

فوريه 2007  
گزينه هاي توليد انرژي در ايران  
يافته ها: فرصت هاي توليد غيرمتمركز انرژي در  
ايران  
گزارش برنامه مدل اقتصادي WADE<sup>1</sup>

در سراسر جهان، دولت ها، سرمايه گذاران، شرکت ها و فعالان غير دولتي و دولتي در بحث و تبادل نظر راجع به گزينه هاي انرژي نقش دارند: انتخاب ها و گزينه هايي که جهان ما را تعريف مي کنند، بر امنيت ما تاثير مي گذارند و محيط زيست را شکل مي دهند.

استفاده از منابع انرژي متعارف صدمات عظيمي به محيط زيست، اقتصاد و اجتماع وارد مي کند: دود زغال سنگ و گازهاي سمی ناشي از سوخت بنزين، هوا را به ويژه در شهرها به شدت آلوده کرده، و گازهاي گلخانه اي را که باعث گرم شدن کره زمين مي شوند وارد محيط زيست مي سازند؛ زباله ها و سوانح هسته اي انسان ها و حيات وحش را نابود مي کنند و موجب آلودگي هوا، زمين و دريا مي شوند. نياز به منابع انرژي بي خطر، پايدار و قابل اعتماد و ضرورت دستيابي عادلانه همه افراد به خدمات انرژي مستلزم بازنگري چگونگي عرضه، توزيع و مصرف انرژي است.

در ايران مساله انرژي مساله اي کم اهميت نيست. اين گزارش انرژي با اين هدف ارائه شده است که در بحث هاي موجود در ايران در زمينه منابع انرژي و راه هاي

---

<sup>1</sup> اتحاديه جهاني براي انرژي هاي غير متمركز (WADE) تجربه ارائه سناريوها و راهکارهاي انرژي براي بسياري از کشورهاي توسعه يافته و در حال توسعه را داراست. براي انجام اين تحقيق با انستيتو تحقيقات مديريت و برنامه ريزي انرژي دانشگاه تهران ارتباط برقرار شد و آن ها ديدگاه هاي خود را مطرح کردند. بدین وسيله از حمايت آن ها قدرداني مي کنيم و داده هاي مربوط به تحقيق را براي مطالعه بيشتر در اختيار آن ها قرار خواهيم داد.

دستیابی به آن ها مشارکت داشته باشد. Greenpeace از فرصت موجود برای مشارکت در این بحث استقبال می کند.

Greenpeace از اتحاد جهانی برای انرژی های غیر متمرکز (WADE) خواست تا طی گزارشی گزینه های انرژی ایران را مشخص کند. در این بررسی مزایای بکارگیری سیاست هایی که استفاده از انرژی های تجدید پذیر، سیستم های انرژی غیر متمرکز و بازده انرژی را ترویج می کنند، نشان داده شده است. این مزایا عبارتند از حفاظت از محیط زیست و سلامت انسان ها و کاهش هزینه های سرمایه گذاری به گونه ای که نیازهای انرژی صنعتی و عمومی ایران تامین شود.

## یافته های اصلی

سه روش موثر برای به حداقل رساندن هزینه ها و آلودگی محیط زیست در بخش انرژی ایران عبارتند از:

- **انرژی غیرمتمرکز** - تولید انرژی در محل نیاز یا نزدیک به آن، شامل تولید همزمان و کارآمد گرما.
- **انرژی تجدیدپذیر** - استفاده از منابع انرژی بادی، خورشیدی، زیست توده (بیوماس) و زمین گرمایی برای رفع نیازهای فزاینده موجود در بخش الکتریسیته.
- **مدیریت تقاضا** - رفع نیازهای خدماتی موجود و در عین حال کاهش نیاز به تولید الکتریسیته - برای نمونه با استفاده از استفاده بهینه از انرژی.

ایران با استفاده از این سیستم ها و با کاهش تولید گازهای گلخانه ای با روش های مقرون به صرفه تر در مقابل روش سنتی تولید متمرکز الکتریسیته می تواند نیازهای آینده انرژی خود را با هزینه کمتری مرتفع سازد و استفاده از گاز طبیعی را کاهش دهد. ایران می تواند بدون استفاده از انرژی هسته ای نیز نیازهای شهروندان و اقتصاد خود را تامین کند و وابستگی خود به سوخت های فسیلی را کاهش دهد. این ها گزینه هایی هستند که می

توانند در ایران مطرح شده و مورد بررسی قرار گیرند و Greenpeace با کمال میل داده‌های این تحقیق و مدل قابل استفاده برای این هدف را در اختیار ایران قرار می‌دهد.

