



وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر
پروژه ملی انرژی‌های تجدیدپذیر

راهنمای توسعه انرژی تجدیدپذیر



بسمه تعالی

عنوان: راهنمای توسعه انرژی تجدیدپذیر

مشخصات نشر: تهران، ساتبا، ۱۴۰۴

این اثر در نشانی www.satba.gov.ir قابل دسترسی است.

مولفان: صدف ضیائی - شهلا رزاقی

راهنمای توسعه انرژی تجدیدپذیر

عنوان:

صدف ضیائی
شهلا رزاقی

نام پدیدآورندگان:

سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق
(ساتبا)

مشخصات نشر:

دفتر بررسی‌های اقتصادی و تامین منابع مالی

دوم

چاپ:

۱۰۰ عدد

تعداد:

حق چاپ و نشر برای ناشر محفوظ است

فهرست

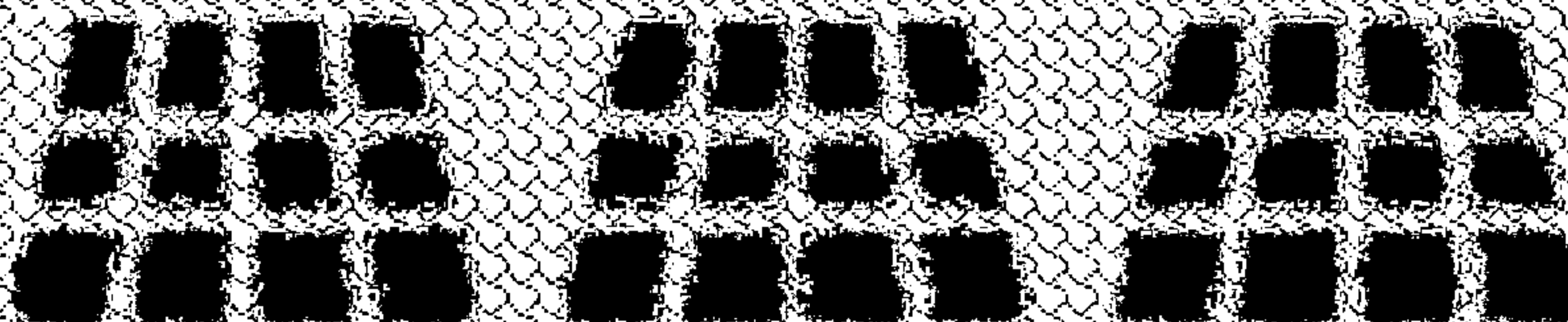
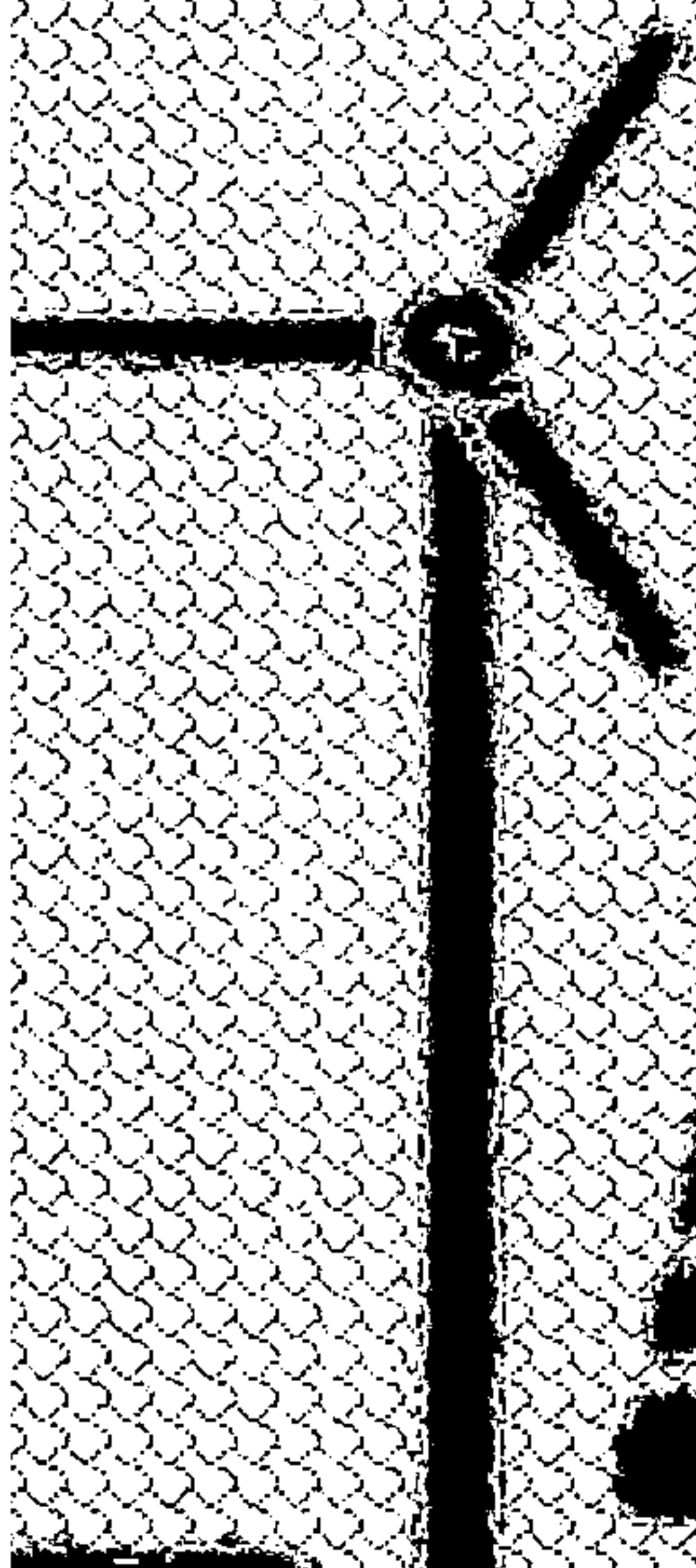
- ❖ آغاز سخن
- ❖ درباره ساتبا
- ❖ مقدمه
- ❖ بخش اول
- بررسی روند تولید برق در جهان
- ❖ بخش دوم
- تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر در ایران
- ❖ بخش سوم
- ضرورت توسعه تجدیدپذیرها در ایران
- ❖ بخش چهارم
- برنامه های دولت جهت توسعه انرژیهای تجدیدپذیر
- ❖ بخش پنجم
- فناوریهای تولید برق تجدیدپذیر
- ❖ بخش ششم
- سرمایه گذاری در تولید برق تجدیدپذیر
- ❖ بخش هفتم
- اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی توسعه تجدیدپذیرها
- ❖ بخش هشتم
- مدلهای مالی موجود جهت توسعه تجدیدپذیرها
- ❖ بخش نهم
- چالشها و موانع توسعه انرژیهای تجدیدپذیر در ایران
- ❖ بخش دهم
- قوانین، مصوبات، مصوبات و آئین نامه های موجود
- ❖ بخش یازدهم
- تامین منابع مالی جهت توسعه نیروگاههای تجدیدپذیر
- ❖ منابع و مآخذ

همچنین در این کتابچه چالش‌ها و موانع پیشرو در توسعه این انرژی‌ها نیز شناسایی و راهکارهای موجود جهت رفع این موانع معرفی گردیده است. از سویی دیگر با معرفی فعالیتهای صورت گرفته در جهان و ایران و اسناد بالادستی و قوانین و مقررات موجود در کشور ایران، اقدامات صورت گرفته توسط مسئولان امر در راستای حمایت از این منبع انرژی نشان داده شده است.

امیداوریم این کتابچه در راستای فرهنگسازی، توسعه انرژیهای تجدیدپذیر براساس پتانسیل کشور، آگاه بخشی، فعالسازی دیتفغان، همراه کردن سیاست گذاران و تسهیل در اجرای فرایند توسعه نیروگاههای تجدیدپذیر موثر واقع گردد.

اگر شما نیز در گروه افرادی هستید که معتقدید توسعه انرژیهای تجدیدپذیر در کشور ما به دلایل و بهانه های متعددی از جمله هزینه های سرمایه گذاری بالا در اجرای پروژه های تجدیدپذیر وجود منابع کافی سوختهای فسیلی در کشور ایران، چندان دغدغه محسوب نمی شود، مطالعه این کتابچه برای شما خالی از لطف نخواهد بود.

در این کتابچه سعی شده است تا با گردآوری اطلاعات جهانی در حوزه تجدیدپذیرها به شکل مصور، به تشریحی از وضعیت جهانی توسعه این انرژیها پرداخته شده و با ارائه دستاوردها و مزایای بدست آمده برای کشورهای مختلف ناشی از توسعه این انرژیها از بعد فنی، اقتصادی، زیست محیطی، امنیت انرژی، اشتغال و غیره اهمیت توجه به این بخش انرژی روشن گردد.



سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)، به منظور ارتقای بهره‌وری انرژی و استفاده هرچه بیشتر از منابع تجدیدپذیر و پاک از طریق فراهم نمودن زیرساخت‌های لازم در کشور و افزایش بهره‌وری عرضه انرژی و کاهش تلفات انتقال، توزیع و مصرف انرژی در کشور و استفاده از روشهای تولید برق تجدیدپذیر و پاک، تشکیل شده است.

برخی وظایف و مأموریت‌های ساتبا:

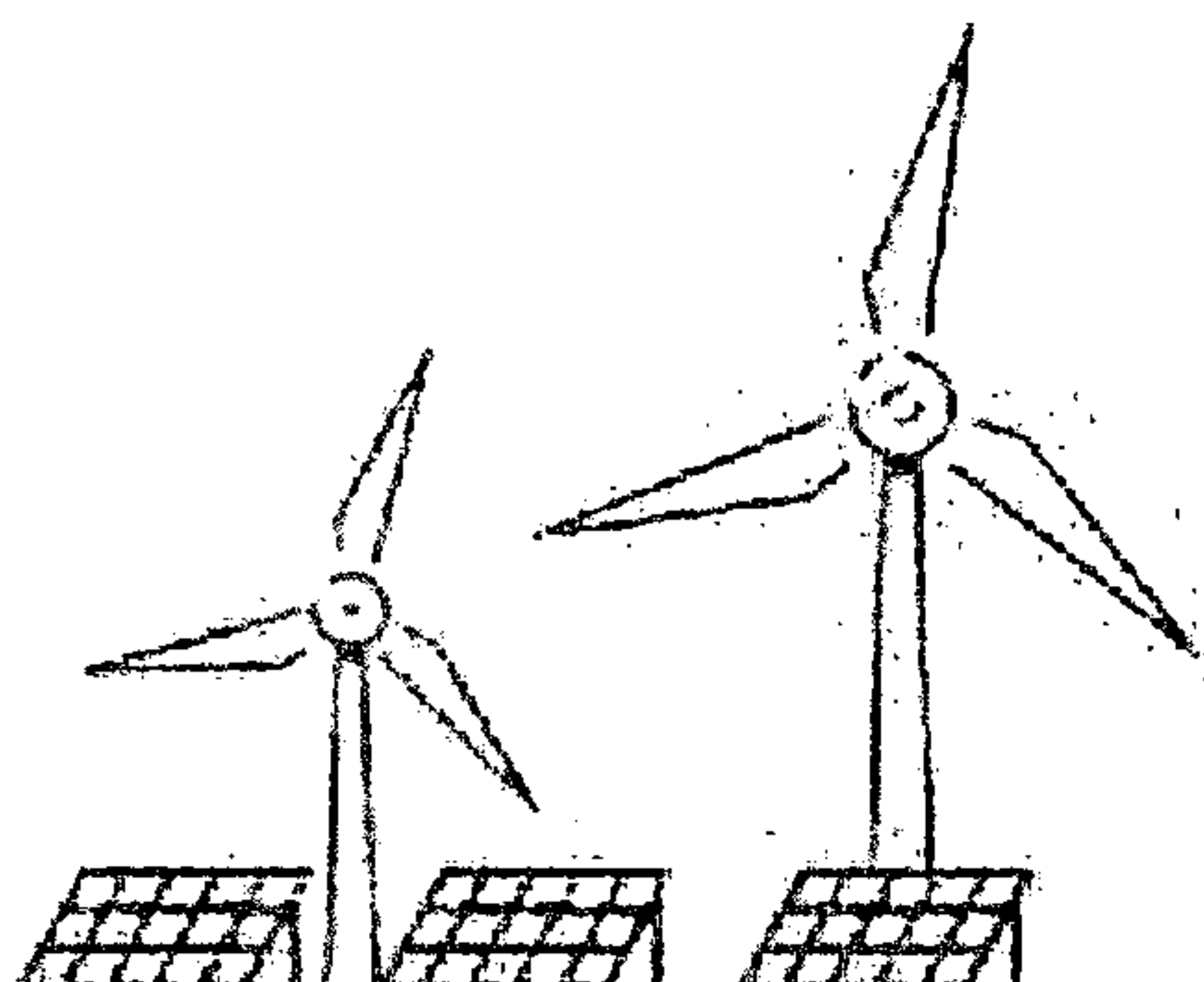
- ارتقای میزان تولید و بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک در حوزه انرژی برق
- بکارگیری بخش خصوصی و حمایت از مشارکت آنان در تدوین سیاست‌های تشویقی
- عملیاتی نمودن استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در سطح صنعتی
- انجام وظایف دولت برای تحقق اهداف سازمان
- و ارتقای بهره‌وری انرژی الکتریکی در سطح کشور از طریق سیاست‌گذاری، تنظیم‌گری، تسهیل و مدیریت اجرای طرح‌های مرتبط

در سالهای اخیر سیاستها و برنامه های متنوعی در دستور کار ساتبا قرار گرفته و تلاش شده است تا تدوین برنامه های راهبردی زیربنایی و تصویب قوانین موثر، بستر مناسبی جهت توسعه انرژیهای تجدیدپذیر و بومی سازی فناوریهای مربوطه با بهره گیری از پیشرفته ترین فناوریها فراهم گردد.

با مروری بر اقدامات و تلاشهای صورت گرفته در ساتبا تا فروردین ۱۴۰۴، ظرفیت نیروگاههای تجدیدپذیر به ۱۶۳۸ مگاوات رسیده است. سهم نیروگاههای بادی، خورشیدی، زیست توده، برق آبی و توربین انبساطی به ترتیب ۲۳، ۶۹، ۲، ۶ و ۱ درصد بوده است.

میزان تولید برق ناشی از ظرفیت اعلام شده در حدود ۱۴۳۹۰ میلیون کیلووات ساعت برآورد شده است که باعث کاهش ۳۱۶۶ میلیون لیتر مصرف آب، ۸۸۶۲ هزار تن گازهای گلخانه ای و ۳۹۹۲ میلیون مترمکعب مصرف معادل گاز طبیعی خواهد شد.

امید است، با برنامه های ساتبا تا پایان سال ۱۴۰۷، میزان ظرفیت نیروگاههای تجدیدپذیر به ۳۰ هزار مگاوات برسد.



رشد روزافزون نیاز به انرژی الکتریکی و محدودیت ذخایر انرژی فسیلی و همچنین ضرورت حفاظت از محیط زیست و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای جهت نیل به اهداف توسعه پایدار منجر به افزایش رویکرد کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه به انرژیهای تجدیدپذیر شده است.

توسعه انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه، برای برآوردن تقاضای رو به رشد انرژی و در کنار آن دستیابی به اهداف کربن زدایی جهانی بسیار حائز اهمیت است.

ایران، یکی از غنی ترین کشورهای جهان درخصوص دسترسی به منابع متنوع انرژیهای تجدیدپذیر می باشد. وجود پتانسیلهای قابل توجه جهت احداث نیروگاههای تجدیدپذیر بیانگر لزوم توجه به این نعمت خدادادی بوده و لزوم برنامه ریزی جهت دستیابی به اهداف توسعه را دوچندان می نماید.

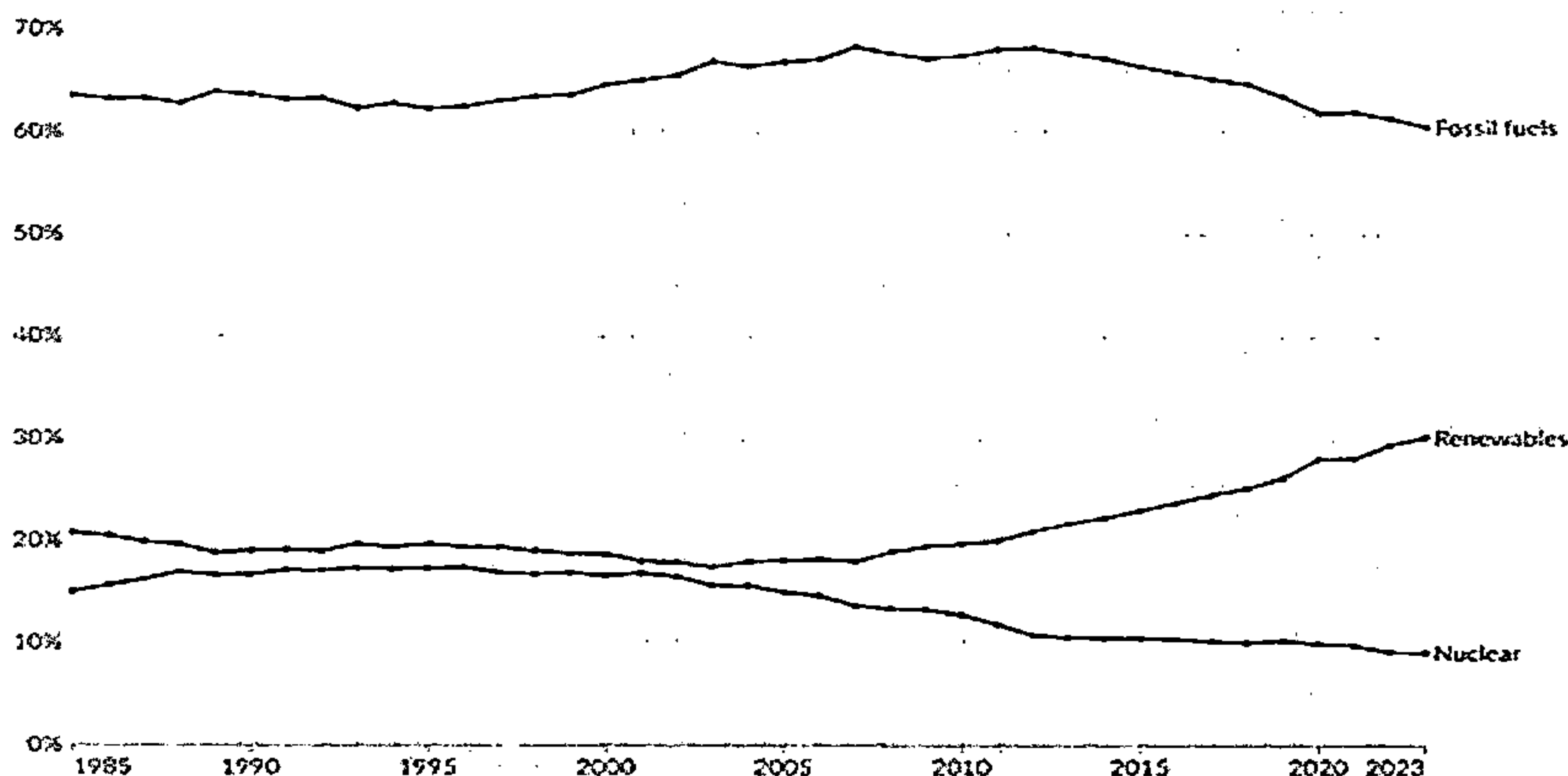
در شرایطی که بحران اقلیمی و رشد فزاینده مصرف انرژی فشار مضاعفی بر زیرساختهای موجود در کشور وارد کرده است، ادامه وضعیت فعلی می تواند کشور ایران را با بحرانهای عمیق تری مواجه سازد. اکنون بیش از هر زمان دیگری زمان آن رسیده است که به جای تکیه بر سوختهای فسیلی، به منابع انرژی تجدیدپذیر نگاه ویژه ای گردد.



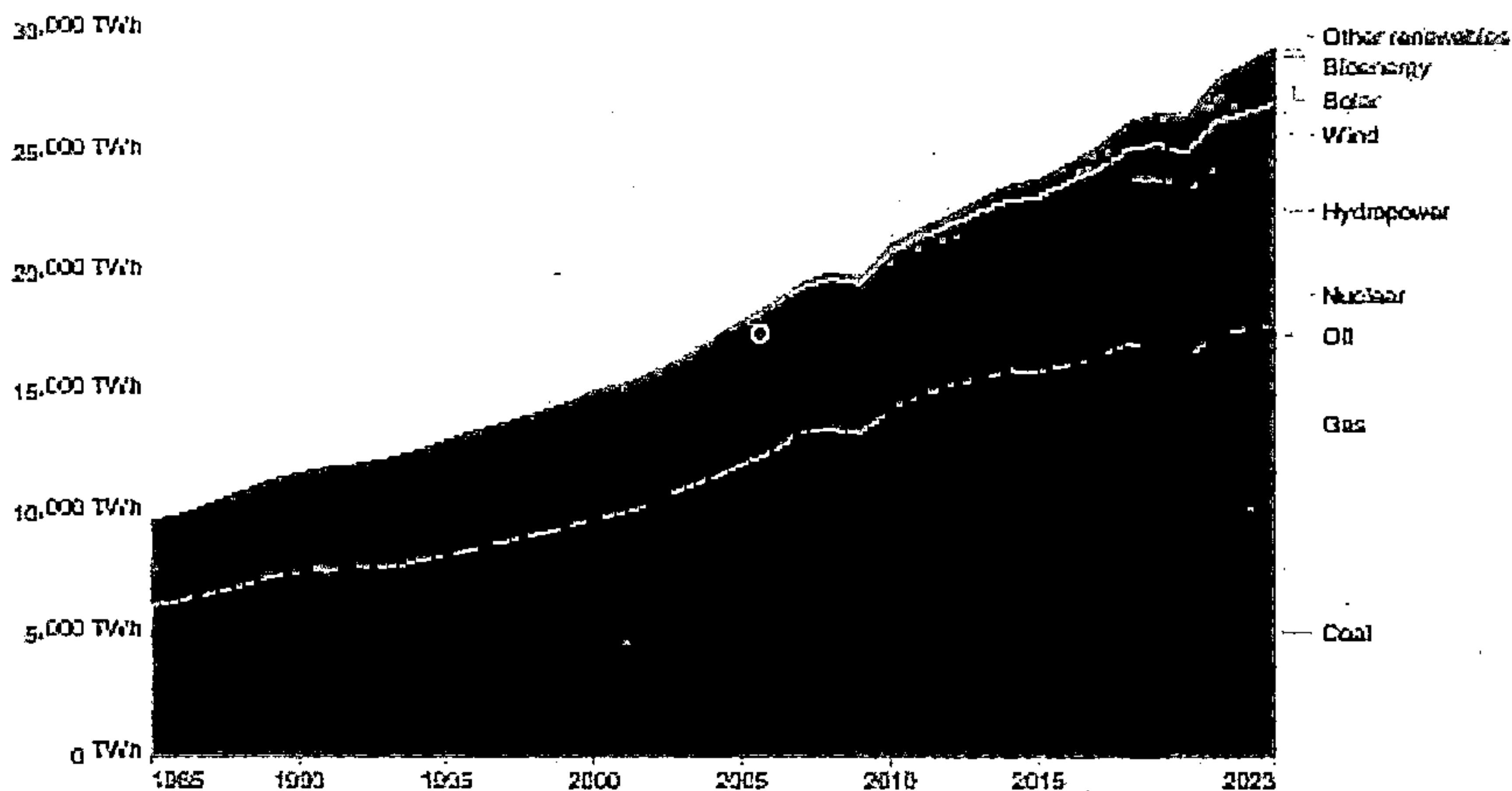
بررسی روند تولید برق در جهان

تولید برق در جهان

از گذشته تاکنون تامین برق از چالش‌های اساسی کشورها بوده است. از دیرباز منابع انرژی فسیلی به عنوان یکی از مهمترین منابع مورد استفاده جهت تولید انرژی برق محسوب شده است.



شکل ۱-۱- روند تولید برق در جهان



شکل ۱-۲- روند تولید برق در جهان به تفکیک نوع منبع

تولید برق از منابع مختلف انرژی رو به رشد بوده است و در سطح جهانی، زغال سنگ و پس از آن گاز طبیعی، بزرگترین منبع تولید برق است. از بین منابع کم کربن، برق آبی و هسته‌ای بیشترین سهم را در این سالها داشته اند؛ اگرچه که انرژی بادی و خورشیدی نیز به سرعت در حال رشد هستند.

