون یورو
 - بخش خورشیدی (۵۰۰ مگاوات): ۴۵۰ میلیون یورو
 - پنل‌های خورشیدی و سازه‌های نصب: ۳۲۰ میلیون یورو
 - اینورترها، ترانسفورماتورها و سیستم‌های الکتریکی: ۹۰ میلیون یورو
 - سیستم‌های نظافت خودکار و پایش: ۲۵ میلیون یورو
 - عملیات خاکی، نصب و راه‌اندازی: ۱۵ میلیون یورو
 - بخش بادی (۲۰۰ مگاوات): ۲۴۰ میلیون یورو
 - توربین‌های بادی کامل (پره، ناسل، برج): ۱۹۰ میلیون یورو
 - سیستم‌های الکتریکی و کنترل توربین‌ها: ۳۰ میلیون یورو
 - فونداسیون، جاده‌های دسترسی و نصب: ۲۰ میلیون یورو
 - سیستم ذخیره‌سازی و مدیریت هوشمند: ۹۰ میلیون یورو
 - باتری‌های لیتیوم-یون و سیستم مدیریت باتری: ۶۵ میلیون یورو
 - سیستم مدیریت انرژی هوشمند و پلتفرم دیجیتال: ۲۰ میلیون یورو
 - یکپارچه‌سازی و تست سیستم: ۵ میلیون یورو
- ب) هزینه‌های زمین و آماده‌سازی سایت - ۸۰ میلیون یورو
- اخذ حق بهره‌برداری از ۴۵۰ هکتار زمین در منطقه آزاد: ۴۵ میلیون یورو (بر اساس نرخ ترجیحی مناطق آزاد)
 - عملیات خاکی، تسطیح، و زهکشی سایت: ۲۰ میلیون یورو
 - احداث جاده‌های دسترسی داخلی و زیرساخت‌های موقت ساخت: ۱۵ میلیون یورو
- ج) هزینه‌های مهندسی، نظارت و مدیریت پروژه - ۱۰۰ میلیون یورو
- مطالعات امکان‌سنجی تفصیلی و طراحی مهندسی پایه (FEED): ۳۰ میلیون یورو
 - طراحی تفصیلی، نقشه‌های اجرایی و مدیریت مهندسی: ۴۰ میلیون یورو

- نظارت عالیه بر اجرا، کنترل کیفیت و مدیریت ریسک پروژه: ۳۰ میلیون یورو
- (د) هزینه‌های پیش‌بینی نشده (Contingency) ۵۰ میلیون یورو
- ذخیره استراتژیک معادل ۴.۳٪ از هزینه‌های EPC برای پوشش ریسک‌های ناشناخته فنی، نوسانات قیمت تجهیزات، و تأخیرهای غیرمترقبه

۱۱-۱-۲. سرمایه در گردش اولیه و هزینه‌های پیش از بهره‌برداری - ۱۲۰ میلیون یورو (۸٪ کل)

- هزینه‌های اخذ مجوزها، مطالعات زیست‌محیطی و حقوقی: ۲۵ میلیون یورو
- هزینه‌های جذب و آموزش نیروی انسانی کلیدی پیش از بهره‌برداری: ۳۰ میلیون یورو
- سرمایه در گردش برای خرید سوخت اولیه، قطعات یدکی استراتژیک و هزینه‌های عملیاتی ۶ ماه اول: ۴۵ میلیون یورو
- هزینه‌های بازاریابی، انعقاد قراردادهای خرید برق و راه‌اندازی پلتفرم‌های دیجیتال: ۲۰ میلیون یورو

۱۱-۲. ساختار تفصیلی هزینه‌های عملیاتی سالانه (پس از بهره‌برداری کامل)

۱۱-۲-۱. هزینه‌های متغیر عملیاتی - ۸۵ میلیون یورو در سال

- سوخت گاز طبیعی برای بخش گازی: ۶۰ میلیون یورو
 - مصرف سالانه گاز: حدود ۱.۲ میلیارد مترمکعب (با فرض راندمان ۶۳٪ و ارزش حرارتی گاز)
 - قیمت گاز تحویلی در منطقه آزاد: ۰.۰۵ یورو بر مترمکعب (نرخ ترجیحی مناطق آزاد)
- هزینه‌های تعمیرات و نگهداری متغیر: ۱۵ میلیون یورو
 - قطعات مصرفی توربین‌های گازی (فیلترها، نازل‌ها، مواد شیمیایی): ۸ میلیون یورو
 - خدمات نظافت پتل‌های خورشیدی و تعمیرات جزئی توربین‌های بادی: ۴ میلیون یورو
 - هزینه‌های کالیبراسیون، آزمون‌های دوره‌ای و سرویس‌های برنامه‌ریزی شده: ۳ میلیون یورو

• هزینه‌های نیروی انسانی عملیاتی: ۱۰ میلیون یورو

- حقوق و مزایای ۴۵۰ نفر پرسنل مستقیم بهره‌برداری و تعمیرات
- هزینه‌های آموزش مستمر، بیمه‌های تکمیلی و برنامه‌های انگیزشی

۱۱-۲-۲. هزینه‌های ثابت عملیاتی - ۳۵ میلیون یورو در سال

- هزینه‌های اداری و مدیریت: ۱۲ میلیون یورو
 - حقوق مدیریت ارشد، هزینه‌های دفتری، سیستم‌های فناوری اطلاعات و ارتباطات

• بیمه‌ها و تضمین‌ها: ۸ میلیون یورو

○ بیمه تمام‌خطر تجهیزات، بیمه مسئولیت مدنی، و هزینه‌های تضمین عملکرد برای تأمین‌کنندگان

• هزینه‌های نظارتی و گواهی‌نامه‌ها: ۵ میلیون یورو

○ هزینه‌های ممیزی استانداردها، ثبت در پلتفرم‌های کربن، و گزارش‌دهی به نهادهای نظارتی

• ذخیره استهلاک و نوسازی: ۱۰ میلیون یورو

○ اندوخته سالانه برای جایگزینی تجهیزات فرسوده و به‌روزرسانی فناوری در طول دوره بهره‌برداری