## مساله انرژی

چگونه می‌توان بدون آسیب رساندن به محیط زیست، رفاه اجتماعی و اقتصاد، نیازهای انرژی مردم را تامین کرد؟ مواجهه با خطر تغییرات آب و هوا در زمین مستلزم این است که به سمت استفاده از آن دسته از منابع انرژی برویم که انتشار گازهای گلخانه‌ای را افزایش نمی‌دهند. امنیت ذخایر انرژی مساله‌ای بسیار مهم است؛ چرا که منابع سوخت فسیلی و هسته‌ای محدود هستند و با کاهش این منابع و افزایش قیمت‌ها رقابت تشدید شده و خطر درگیری نظامی بر سر این منابع افزایش می‌یابد. به علاوه، انرژی هسته‌ای خطر ذاتی تکثیر سلاح‌های اتمی را به همراه دارد که فارغ از محل استفاده یا تولید آن است.

## انرژی‌های قابل تجدید در ایران

اگرچه ایران مانند بسیاری از کشورهای خاورمیانه از منابع غنی گاز و نفت برخوردار است، اما به طور فزاینده‌ای نیاز به استفاده از منابع انرژی گوناگون را احساس می‌کند تا امنیت ذخایر انرژی خود را تضمین نموده و هزینه‌های انرژی را در حد ثابتتری حفظ کند. فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر در کنار سیستم‌های انرژی غیرمتمرکز و برنامه‌های استفاده بهینه از انرژی، گزینه‌های واقعی موجود هستند که بر خلاف سوخت‌های متعارف بر محیط زیست اثر منفی نمی‌گذارند.

در بررسی که توسط سازمان انرژی‌های نو ایران وابسته به وزارت نیرو انجام شده است، مشخص گردیده که در این کشور ظرفیت استفاده از انرژی‌های بادی، زیست توده (بیوماس)

---

و زمین گرمایی بسیار زیاد است. همچنین در ایران انرژی خورشیدی به وفور یافت می شود، با ظرفیت  $2,000 \text{ kWh/m}^2$  که بیشتر برای تولید حرارت مورد استفاده قرار می گیرد و در حال حاضر از سیستم های فوتوولتائیک در کشاورزی و در نواحی دورافتاده استفاده می شود.

جدول 1: ظرفیت استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر نو در ایران

فناوری	ظرفیت	پیش بینی ظرفیت در سال 2030
انرژی بادی	6,500 Mwe	2,000 Mwe
انرژی زیستی	22,000 MWth	نامعلوم
انرژی زمین گرمایی	1,000 MWe	260 MWe

IEA, 2005; WÜPPERTAL INSTITUT, 2006.

## مدل انرژی

مدل WADE یافته های را در مورد هزینه های سرمایه گذاری، هزینه های الکتریسیته تامین شده، انتشار دی اکسید کربن و آلاینده های دیگر، مصرف سوخت و تولید الکتریسیته برای یک سناریوی مبنا و چندین سناریوی حساس دیگر ارائه می دهد. در هر یک از این سناریوها یافته های مربوط به تولید متمرکز (CG) با یافته های مربوط به نسبت های مختلف تولید غیر متمرکز مقایسه می شوند.

فناوری های انرژی غیرمتمرکز (DE) آن دسته از سیستم های تولید انرژی را شامل می شوند که گرما و الکتریسیته را در محل مصرف یا محلی نزدیک به آن تولید می کنند. این فناوری ها عبارتند از: تولید همزمان الکتریسیته و گرما با بازده بالا، سیستم های انرژی تجدیدپذیر نصب شده در محل و سیستم های بازیافت انرژی شامل سیستم هایی که در آن ها از ضایعات گازی، ضایعات گرمایی و افت فشار برای تولید

الکتریسیته در محل استفاده می شود. WADE چنین سیستم هایی را فارغ از ابعاد پروژه، سوخت، فناوری و یا شبکه ای یا غیرشبکه ای بودن این سیستم ها، در زمره فناوری های انرژی غیرمتمرکز طبقه بندی می کند.

در این گزارش شرایط فعلی و طرح های سرمایه گذاری های موجود در بخش انرژی ایران به عنوان سنگ بنا در نظر گرفته شده و بر اساس آن مزایای سرمایه گذاری در تولید انرژی های محلی با مقیاس کوچکتر نسبت به مدل فعلی که از تولید متمرکز در مقیاس وسیع بهره می برد، بررسی شده است. همچنین در این تحقیق نشان داده شده است که در صورتی که ایران بخواهد تا سال 2020، 20% نیازهای انرژی خود را از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر تامین کند؛ همان هدفی که اتحادیه اروپا به دنبال آن است؛ چه اتفاقی رخ می دهد.