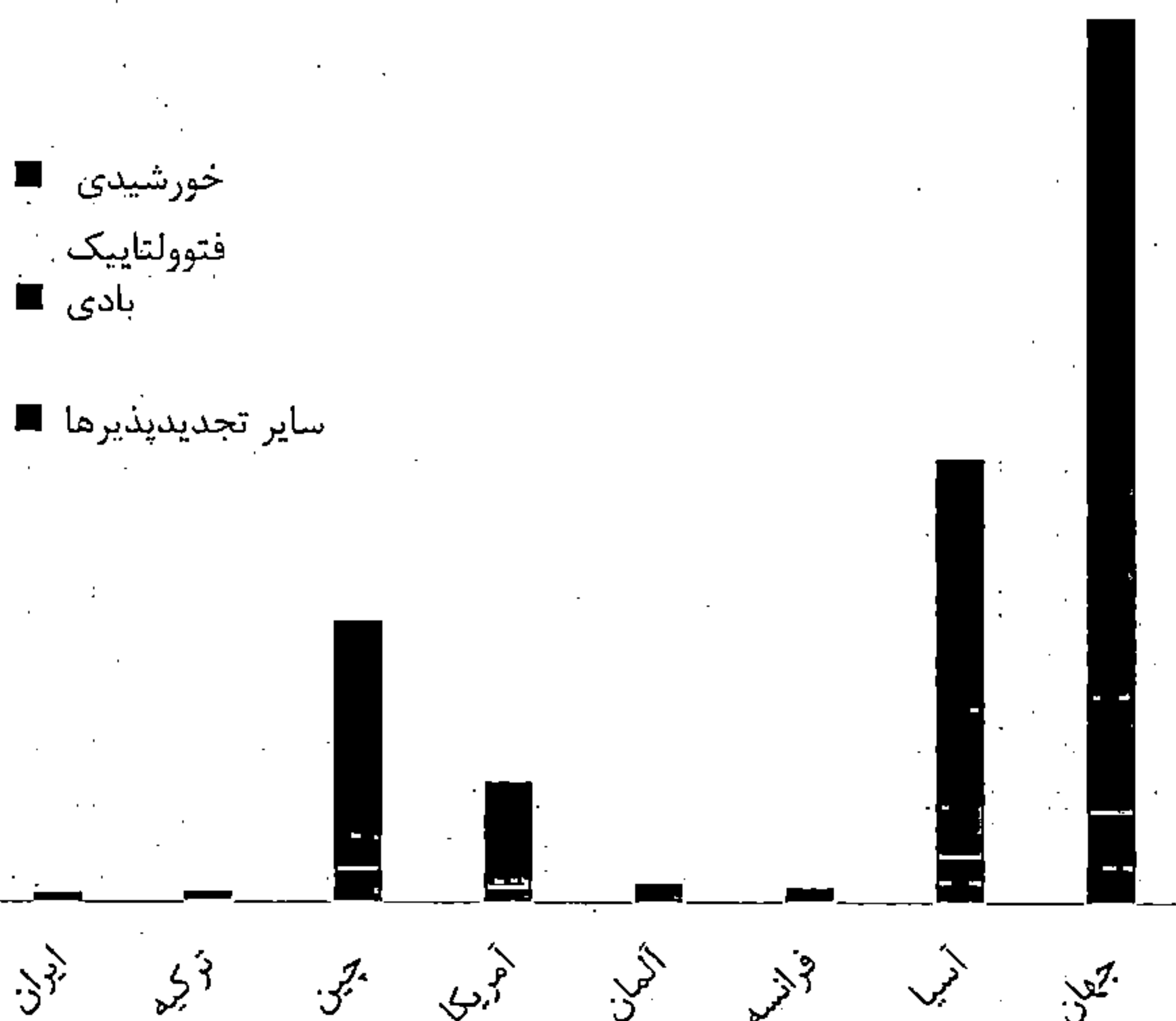


وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر
و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

تولید برق کشورهای منتخب به تفکیک نوع منبع انرژی

ایران	ترکیه	چین	آمریکا	آلمان	فرانسه	آسیا و اقیانوسیه	جهان
۱,۰۶۱	۲۱,۰۰۰	۵۸۴,۰۰۰	۲۳۹,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	۲۳,۰۰۰	۹۳۹,۰۰۰	۱,۶۲۴,۰۰۰
۰.۲۸٪	۶.۷۷٪	۶.۳۰٪	۵.۶۱٪	۱۱.۱۹٪	۴.۵۸٪	۶.۲۸٪	۵.۵۷٪
۸۵۷	۳۴,۰۰۰	۸۸۶,۰۰۰	۴۲۱,۰۰۰	۱۳۹,۰۰۰	۵۲,۰۰۰	۱,۰۵۹,۰۰۰	۲,۳۲۴,۰۰۰
۰.۲۲٪	۱۰.۹۷٪	۹.۵۶٪	۹.۸۹٪	۲۵.۹۳٪	۱۰.۳۶٪	۷.۰۸٪	۷.۹۸٪
۵۳	۱۶,۰۰۰	۲۰۸,۰۰۰	۷۴,۰۰۰	۵۰,۰۰۰	۱۲,۰۰۰	۴۱۶,۰۰۰	۸۳۶,۰۰۰
۰.۰۱٪	۵.۱۶٪	۲.۲۴٪	۱.۷۴٪	۹.۳۳٪	۲.۳۹٪	۲.۷۸٪	۲.۸۷٪
۱,۹۷۲	۷۱,۰۰۰	۱,۶۷۸,۰۰۰	۷۳۴,۰۰۰	۲۴۹,۰۰۰	۸۷,۰۰۰	۲,۴۱۴,۰۰۰	۴,۷۸۴,۰۰۰
۰.۵٪	۲۳٪	۱۸٪	۱۷٪	۴۶٪	۱۷٪	۱۶٪	۱۶٪
۲۰,۲۱۰	۶۲,۰۰۰	۱,۲۴۲,۰۰۰	۲۴۵,۰۰۰	۲۰,۰۰۰	۵۶,۰۰۰	۱,۸۲۳,۰۰۰	۴,۲۳۶,۰۰۰
۵٪	۲۰٪	۱۳٪	۶٪	۴٪	۱۱٪	۱۲٪	۱۵٪
۲۲,۱۸۲	۱۳۳,۰۰۰	۲,۹۲۰,۰۰۰	۹۷۹,۰۰۰	۲۶۹,۰۰۰	۱۴۳,۰۰۰	۴,۲۳۷,۰۰۰	۹,۰۲۰,۰۰۰
۶٪	۴۳٪	۳۲٪	۲۳٪	۵۰٪	۲۸٪	۲۸٪	۳۱٪
۷,۰۰۰	-	۴۳۳,۰۰۰	۷۷۵,۰۰۰	۶,۷۰۰	۳۲۱,۰۰۰	۷۸۸,۰۰۰	۲,۶۶۶,۰۰۰
۱.۸٪	۰.۰٪	۴.۷٪	۱۸.۳٪	۱.۳٪	۶۳.۹٪	۵.۳٪	۹.۱٪
۳۵۶,۳۳۳	۱۷۷,۰۰۰	۵,۹۲۸,۰۰۰	۲,۵۰۹,۰۰۰	۲۶۳,۰۰۰	۴۰,۰۰۰	۹,۹۴۳,۰۰۰	۱۷,۴۹۸,۰۰۰
۹۲.۳٪	۵۷٪	۶۴٪	۵۹٪	۴۹٪	۸٪	۶۷٪	۶۰٪
۳۸۵,۹۷۵	۳۱۰,۰۰۰	۹,۲۶۷,۰۰۰	۴,۲۵۷,۰۰۰	۵۳۶,۰۰۰	۵۰۲,۰۰۰	۱۴,۹۴۸,۰۰۰	۲۹,۱۴۰,۰۰۰

جدول ۱-۱- تولید برق در کشورهای منتخب در سال ۲۰۲۳ میلادی به تفکیک نوع منبع انرژی (برحسب گیگاوات ساعت)

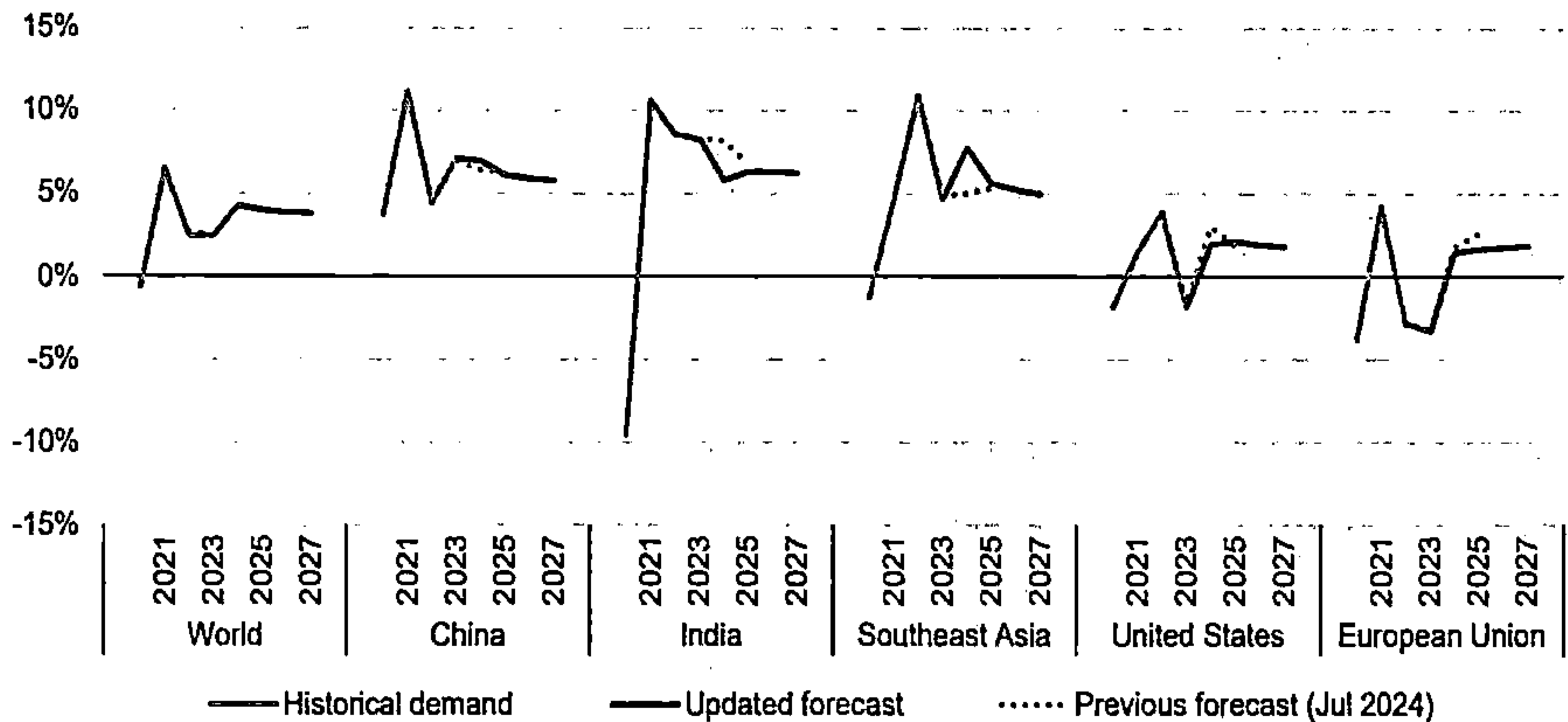


در مقایسه بین کشورها در سال ۲۰۲۳، ایران سهم حدود ۹۲ درصد از برق تولیدی خود را از سوخت‌های فسیلی تامین نموده است. این درحالی است که متوسط جهانی بکارگیری منابع فسیلی در تولید برق در حدود ۶۰ درصد برآورد شده است.

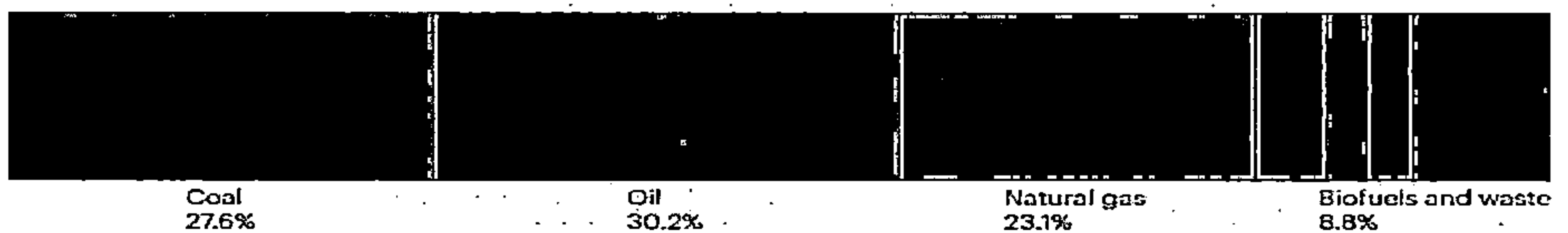
شکل ۱-۳- تولید برق در سال ۲۰۲۳ به تفکیک نوع منبع انرژی

تقاضای برق در نقاط مختلف جهان

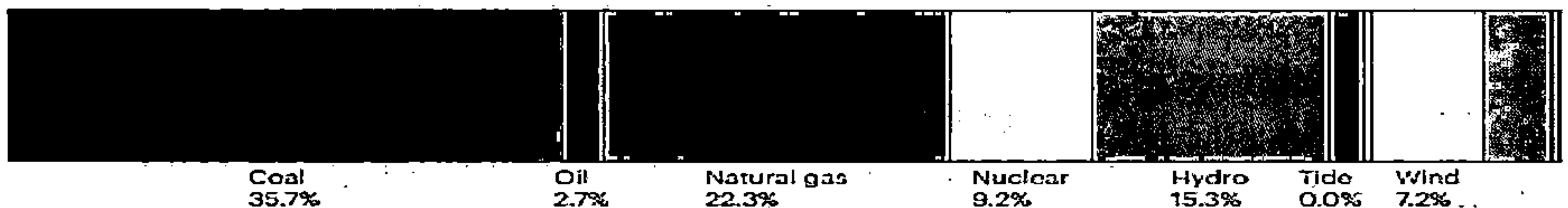
در سال‌های اخیر به دلیل پیشرفت روزافزون تکنولوژی، افزایش دما و سایر پارامترها، تقاضای مصرف برق در نقاط مختلف جهان افزایش یافته است. مصرف برق در سال ۲۰۲۴ حدود ۴/۳ درصد نسبت به سال گذشته افزایش یافته است و انتظار می‌رود که میزان رشد تا سال ۲۰۲۷ به ۳/۹ درصد ادامه یابد.



شکل ۱-۴- تغییر سال به سال رشد تقاضای مصرف برق در نواحی مختلف جهان



شکل ۱-۵- مجموع انرژی عرضه شده در جهان در سال ۲۰۲۲



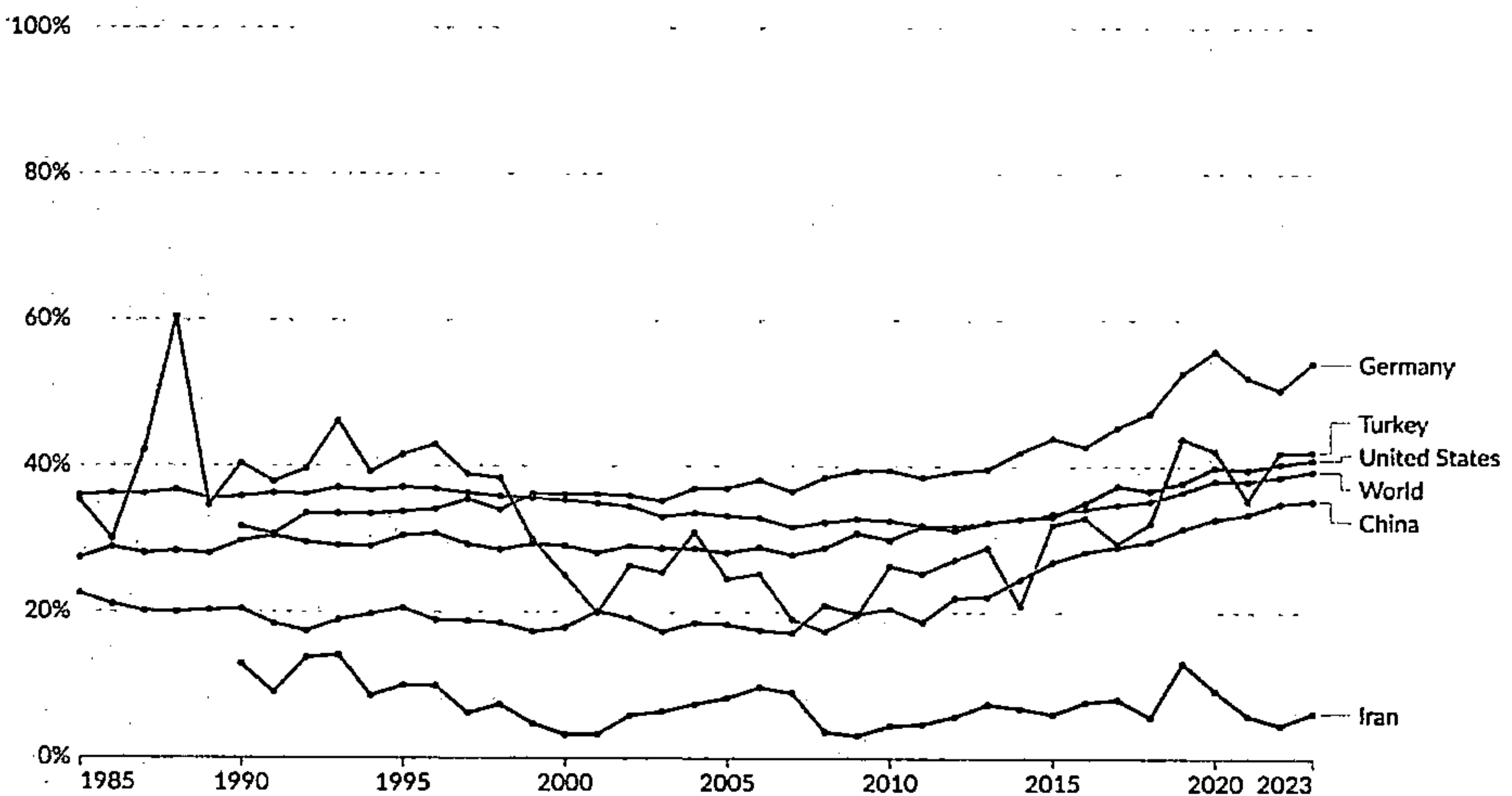
شکل ۱-۶- مجموع برق تولید شده در جهان به تفکیک منبع در سال ۲۰۲۲



شکل ۱-۷- مجموع انرژی مصرف شده در جهان در سال ۲۰۲۲

تولید برق از منابع کم کربن در جهان

در سطح جهانی بیش از یک سوم برق (۲۹/۵٪) از منابع کم کربن تأمین می‌شود. با این حال، بیشتر کشورها آن هنوز از سوخت‌های فسیلی و عمدتاً زغال سنگ و گاز طبیعی برق تولید می‌کنند.



شکل ۱-۸- مقایسه کشورهای مختلف جهان در تولید برق پاک (هسته ای و برق آبی) و تجدیدپذیر

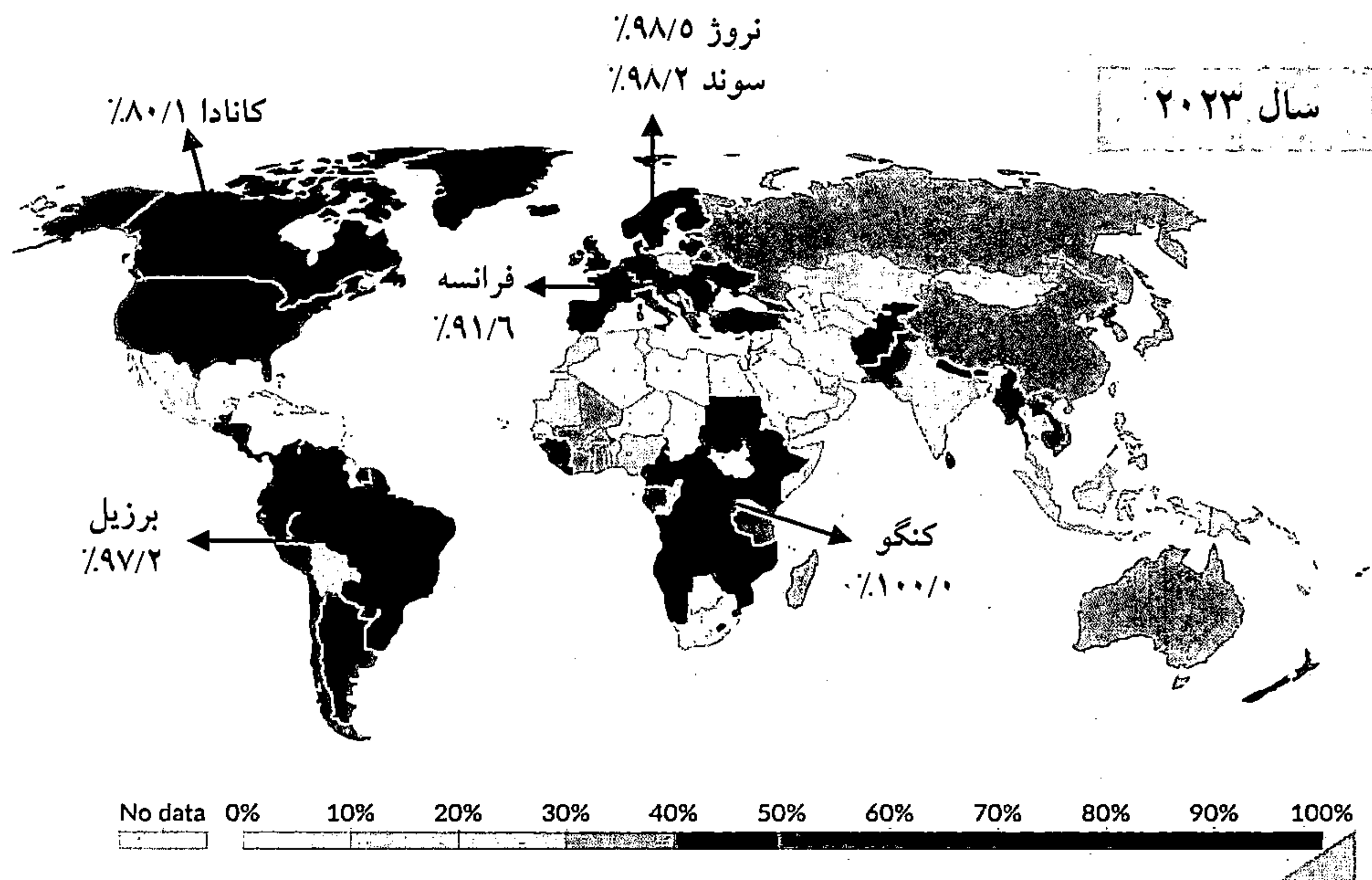
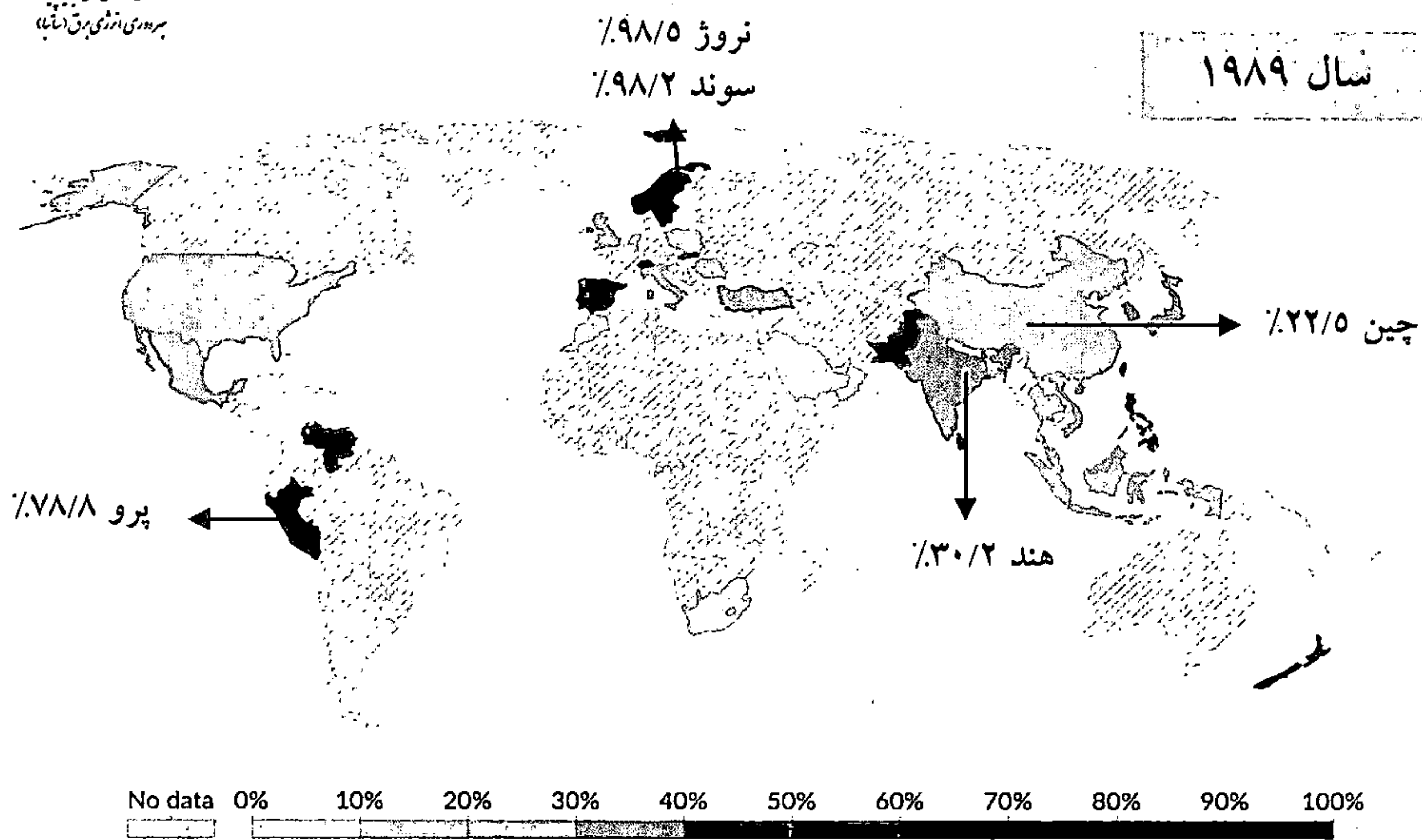
همانطور که مشاهده می‌گردد در سال ۲۰۲۳، ترکیه ۴۲ درصد از برق خود را با استفاده از منابع تجدیدپذیر و پاک تولید کرده است. همچنین کشورهای چین و آلمان نیز به ترتیب ۳۵ و ۵۴ درصد را از تولید برق خود را به انرژی‌های تجدیدپذیر و پاک اختصاص داده‌اند.

در ایران تنها ۶/۲ درصد از تولید برق به منابع کم کربن انرژی تعلق دارد.



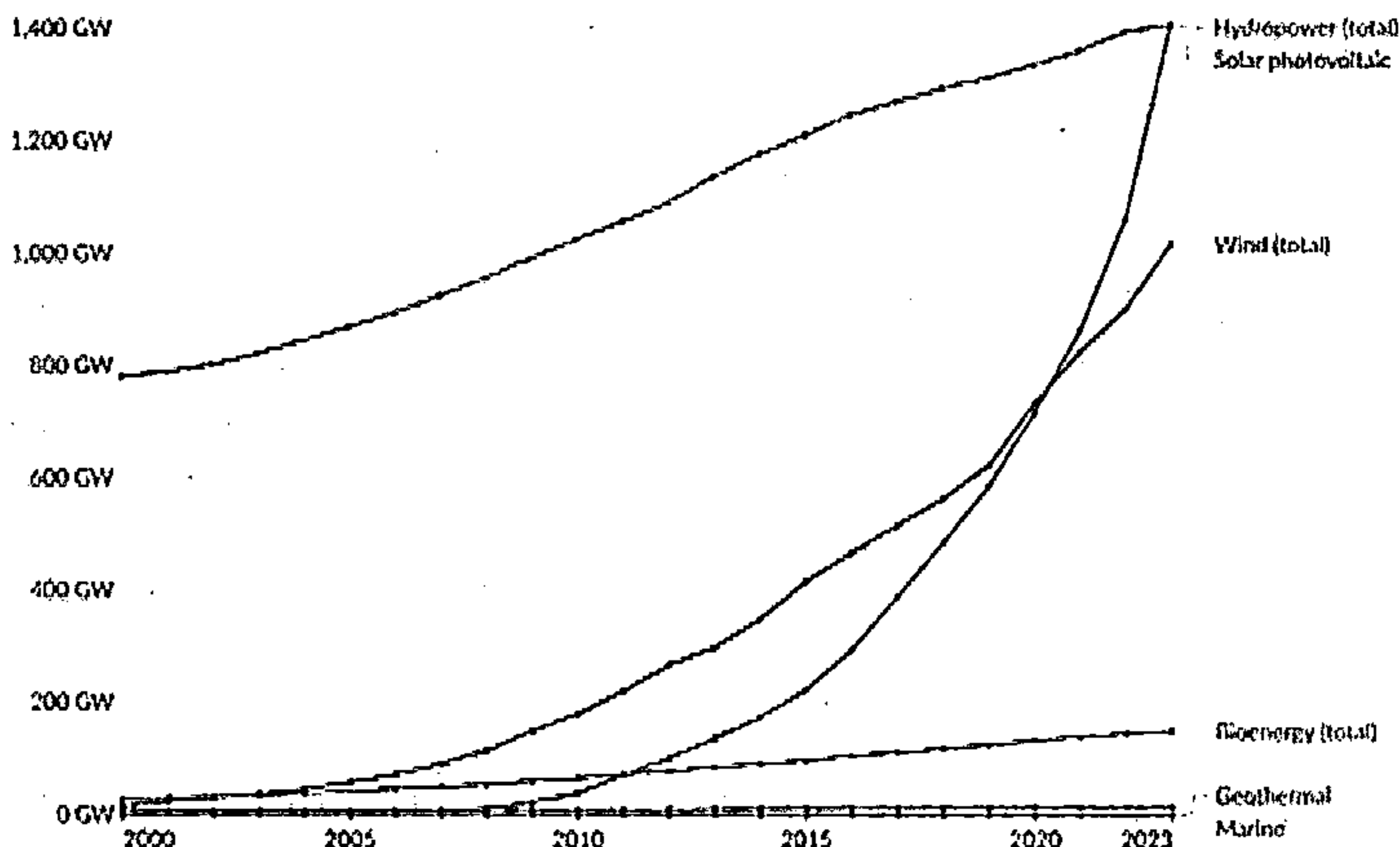
وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بررسی انرژی‌های نو

سهم کشورهای مختلف از تولید برق تجدیدپذیر و پاک



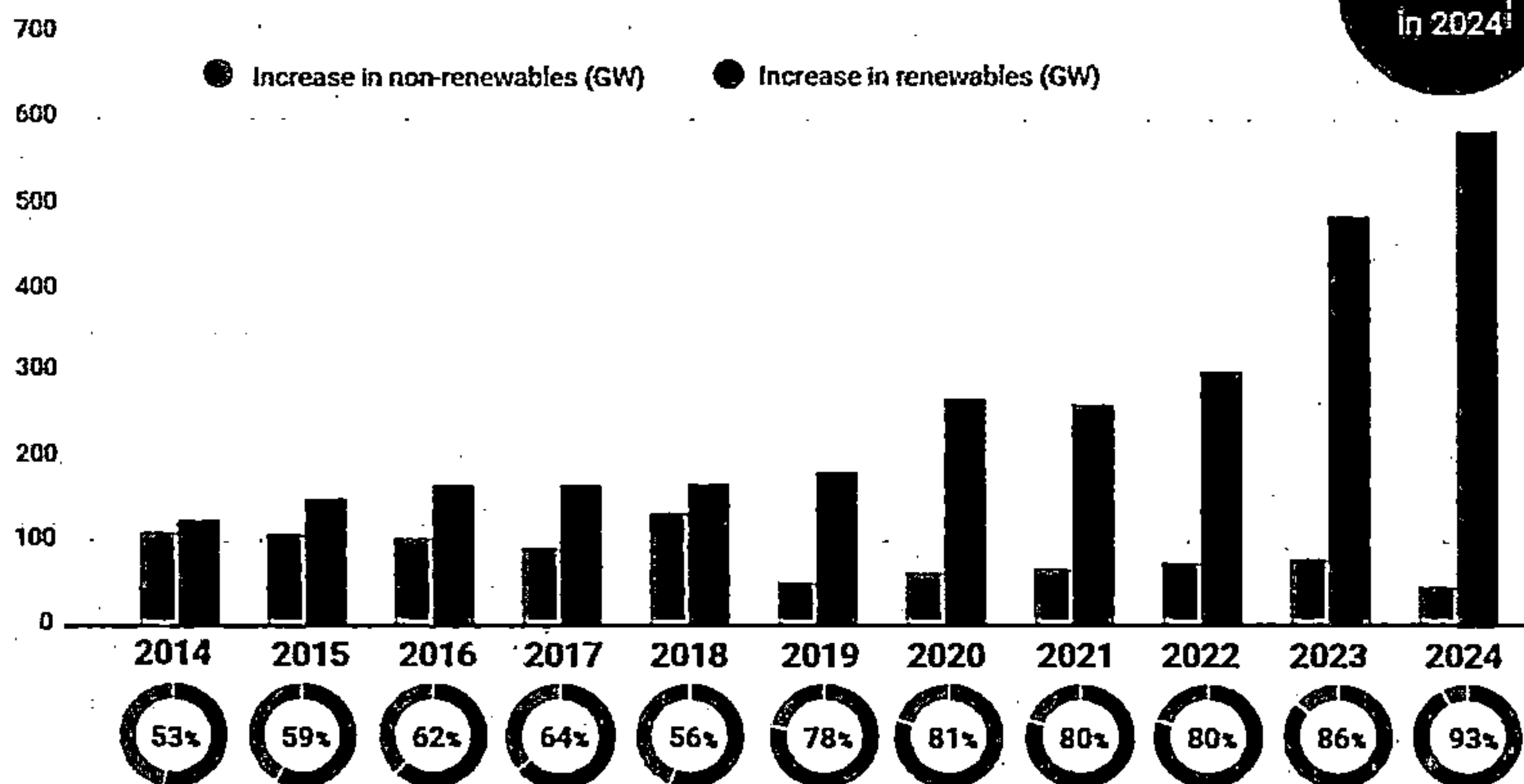
این نقشه ها نشان دهنده تمرکز بیش از بیش کشورها بر تولید برق تجدیدپذیر در سالیان گذشته می باشد.