۱۱-۲-۳. کل هزینه‌های عملیاتی سالانه: ۱۲۰ میلیون یورو

۱۱-۳. پیش‌بینی درآمدها و شاخص‌های کلیدی تحلیل مالی

۱۱-۳-۱. پیش‌بینی درآمدهای سالانه در سال بهره‌برداری کامل

الف) درآمد از فروش برق به صنایع منطقه آزاد - ۱۸۹ میلیون یورو

- مصرف پیش‌بینی شده صنایع منطقه: ۲.۴ میلیارد کیلووات‌ساعت در سال
- تعرفه فروش ترجیحی: ۴.۵ سنت یورو بر کیلووات‌ساعت (۳۰٪ پایین‌تر از تعرفه صنعتی سراسری)
- محاسبه: $2,400,000,000 \text{ kWh} \times 0.045 \text{ €/kWh} = 108 \text{ million €}$ ۱۰۸ میلیون یورو

توضیح: رقم ۱۸۹ میلیون یورو شامل فروش برق پایه به همراه حق اشتراک خدمات مدیریت انرژی و پایداری است که به صورت بسته‌ای ارائه می‌شود

ب) درآمد از فروش برق مازاد به شبکه سراسری - ۹۳.۶ میلیون یورو

- مازاد تولید قابل فروش: ۱۸ میلیارد کیلووات‌ساعت در سال
- قیمت متوسط فروش (ترکیب قیمت تضمینی تجدیدپذیرها و قیمت بازار برای بخش گازی): ۵.۲ سنت یورو بر کیلووات‌ساعت

• محاسبه: $1,800,000,000 \text{ kWh} \times 0.052 \text{ €/kWh} = 93.6 \text{ million €}$ ۹۳.۶ میلیون یورو

ج) درآمد از فروش اعتبارات کربن - ۵۶ میلیون یورو

- کاهش انتشار سالانه: ۲.۸ میلیون تن CO₂ معادل
- قیمت متوسط فروش اعتبارات در بازارهای ترکیبی (ترکیب بازارهای الزامی و داوطلبانه): ۲۰ دلار بر تن = ۱۸.۵ یورو بر تن

تن

- محاسبه: $2,800,000 \times 18.5 \text{ tCO}_2\text{e} = 51.8 \text{ €/tCO}_2\text{e}$ میلیون یورو (گردشده به ۵۶ میلیون یورو با احتساب پرمیوم کیفیت پروژه)

(د) درآمد از خدمات مشاوره و پلتفرم‌های دیجیتال - ۲۱.۴ میلیون یورو

- خدمات ممیزی انرژی و مشاوره پایداری به ۵۰ واحد صنعتی خارج از منطقه: ۱۵ میلیون یورو
- حق اشتراک پلتفرم تجارت انرژی P2P و داشبورد پایداری: ۶.۴ میلیون یورو

۱۱-۳-۲. کل درآمد سالانه پیش‌بینی شده: ۳۶۰ میلیون یورو

۱۱-۳-۳. شاخص‌های کلیدی تحلیل مالی و اقتصادی

الف) شاخص‌های سودآوری

- سود ناخالص عملیاتی سالانه: درآمد ۳۶۰ میلیون یورو - هزینه عملیاتی ۱۲۰ میلیون یورو = ۲۴۰ میلیون یورو
- حاشیه سود عملیاتی: $240 / 360 = 66.7\%$
- سود خالص پس از کسر استهلاک و مالیات (با فرض معافیت مالیاتی ۲۰ ساله مناطق آزاد: ۲۱۰ میلیون یورو در سال)

• نرخ بازده داخلی (IRR) پروژه:

○ برای سرمایه‌گذار خارجی: ۱۴.۲٪ (با احتساب ریسک کشور و نوسانات ارز)

○ برای سرمایه‌گذار داخلی: ۱۸.۵٪ (با بهره‌مندی از معافیت‌های مناطق آزاد و تسهیلات ارزی)

• دوره بازگشت سرمایه (Payback Period) ۷.۱ سال از شروع بهره‌برداری تجاری

ب) شاخص‌های ریسک و پایداری مالی

- نقطه سر به سر به سر تولید ۴۲٪ از ظرفیت نامی (یعنی با تولید ۶۳۰ مگاوات متوسط، پروژه هزینه‌های عملیاتی را پوشش می‌دهد)

• تحلیل حساسیت به قیمت برق کاهش ۱۰٪ در قیمت متوسط فروش برق، IRR را به ۱۱.۸٪ کاهش می‌دهد که همچنان بالاتر از هزینه سرمایه (WACC) پروژه است

• پوشش ریسک ارزی: با توجه به اینکه ۷۰٪ درآمدها (اعتبارات کربن و صادرات برق) ارزی و ۶۰٪ هزینه‌ها (تأمین تجهیزات و خدمات بین‌المللی) نیز ارزی است، ریسک خالص ارزی پروژه محدود به ۱۰٪ گردش مالی است

• نسبت بدهی به حقوق صاحبان سهام (D/E) بهینه: ۴۰/۶۰ برای تعادل بین هزینه سرمایه و ریسک مالی

ج) شاخص‌های اقتصادی-اجتماعی

- نسبت فایده به هزینه اقتصادی (Economic B/C Ratio) ۲.۴ با احتساب ارزش اجتماعی کاهش آلاینده‌گی، ایجاد اشتغال، و توسعه فناوری
- ارزش افزوده مستقیم ایجادشده برای اقتصاد ملی: ۴۵۰ میلیون یورو در سال (شامل حقوق پرداختی، مالیات‌های غیرمستقیم، و خرید از تأمین کنندگان داخلی)
- تعداد اشتغال مستقیم ایجادشده: ۴۵۰ نفر با میانگین حقوق ۲۲,۰۰۰ یورو در سال (۳ برابر متوسط حقوق صنعتی کشور)
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای: ۲.۸ میلیون تن CO₂e در سال معادل حذف ۶۰۰,۰۰۰ خودروی سواری از جاده‌ها

۴-۱۱. مکانیزم‌های پوشش ریسک مالی و تضمین بازدهی

۴-۱۱-۱. مکانیزم‌های کاهش ریسک درآمدی

- قراردادهای خرید برق بلندمدت (Corporate PPA) انعقاد قراردادهای ۱۵-۲۰ ساله با صنایع بزرگ مستقر در منطقه آزاد با شرط «پرداخت یا تحوی» (Take-or-Pay) که حداقل ۷۰٪ درآمد فروش برق داخلی را تضمین می‌کند
- تنوع‌بخشی به سبد درآمدی: ترکیب چهار جریان درآمدی مستقل (فروش برق داخلی، فروش به شبکه، اعتبارات کربن، خدمات مشاوره) که همبستگی پایینی با یکدیگر دارند و ریسک کلی درآمد را کاهش می‌دهند
- صندوق تثبیت درآمد: اختصاص ۵٪ از درآمد سالانه به صندوقی برای جبران کسری درآمد در سال‌های با تولید پایین‌تر از پیش‌بینی (به‌عنوان مثال، سال‌های کم‌بارش برای بخش خورشیدی)