دو سناریوی مبنا مطرح شده و سپس هر یک از آن ها با استفاده از تعدادی عامل متغیر بسط داده شده اند. در سناریوی اول سیستم الکتریسیته ایران که پیش بینی می شود طی 20 سال آینده شکل گرفته و توسعه یابد، بررسی شده است که همان سناریوی تولید متمرکز (CG) است. در این پیش بینی بیشتر نیازهای الکتریسیته آبی از طریق نیروگاه های توربینی سیکل ترکیبی با سوخت گاز طبیعی (CCGT)، تامین می شود که جایگزین نیروگاه های توربین بخار و توربین های گازی سیکل باز موجود خواهند شد. ظرفیت دیگر تولید عبارت است از نیروگاه های بزرگ برق آبی مانند سد کارون و نیروگاه هسته ای بوشهر با ظرفیت 1 گیگاوات که قرار است در سال 2008 به بهره برداری برسد.

دومین سناریوی مبنا، کاربرد انرژی غیر متمرکز (DE) را بررسی می کند. در این راهکار بخش اعظم نیازهای جدید انرژی توسط موتورهای گازی صنعتی موجود در محل تولید و نیروگاه های تولید همزمان برق و حرارت (CHP) که از سوخت گاز طبیعی و نفت استفاده می کنند، تامین می شود. در آغاز، بخش اعظم تولید در محل فقط به صورت الکتریسیته

خواهد بود، اما طی دوره زمانی 20 ساله سهم تولید همزمان برق و حرارت در نیروگاه های CHP در میان نسل جدید روش های تولید انرژی افزایش خواهد یافت، به گونه ای که پس از 20 سال، 20% ظرفیت کل CHP به بهره برداری می رسد. همچنین در این سناریو سهم اندک اما در حال افزایش تولید همزمان انرژی زیست توده (بیوماس) و دیگر انرژی های تجدید پذیر در رفع نیازهای آتی الکتریسیته مورد توجه قرار گرفته است.

سپس این دو سناریوی مبنا بر اساس دو متغیر مهم که بر تولید انرژی تاثیرگذار هستند، ارزیابی می شوند. متغیر اول به نحوه تاثیر رشد اندک و قابل توجه بر بهای سوخت در دو سناریوی مبنا توجه دارد. دومین متغیری که بررسی می شود، رشد تقاضای الکتریسیته است که در اینجا هم تاثیر رشد اندک و قابل توجه تقاضای الکتریسیته مورد بررسی قرار می گیرد.

بنابراین این بررسی به طیفی از احتمالات آینده نظر دارد. از یک مدل متداول تا تغییر نگرش تدریجی به سوی انرژی های تجدید پذیر و غیر متمرکز. این تغییرات برای ظرفیت **جدید** تولید انرژی ایران پیشنهاد شده اند و نه برای روش های تولید انرژی موجود.

## یافته ها

**یافته 1:** تولید غیرمتمرکز نسبت به روش های متداول تولید متمرکز، می تواند نیازهای الکتریسیته ایران در آینده را با 13% هزینه کمتر تامین کند.

جدول 2: صرفه جویی بالقوه در هزینه های سرمایه گذاری و هزینه های عرضه برق در روش DE

در صد کاهش هزینه	صرفه جویی DE	100% DE	100% CG	
13%	5.4	35.3	40.7	هزینه های سرمایه گذاری (میلیارد دلار)
17%	0.30	3.84	4.14	هزینه های عرضه برق (سنت/کیلووات ساعت)

WADE, 2007

**یافته 2:** با توجه به بازده بالایش می تواند مصرف گاز طبیعی در تولید الکتریسیته در ایران را سالیانه به میزان 54 TWH کاهش دهد و امکان استفاده های دیگر از گاز طبیعی در داخل کشور یا صادرات آن را فراهم سازد.

CHP گازی در مقایسه با نیروگاه های برق متمرکز گازی بازده بیشتری دارد زیرا گرمای خروجی در همان محل مورد استفاده قرار می گیرد (که در غیر اینصورت این گرما تلف می شود)، بدینسان مصرف گاز کاهش می یابد.

**یافته 3:** ظرفیت استفاده از CHP با سوخت گاز و نفت در ایران بسیار زیاد است که در نتیجه بکارگیری آن به طور ملموس در هزینه ها صرفه جویی شده و انتشار مواد آلاینده کاهش می یابد.

نتایج مطالعات نشان می دهد که استفاده از ظرفیت تولید همزمان در تاسیسات تجاری و صنعتی با سوخت گاز و نفت می تواند در مقایسه با سناریوی مبنای تولید متمرکز، هزینه های الکتریسیته را کاهش دهد. با استفاده از یک سوم ظرفیت موجود می توان هزینه های الکتریسیته را در مقایسه با سناریوی مبنای 17% کاهش داد.

**یافته 4:** از آنجا که سناریوی DE در حالت کلی ارزان تر است، این روش در کاهش دی اکسید کربن ناشی از تولید

الکتریسیته، در مقایسه با سیستم متمرکز متعارف که در آن از تعداد زیادی توربین‌های گازی سیکل ترکیبی استفاده می‌شود، مقرون به صرفه تر است.