میزان افزایش تولید برق تجدیدپذیر و پاک در جهان



شکل ۱-۹- تولید برق پاک و تجدیدپذیر به تفکیک نوع منبع انرژی در جهان

Annual capacity installations (GW/yr)

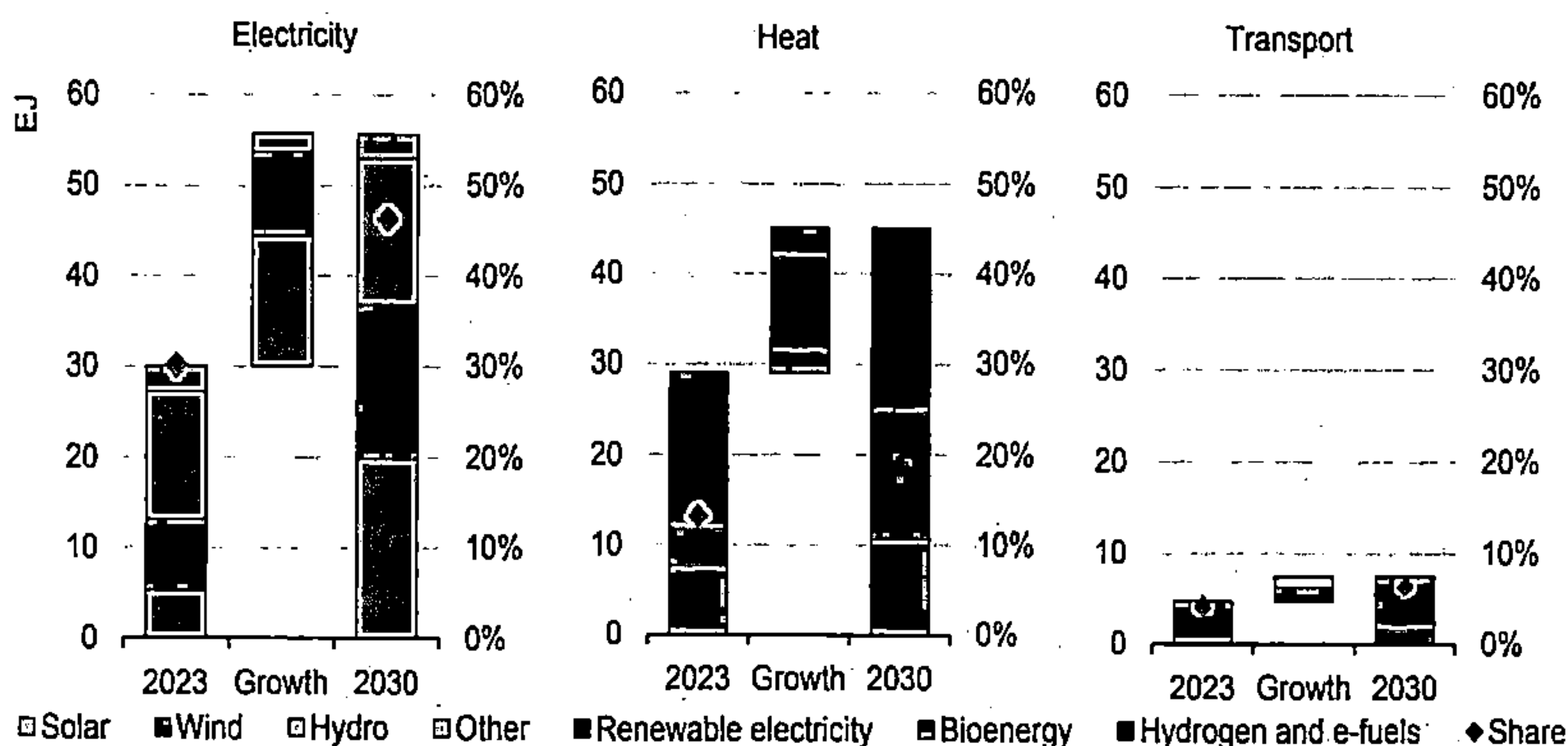


شکل ۱-۱۰- میزان افزایش ظرفیت تولید برق از منابع تجدیدپذیر و تجدیدناپذیر در سال‌های مختلف

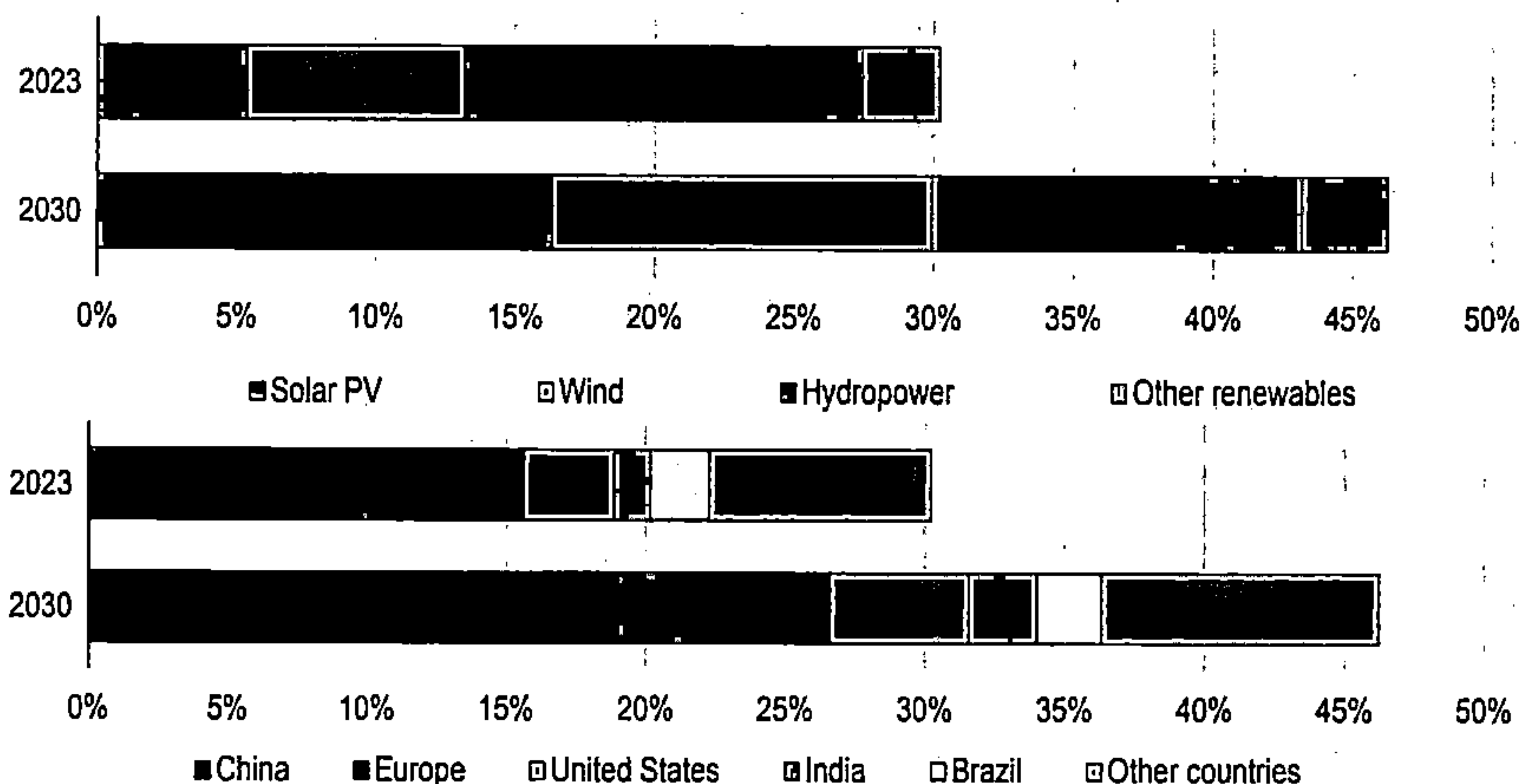
رشد سالانه‌ی ظرفیت منصوبه تجدیدپذیرها در سال‌های اخیر در مقایسه با تجدیدناپذیرها، بسیار چشمگیر بوده است.

پیش بینی تولید برق تجدیدپذیر در جهان

براساس پیش‌بینی‌های انجام شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی، تقاضا برای انرژی‌های تجدیدپذیر در بخش‌های مختلف، از جمله تولید برق، گرمایش و حمل و نقل در جهان تا سال ۲۰۳۰ افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد داشت و این افزایش در بخش برق بسیار چشمگیر خواهد بود. از این رو توجه به ظرفیت‌ها و پتانسیل‌های کشورهای مختلف بسیار حائز اهمیت است.



توسعه بی‌سابقه چین، سهم آن را در تولید انرژی تجدیدپذیر جهانی در سال ۲۰۳۰ دو برابر می‌کند. اروپا و ایالات متحده تقریباً سهم ۱۰ درصدی از تولید برق تجدیدپذیر جهانی در سال ۲۰۳۰ خواهند داشت و پس از آن برزیل و هند قرار دارند که روی هم ۵ درصد سهم دارند.



شکل ۱-۱۱- تولید برق توسط فناوری انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان و کشور/ منطقه



وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

پتانسیل تولید برق تجدیدپذیر در جهان

از جمله موارد مهم در زمینه تدوین و برنامه ریزی کشورها در حوزه تجدیدپذیر، توجه به جغرافیا و آب و هوای آن کشور است. کشورهای مختلف با قرارگیری در نواحی مختلف، دارای مزیت‌های رقابتی در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. در شکل زیر پتانسیل تولید برق از نور خورشید و باد در نقاط مختلف جهان نمایش داده شده است. نقاطی که بیشترین میزان پتانسیل تولید برق را دارند با رنگ تیره در هر دو شکل نشان داده شده‌اند.

Top 10 countries by electricity generation from solar (TWh, 2018)

China	178
US	85
Japan	63
Germany	46
India	31
Italy	23
UK	13
Spain	13
France	11
Australia	10

Solar

Oil and gas reserves
Global horizontal irradiance (watts per sq metre)*
120 150 200 250 300
*A measure of solar power potential, 1997-2009 average

Top 10 countries by electricity generation from wind (TWh, 2018)

China	366
US	276
Germany	110
UK	57
India	55
Spain	51
Brazil	48
Canada	32
France	29
Turkey	20

Wind

Sources: Vaisala, International Renewable Energy Agency, Pro
3- FT

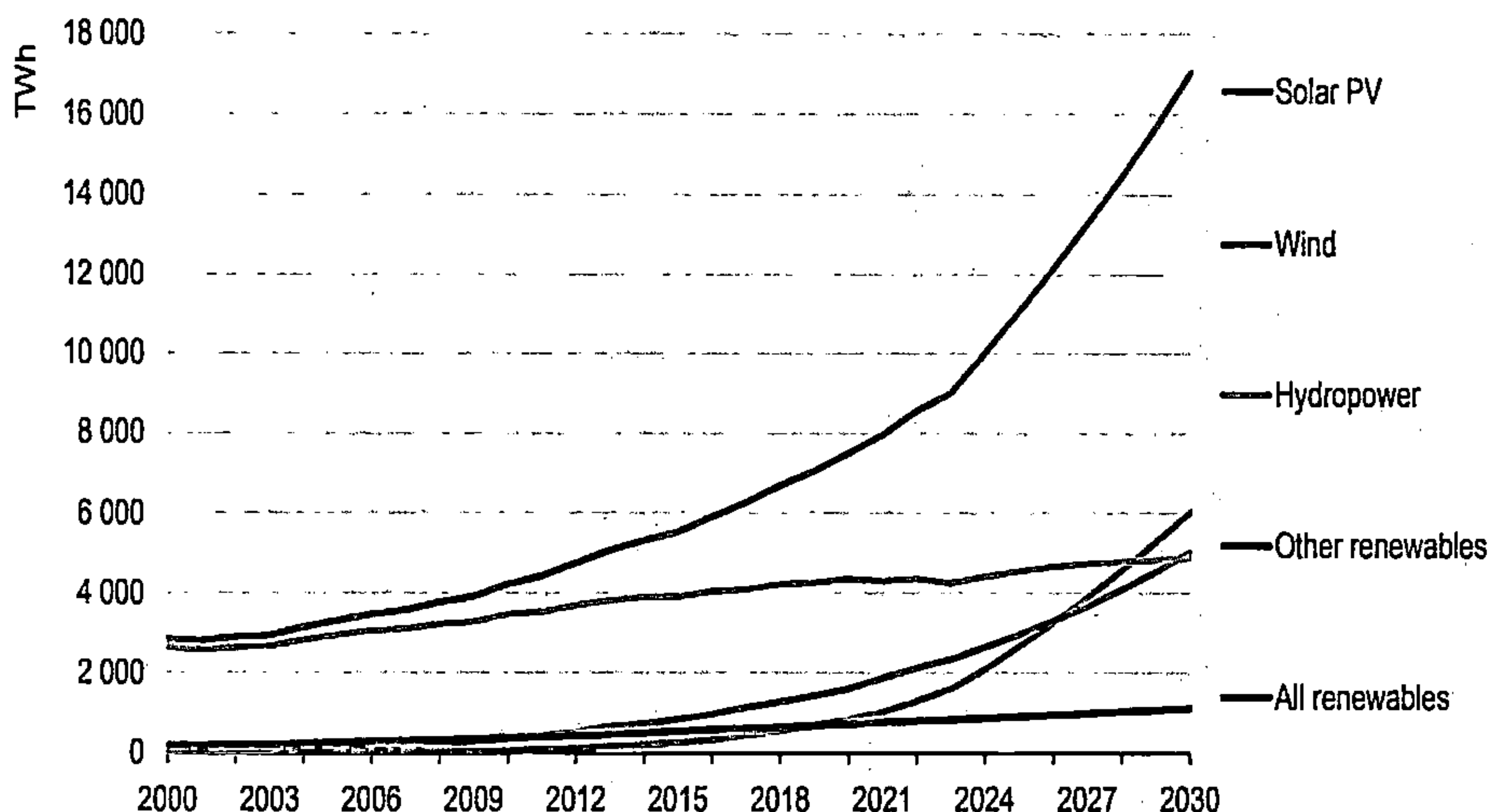
Wind speed km/h**
8 10 15 20 25 30 32
Wind speed m/s**
2 3 4 5 6 7 8 9
**1997-2006 average

Cartography: Steven Bernard

پیش بینی تولید برق از منابع تجدیدپذیر در جهان

انتظار می رود انرژیهای تجدیدپذیر به شرح زیر به چندین نقطه عطف در سالهای آتی دست پیدا کنند:

- در سال ۲۰۲۵، تولید برق مبتنی بر انرژیهای تجدیدپذیر از زغال سنگ پیشی بگیرد.
- در سال ۲۰۲۶، تولید انرژی بادی و خورشیدی هر دو از هسته‌ای پیشی بگیرند.
- در سال ۲۰۲۷، تولید برق خورشیدی از بادی پیشی بگیرد.
- در سال ۲۰۲۹، تولید برق خورشیدی از برق آبی پیشی بگیرد و به بزرگترین منبع انرژی تجدیدپذیر تبدیل می‌شود.
- در سال ۲۰۳۰، تولید برق از نیروگاه‌های بادی از برق آبی پیشی خواهد گرفت.



شکل ۱-۱۲- نمودار وضعیت فعلی برق تولیدی از منابع تجدیدپذیر و پیش بینی روند در ۶ سال آتی



تولید برق از منابع تجدیدپذیر در ایران

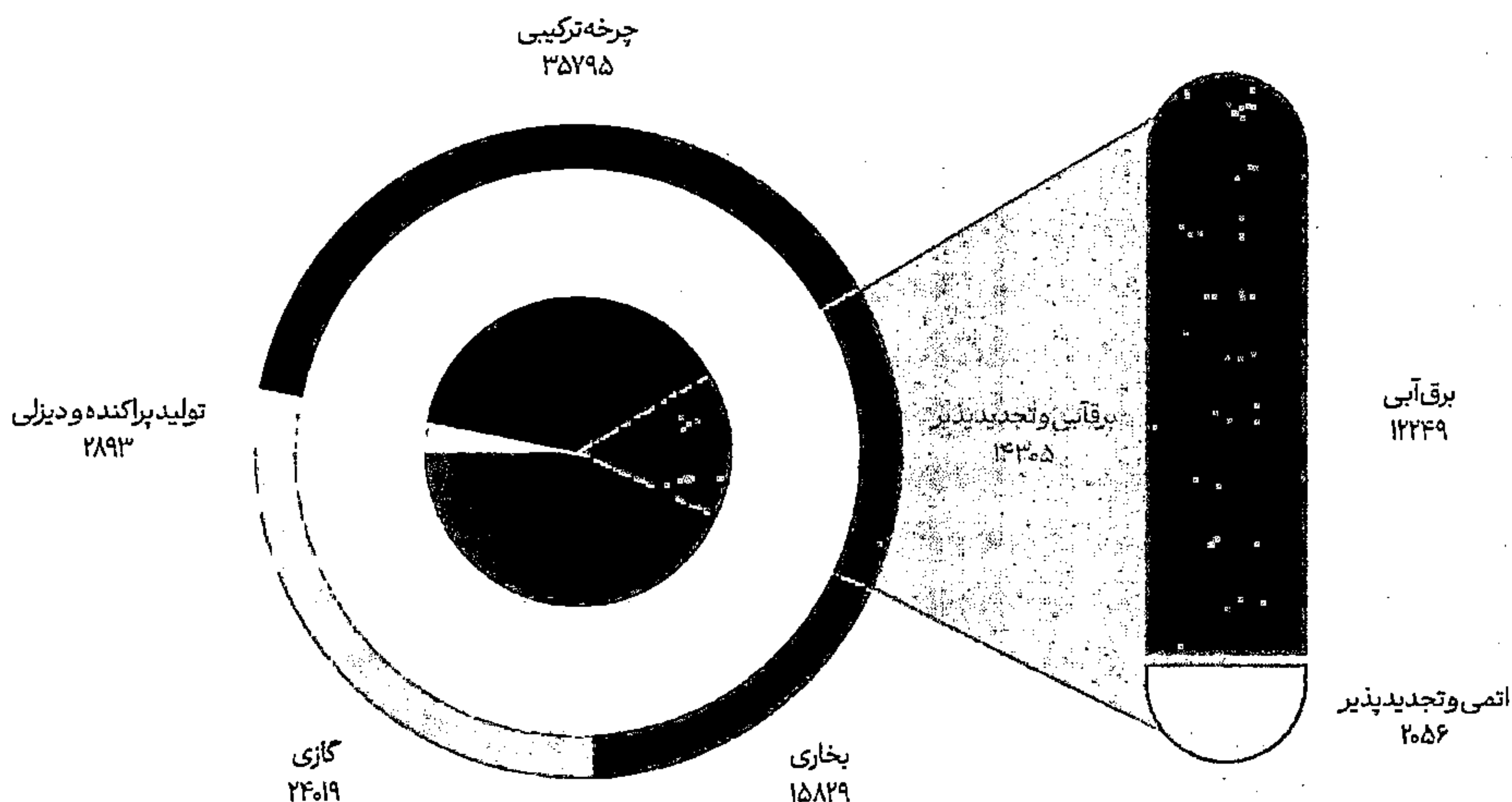
ظرفیت تولید برق به تفکیک نوع نیروگاه‌ها در ایران

در حال حاضر ظرفیت تولید نیروگاه‌های کل کشور حدود ۹۳ هزار مگاوات است که ۸۲ درصد این ظرفیت متعلق به واحد های حرارتی (گازی، بخاری و سیکل ترکیبی) است. ۷۱ نیروگاه گازی، ۲۵ نیروگاه بخاری با ۳۸ نیروگاه سیکل ترکیبی نیروگاه های حرارتی کشور را تشکیل می دهند.

نیروگاه های سیکل ترکیبی با مجموع ظرفیت ۳۵ هزار و ۷۹۵ مگاوات افزون بر ۳۸.۵ درصد، نیروگاه های گازی با ظرفیت ۲۴ هزار و ۱۹ مگاوات، ۲۶ درصد ظرفیت تولید برق، نیروگاه های بخاری با ظرفیت ۱۵ هزار و ۸۲۹ مگاوات، بیش از ۱۷ درصد ظرفیت نصب شده نیروگاه های کشور را در اختیار دارند.

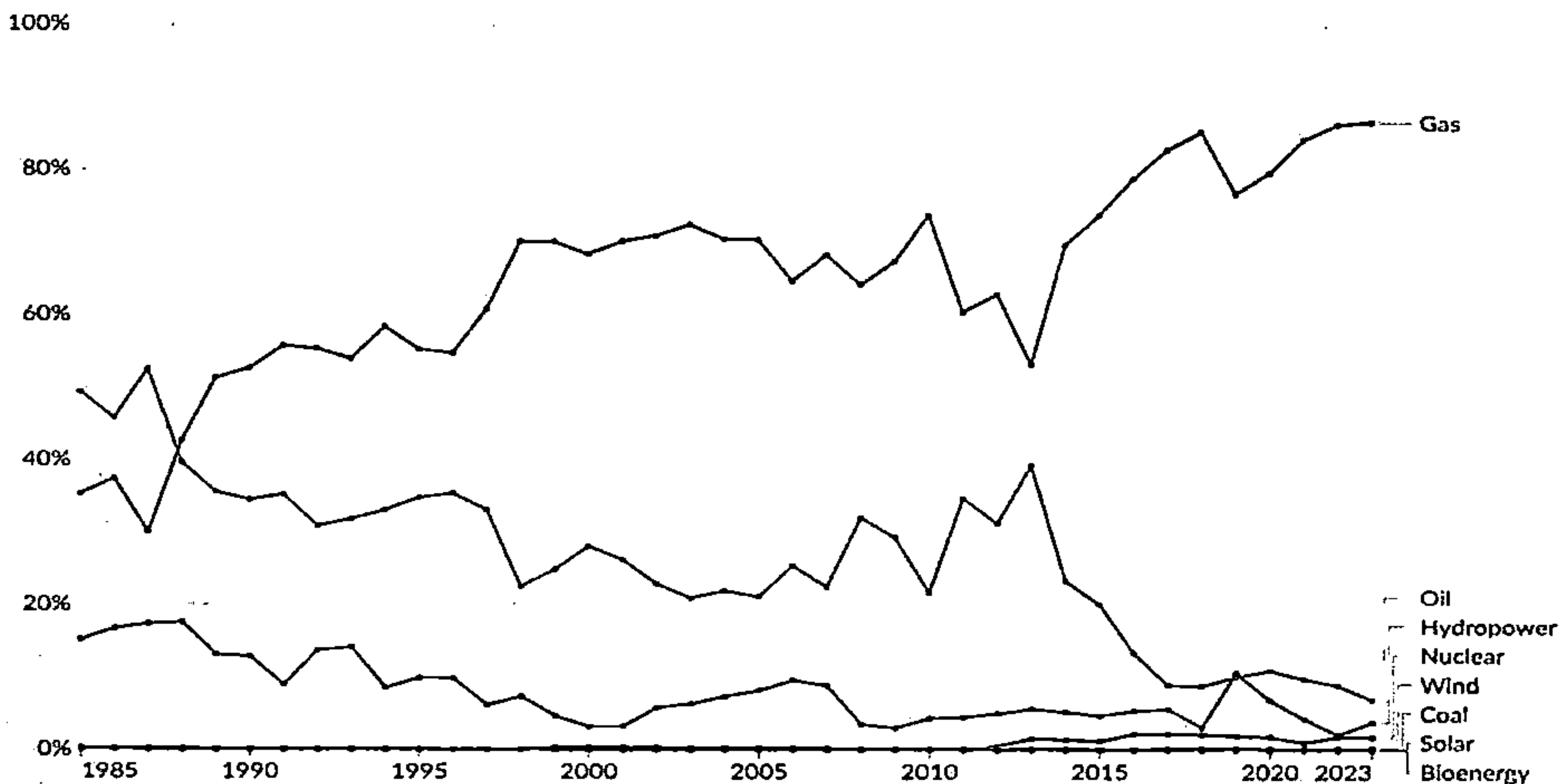
علاوه بر این، نیروگاه های برق آبی نیز با ظرفیت ۱۲ هزار و ۲۴۹ مگاوات بیش از ۱۳ درصد ظرفیت نیروگاه های کشور را به خود اختصاص داده اند.

نیروگاه های تولید پراکنده با ظرفیت ۲۴۸۵ مگاوات، نیروگاه اتمی با ظرفیت ۱۰۲۰ مگاوات و واحد های دیزلی نیز با ظرفیت ۴۰۵ مگاوات بخش دیگری از ظرفیت تولید برق در کشور هستند.