۴-۱۱-۲. مکانیزم‌های پوشش ریسک هزینه‌ای

- قراردادهای بلندمدت تأمین سوخت: انعقاد قرارداد ۱۰ ساله با شرکت ملی گاز ایران برای تأمین گاز طبیعی با فرمول قیمت‌گذاری ثابت به یورو که ریسک نوسان قیمت سوخت را حذف می‌کند
- بیمه‌های تخصصی ریسک:

○ بیمه توقف کسب و کار (Business Interruption Insurance) برای پوشش خسارت ناشی از خرابی‌های بزرگ تجهیزات

○ بیمه ریسک سیاسی (Political Risk Insurance) از طریق نهادهایی مانند MIGA (آژانس تضمین سرمایه‌گذاری چندجانبه بانک جهانی) برای سرمایه‌گذاران خارجی

- قراردادهای EPC با قیمت ثابت: انعقاد قرارداد ساخت با پیمانکاران بین‌المللی به صورت Lump-Sum

Turnkey با جریمه تأخیر و پاداش تحویل زودهنگام برای کنترل ریسک هزینه ساخت

۱۱-۴-۳. مکانیزم‌های تضمین بازدهی برای سرمایه‌گذاران

- **ساختار سهام ممتاز با سود ثابت:** انتشار سهام ممتاز با سود سالانه ۸٪ یورو برای جذب سرمایه‌گذاران محتاط که اولویت دریافت سود و بازپرداخت اصل سرمایه را نسبت به سهامداران عادی دارند
- **مکانیزم تنظیم تعرفه (Tariff Escalation)** درج شرط در قراردادهای خرید برق که تعرفه فروش را سالانه به میزان تورم منطقه یورو بعلاوه ۱٪ افزایش دهد تا قدرت خرید درآمد پروژه حفظ شود
- **گزینه خرید سهام توسط سازمان منطقه آزاد:** اعطای گزینه به سازمان منطقه آزاد برای خرید سهام سرمایه‌گذاران خارجی پس از ۱۰ سال بهره‌برداری با قیمت از پیش تعیین‌شده بر اساس فرمول ارزش‌گذاری، که خروج سرمایه‌گذار را تسهیل و ریسک نقدشوندگی را کاهش می‌دهد.

بخش دوازدهم: مدت پیشنهادی اجرای طرح با برنامه‌ریزی فازبندی‌شده، مدیریت مسیر بحرانی و دروازه‌های نظارتی

۱۲-۱. برنامه زمانی کلان پروژه و فازبندی استراتژیک

- ۱۲-۱-۱. فاز صفر: مطالعات پیش‌از اجرا و تأمین مجوزها (ماه‌های ۱ تا ۶) این فاز که به عنوان «فاز مطالعاتی-حقوقی» شناخته می‌شود، پایه‌های قانونی، فنی و مالی پروژه را استحکام می‌بخشد و شامل فعالیت‌های زیر است:

- **مطالعات امکان‌سنجی تفصیلی (ماه‌های ۱-۳):**

- انجام مطالعات فنی-اقتصادی به‌روزرسانی شده با داده‌های میدانی جدید شامل اندازه‌گیری‌های تابش خورشیدی، سرعت باد، و تحلیل خاک سایت
- مدل‌سازی مالی پیشرفته با سناریوهای مختلف قیمت انرژی، نرخ ارز، و هزینه سوخت برای تعیین ساختار بهینه سرمایه‌گذاری
- تحلیل ریسک جامع با روش‌شناسی Monte Carlo برای کمی‌سازی عدم قطعیت‌های کلیدی و تعیین ذخیره احتیاطی پروژه

- **فرآیند اخذ مجوزهای کلیدی (ماه‌های ۴-۶):**

- اخذ «موافقت اصولی» احداث نیروگاه از وزارت نیرو با ارائه مدارک فنی، مالی و زیست‌محیطی مطابق آیین‌نامه اجرایی قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی
- اخذ مجوز زیست‌محیطی از سازمان حفاظت محیط زیست شامل ارائه گزارش ارزیابی اثرات زیست‌محیطی (EIA) و برنامه مدیریت پسماند و آلاینده‌گی

- اخذ تأییدیه سازمان مناطق آزاد تجاری-صنعتی برای فعالیت در چارچوب قانون مناطق آزاد و بهره‌مندی از معافیت‌های گمرکی و مالیاتی
- اخذ مجوز اتصال به شبکه از شرکت مدیریت شبکه برق ایران با رعایت ضوابط کد شبکه و استانداردهای کیفیت توان

• مذاکرات قراردادی و تأمین مالی اولیه (ماه‌های ۴-۶):

- انعقاد تفاهم‌نامه‌های خرید برق (MoU) با صنایع بزرگ مستقر در منطقه آزاد برای تضمین بازار داخلی
- مذاکره با نهادهای تأمین مالی بین‌المللی (مانند بانک توسعه اسلامی، صندوق محیط زیست جهانی) برای جذب تسهیلات ارزی
- انتخاب مشاوران حقوقی بین‌المللی برای طراحی چارچوب قراردادهای BOT/BOO مطابق استانداردهای FIDIC و اصول حقوق بین‌الملل سرمایه‌گذاری

۱۲-۱-۲. فاز یک: مهندسی پایه و تأمین تجهیزات کلیدی (ماه‌های ۷ تا ۱۸) این فاز که «فاز مهندسی-تدارکاتی» نامیده می‌شود، تمرکز بر تکمیل طراحی‌ها و عقد قراردادهای تأمین تجهیزات با فناوری روز دارد:

• مهندسی پایه و طراحی مفهومی (ماه‌های ۷-۱۰):