با توجه به کارآیی بیشتر تولید غیرمتمرکز، در هزینه‌ها صرفه‌جویی می‌شود، چرا که با کاهش نیاز به انتقال از اتلاف انرژی در شبکه جلوگیری شده و امکان استفاده همزمان از گرما و الکتریسیته تولیدی فراهم می‌شود. کاهش نیاز به انتقال انرژی به معنای کاهش طول شبکه انتقال الکتریسیته به محل مصرف است و بنابراین هزینه‌های سرمایه‌گذاری در شبکه کمتر خواهد بود. در این تحقیق میزان سرمایه‌گذاری در شبکه‌های انتقال و توزیع تا سال 2024 در سناریوی مبنای سیستم متمرکز 10/1 میلیارد دلار است، اما در تولید غیرمتمرکز تنها 5/2 میلیارد دلار خواهد بود.

**یافته 5:** پیش‌بینی تمهیدات لازم در زمینه مدیریت تقاضا می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای هزینه‌ها، انتشار مواد آلاینده و مصرف سوخت را کاهش دهد.

افزایش تقاضا مهم‌ترین پارامتر موجود است. سناریوهای حساس به مدیریت تقاضا نشان می‌دهند که با استفاده از مدیریت تقاضا می‌توان رشد تقاضا در آینده را سالیانه به میزان 2/4٪ کاهش داد که در نتیجه آن هزینه‌های سرمایه‌گذاری و مصرف سوخت به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد. مدیریت تقاضا با استفاده از روش‌های مختلف و به ویژه مصرف بهینه انرژی نیازهای خدماتی را مرتفع می‌سازد. در مقابل مدیریت عرضه تنها ذخایر بیشتری را تامین می‌کند تا پاسخگویی نیازها باشد. همچنین انتشار دی‌اکسید کربن نسبت به سناریوهای مبنای 8/6 درصد کاهش می‌یابد.

جدول 3: سناریو های هزینه های سرمایه گذاری، انتشار دی اکسید کربن و مصرف گاز و افزایش میزان تقاضا

سناریو	هزینه های سرمایه گذاری (میلیارد دلار)	انتشار دی اکسید کربن (Mt/yr)	مصرف گاز طبیعی (TWh/yr)
سناریوی مینا- تولید متمرکز	40.7	84.35	446
سناریوی مینا- تولید غیرمتمرکز	35.3	84.14	392
تقاضای اندک – تولید متمرکز	31.0	75.76	375
تقاضای اندک – تولید غیرمتمرکز	26.7	75.66	336
تقاضای زیاد – تولید متمرکز	69.9	110.67	665
تقاضای زیاد – تولید غیرمتمرکز	61.5	109.32	559

## خلاصه

ایران با استفاده از تولید غیرمتمرکز انرژی، بکارگیری وسیع تر منابع انرژی تجدیدپذیر فراوان خود و با تغییر در سیاست انرژی خود به منظور ترغیب مدیریت تقاضا، می تواند نیازهای انرژی پیش بینی شده خود را با هزینه پایین تر و ایجاد آلودگی کمتر تامین سازد.

طی 20 سال آینده:

1- روش تولید غیرمتمرکز انرژی در مقایسه با روش های متداول تولید متمرکز می تواند نیازهای الکتریسیته ایران را با هزینه کمتری برآورده کند.

2- روش تولید غیرمتمرکز انرژی در کاهش دی اکسید کربن ناشی از تولید الکتریسیته، در مقایسه با سیستم متمرکز متعارف مقرون به صرفه تر است.

3- در صورتی که 20 درصد الکتریسیته مورد نیاز ایران در سال 2020 از منابع تجدیدپذیر تامین شود، نسبت به سناریوی تولید متداول فعلی، انتشار دی اکسید کربن به میزان 13 درصد کاهش می یابد.

4- روش تولید غیرمتمرکز انرژی میزان مصرف گاز طبیعی در تولید الکتریسیته مورد نیاز ایران را کاهش می دهد و امکان استفاده های دیگر از گاز طبیعی در داخل کشور یا صادرات آن را فراهم می سازد.

5- ظرفیت استفاده از CHP با سوخت گاز و نفت در ایران بسیار زیاد است که در نتیجه با بکارگیری آن به طور ملموس در هزینه ها صرفه جویی شده و انتشار گازهای گلخانه ای و مواد آلاینده دیگر کاهش می یابد.

اصل این گزارش به زبان انگلیسی بوده و به فارسی ترجمه شده است. در صورت وجود هر گونه مغایرت بین نسخه فارسی و انگلیسی، نسخه انگلیسی ملاک عمل است.