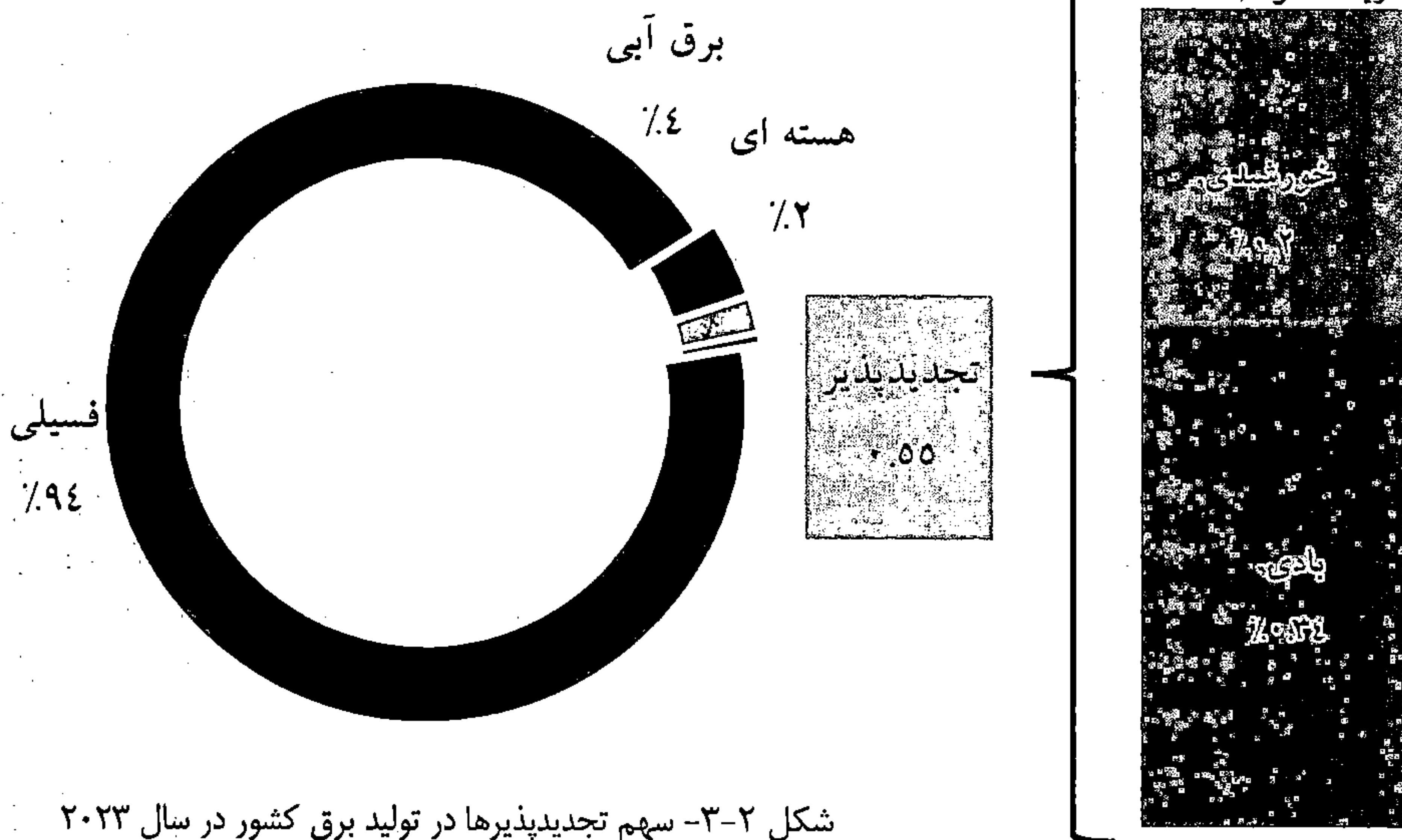


شکل ۱-۲- ظرفیت تولید برق از منابع مختلف انرژی در سال های مختلف در سال ۱۴۰۲

سهم انرژیهای مختلف در تولید برق در ایران



شکل ۲-۲- تولید برق در ایران به تفکیک نوع منبع در سال ۲۰۲۳



شکل ۲-۳- سهم تجدیدپذیرها در تولید برق کشور در سال ۲۰۲۳

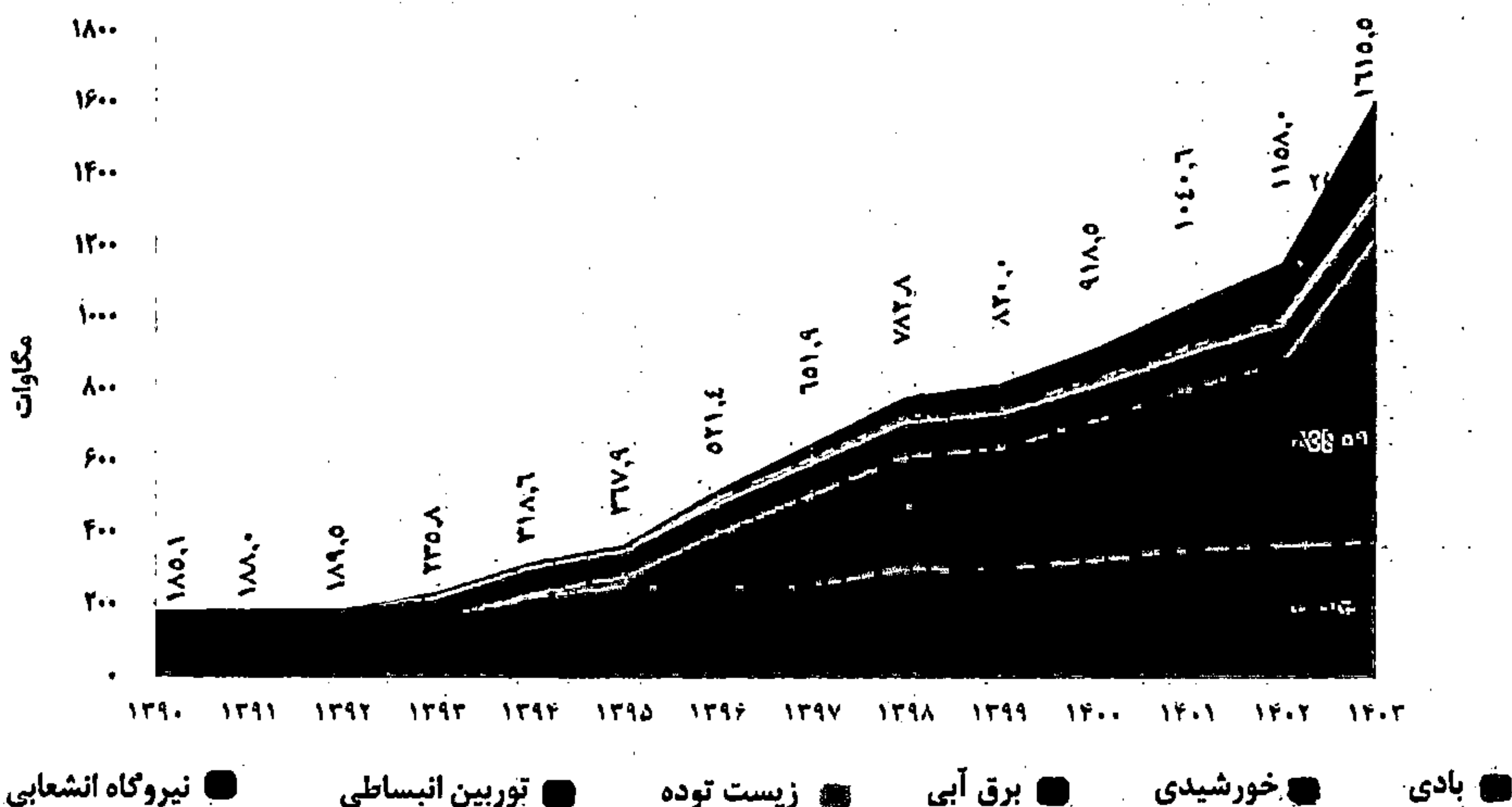
ایران عمده برق خود را از طریق مصرف سوختهای فسیلی (گاز طبیعی و نفت خام) تولید می کند.

ظرفیت منصوبه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک در ایران

جدول ۱-۲ - ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور تا پایان ۱۴۰۳

عنوان	ظرفیت (مگاوات)
بادی	۳۷۶/۳
خورشیدی	۸۵۴/۰۱
برق آبی کوچک	۱۰۴/۱
زیست توده	۲۲/۱۳
توربین انبساطی	۹/۶
سامانه‌های مقیاس کوچک	۲۴۹/۳

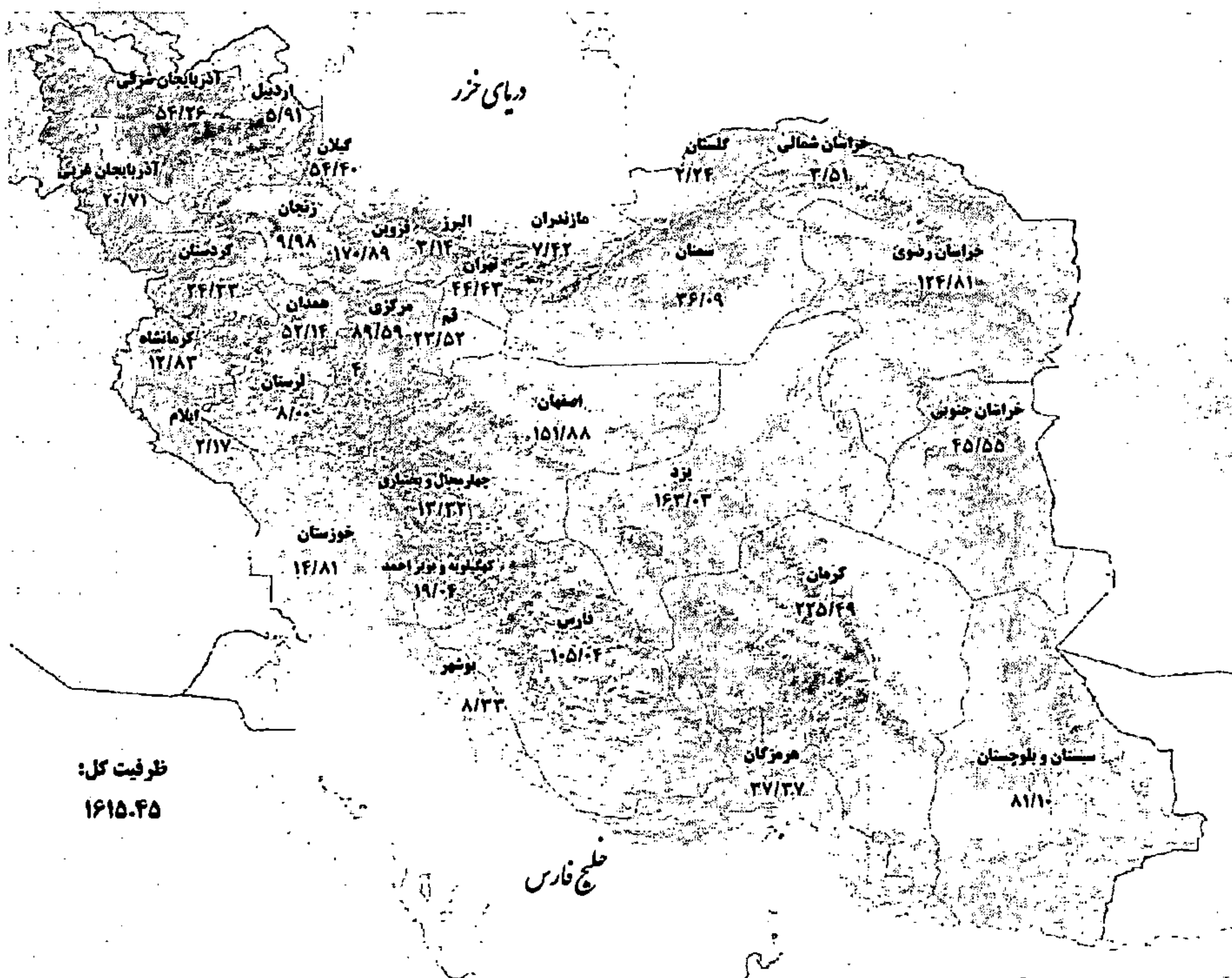
تا پایان سال ۱۴۰۳، ظرفیت تولید برق نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور ۱۶۱۵/۵ مگاوات بوده است. سهم نیروگاه‌های بادی ۲۳/۳٪، خورشیدی ۵۲/۸٪، برق آبی کوچک ۶/۴٪، زیست توده ۱/۴٪، توربین انبساطی ۰/۶٪ و سامانه‌های مقیاس کوچک ۱۵/۴٪ می‌باشد.



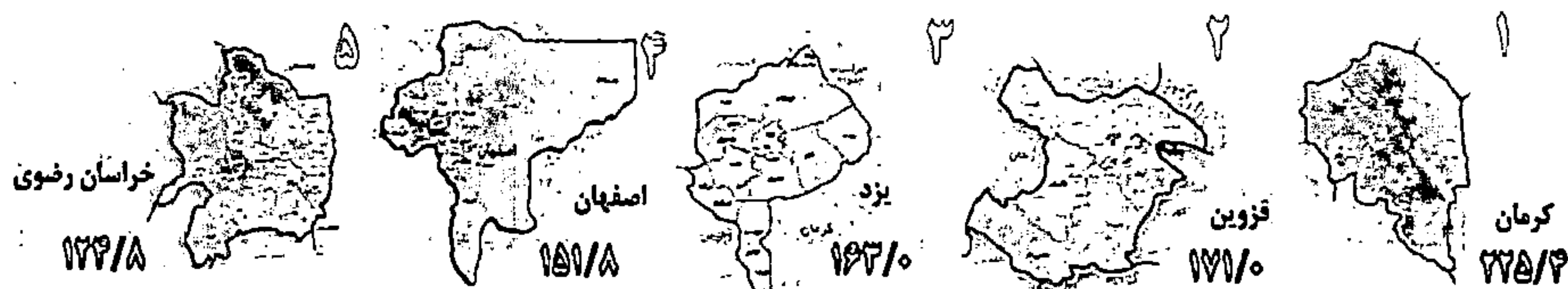
شکل ۲-۴ - رشد ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر کشور از سال ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۳

توزیع ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور

کل ظرفیت منصوبه تجدیدپذیر در کشور ایران تا پایان سال ۱۴۰۳، ۱۶۱۵ مگاوات بوده است که از این ظرفیت ۲۲۵ مگاوات در استان کرمان، ۱۷۰ مگاوات در استان قزوین، ۱۶۳ مگاوات در استان یزد، ۱۵۱ مگاوات در استان اصفهان و ۱۲۴ مگاوات در استان خراسان رضوی نصب شده است. سایر استان‌ها ظرفیتی کمتر از ۱۰۰ مگاوات را به خود اختصاص داده‌اند.



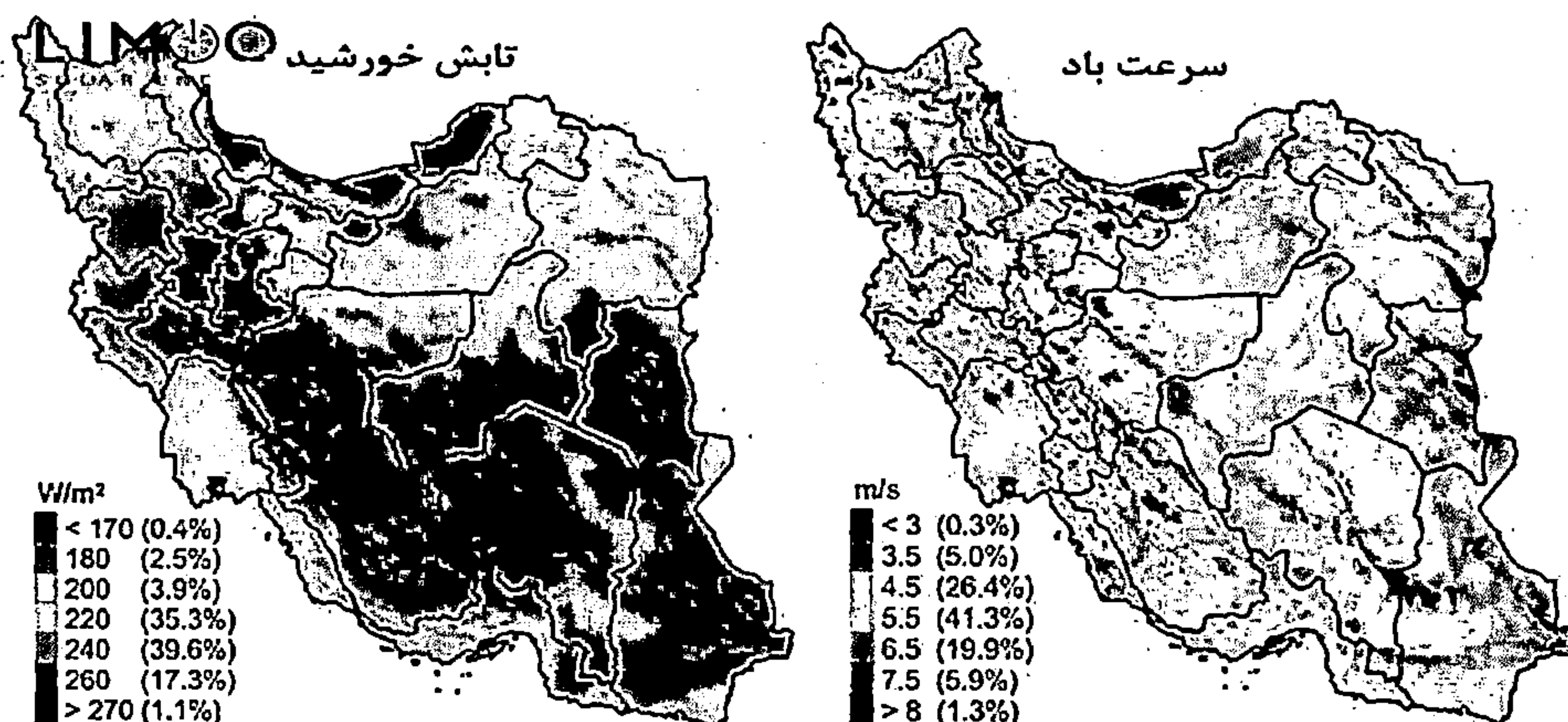
شکل ۲-۵- توزیع ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور در سال ۱۴۰۳



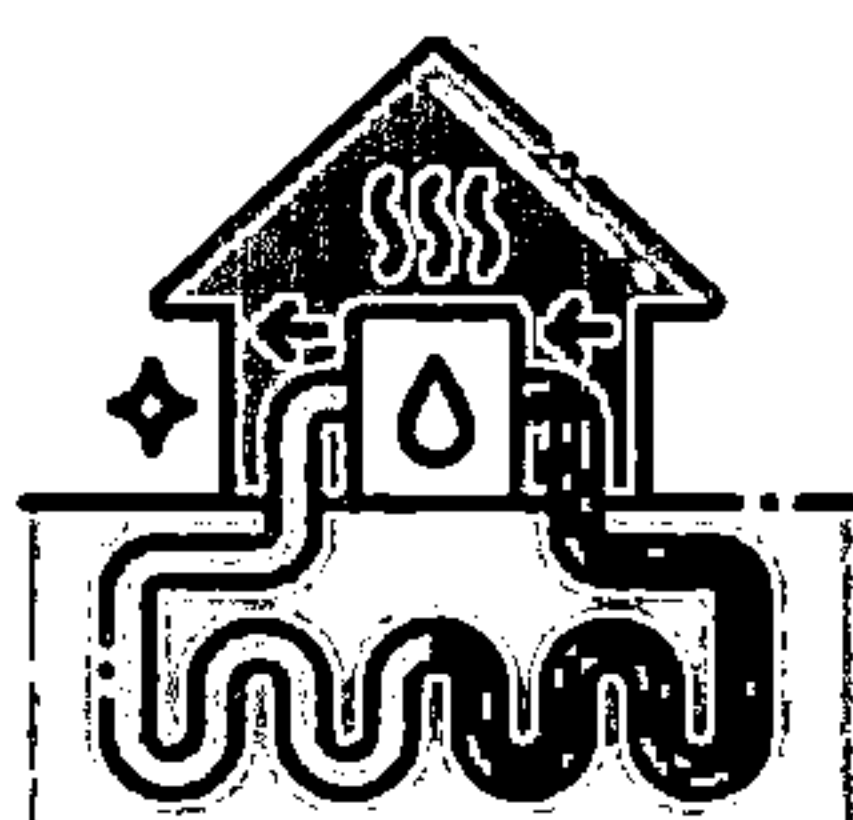
شکل ۲-۶- استان‌های پیشرو در توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر در کشور در سال ۱۴۰۳

پتانسیل تولید برق تجدیدپذیر در ایران

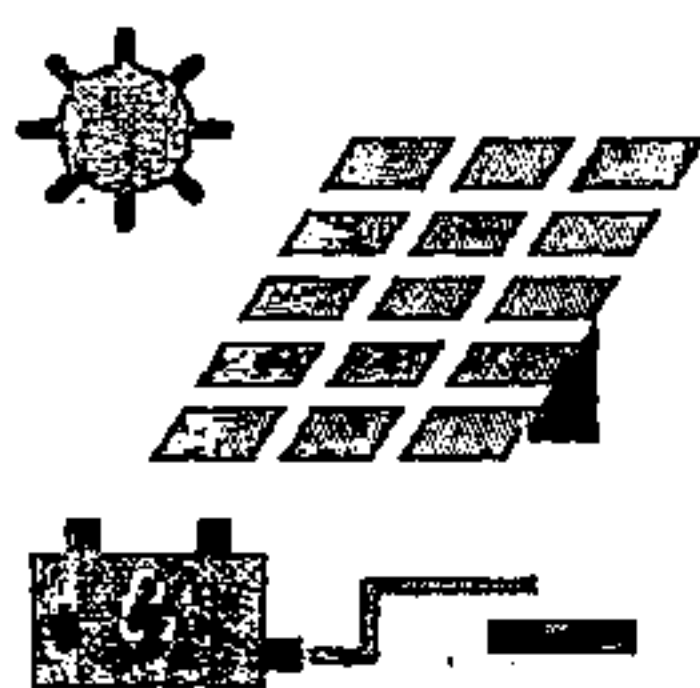
ایران از جمله کشورهای مستعد جهت تولید برق به روش خورشیدی در مناطق مرکزی و مستعد جهت تولید برق به روش بادی در مناطق شرقی است.



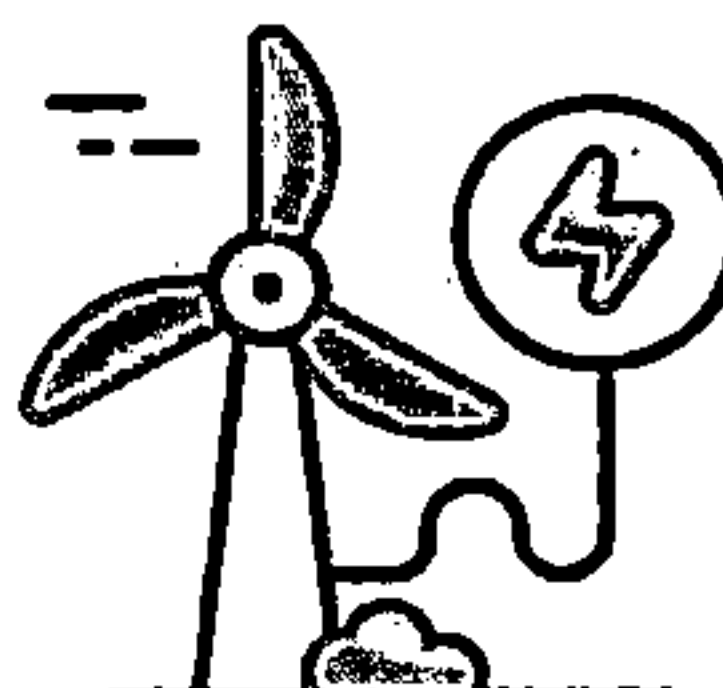
کشور ایران با وجود ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم مساحت آن و متوسط تابش بالای ۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز، یکی از کشورهای با پتانسیل بالا در زمینه انرژی خورشیدی است.



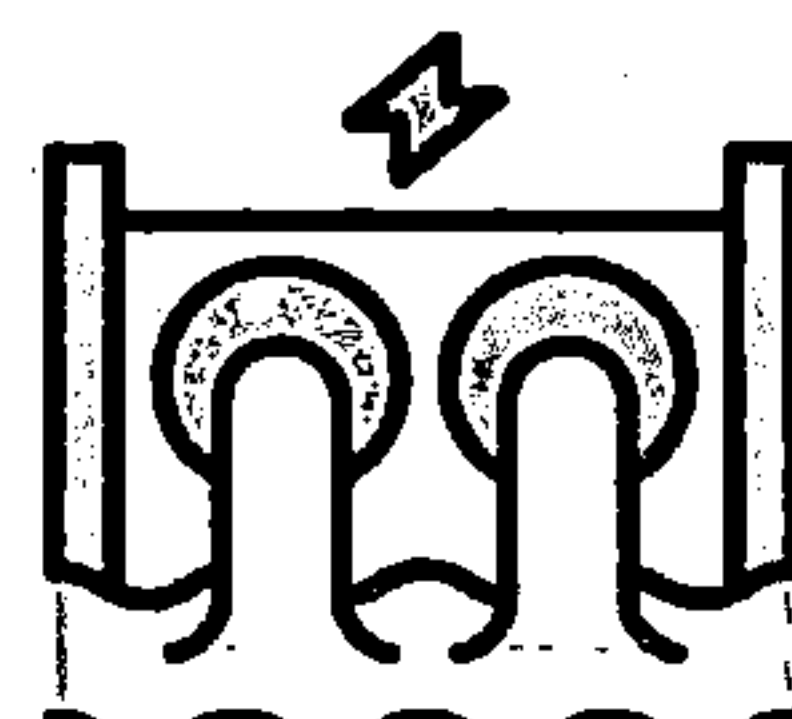
۱۱۰۰۰ مگاوات



۷۰۰۰۰ مگاوات



۴۷۰۰۰ مگاوات



۲۴۰۰ مگاوات

شکل ۲-۷- پتانسیل نامی تولید برق از منابع مختلف در ایران



ضرورت توسعه انرژی تجدیدپذیر در ایران

ضرورت توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر

حلی ژانتر انرژی سبک برق و محدودیت تامین سوخت نیروگاه‌های

امنیت انرژی

اقتصادی قاب انرژی در مواجهه با اثرات تغییرات اقلیم

دستیابی به اهداف توسعه پایدار و حفظ محیط زیست

ایجاد اشتغال

تنوع بخشی به سبد تولید برق کشور

کاهش مصرف سوخت‌های فسیلی و عدم وابستگی به آن

کاهش انتشار گازهای آلاینده، گلخانه‌ای و مصرف آب

اقتصادی درآمد و رشد تولید ناخالص داخلی

ارتقای جایگاه استراتژیک در دیپلماسی انرژی در محیط‌های بین المللی

اقتصادی رفاه اجتماعی و اقتصادی

ناترازی برق در ایام گرم سال

عدم مدیریت مصرف در بخش خانگی در فصول گرم سال موجب خاموشی گسترده برق صنایع و لطمه زدن به بخش تولیدی کشور شده است. بررسی خاموشی صنایع در دوره گرم سال نشان می دهد که این فشار در سه سال اخیر شدت یافته و روند جدیدی آغاز شده است.



از سال ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۹

در دوره گرم سال به طور متوسط ۱۱٪ درصد تقاضای برق صنایع در فصول گرم سال تامین نشده، اما این میزان در سه سال اخیر به ۳۸٪ رسیده است.