- تکمیل طراحی مهندسی پایه (FEED) برای هر سه بخش گازی، خورشیدی و بادی با جزئیات فنی شامل دی‌گرام‌های فرآیندی (P&ID)، نقشه‌های جانمایی تجهیزات، و مشخصات فنی خرید
- انجام مطالعات یکپارچه‌سازی سیستم‌های کنترل و مدیریت انرژی برای اطمینان از هماهنگی بین منابع تولید مختلف
- تدوین اسناد مناقصه بین‌المللی (ITB) برای تأمین توربین‌ها، پنل‌ها، و تجهیزات کلیدی با شرایط فنی، مالی و حقوقی

• فرآیند مناقصه و انتخاب پیمانکاران (ماه‌های ۱۱-۱۴):

- انتشار فراخوان مناقصه بین‌المللی در پلتفرم‌های معتبر جهانی مانند Tenders Electronic Daily اتحادیه اروپا برای جذب پیشنهاددهندگان واجد شرایط
- ارزیابی فنی-مالی پیشنهادها با استفاده از ماتریس امتیازدهی چندمعیاره (شامل معیارهای قیمت، فناوری، سابقه اجرایی، و برنامه انتقال فناوری)
- انعقاد قراردادهای EPC با پیمانکاران منتخب با شرایط Lump-Sum Turnkey و جریمه‌های تأخیر مشخص

• تأمین تجهیزات با زمان تحویل طولانی (ماه‌های ۱۵-۱۸):

- سفارش‌گذاری توربین‌های گازی کلاس F که زمان تحویل آنها ۱۴-۱۶ ماه است و جزء تجهیزات با زمان تحویل بحرانی (Long Lead Items) محسوب می‌شوند

- عقد قرارداد تأمین پنل‌های خورشیدی با تولیدکنندگان معتبر با شرط تست کیفیت در مبدأ و بازرسی نهایی در مقصد
- پیش‌خرید فولاد سازه‌ای و تجهیزات الکتریکی اصلی برای جلوگیری از ریسک نوسان قیمت و کمبود عرضه در بازار جهانی

۱۲-۱-۳. فاز دو: ساخت، نصب و راه‌اندازی (ماه‌های ۱۹ تا ۴۲) این فاز اجرایی که طولانی‌ترین بخش پروژه است، با مدیریت دقیق مسیر بحرانی و نظارت مستمر بر کیفیت پیش می‌رود:

• عملیات عمرانی و آماده‌سازی سایت (ماه‌های ۱۹-۲۶):

- اجرای عملیات خاکی گسترده شامل تسطیح ۴۵۰ هکتار سایت، احداث شبکه زهکشی، و آماده‌سازی بستر فونداسیون‌ها
- احداث فونداسیون‌های بتنی توربین‌های گازی با ضخامت ۳ متر و بتن با مقاومت ۴۰ مگاپاسکال، همراه با سیستم جداساز لرزه‌ای
- ساخت فونداسیون‌های توربین‌های بادی و پایه‌های سازه‌های خورشیدی با رعایت دقیق مشخصات ژئوتکنیکی و الزامات لرزه‌ای

• نصب مکانیکی و الکتریکی تجهیزات (ماه‌های ۲۴-۳۸):

- نصب توربین‌های گازی، بویلرهای بازیاب حرارت، و توربین‌های بخار با نظارت مهندسان سازنده و بازرسان شخص ثالث
- نصب ۱,۲۵۰,۰۰۰ پنل خورشیدی بر روی سازه‌های ردیاب خورشیدی با سیستم نظافت خودکار یکپارچه
- نصب ۴۰ توربین بادی ۵ مگاواتی با جرثقیل‌های تخصصی و انجام تست‌های تعادل دینامیکی روتور
- کابل‌کشی شبکه توزیع داخلی، نصب پست‌های برق، و یکپارچه‌سازی سیستم‌های کنترل و مانیتورینگ

• راه‌اندازی آزمایشی و تست‌های عملکردی (ماه‌های ۳۶-۴۲):

- انجام تست‌های سرد و گرم هر واحد تولیدی به صورت مستقل برای اطمینان از عملکرد صحیح تجهیزات
- تست یکپارچه‌سازی سیستم مدیریت انرژی هوشمند برای بهینه‌سازی ترکیب منابع در شرایط عملیاتی مختلف
- اجرای تست‌های عملکردی ۷۲ ساعته پیوسته برای هر واحد جهت تأیید دستیابی به ظرفیت و راندمان تضمین‌شده در قراردادها
- اخذ گواهینامه‌های بهره‌برداری موقت از نهادهای نظارتی پس از احراز کلیه الزامات ایمنی و زیست‌محیطی

۱۲-۱-۴. فاز سه: بهره‌برداری تجاری و بهینه‌سازی تدریجی (ماه ۴۳ به بعد)

• شروع بهره‌برداری تجاری کامل (ماه ۴۳):

- امضای صورتجلسه تحویل موقت پروژه از پیمانکار EPC به کارفرما و شروع دوره تضمین عملکرد تجهیزات
- فعال‌سازی کامل قراردادهای خرید برق با صنایع منطقه و شبکه سراسری و شروع جریان‌های درآمدی
- راه‌اندازی پلتفرم‌های دیجیتال خدمات ارزش افزوده شامل تجارت انرژی P2P و داشبورد پایداری صنایع

• دوره بهینه‌سازی و یادگیری (ماه‌های ۴۳-۵۴):

- جمع‌آوری و تحلیل داده‌های عملکردی واقعی برای کالیبراسیون مدل‌های پیش‌بینی و بهینه‌سازی الگوریتم‌های مدیریت انرژی
- اجرای برنامه‌های آموزش تکمیلی برای پرسنل عملیاتی بر اساس چالش‌های شناسایی شده در ماه‌های اولیه بهره‌برداری
- بازنگری برنامه نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه بر اساس داده‌های واقعی خرابی و استهلاک تجهیزات

• بهره‌برداری پایدار و توسعه فازهای بعدی (سال دوم بهره‌برداری به بعد):

- دستیابی به ضریب در دسترس بودن (Availability Factor) بالای ۹۹.۵٪ برای کلیه واحدهای تولیدی
- شروع مطالعات امکان‌سنجی برای فاز دوم توسعه شامل افزودن فناوری هیدروژن سبز یا سیستم‌های جذب کربن
- توسعه خدمات منطقه‌ای از طریق مرکز تعمیرات و آموزش نیروگاه به سایر پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در کشور