شکل ۱-۳- درصد تقاضای تامین نشده برق صنایع در فصل گرم سال در ایران

حد اکثر تقاضا	حد اکثر قدرت تامین شده
۷۳۶۶۳	۶۱۲۰
۶۹۶۵۷	۵۹۹۶۷
۶۷۲۰۵	۵۵۲۷۹
۶۴۴۴۳	۵۸۴۴۳
۵۷۸۶۱	۵۷۱۰۴
۵۷۲۲۶	۵۳۷۰۱
۵۵۶۱۶	۵۴۶۲۳

شکاف میان حداکثر تقاضا و حداکثر قدرت تامین شده در سالهای اخیر همواره در حال افزایش بوده است، به گونه ای که از ۱۰۰۰ مگاوات در سال ۱۳۹۶ به بالغ بر ۱۲۰۰۰ مگاوات در سال ۱۴۰۲ افزایش یافته و در تابستان ۱۴۰۳ از مرز ۱۷ هزار مگاوات گذشته است.

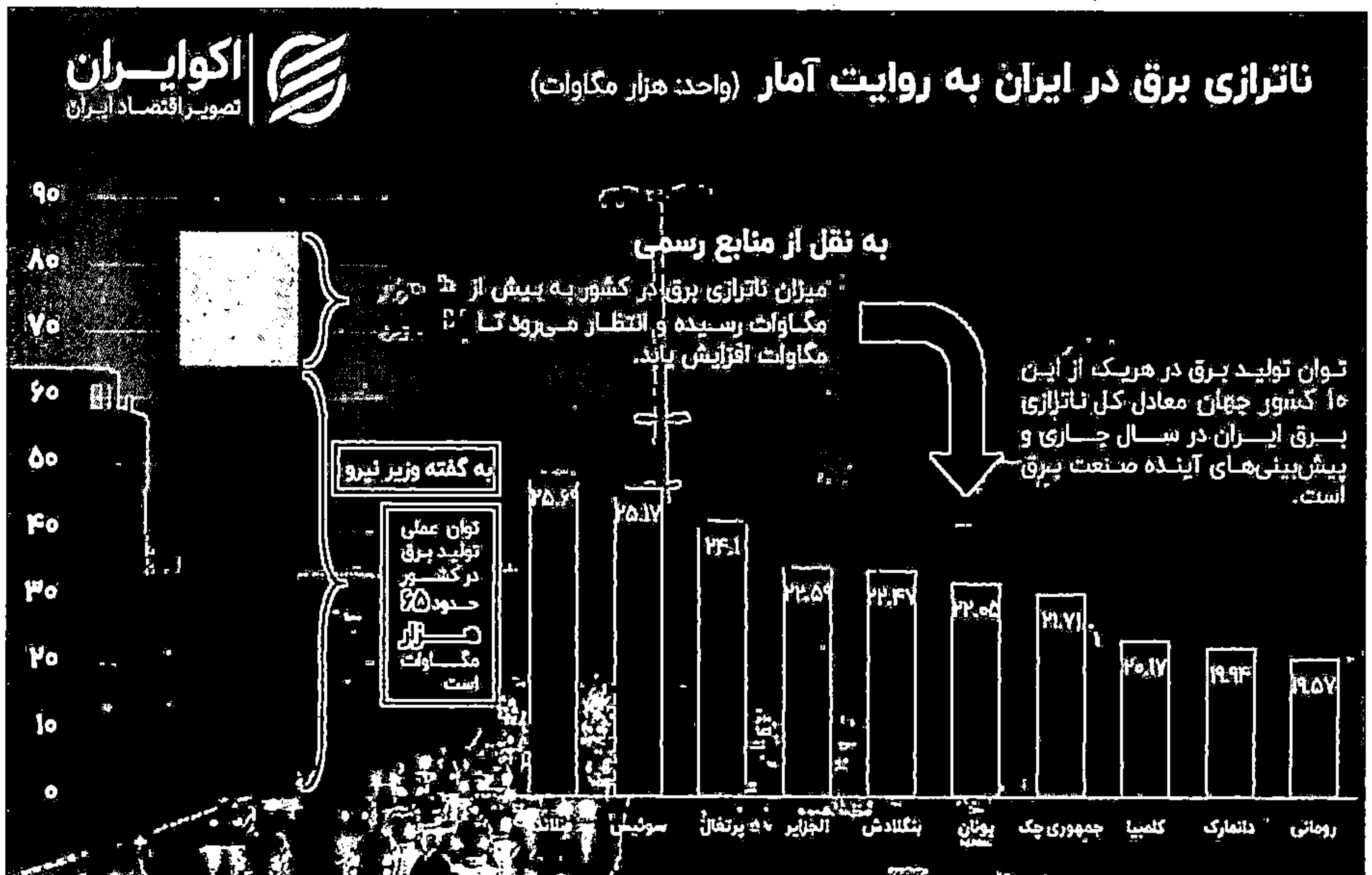
شکل ۲-۳- تقاضا و قدرت تامین شده برق در سالهای مختلف

توسعه نیروگاههای تجدیدپذیر سریعترین راه برای جلوگیری از رشد و حل ناترازی در سالهای آتی است.



وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

ناترازی برق



شکل ۳-۳- ناترازی برق در ایران در سال ۱۴۰۴

این میزان ناترازی، منجر به افزایش میزان قطعی برق در سالهای اخیر در شرایط اوج تقاضا شده و سیاستگذاری به گونه ای بوده که فشار ناشی از این ناترازی بیشتر بر روی صنایع تمرکز شود. این امر از طریق اقدام هایی مانند تغییر زمان بار صنایع یا تعطیلی موقت آن ها صورت گرفته است.

توسعه نیروگاههای تجدیدپذیر سریعترین راه برای جلوگیری از رشد و حل ناترازی در سالهای آتی است.

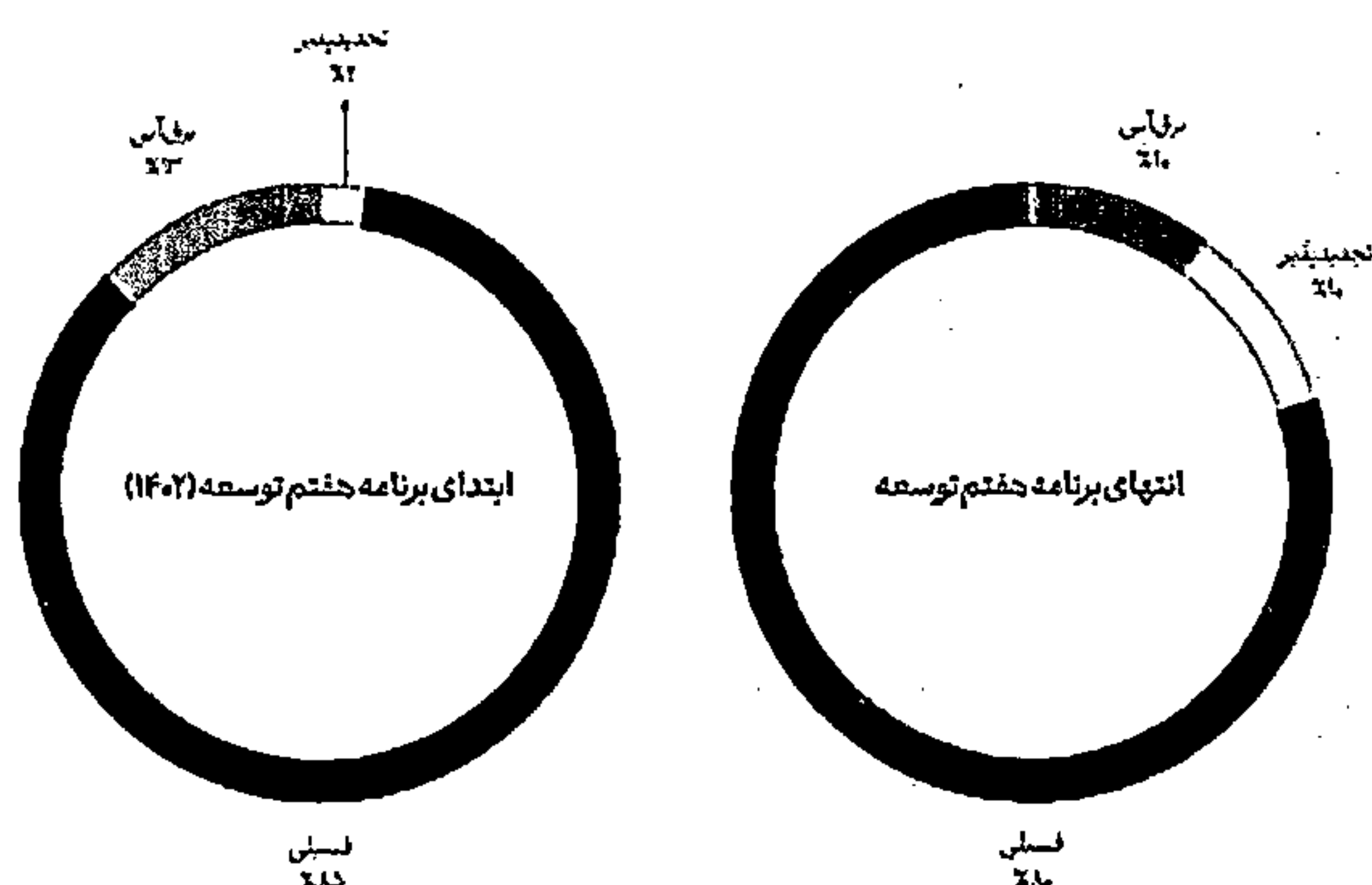
സമാഹരിച്ച
ശബ്ദങ്ങൾ
ഭാഷാഭാഷാ
പദങ്ങൾ
പദങ്ങൾ





وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بررسی انرژی‌های نو (سازان)

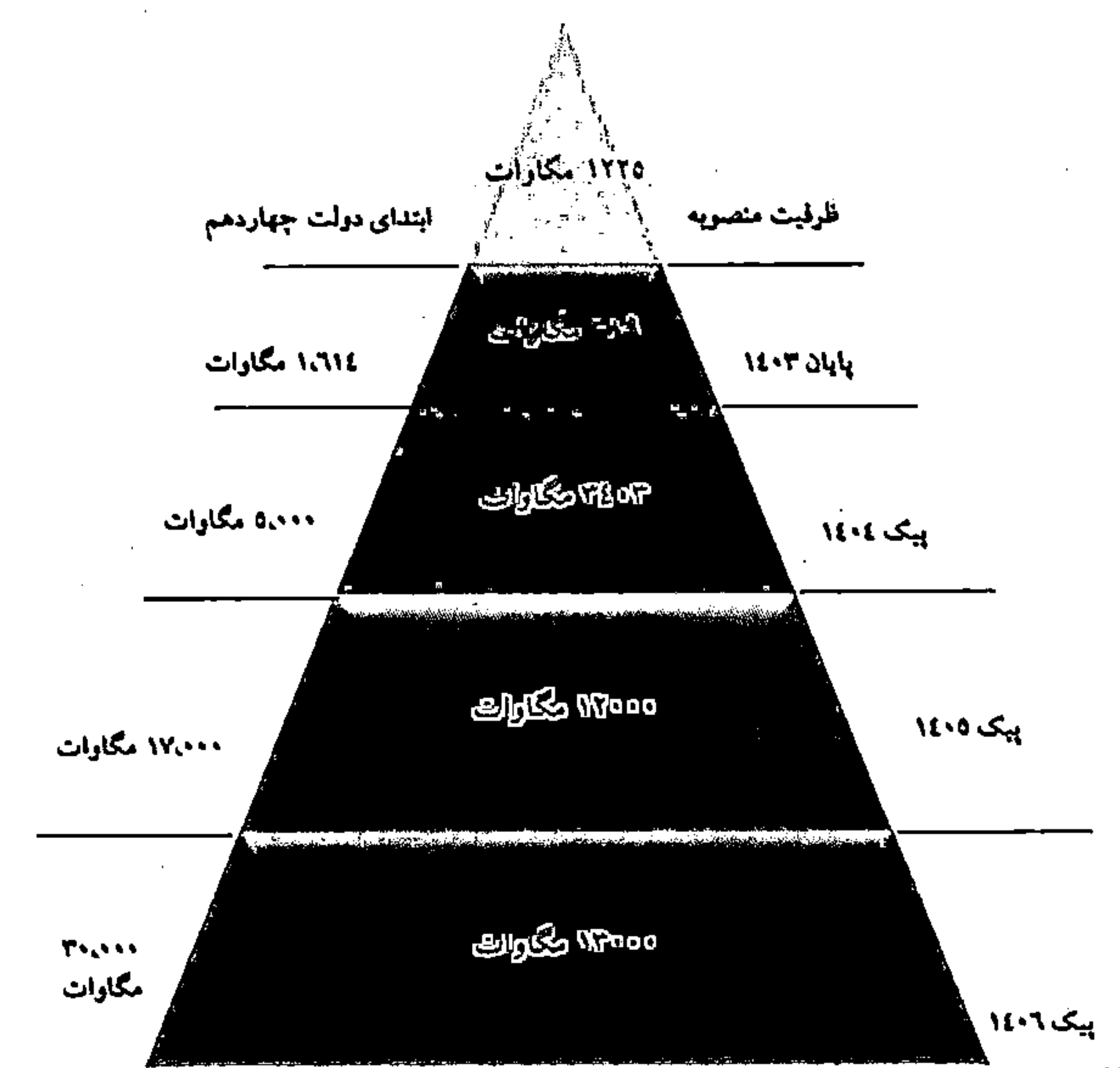
برنامه های دولت جهت توسعه تجدیدپذیرها



قانون برنامه هفتم توسعه، برای رسیدن به ظرفیت اسمی ۱۳۴ هزار مگاوات هدف گذاری شده است که از این مقدار ۱۲ هزار مگاوات به نیروگاههای تجدیدپذیر و ۳ هزار مگاوات نیز به نیروگاههای هسته ای اختصاص یافته است.

شکل ۴-۱- برنامه دولت جهت توسعه تجدیدپذیرها تا انتهای برنامه هفتم

برای اجرای هدف گذاری هفتم، باید بیش از ۴۰٪ ظرفیت نیروگاههای جدید، به نیروگاههای غیرفسیلی اختصاص یابد. این میزان در دولت چهاردهم برابر ۳۰۰۰۰ مگاوات می باشد.



شکل ۴-۲- برنامه های دولت جهت توسعه تجدیدپذیرها تا پایان دولت چهاردهم

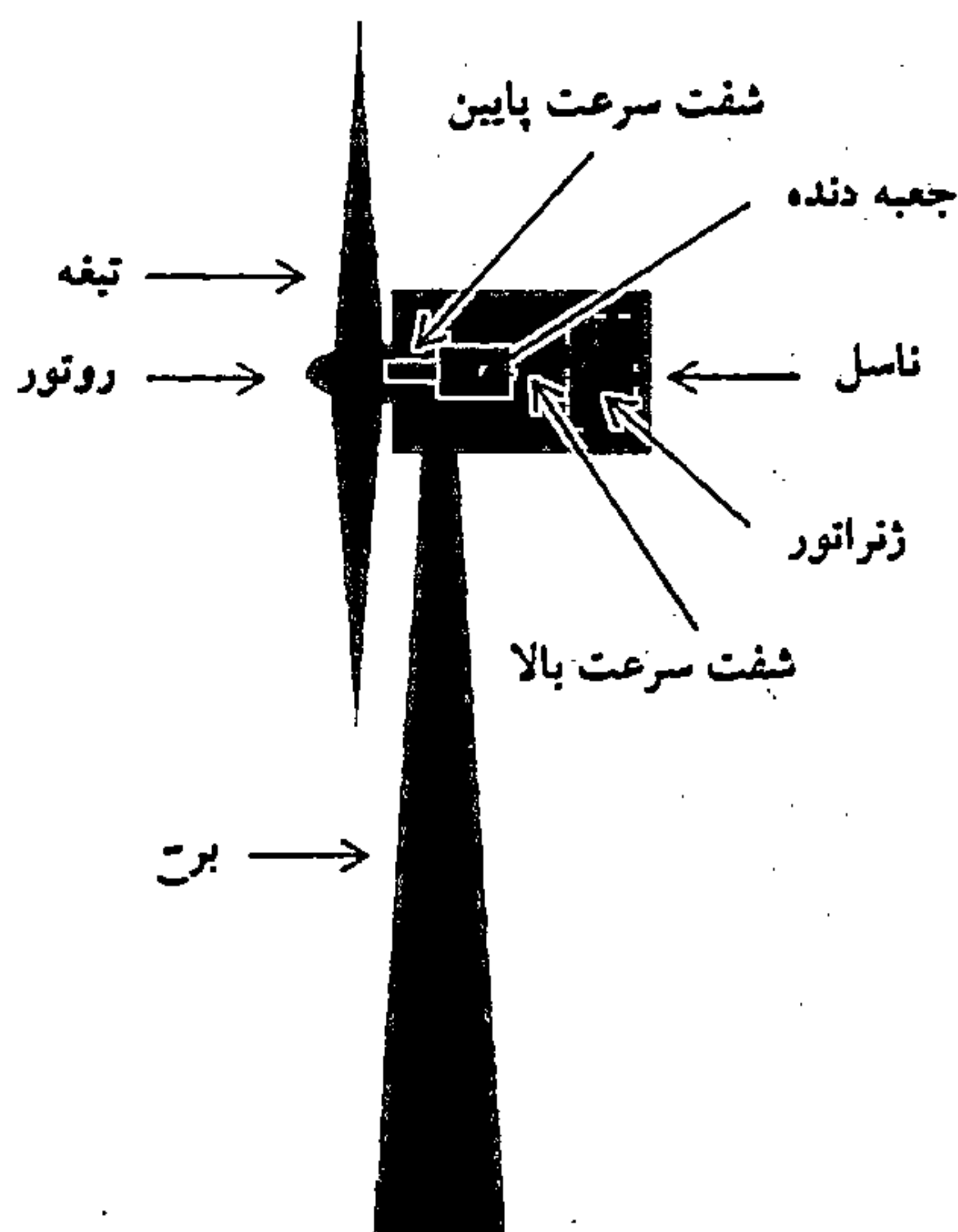


فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر

انرژی بادی قرن‌هاست که مورد استفاده قرار می‌گیرد. از آسیاب‌های بادی در قرون وسطی برای آسیاب کردن گندم تا تولید برق استفاده می‌کرده‌اند. در قرن بیستم، این انرژی همواره بخشی از زندگی بشر بوده است.

اصلی‌ترین بخش یک نیروگاه بادی، توربین‌های بادی می‌باشد. توربین‌های بادی به دو دسته محور افقی و محور عمودی تقسیم می‌شوند. توربین‌های بادی محور افقی همان توربین‌های رایج موجود می‌باشند. اما توربین‌های محور عمودی انواع مختلفی دارند.

توربین‌های بادی مدرن برحسب مکان نصب و نوع اتصال به شبکه قابل دسته‌بندی هستند. این سه دسته شامل توربین‌های مستقر بر روی زمین، توربین‌های فراساحلی و توربین‌های نصب شده در محل مصرف می‌شوند.



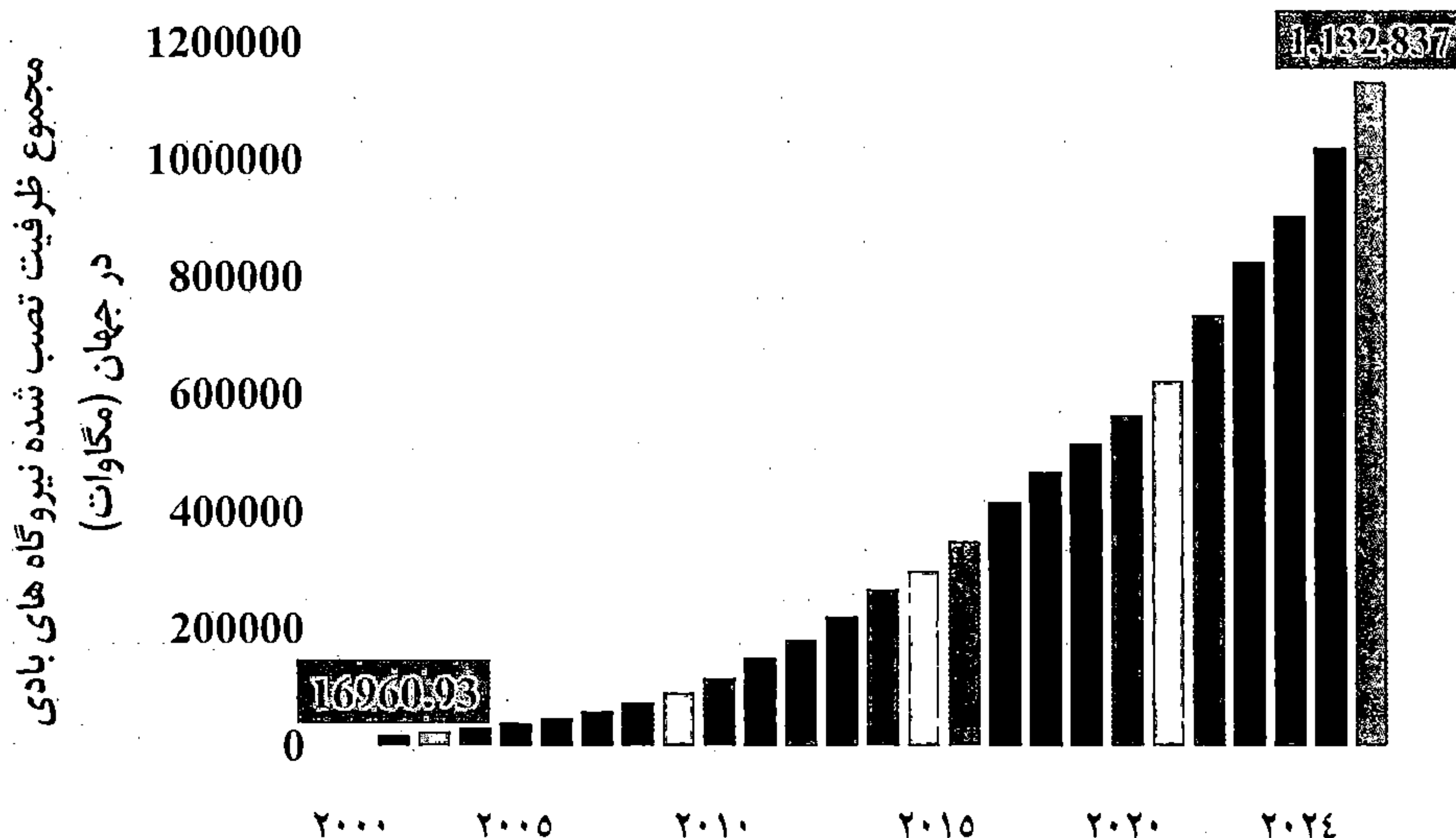
توربین‌های بادی با چرخش تیغه‌ها، انرژی جنبشی باد را به انرژی مکانیکی تبدیل کرده و سپس این انرژی مکانیکی به برق تبدیل می‌شود. زمانی که باد می‌وزد، فشار هوا در یک سمت تیغه کاهش پیدا می‌کند. تفاوت فشار هوا در دو سمت تیغه نیروهای لازم برای حرکت تیغه و چرخش روتور را فراهم می‌کند.

روتور به دو صورت مستقیم و یا غیرمستقیم (از طریق شفت و جعبه دنده) به ژنراتور متصل می‌شود. اینگونه نیروی آئرودینامیکی به چرخش ژنراتور تبدیل شده و منجر به تولید الکتریسیته می‌شود.

شکل ۵-۱- تصویری از اجزای یک توربین بادی

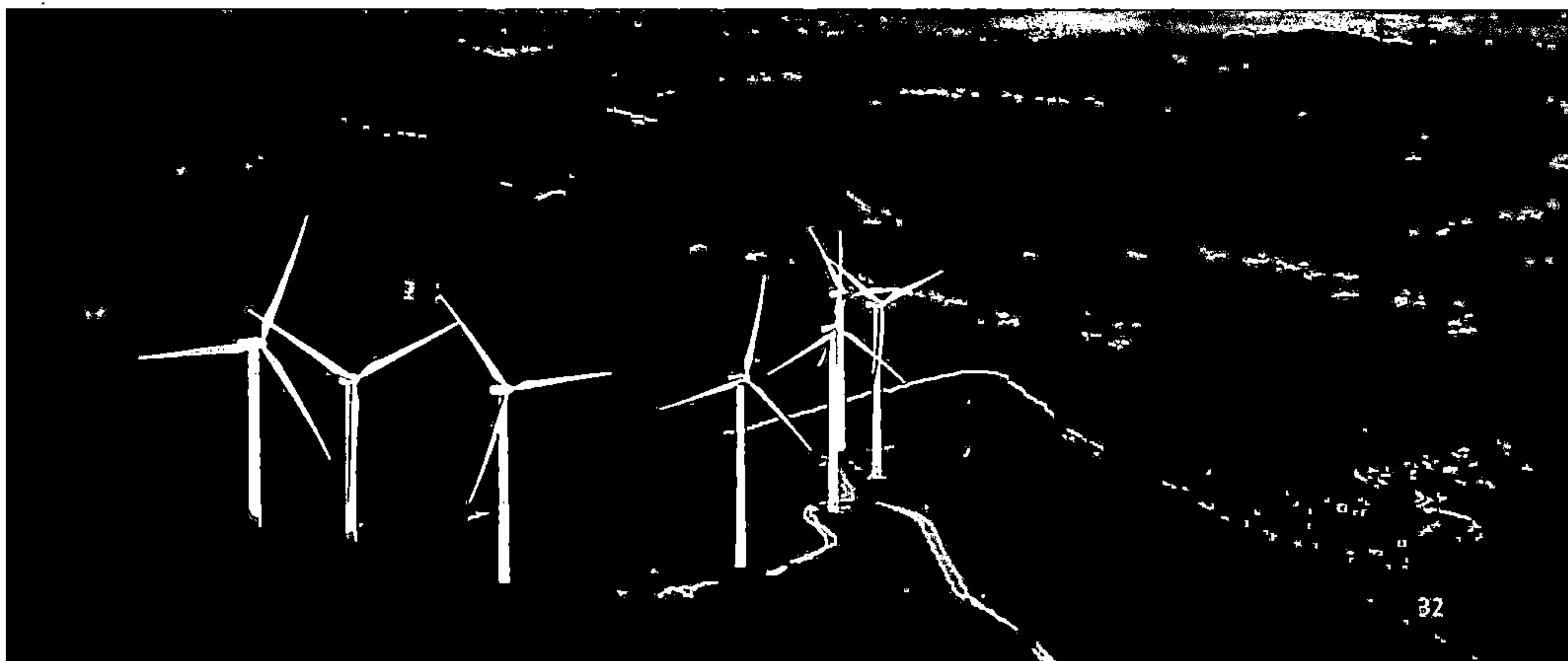
میزان تولید برق از انرژی بادی

در سال ۲۰۲۳ میلادی، ۲۶ درصد از مجموع برق تولید شده از منابع تجدیدپذیر در جهان، توسط نیروگاه‌های بادی تامین شده است.

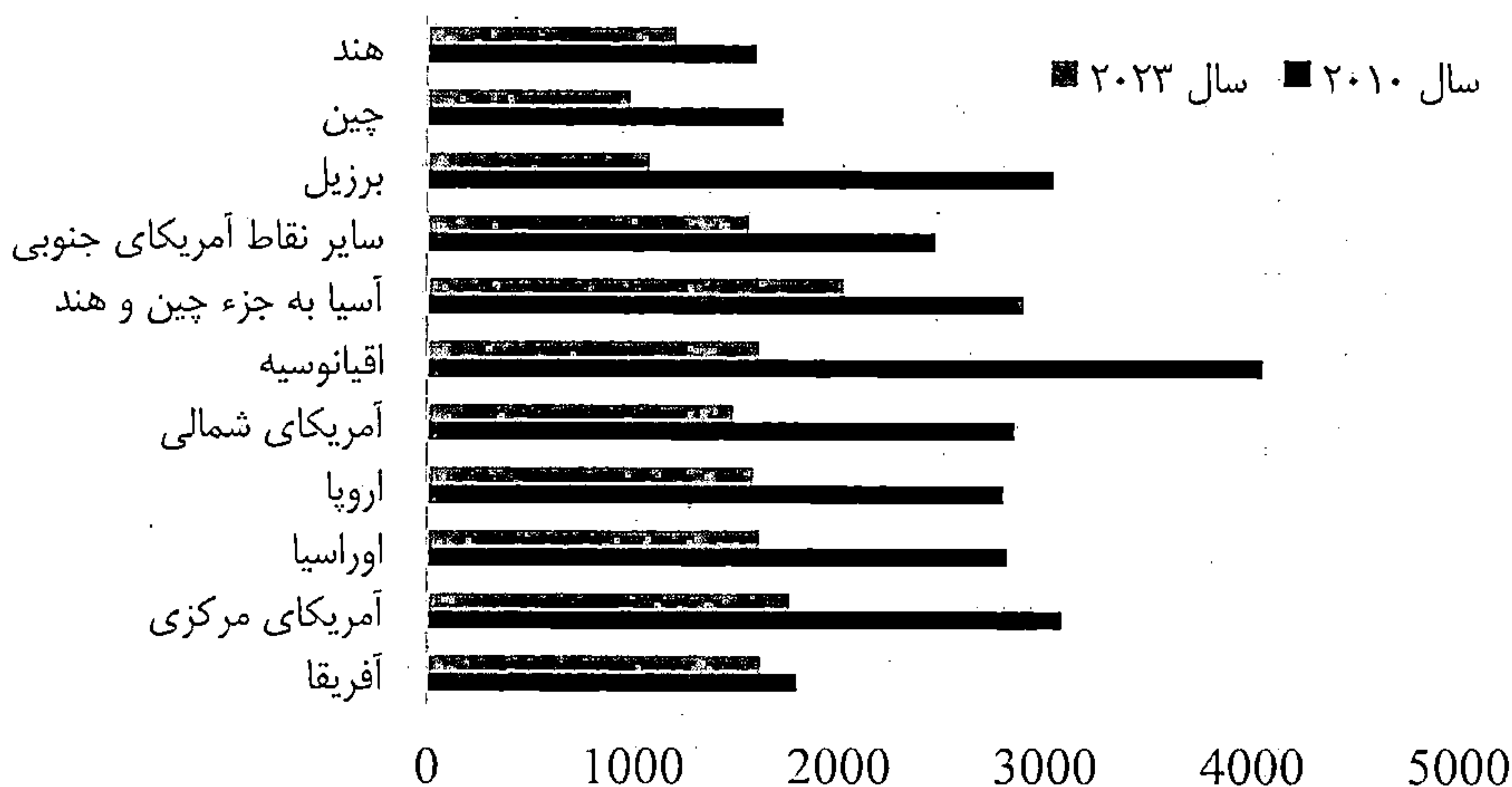


شکل ۵-۲- روند توسعه نیروگاه‌های بادی در جهان

ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های بادی از حدود ۱۷ هزار مگاوات در سال ۲۰۰۰ به حدود ۱,۱۳۲,۸۳۷ هزار مگاوات در سال ۲۰۲۴ رسیده است.

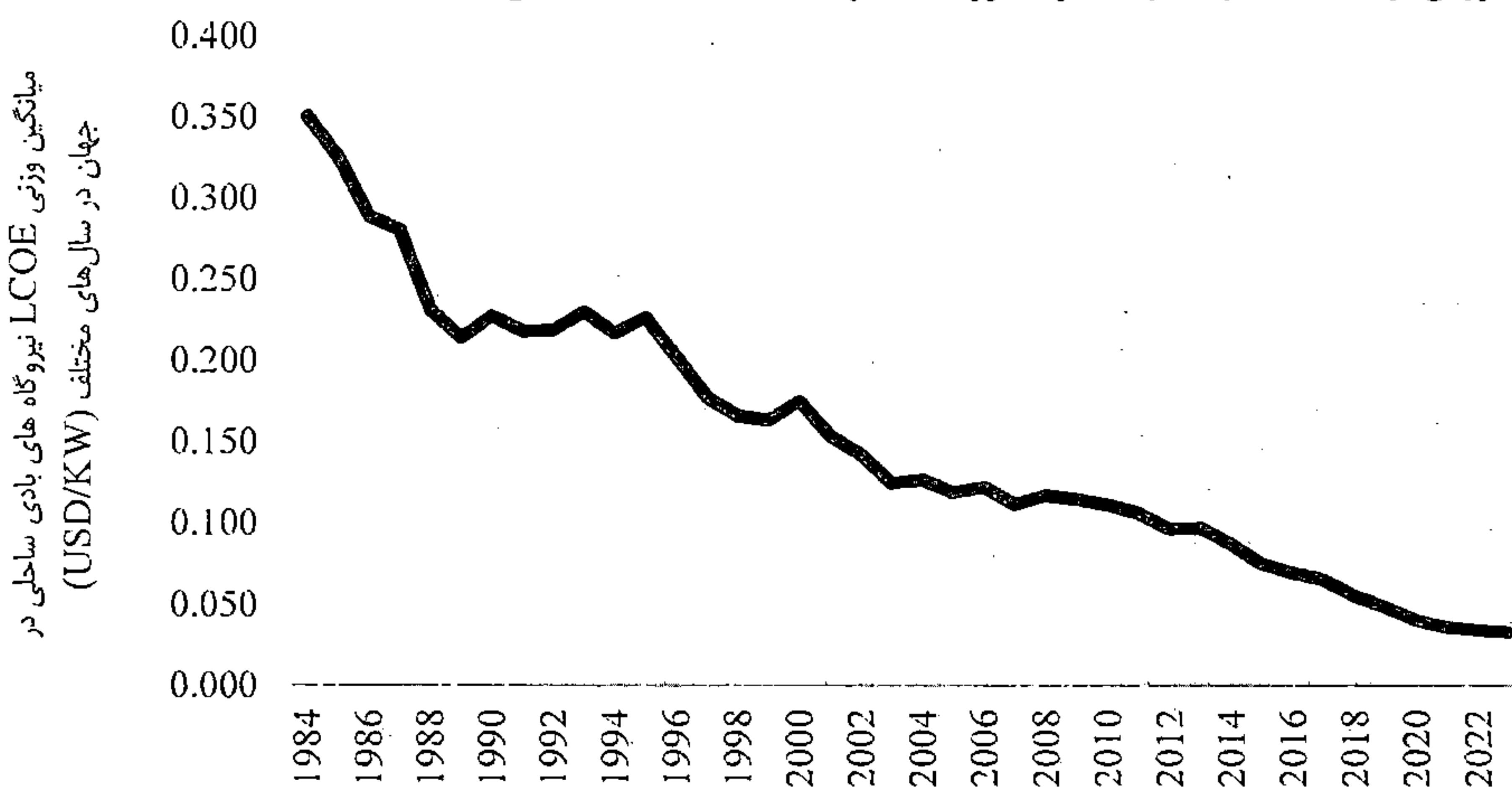


هزینه سرمایه‌گذاری نیروگاه بادی



شکل ۵-۳- مقایسه هزینه های نصب نیروگاههای بادی در کشورهای مختلف

هزینه نصب به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. به طوری که در کشور برزیل از ۳۰۰۰ دلار به ازای هر کیلووات به نزدیک ۱۰۰۰ دلار کاهش یافته است.



شکل ۵-۴- LCOE نیروگاههای بادی از سالهای ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲

در طول سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۲، LCOE در حدود ۹۱ درصد کاهش داشته است (از ۳۵ سنت دلار به ۳/۳ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت).

نیروگاه‌های خورشیدی

خورشید بزرگترین منبع انرژی موجود در طبیعت است.

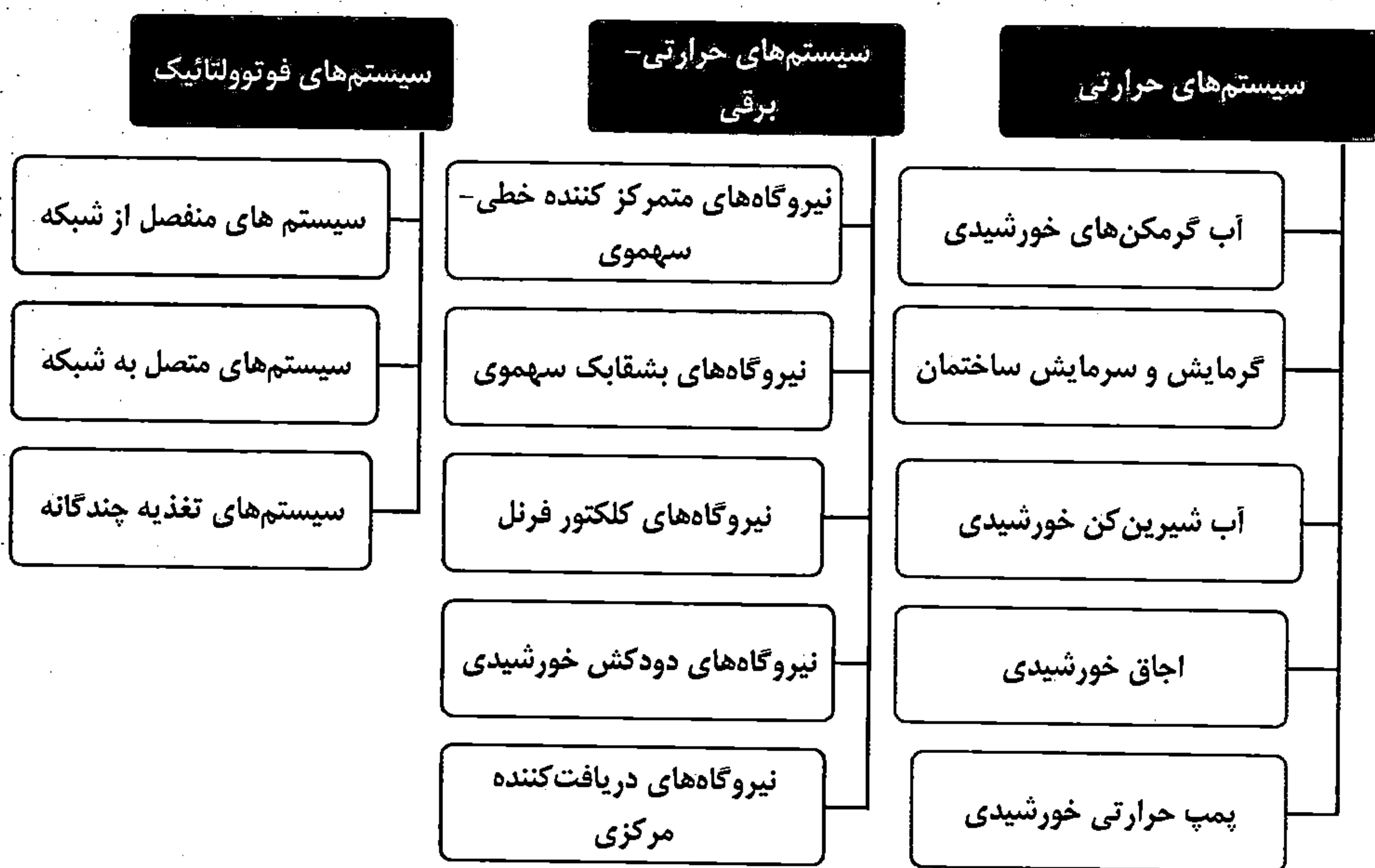
بارزترین مزیت برای بکارگیری انرژی خورشید، در دسترس بودن و فناپذیری آن است.

مهمترین حالت در استفاده از انرژی خورشید، تأثیرپذیری آن از شرایط اقلیمی و جغرافیایی است که

منجر به عدم تولید پایدار می‌گردد.

به پدیده‌ای که در اثر تابش نور بدون استفاده از مکانیزم‌های محرک، الکتریسیته تولید کند، پدیده

فوتوولتائیک و به هر سیستمی که از این پدیده استفاده کند، سیستم فوتوولتائیک گفته می‌شود.



شکل ۵-۵- انواع نیروگاه‌های خورشیدی

انرژی الکتریکی مناطقی که فاقد شبکه سراسری برق می‌باشند را می‌توان با استفاده از سیستم‌های فوتوولتائیک منفصل از شبکه تامین کرد. انرژی الکتریکی حاصل از سیستم‌های فوتوولتائیک متصل به شبکه، با استفاده از تجهیزات الکتریکی مبدل جریان مستقیم به متناوب، ضمن تغییر شکل و تطبیق سطح ولتاژ و فرکانس انرژی الکتریکی با مشخصات شبکه، به شبکه برق سراسری تزریق می‌گردد.



وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بهره‌وری انرژی برق (ساتبا)

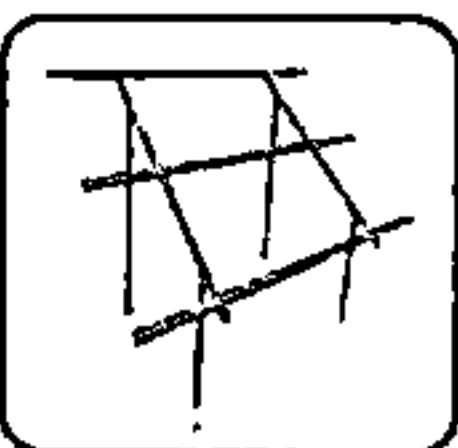
اجزای مختلف نیروگاه خورشیدی فتوولتائیک

مهمترین اجزاء یک نیروگاه خورشیدی، پنل‌های خورشیدی، استراکچر و ردیاب خورشیدی، مبدل یا اینورتر، باتری و یا ذخیره‌ساز انرژی می‌باشند.



پنل خورشیدی

• تبدیل انرژی خورشیدی به برق DC (جریان مستقیم)



استراکچر و ردیاب

• پنل‌ها را در زاویه مناسب و با پایداری بالا نگه می‌دارند.



مبدل یا اینورتر

• برق DC تولید شده توسط پنل‌ها را با برق AC (جریان متناوب) تبدیل می‌کند.



باتری یا ذخیره‌ساز

• برق مازاد تولید شده را ذخیره می‌کنند.

عمر پنل‌های خورشیدی که متشکل از سلول‌های فوتوولتائیک هستند، تا ۲۵ سال تخمین زده می‌شود. یک ماژول یا پنل، آرایش منظمی از تعداد زیادی سلول است که بین دو لایه پلاستیک و شیشه جای گرفته‌اند و این مجموعه توسط یک قاب فلزی محصور شده است.

تکنولوژی‌های غالب در تولید سلول‌های فوتوولتائیکی در سطح دنیا شامل مونوکریستال، پلی کریستال و تکنولوژی لایه نازک می‌شود.

توان اسمی یک پنل خورشیدی متأثر از تعداد و نوع سلول‌های یکپارچه در آن است. علاوه بر این، عوامل محیطی نیز بر روی توان تأثیر گذار هستند.

شدت تشعشع خورشید سطح جریان دهی پنل با کاهش شدت تشعشع، کاهش می‌یابد.

هوای ابری توان خروجی پنل را تا یک سوم کاهش می‌دهد.

زاویه استقرار پنل نسبت به خورشید

وقوع سایه بر روی حتی بخشی از پنل توان خروجی آن را کاهش می‌دهد.

سلولی که تحت سایه است به عنوان یک مقاومت در برابر جریان تولیدی سایر سلول‌ها عمل می‌کند.

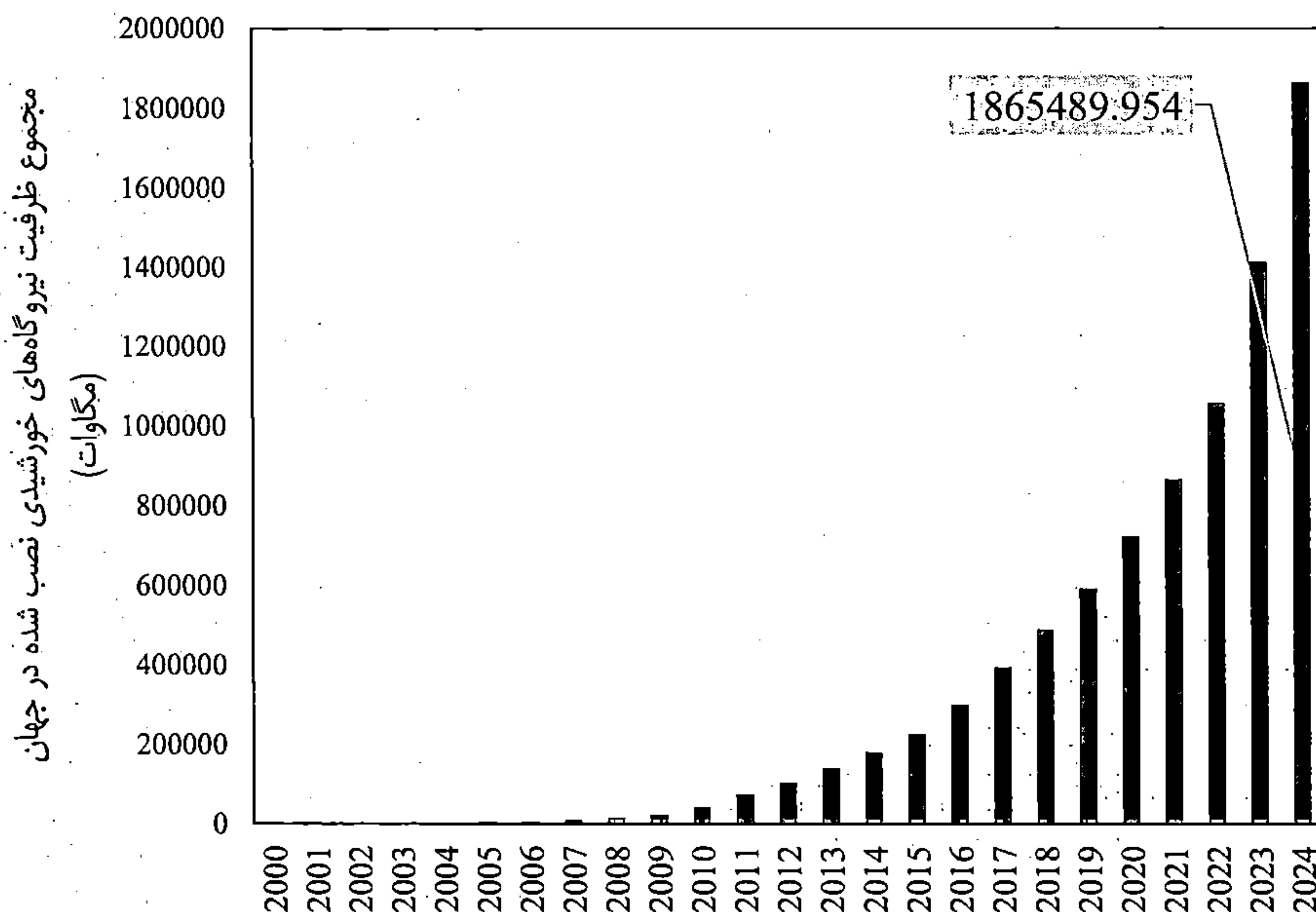
دمای سطح پنل

افزایش دما منجر به کاهش توان خروجی پنل می‌شود.

در پنل‌های مونو کریستال، به ازای یک درجه افزایش دما، توان خروجی ۰/۵ درصد کاهش می‌یابد.

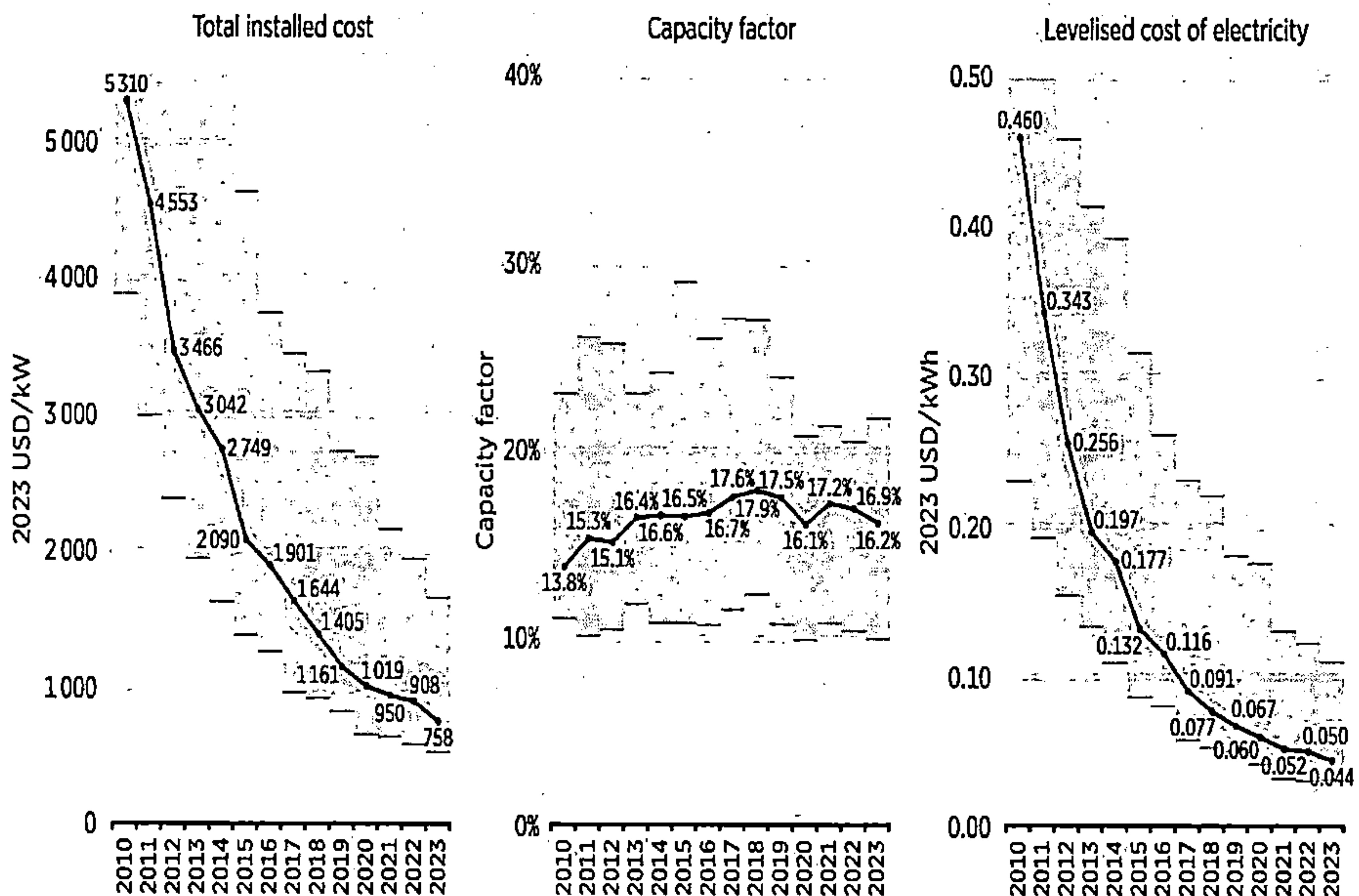
ظرفیت تولید برق از انرژی خورشیدی

ظرفیت تولید برق تجدیدپذیر از منابع خورشیدی در جهان، در سال ۲۰۰۰ میلادی در حدود ۱۱۰۰ مگاوات بوده است که این مقدار با رشد چشمگیر در سال ۲۰۱۰ میلادی ۴۱ هزار مگاوات را پشت سر گذاشت. در سال ۲۰۲۴ میلادی ظرفیت نیروگاه‌های خورشیدی در جهان، ۱۸۶۵ گیگاوات بوده است.



شکل ۵-۶- روند توسعه نیروگاه‌های خورشیدی در جهان

هزینه سرمایه‌گذاری نیروگاه خورشیدی



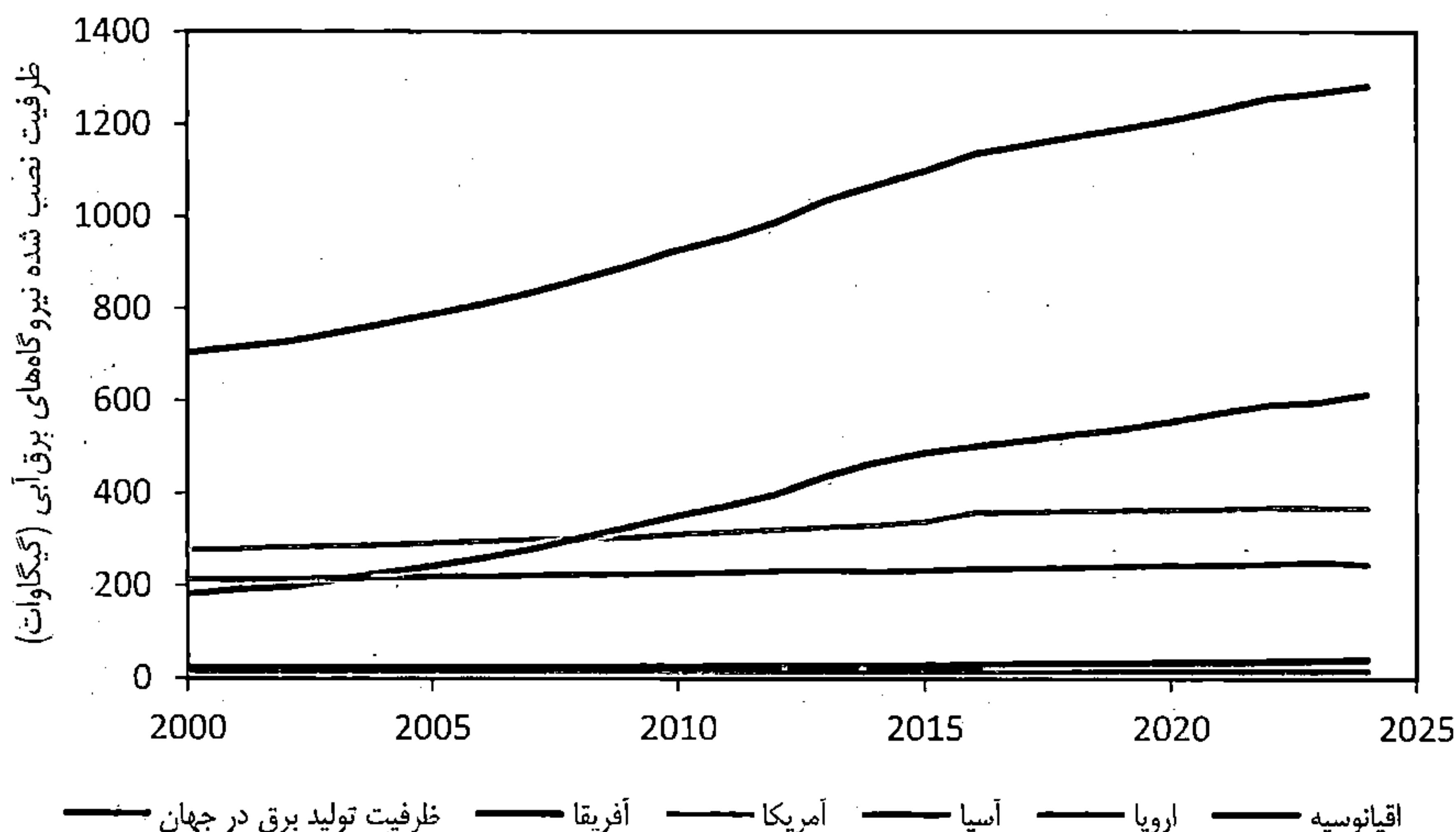
شکل ۵-۷ LCOE نیروگاه‌های خورشیدی در جهان

- میانگین وزنی جهانی LCOE برای نیروگاه‌های فوتوولتائیک از سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ حدود ۹۰ درصد کاهش داشته است و از ۴۶ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت به ۴/۴ سنت دلار رسیده است.
- میانگین وزنی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه در جهان نیز، از ۵۳۱۰ دلار به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه در سال ۲۰۱۰، به ۷۵۸ دلار در سال ۲۰۲۳ کاهش یافته است.
- لازم به ذکر است، میزان ضریب ظرفیت در این نیروگاه‌ها به طور میانگین جهانی نیز از ۱۳/۸ درصد به ۱۶/۹ درصد در سال ۲۰۲۳ رسیده است.