۱۲-۲. مدیریت مسیر بحرانی پروژه و کنترل زمان‌بندی

۱۲-۲-۱. شناسایی فعالیت‌های مسیر بحرانی (Critical Path Activities) با استفاده از روش شناسایی

برنامه‌ریزی و کنترل پروژه) مانند نرم‌افزارهای Primavera P۶ یا Microsoft Project، فعالیت‌های زیر به عنوان مسیر بحرانی پروژه شناسایی شده‌اند که هرگونه تأخیر در آنها مستقیماً بر تاریخ پایان پروژه تأثیر می‌گذارد:

• اخذ مجوز زیست‌محیطی (ماه‌های ۳-۶): این فعالیت به دلیل پیچیدگی فرآیند ارزیابی اثرات و امکان درخواست

مطالعات تکمیلی توسط سازمان محیط زیست، ریسک تأخیر بالایی دارد. راهکار کاهش ریسک: استخدام مشاور محیط زیست با سابقه موفق در اخذ مجوزهای نیروگاهی و شروع فرآیند همزمان با مطالعات فنی.

- **تأمین توربین‌های گازی (ماه‌های ۲۶-۱۲):** زمان تحویل ۱۶-۱۴ ماهه این تجهیزات و وابستگی به زنجیره تأمین جهانی، آنها را به گلوگاه زمانی پروژه تبدیل کرده است. راهکار کاهش ریسک: عقد قرارداد با دو تأمین‌کننده موازی، پیش‌خرید قطعات کلیدی، و درج جریمه تأخیر سنگین در قرارداد.
- **نصب و راه‌اندازی توربین‌های بادی (ماه‌های ۴۰-۳۰):** این فعالیت وابسته به شرایط جوی (سرعت باد مناسب برای تست) و در دسترس بودن جرثقیل‌های تخصصی است. راهکار کاهش ریسک: برنامه‌ریزی نصب در فصول با باد ملایم، رزرو زود هنگام تجهیزات نصب، و داشتن برنامه جایگزین برای تست در شرایط غیرایده‌آل.
- **تست یکپارچه‌سازی سیستم مدیریت انرژی (ماه‌های ۴۲-۴۰):** پیچیدگی فنی یکپارچه‌سازی سه منبع تولید مختلف با سیستم هوشمند، ریسک تأخیر در راه‌اندازی نهایی را ایجاد می‌کند. راهکار کاهش ریسک: انجام تست‌های یکپارچه‌سازی در محیط شبیه‌سازی شده قبل از نصب میدانی، و استخدام تیم تخصصی با سابقه در پروژه‌های مشابه.

۱۲-۲-۲. مکانیزم‌های کنترل و پایش پیشرفت پروژه

- **سیستم گزارش‌دهی هفتگی پیشرفت:** تهیه گزارش‌های تفصیلی شامل درصد پیشرفت فیزیکی هر فعالیت، مقایسه با برنامه پایه، شناسایی انحرافات، و اقدامات اصلاحی پیشنهادی
- **داشبورد مدیریتی بلادرنگ:** توسعه پلتفرم دیجیتال برای نمایش لحظه‌ای شاخص‌های کلیدی عملکرد پروژه (KPI) شامل CPI شاخص عملکرد هزینه، SPI (شاخص عملکرد زمان)، و ریسک‌های فعال
- **جلسات منظم هماهنگی ذینفعان:** برگزاری جلسات ماهانه کمیته راهبری پروژه با حضور نمایندگان کارفرما، پیمانکاران، مشاوران، و نهادهای نظارتی برای تصمیم‌گیری سریع درباره مسائل بحرانی
- **بررسی‌های دوره‌ای مستقل:** استخدام ناظر شخص ثالث بین‌المللی برای انجام ممیزی‌های فصلی کیفیت، ایمنی، و انطباق با برنامه زمان‌بندی

۱۲-۳. دروازه‌های نظارتی و معیارهای عبور به فاز بعدی

- ۱۲-۳-۱. **دروازه نظارتی پایان فاز صفر: «مجاز شروع مهندسی»** برای عبور از این دروازه و شروع فاز مهندسی، تحقق همزمان شرایط زیر الزامی است:

- اخذ موافقت اصولی وزارت نیرو و مجوز زیست‌محیطی سازمان حفاظت محیط زیست
- امضای تفاهم‌نامه‌های خرید برق با حداقل سه صنعت بزرگ منطقه آزاد برای تضمین ۵۰٪ بازار داخلی
- تأمین حداقل ۳۰٪ سرمایه اولیه پروژه از طریق آورده سهامداران یا تسهیلات قطعی شده
- تأیید نهایی مطالعات امکان‌سنجی تفصیلی توسط کمیته فنی مستقل متشکل از سه متخصص بین‌المللی
- ۱۲-۳-۲. **دروازه نظارتی پایان فاز یک: «مجاز شروع ساخت»** شرایط عبور از این دروازه حیاتی عبارتند از:
 - تکمیل ۱۰۰٪ طراحی‌های مهندسی تفصیلی و اخذ تأییدیه نهایی از ناظر فنی کارفرما
 - عقد قراردادهای EPC با پیمانکاران اصلی برای حداقل ۸۰٪ ارزش تجهیزات و عملیات ساخت

- اخذ مجوزهای ساخت و ساز محلی و تأییدیه‌های ایمنی کارگاه از سازمان‌های مربوطه
 - راه‌اندازی کامل سیستم‌های کنترل پروژه، گزارش‌دهی، و مدیریت ریسک در سطح کارگاه
- ۱۲-۳-۳. دروازه نظارتی پلین فاز دو: «گواهینامه بهره‌برداری موقت»** برای دریافت این گواهینامه و شروع فاز بهره‌برداری، احراز شرایط زیر ضروری است:
- انجام موفقیت‌آمیز تست‌های عملکردی ۷۲ ساعته پیوسته برای هر واحد تولیدی با دستیابی به حداقل ۹۵٪ ظرفیت نامی و راندمان تضمین شده
 - اخذ تأییدیه‌های ایمنی نهایی از سازمان‌های نظارتی شامل آتش‌نشانی، حفاظت محیط زیست، و وزارت کار
 - آموزش کامل پرسنل بهره‌برداری و تحویل مستندات فنی، راهنماهای عملیاتی، و برنامه‌های نگهداری و تعمیرات
 - راه‌اندازی سیستم‌های پایش بلادرنگ کیفیت برق، آلایندگی، و ایمنی با اتصال به پلتفرم‌های نظارتی ملی
- ۱۲-۳-۴. دروازه نظارتی پایان سال اول بهره‌برداری: «تأیید پایداری عملکرد»** این دروازه نهایی برای اطمینان از پایداری بلندمدت پروژه شامل معیارهای زیر است:

- دستیابی به ضریب در دسترس بودن ترکیبی بالای ۹۸٪ در ۱۲ ماه اول بهره‌برداری
- تحقق حداقل ۹۰٪ از پیش‌بینی‌های درآمدی سال اول با احتساب نوسانات بازار
- اخذ گواهینامه‌های ISO ۹۰۰۱، ۱۴۰۰۱، و ۴۵۰۰۱ برای سیستم‌های مدیریت کیفیت، محیط زیست، و ایمنی
- تکمیل فرآیند ثبت پروژه در یکی از مکانیزم‌های بین‌المللی اعتبار کربن و صدور اولین سری اعتبارات

بخش سیزدهم: انواع قراردادهای پیشنهادی قبل انجام بین منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) با سرمایه‌گذاران

۱۳-۱. چارچوب کلی حقوقی قراردادهای سرمایه‌گذاری در مناطق آزاد ایران

- ۱۳-۱-۱. مبانی قانونی حاکم بر قراردادهای مناطق آزاد** قراردادهای سرمایه‌گذاری در منطقه آزاد شهر فرودگاهی امام خمینی (ره) در چارچوب قوانین و مقررات زیر طراحی و اجرا می‌شوند:

- **قانون چگونگی اداره مناطق آزاد تجاری-صنعتی جمهوری اسلامی ایران (مصوب ۱۳۷۲ و اصلاحات بعدی):** این قانون به‌ویژه مواد ۱، ۶، ۱۳، و ۱۴، چارچوب کلی فعالیت‌های اقتصادی، معافیت‌های گمرکی و مالیاتی، و ضمانت‌های حمایت از سرمایه‌گذاران خارجی را تعیین می‌کند
- **قانون تشویق و حمایت سرمایه‌گذاری خارجی (مصوب ۱۳۸۰):** این قانون با تأکید بر اصل رفتار ملی، تضمین انتقال سود و اصل سرمایه، و مکانیزم‌های حل اختلاف بین‌المللی، بستر حقوقی جذب سرمایه خارجی را فراهم می‌سازد
- **آیین‌نامه اجرایی قانون مناطق آزاد در حوزه انرژی:** مصوبات شورای عالی مناطق آزاد که ضوابط خاص احداث نیروگاه، فروش برق، و بهره‌برداری از منابع تجدیدپذیر در این مناطق را تعیین می‌کند

- **قوانین تخصصی بخش برق:** شامل قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی، آیین نامه خرید تضمینی برق تجدیدپذیر، و کد شبکه ایران که الزامات فنی اتصال به شبکه و کیفیت توان را مشخص می نمایند

۱۳-۱-۲. اصول کلیدی حاکم بر طراحی قراردادها

- **اصل تعادل منافع:** طراحی مکانیزم هایی که منافع منطقه آزاد (توسعه زیرساخت، ایجاد اشتغال، پایداری زیست محیطی) و سرمایه گذار (بازدهی مناسب، امنیت سرمایه، خروج آسان) را به صورت متوازن تأمین کند
- **اصل شفافیت و قابلیت پیش بینی:** درج کلیه تعهدات، حقوق، مکانیزم های پرداخت، و شرایط فسخ به صورت شفاف و کم ابهام برای کاهش ریسک اختلافات آتی
- **اصل انعطاف پذیری هوشمند:** پیش بینی مکانیزم های بازنگری دوره ای قرارداد در پاسخ به تغییرات کلان محیطی (فناوری، بازار، قوانین) بدون خدشه به ثبات قرارداد
- **اصل انطباق با استانداردهای بین المللی:** استفاده از الگوهای قراردادی معتبر جهانی برای افزایش اعتماد سرمایه گذاران بین المللی

۱۳-۲. مدل های قراردادی پیشنهادی با تحلیل حقوقی و تخصیص ریسک

۱۳-۲-۱. مدل ساخت-بهره برداری-انتقال (BOT: Build-Operate-Transfer)

الف) ساختار حقوقی و مکانیزم اجرا در این مدل، سرمایه گذار (کنسرسیومی از شرکت های داخلی و خارجی) متعهد به تأمین مالی، طراحی، ساخت، و بهره برداری از نیروگاه برای دوره مشخصی (معمولاً ۲۵-۳۰ سال) می شود. در پایان دوره قرارداد، مالکیت کامل نیروگاه بدون هیچ گونه هزینه اضافی به سازمان منطقه آزاد منتقل می گردد. مکانیزم بازگشت سرمایه و سود سرمایه گذار از طریق درآمدهای حاصل از فروش برق به صنایع منطقه، شبکه سراسری، و بازار کربن تأمین می شود.

ب) تخصیص ریسک در مدل BOT

- **ریسک ساخت و تأخیر:** بر عهده سرمایه گذار/پیمانکار EPC با مکانیزم جریمه تأخیر (Liquidated Damages) معادل ۰.۵٪ ارزش قرارداد به ازای هر هفته تأخیر
- **ریسک بازار و فروش:** تقسیم شده بین طرفین؛ منطقه آزاد تضمین می کند که حداقل ۵۰٪ ظرفیت نیروگاه را از طریق قراردادهای بلندمدت با صنایع مستقر جذب کند، و مابقی از طریق فروش به شبکه سراسری با قیمت های مصوب تأمین می شود
- **ریسک تغییر قوانین:** بر عهده منطقه آزاد؛ در صورت تغییر قوانین که منجر به کاهش درآمد سرمایه گذار شود، مکانیزم جبران خسارت یا تمدید دوره قرارداد فعال می شود
- **ریسک نیروی قهریه (Force Majeure):** تقسیم متناسب؛ تأخیرهای ناشی از حوادث غیرمترقبه منجر به تمدید دوره قرارداد بدون جریمه می شود

- **ریسک پایان دوره و انتقال:** بر عهده سرمایه گذار؛ الزام به تحویل نیروگاه در شرایط عملیاتی مناسب با برنامه نگهداری و تعمیرات مستند شده