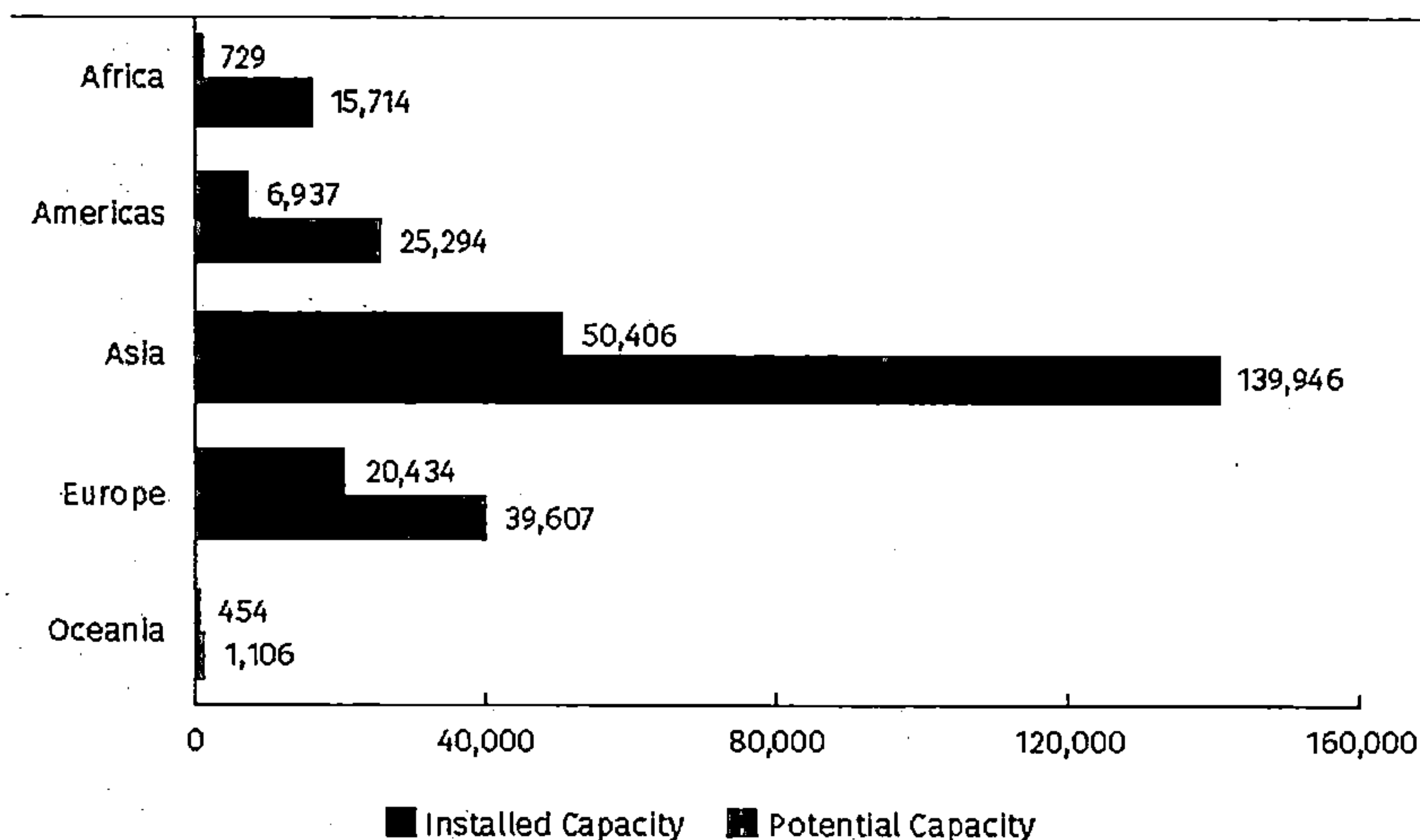
نیروگاه‌های برق آبی

تکنولوژی برق آبی یکی از روش‌های تولید برق تجدیدپذیر می‌باشد.

در نیروگاه‌های برق آبی، با استفاده از آب جمع شده در پشت سد برق تولید می‌شود. با توجه به اختلاف سطح موجود مابین آب پشت و جلوی سد، با باز شدن دریچه ی سد، آب از میان توربین‌های آبی عبور کرده و برق تولید می‌شود. مهمترین ویژگی کشورهایی که از این روش برای تولید برق استفاده می‌کنند، دسترسی به منابع آبی است.



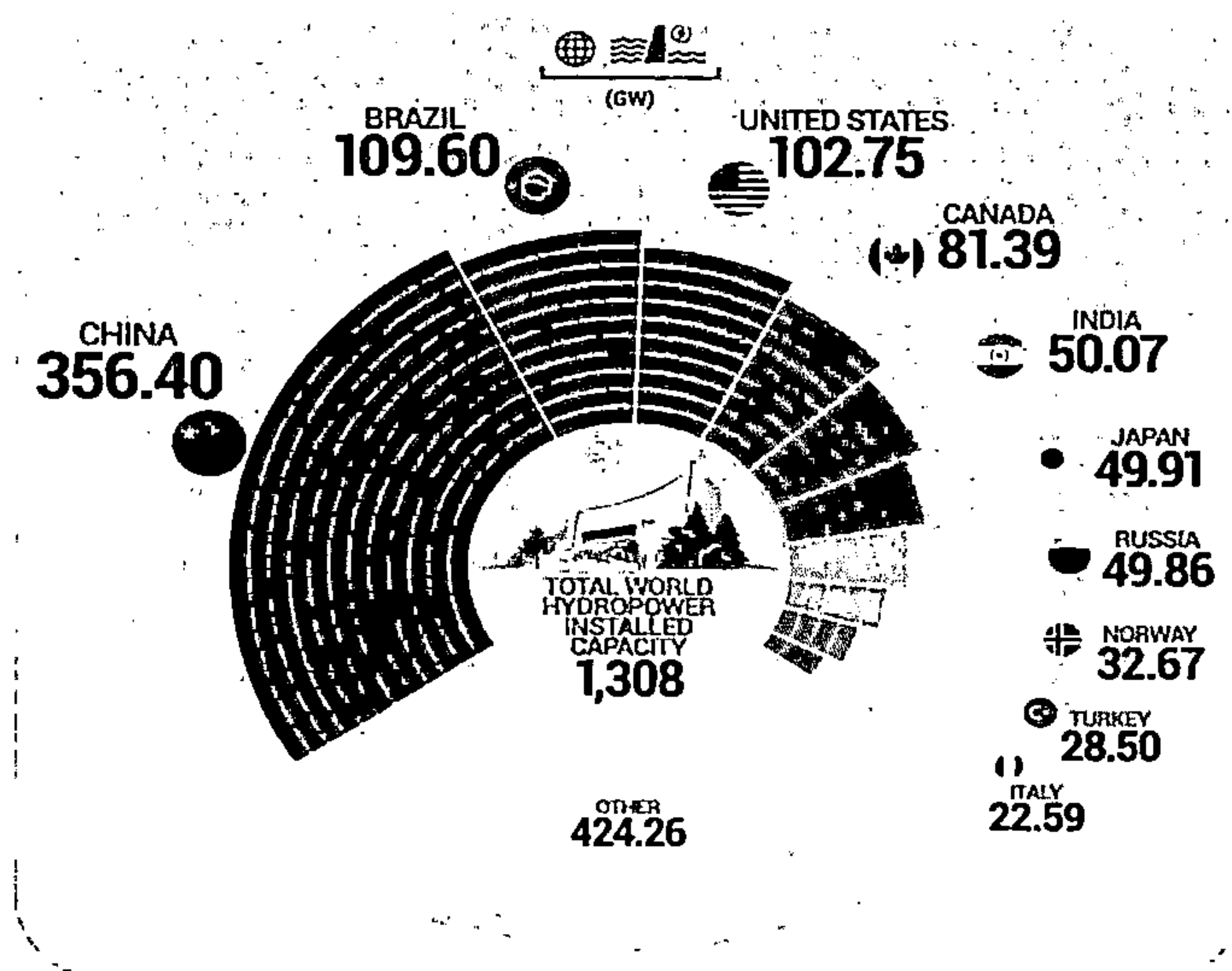
شکل ۵-۸- روند ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های برق آبی در جهان



شکل ۵-۹- روند ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های برق آبی کوچک در جهان

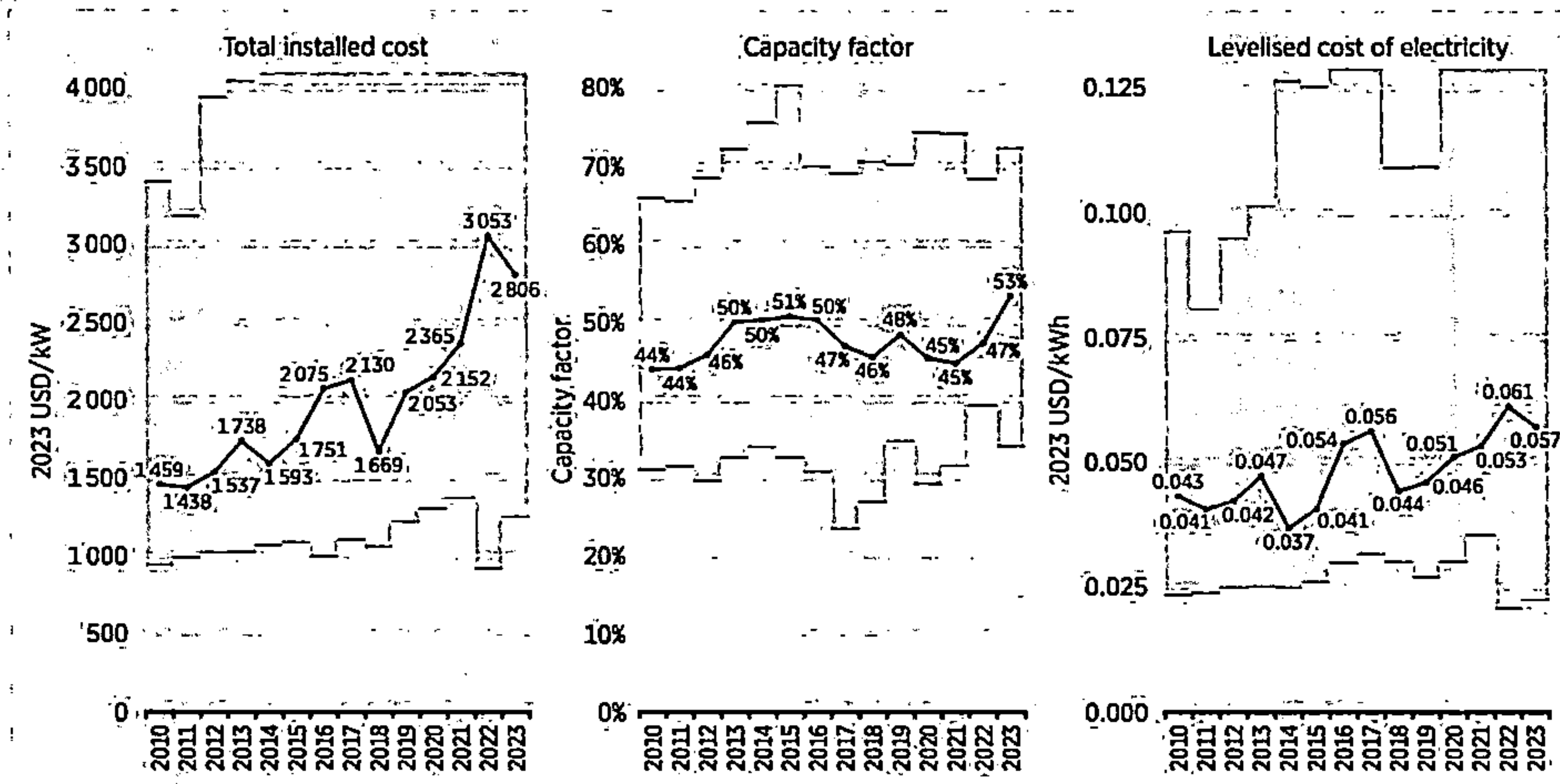
ظرفیت تولید برق از نیروگاه‌های برق آبی

ظرفیت تولید برق از نیروگاه‌های برق آبی در جهان، در سال ۲۰۰۰ میلادی حدود ۷۰۰ گیگاوات بوده است، که در سال ۲۰۲۴ به حدود ۱۳۰۰ گیگاوات رسیده است که رشد بالای ۸۰ درصد را نشان می‌دهد. بیشترین رشد در ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های برق آبی به قاره آسیا اختصاص داشته است از حدود ۱۸۰ گیگاوات در سال ۲۰۰۰ به ۶۱۵ گیگاوات در سال ۲۰۲۴ میلادی رسیده است و رشد ۲۴۰ درصدی را شاهد بوده است.



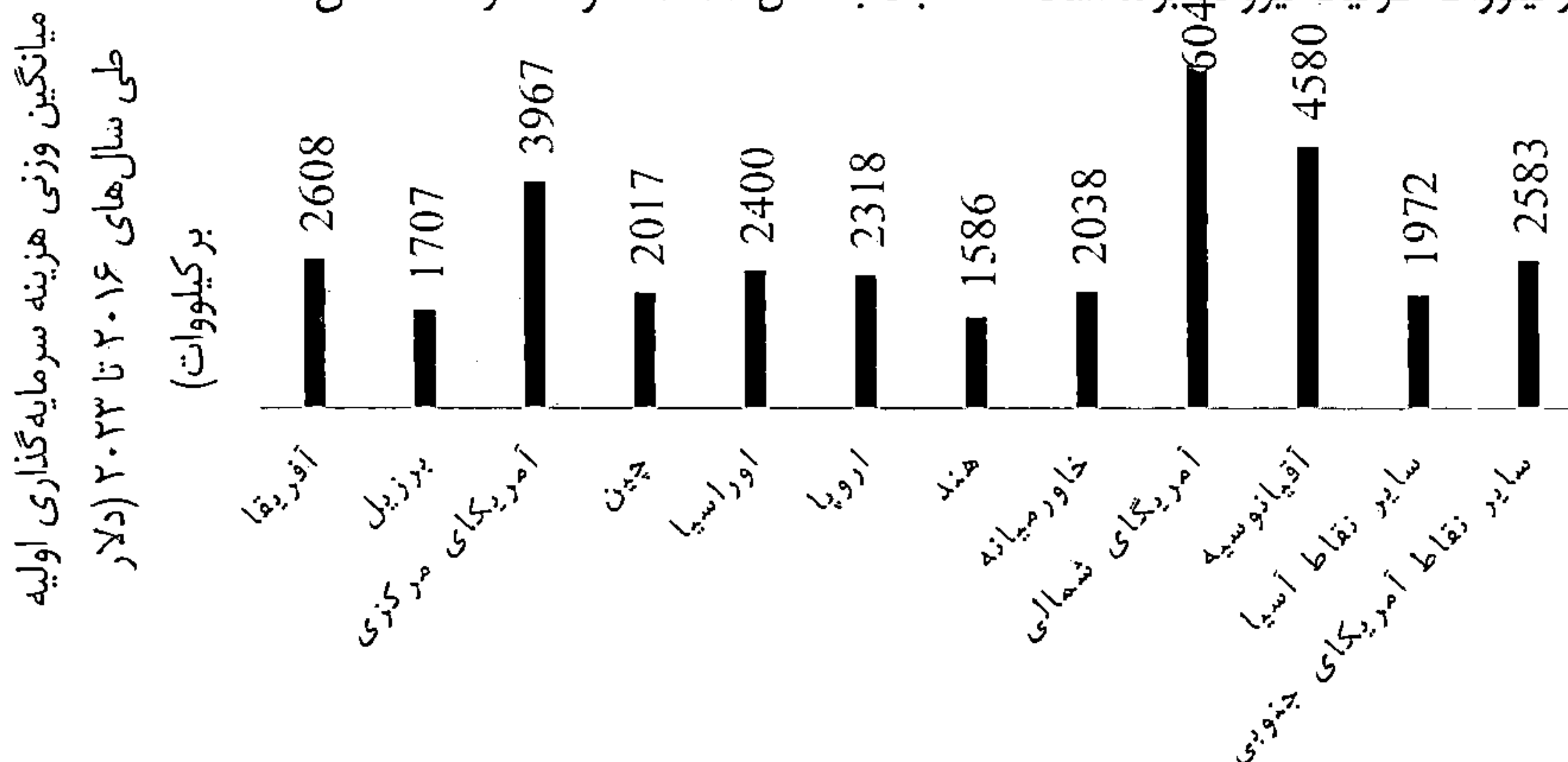
شکل ۵-۱۰- کشورهای دارای ظرفیت بالای تولید برق از نیروگاه‌های برق آبی

هزینه سرمایه‌گذاری نیروگاه‌های برق آبی



شکل ۵-۱۱ - LCOE نیروگاه‌های برق آبی در جهان

هزینه تراز شده جهانی برق (LCOE) نیروگاه‌های برق آبی تازه تاسیس در سال ۲۰۲۳ حدود ۵/۷ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی بوده است که نسبت به سال ۲۰۲۲ در حدود ۷ درصد کاهش و نسبت به سال ۲۰۱۰، ۳۳ درصد افزایش داشته است. همچنین در سال ۲۰۲۳، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه‌های برق آبی ۲۸۰۶ دلار به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه بوده است که نسبت به سال ۲۰۲۲ حدود ۸ درصد کاهش داشته است.



شکل ۵-۱۲ - میانگین وزنی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه‌های برق آبی

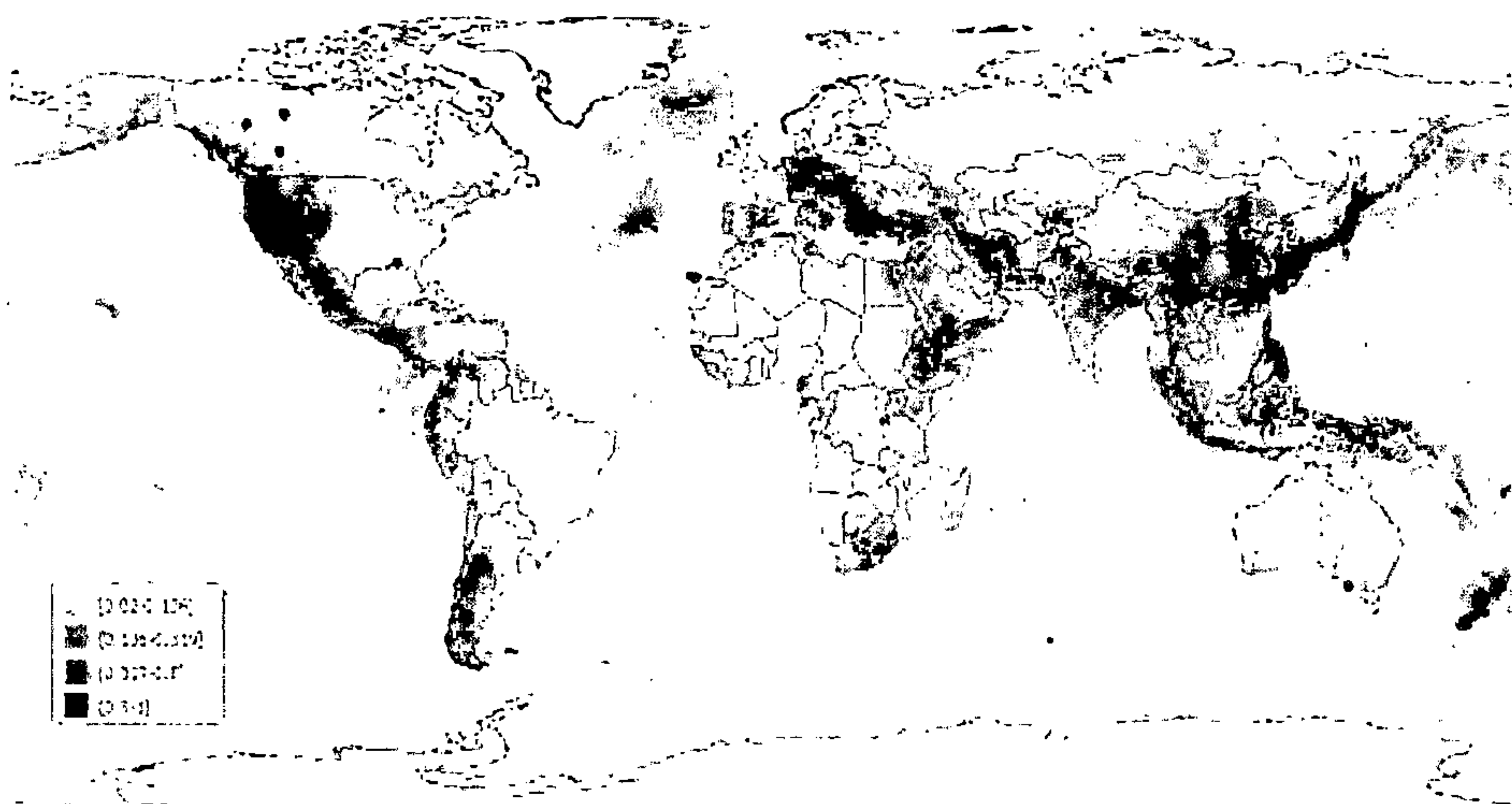
نیروگاه‌های زمین گرمایی

در پایان سال ۲۰۲۳، ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های تولید برق به روش زمین گرمایی، حدود ۱۵ گیگاوات بوده است که تنها ۰/۴ درصد از کل ظرفیت برق تجدیدپذیر نصب شده در جهان را به خود اختصاص داده است.

این ظرفیت عمدتاً در مناطق فعال ژئوترمال قرار دارد.

بهترین منابع ژئوترمال، آن‌هایی هستند که در نواحی فعال زمین گرمایی بر روی سطح و یا نزدیک سطح پوسته زمین قرار دارند.

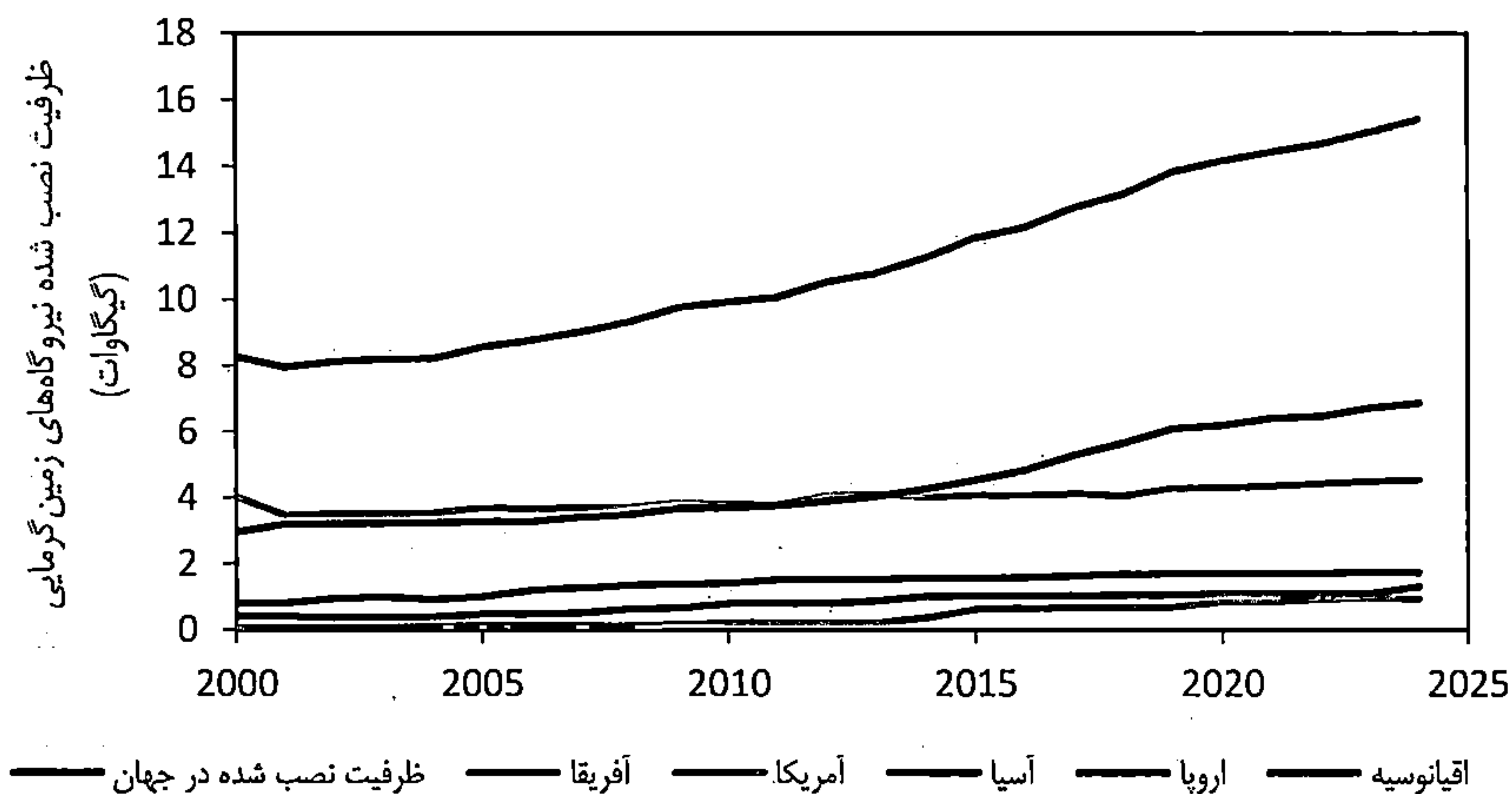
مهمترین فایده این منابع، دستیابی به آن‌ها با هزینه‌ی کمتر در مقایسه با منابع موجود در اعماق پوسته زمین می‌باشد.



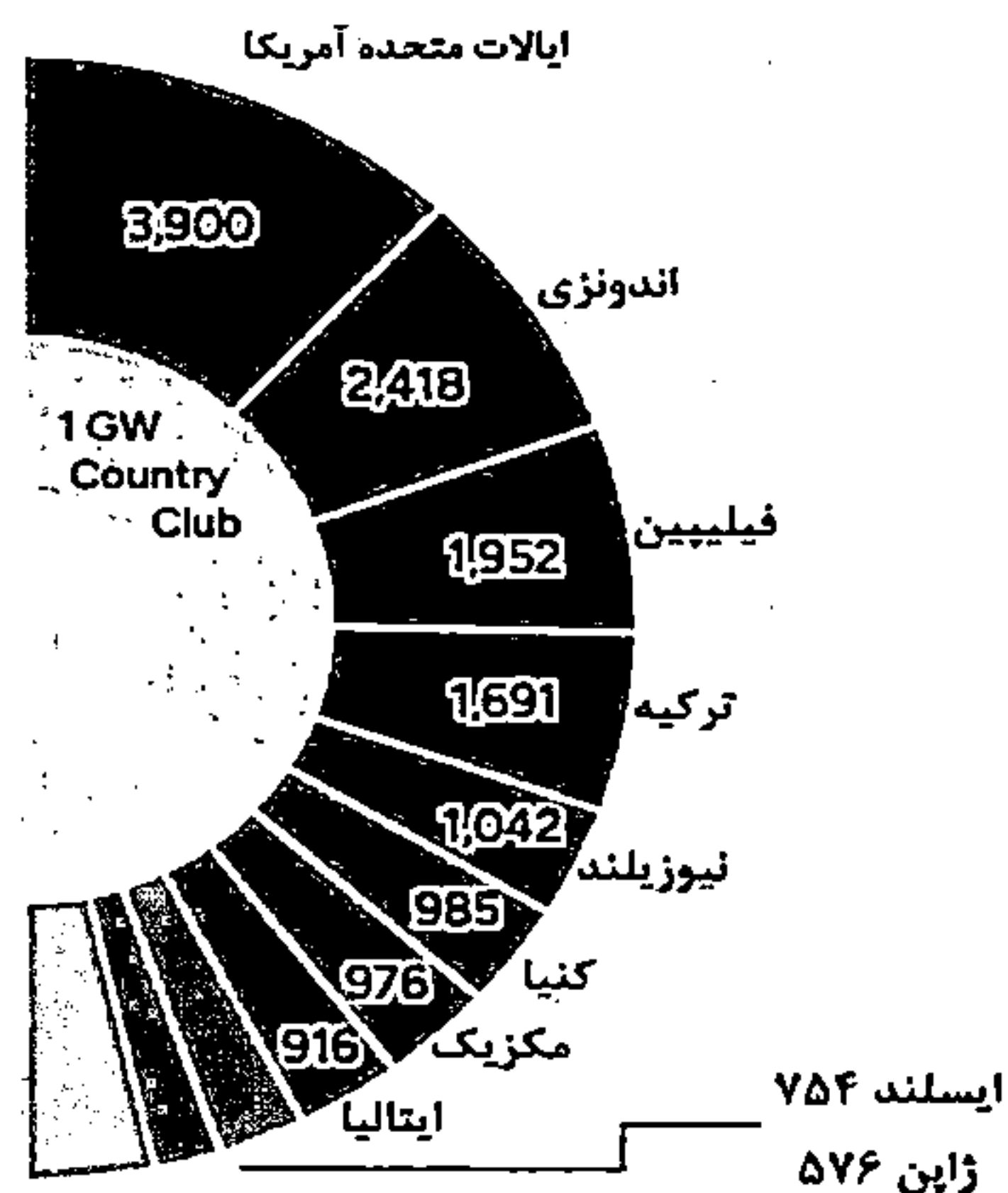
شکل ۵-۱۳- مناطق مستعد احداث نیروگاه‌های زمین گرمایی

کشورهایی که بیشترین ظرفیت نصب شده را دارند شامل ایسلند، اندونزی، ایتالیا، کنیا، مکزیک، نیوزیلند، فیلیپین، ترکیه و ایالات متحده آمریکا می‌باشند.