(ج) مزایا و چالش‌های مدل BOT برای این طرح

- **مزایا:** کاهش بار مالی اولیه برای منطقه آزاد، انتقال فناوری و دانش فنی از طریق مشارکت با شرکت‌های بین‌المللی، و ایجاد انگیزه برای سرمایه گذار جهت بهینه‌سازی عملکرد در طول دوره بهره‌برداری
- **چالش‌ها:** پیچیدگی حقوقی قرارداد، نیاز به نظارت مستمر بر عملکرد سرمایه گذار، و ریسک اختلاف در تفسیر شرایط انتقال در پایان دوره

۱۳-۲-۲. مدل ساخت-بهره‌برداری-تملک (BOO: Build-Own-Operate)

(الف) ساختار حقوقی و مکانیزم اجرا در این مدل، سرمایه گذار مالک دائمی نیروگاه باقی می‌ماند و تنها متعهد به تأمین برق برای منطقه آزاد تحت شرایط قرارداد بلندمدت می‌شود. منطقه آزاد در ازای تضمین خرید بخشی از تولید، امتیازات ویژه‌ای شامل تعرفه ترجیحی برق، معافیت‌های گمرکی برای تجهیزات، و تسهیلات اداری اعطا می‌کند. این مدل برای جذب سرمایه گذارانی که تمایل به حفظ مالکیت بلندمدت دارند جذاب‌تر است.

(ب) تخصیص ریسک در مدل BOO

- **ریسک سرمایه‌گذاری و بازدهی:** عمدتاً بر عهده سرمایه گذار؛ اما با مکانیزم‌های تضمین حداقل درآمد از طریق قراردادهای Take-or-Pay با منطقه آزاد
- **ریسک فناوری و به‌روزرسانی:** بر عهده سرمایه گذار؛ الزام به نوسازی تجهیزات در طول دوره قرارداد برای حفظ راندمان و انطباق با استانداردهای جدید
- **ریسک زیست‌محیطی و اجتماعی:** تقسیم‌شده؛ سرمایه گذار مسئول رعایت استانداردهای آلاینده‌گی است، اما منطقه آزاد متعهد به تسهیل فرآیندهای نظارتی و حل مسائل اجتماعی مرتبط است
- **ریسک خروج سرمایه:** منطقه آزاد تضمین می‌کند که سرمایه گذار می‌تواند اصل سرمایه و سود حاصل را پس از دوره قفل‌شدگی (Lock-in Period) معمولاً ۱۰ ساله، از کشور خارج نماید

(ج) مزایا و چالش‌های مدل BOO برای این طرح

- **مزایا:** جذابیت بالاتر برای سرمایه گذاران بین‌المللی به دلیل مالکیت دائمی، کاهش تعهدات بلندمدت منطقه آزاد، و امکان توسعه خدمات ارزش‌افزوده توسط مالک خصوصی
- **چالش‌ها:** کاهش کنترل منطقه آزاد بر دارایی استراتژیک انرژی، ریسک انحصارطلبی سرمایه گذار در قیمت‌گذاری، و پیچیدگی تنظیم مقررات نظارتی برای تضمین منافع عمومی

۱۳-۲-۳. مدل سرمایه‌گذاری مشترک (Joint Venture: JV)

الف) ساختار حقوقی و مکانیزم اجرا در این مدل، سازمان منطقه آزاد (یا شرکت تابعه آن) و سرمایه گذار(ان) خارجی یک شرکت سهامی خاص با مسئولیت محدود تأسیس می کنند که مالک و بهره بردار نیروگاه خواهد بود. سهم الشرکه طرفین معمولاً به صورت ۶۰-۴۰ یا ۷۰-۳۰ (به نفع سرمایه گذار خارجی) تعیین می شود. مدیریت شرکت مشترک از طریق هیئت مدیره ای متشکل از نمایندگان طرفین و با مکانیزم های رأی گیری مشخص انجام می پذیرد.

ب) تخصیص ریسک در مدل JV

- **ریسک تصمیم گیری و حاکمیت شرکتی:** با طراحی ساختار هیئت مدیره و مکانیزم های رأی گیری متوازن مدیریت می شود؛ تصمیمات استراتژیک نیازمند اکثریت کیفی (مثلاً ۷۵٪ آرا) هستند
- **ریسک مالی و تأمین سرمایه:** به نسبت سهم الشرکه تقسیم می شود؛ اما امکان جذب تسهیلات خارجی توسط شریک بین المللی ریسک تأمین مالی را کاهش می دهد
- **ریسک انتقال دانش و فناوری:** سرمایه گذار خارجی متعهد به انتقال تدریجی فناوری و آموزش نیروی انسانی محلی طبق برنامه زمان بندی شده می شود
- **ریسک خروج شریک:** پیش بینی مکانیزم های خرید سهام (Call/Put Options) با فرمول ارزش گذاری از پیش تعیین شده برای تسهیل خروج یا ورود شرکا

ج) مزایا و چالش های مدل JV برای این طرح

- **مزایا:** ترکیب مزایای دانش فنی و دسترسی به بازارهای بین المللی سرمایه گذار خارجی با مزایای محلی، شبکه ارتباطی، و تسهیلات اداری منطقه آزاد، ایجاد هم افزایی استراتژیک و کاهش ریسک سیاسی برای سرمایه گذار خارجی
- **چالش ها:** پیچیدگی مدیریت دو فرهنگی و دو سیستم حقوقی، ریسک اختلاف در استراتژی های بلندمدت، و نیاز به طراحی دقیق مکانیزم های حل اختلاف داخلی شرکت

۱۳-۳. چارچوب های حکمرانی و مکانیزم های نظارتی قراردادها

۱۳-۳-۱. ساختار حکمرانی چندلایه برای نظارت بر اجرای قرارداد

- **کمیته راهبری عالی (Steering Committee)** متشکل از نمایندگان عالی رتبه سازمان منطقه آزاد، وزارت نیرو، سازمان محیط زیست، و سرمایه گذار که هر شش ماه یکبار جلسات استراتژیک برگزار می کند و تصمیمات کلان درباره توسعه، بازنگری قرارداد، یا حل اختلافات سطح بالا را اتخاذ می نماید
- **کمیته فنی-عملیاتی (Technical-Operational Committee)** متشکل از کارشناسان فنی طرفین که به صورت ماهانه پیشرفت پروژه، شاخص های عملکردی، و مسائل عملیاتی را بررسی و راهکارهای فنی ارائه می دهند
- **ناظر مستقل شخص ثالث (Independent Engineer)** استخدام یک شرکت مهندسی بین المللی معتبر به عنوان ناظر بی طرف برای تأیید گزارش های پیشرفت، کیفیت اجرا، و انطباق با مشخصات فنی قرارداد

- **سیستم گزارش دهی شفاف بلادرنگ:** استقرار پلتفرم دیجیتال مشترک برای اشتراک گذاری لحظه‌ای داده‌های تولید، مصرف، درآمد، و شاخص‌های پایداری که دسترسی کنترل‌شده برای کلیه ذینفعان فراهم می‌کند

۱۳-۳-۲. مکانیزم‌های حل اختلاف و داوری بین‌المللی

- **مراحل سلسله‌مراتبی حل اختلاف:**

- **مذاکره مستقیم:** هرگونه اختلاف ابتدا از طریق مذاکره بین مدیران پروژه طرفین در سطح عملیاتی حل و فصل می‌شود
- **میانجی‌گری:** در صورت عدم حل اختلاف، موضوع به کمیته فنی-عملیاتی ارجاع و با حضور میانجی مورد توافق طرفین بررسی می‌شود
- **داوری تخصصی:** در صورت عدم توافق، اختلاف به داوری تخصصی انرژی با مرجعیت مرکز داوری اتاق بازرگانی بین‌المللی (ICC) یا مرکز منطقه‌ای داوری تهران (TRAC) ارجاع می‌شود
- **داوری نهایی بین‌المللی (در صورت نیاز):** برای اختلافات اساسی که مربوط به تفسیر قرارداد یا تعهدات کلان است، مرجع نهایی داوری تحت قواعد آنسیترال (UNCITRAL) با محل داوری در یک کشور ایران تعیین می‌شود

- **انتخاب قانون حاکم:** قراردادها تحت حاکمیت حقوق ایران تنظیم می‌شوند، اما با درج شرط «استناد به اصول حقوق بین‌الملل سرمایه‌گذاری و رویه‌های داوری بین‌المللی در تفسیر تعهدات» برای افزایش اطمینان سرمایه‌گذاران خارجی و قانون چگونگی اداره مناطق آزاد تجاری صنعتی

۱۳-۳-۳. مکانیزم‌های بازنگری و انعطاف‌پذیری قرارداد

- **بازنگری دوره‌ی پنج‌ساله:** درج شرط بازنگری جامع قرارداد هر پنج سال یکبار با هدف به‌روزرسانی تعرفه‌ها، استانداردهای فنی، و مکانیزم‌های توزیع منافع بر اساس تغییرات محیط کلان
- **مکانیزم تعدیل تعرفه:** فرمول شفاف برای تعدیل سالانه تعرفه فروش برق بر اساس ترکیبی از تورم منطقه یورو، نرخ ارز رسمی، و تغییرات قیمت سوخت مرجع
- **شرط تغییر قوانین (Change in Law):** در صورت تصویب قوانین جدیدی که بار مالی یا عملیاتی قابل توجهی بر پروژه تحمیل کند، مکانیزم جبران خسارت یا بازتوزیع ریسک بین طرفین فعال می‌شود
- **گزینه‌های توسعه آتی (Expansion Options):** اعطای حق تقدم به سرمایه‌گذار فعلی برای توسعه فازهای بعدی پروژه (مانند افزودن هیدروژن سبز یا سیستم‌های جذب کربن) تحت شرایط از پیش توافق‌شده

۱۳-۴. پیوست‌های ضروری قراردادها و ضمیمه‌های فنی-حقوقی

۱۳-۴-۱. پیوست‌های فنی الزامی

- **ضمیمه الف: مشخصات فنی تفصیلی تجهیزات:** شامل دیتاشیت‌های کامل توربین‌ها، پنل‌ها، سیستم‌های کنترل، و استانداردهای پذیرش کیفیت
- **ضمیمه ب: برنامه زمان‌بندی و مسیر بحرانی:** نمودار گانت تفصیلی با فعالیت‌های کلیدی، وابستگی‌ها، و نقاط عطف نظارتی
- **ضمیمه ج: شاخص‌های عملکرد کلیدی (KPIs) و مکانیزم‌های پاداش/جریمه:** تعریف کمی شاخص‌هایی مانند در دسترس بودن، راندمان، آلایندگی، و ایمنی همراه با فرمول‌های محاسبه پاداش برای عملکرد برتر و جریمه برای عدم تحقق اهداف
- **ضمیمه د: برنامه مدیریت ریسک جامع:** ماتریس ریسک‌های شناسایی شده، احتمال و اثر هر ریسک، و راهکارهای کاهش، انتقال، یا پذیرش هر یک

۱۳-۴-۲. پیوست‌های مالی و اقتصادی

- **ضمیمه هـ: مدل مالی پروژه (Financial Model)** فایل اکسل پویا شامل پیش‌بینی جریان‌های نقدی، تحلیل حساسیت، و شاخص‌های بازدهی تحت سناریوهای مختلف
- **ضمیمه و: مکانیزم‌های پرداخت و تضمین‌های مالی:** شرح دقیق زمان‌بندی پرداخت‌ها، شرایط صدور ضمانت‌نامه‌های انجام تعهدات، و مکانیزم‌های وثیقه‌گذاری
- **ضمیمه ز: فرمول‌های قیمت‌گذاری و تعدیل:** معادلات شفاف برای محاسبه تعرفه فروش برق، قیمت اعتبارات کربن، و مکانیزم‌های تعدیل سالانه بر اساس شاخص‌های اقتصادی مرجع

۱۳-۴-۳. پیوست‌های حقوقی و نظارتی

- **ضمیمه ح: چارچوب حل اختلاف و داوری:** متن کامل شرط داوری، قواعد حاکم، زبان داوری، و فهرست نهادهای داوری مورد توافق
- **ضمیمه ط: تعهدات زیست‌محیطی و اجتماعی (ESG Covenants)** فهرست تعهدات کمی و کیفی سرمایه‌گذار در حوزه کاهش آلایندگی، مدیریت پسماند، اشتغال محلی، و گزارش‌دهی پایداری
- **ضمیمه ی: شرایط فسخ و خاتمه قرارداد:** تعریف دقیق رویدادهای منجر به فسخ (Events of Default)، فرآیند اخطار و فرصت اصلاح، و مکانیزم‌های تسویه حساب در صورت خاتمه زودهنگام