ظرفیت تولید برق از نیروگاه‌های زمین گرمایی



شکل ۵-۱۴- روند ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های زمین گرمایی در برخی از نقاط جهان



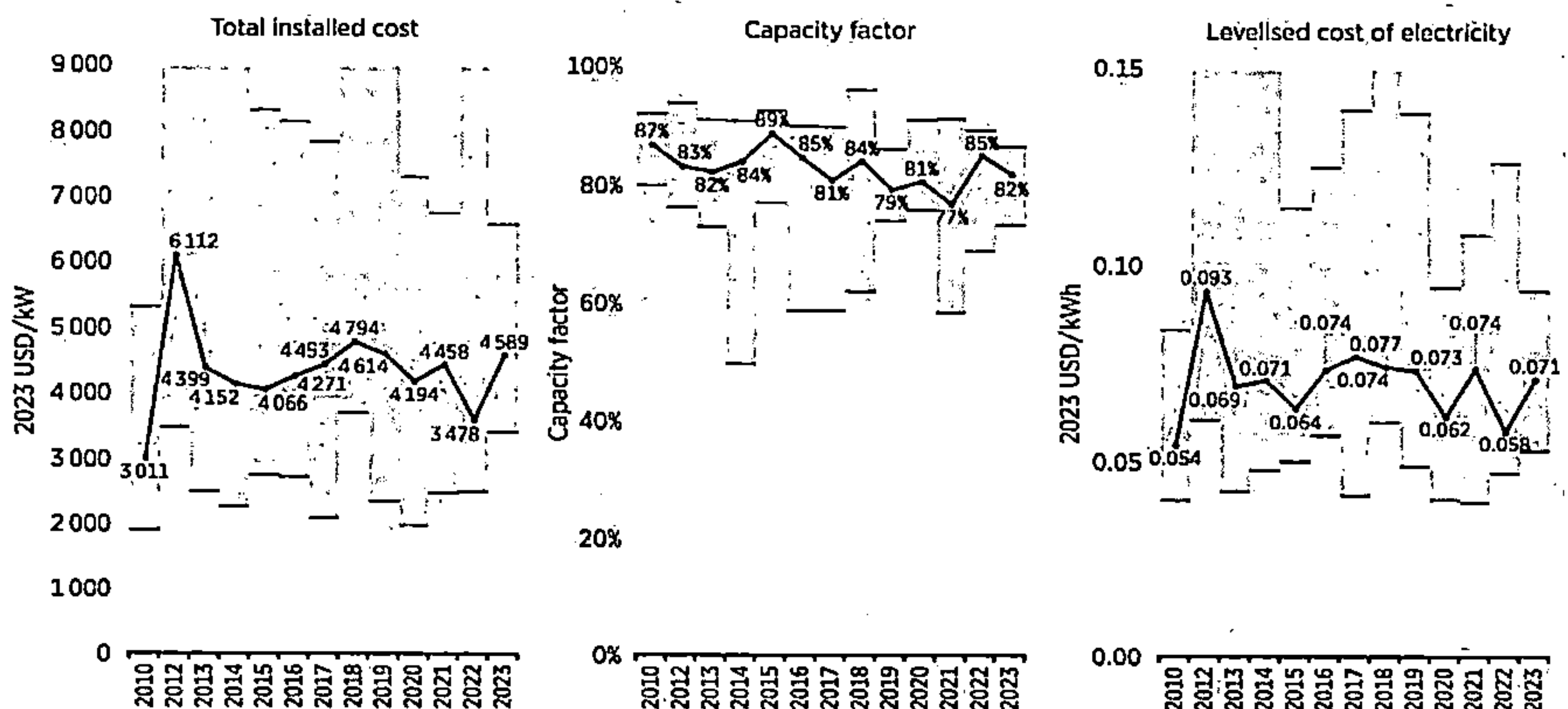
شکل ۵-۱۵- بیشترین ظرفیت نصب شده نیروگاه‌های زمین گرمایی در جهان

هزینه‌های سرمایه‌گذاری نیروگاه‌های زمین گرمایی

هزینه هم‌تراز شده جهانی برق (LCOE) پروژه‌های زمین گرمایی که در سال ۲۰۲۳ میلادی اجرا شدند، ۷/۱ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی نیروگاه بوده است که مشابه میانگین جهانی سال ۲۰۲۱ میلادی است.

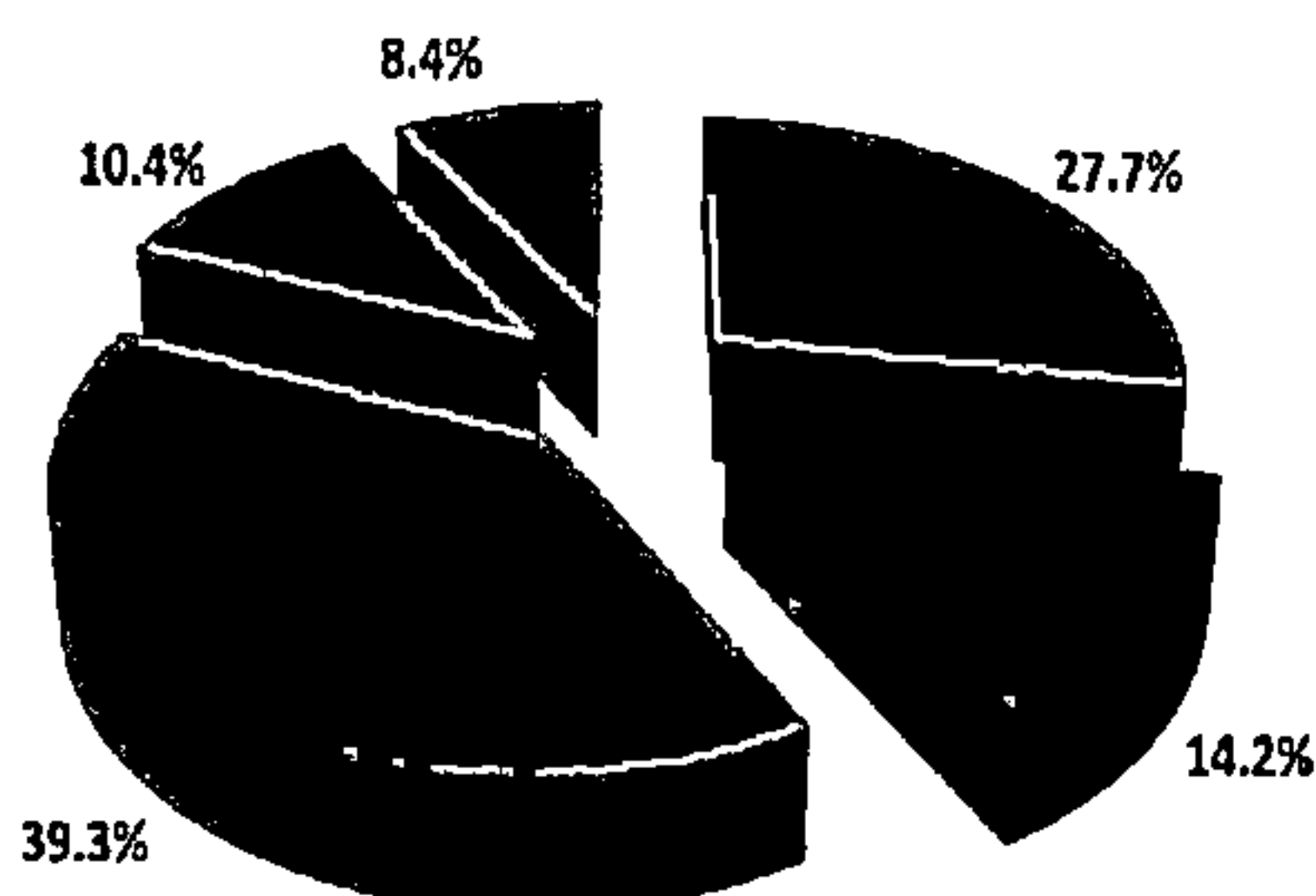
تعداد پایین نیروگاه‌های زمین گرمایی سبب می‌شود که میانگین وزنی هزینه‌ها و عملکرد، تنها توسط تعداد کمی از نیروگاه‌ها در سال تعیین شود.

در سال ۲۰۲۳ میلادی، میانگین وزنی هزینه‌های نصب ۷ نیروگاه در پایگاه داده‌ی IRENA، ۴۵۸۹ دلار به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه بوده است. هزینه‌های نصب در بازه ۳۴۱۳ تا ۶۵۹۶ دلار به ازای هر کیلووات قرار داشتند.



شکل ۵-۱۶ LCOE نیروگاه‌های زمین گرمایی در جهان

توزیع ■ استخراج ■ حفاری ■ نصب پمپ حرارتی ■ پمپ حرارتی



شکل ۵-۱۷ سهم بخش‌های مختلف در هزینه‌های احداث نیروگاه زمین گرمایی

هزینه‌های احداث نیروگاه‌های زمین گرمایی شامل خرید پمپ حرارتی و نصب آن، انجام حفاری‌های مورد نیاز، سیستم استخراج و تزریق مجدد آب به داخل زمین می‌باشد.

هزینه‌های حفاری، در صورتی که منابع ژئوترمال در اعماق پوسته باشند، بسیار بالا خواهد بود.

نیروگاه‌های زیست توده

تولید برق از منابع زیست توده شامل طیف گسترده‌ای از انواع خوراک و فناوری‌های احتراق می‌شود. این فناوری‌ها شامل فناوری‌های که به بلوغ رسیده و تجاری‌سازی شده‌اند و همچنین فناوری‌های نوآورانه می‌شود.

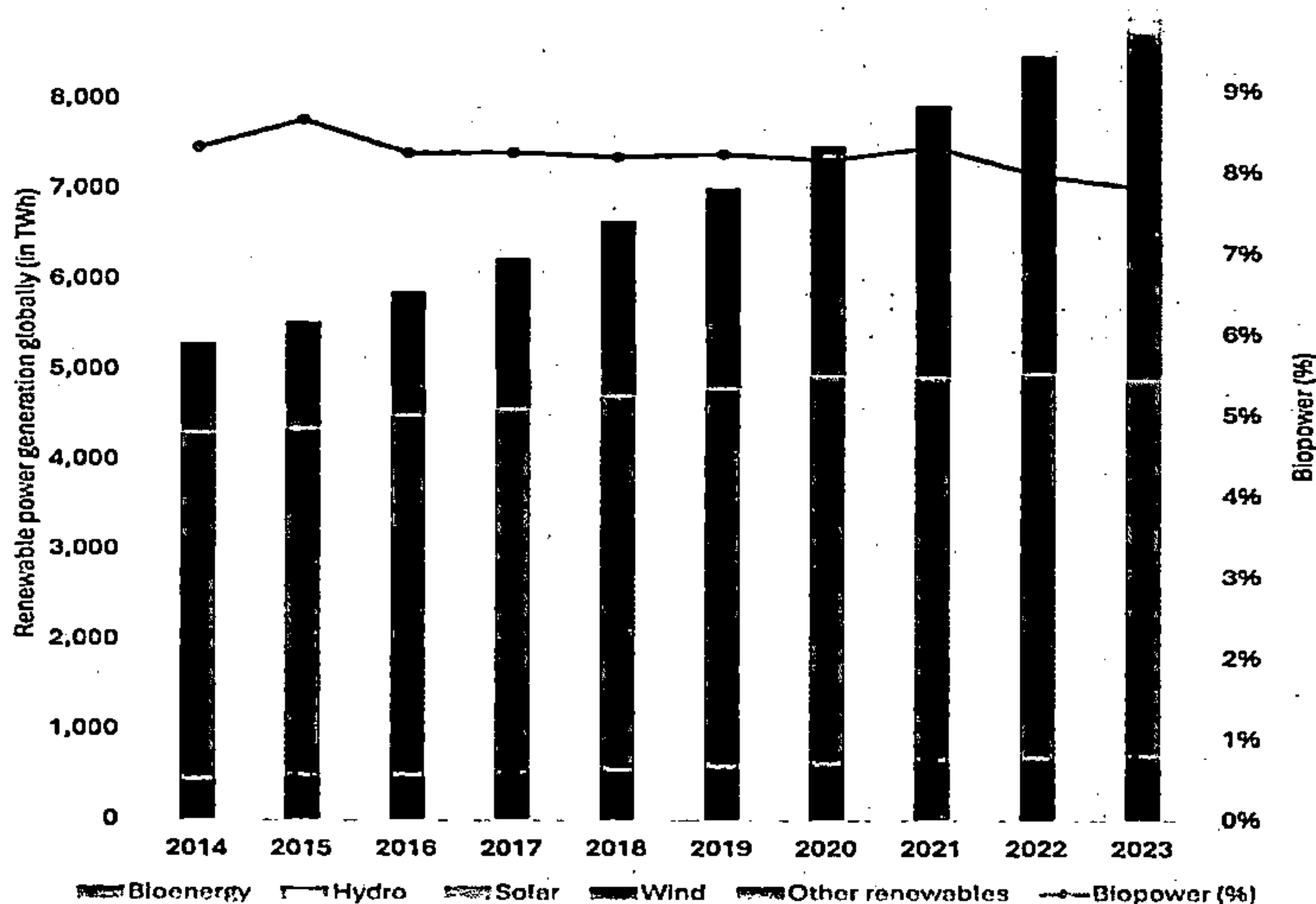
فناوری‌های نوآورانه که هنوز نیاز به مطالعات بیشتری دارند شامل گازی‌سازی در فشار جو و پیرولیز می‌باشند. تکنولوژی‌های تجاری‌سازی شده نیز شامل احتراق مستقیم درون بویلر، هاضم‌های بی‌هوازی، زباله‌سوزی پسماند جامد شهری و استحصال گاز لندفیل می‌باشند.



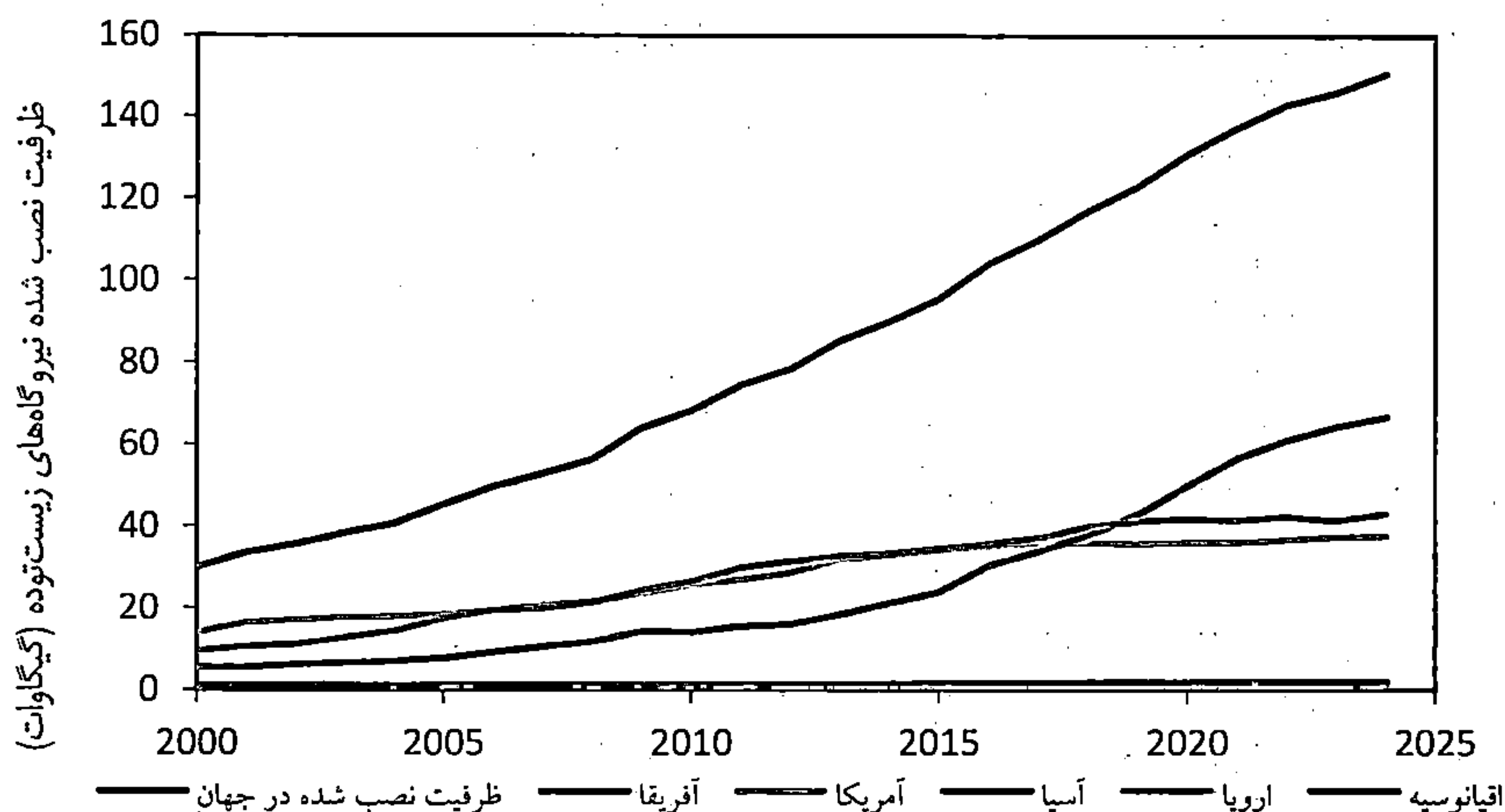
شکل ۵-۱۸- تکنولوژیهای نیروگاه‌های زیست توده

ظرفیت و تولید برق از منابع زیست توده

در سال ۲۰۲۳ تولید برق تجدیدپذیر در جهان ۸۹۳۱ ترا وات ساعت بوده است. سهم برق با منشاء زیست توده ۶۹۷ ترا وات ساعت و حدود ۸٪ بوده است.

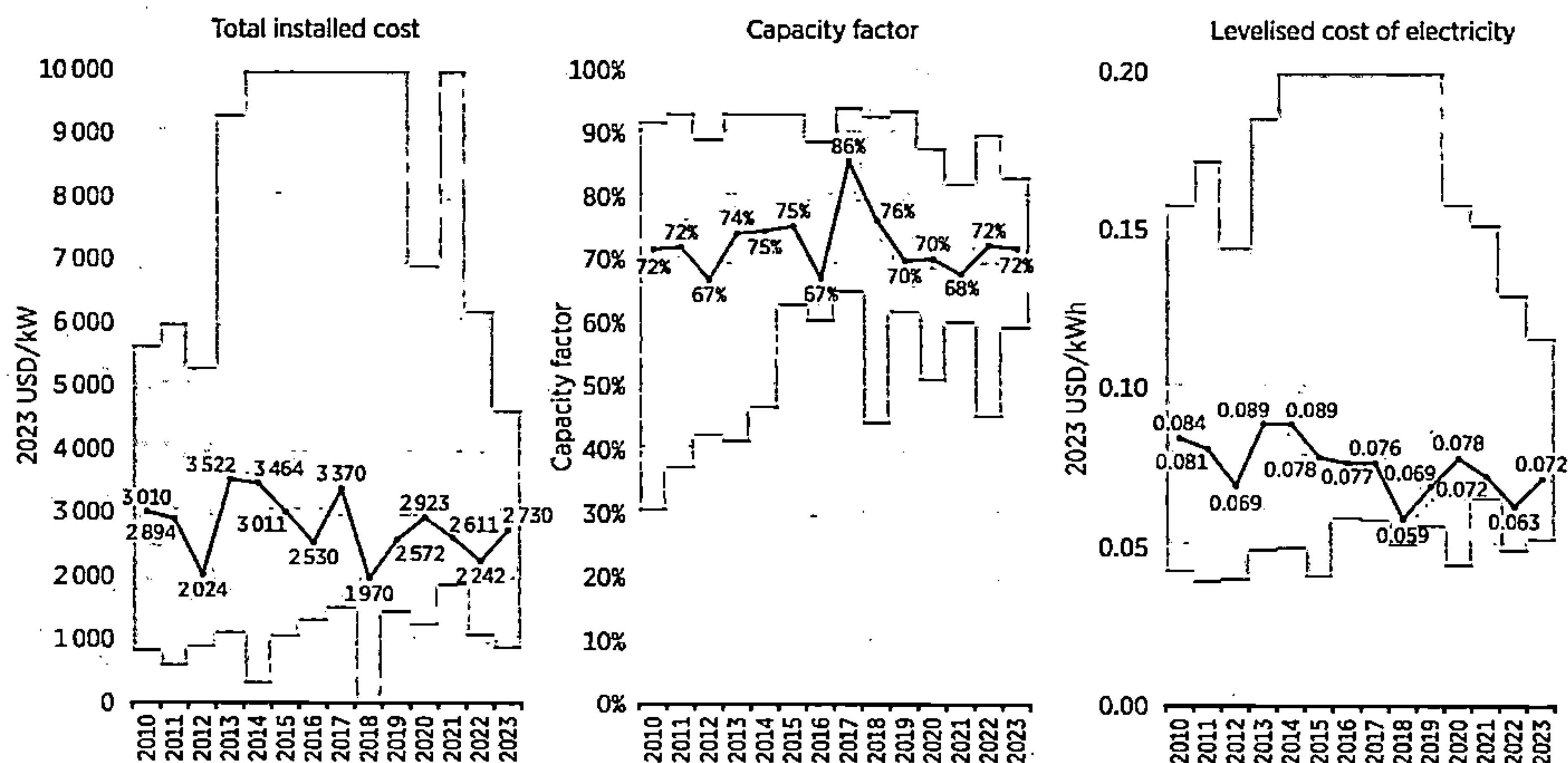


شکل ۵-۱۹- روند جهانی تولید برق از منبع انرژی زیست توده



شکل ۵-۲۰- تولید برق از منبع انرژی زیست توده در کشورهای منتخب

هزینه‌های سرمایه‌گذاری انواع نیروگاه‌های زیست توده



شکل ۵-۲۱- LCOE نیروگاه‌های زیست توده در جهان

بین سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ میلادی، هزینه ترازشده میانگین برق (LCOE) با منشاء زیست توده از ۸/۴ سنت به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی به ۷/۲ سنت به ازای هر کیلووات ساعت، کاهش پیدا کرده است. هزینه‌های فوق برای تکنولوژی‌های بیوشیمیایی می‌باشند. این مقادیر برای تکنولوژی‌های ترموشیمیایی بالاتر است.

میانگین وزنی هزینه سرمایه‌گذاری اولیه نیروگاه‌های زیست توده با فناوری بیوشیمیایی، در سال ۲۰۲۳ میلادی، ۲۷۳۰ دلار به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه بوده است که نسبت به سال ۲۰۲۲، حدود ۲۱ درصد افزایش داشته است.

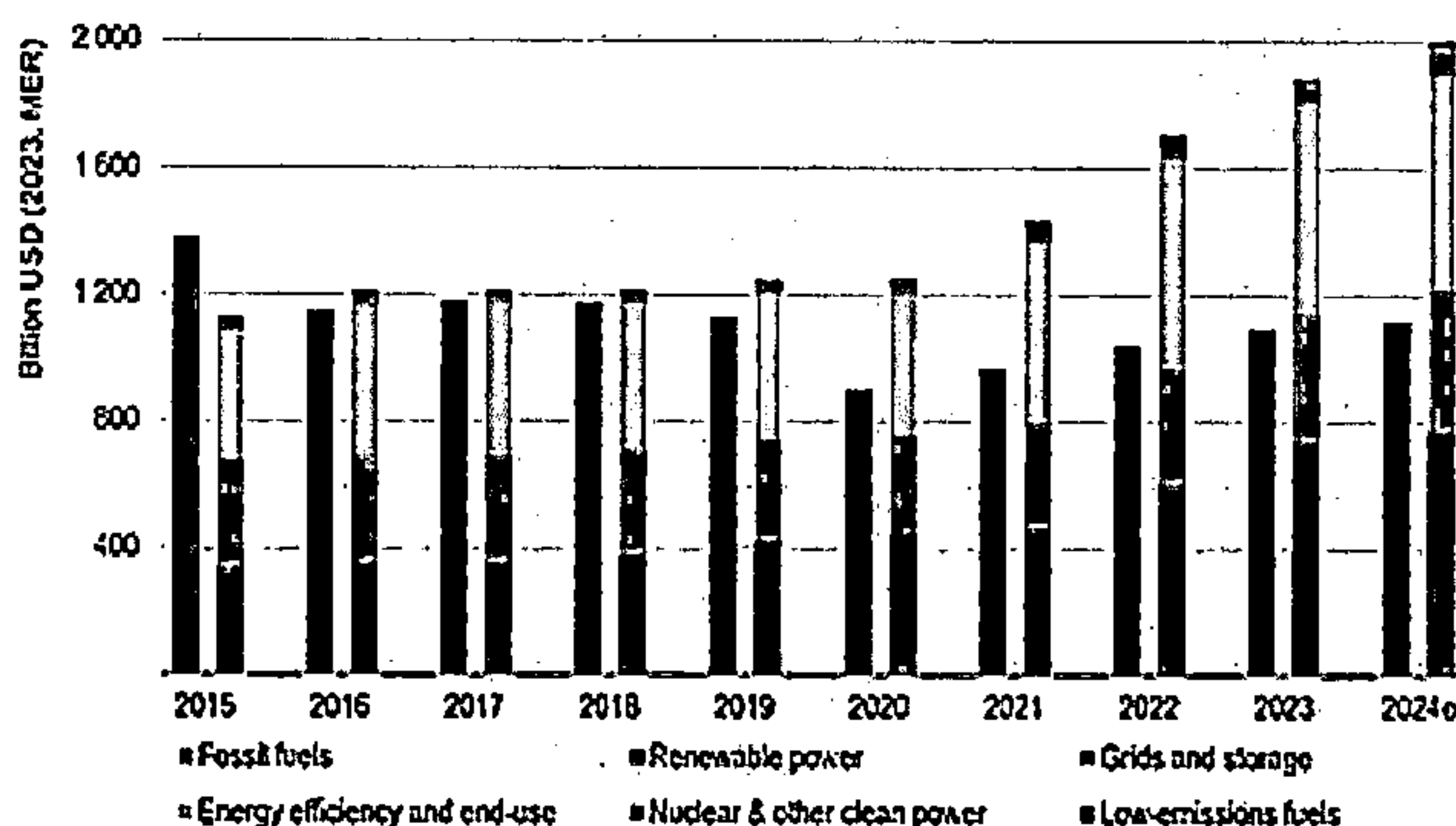




سرمایه گذاری در تولید برق تجدیدپذیر

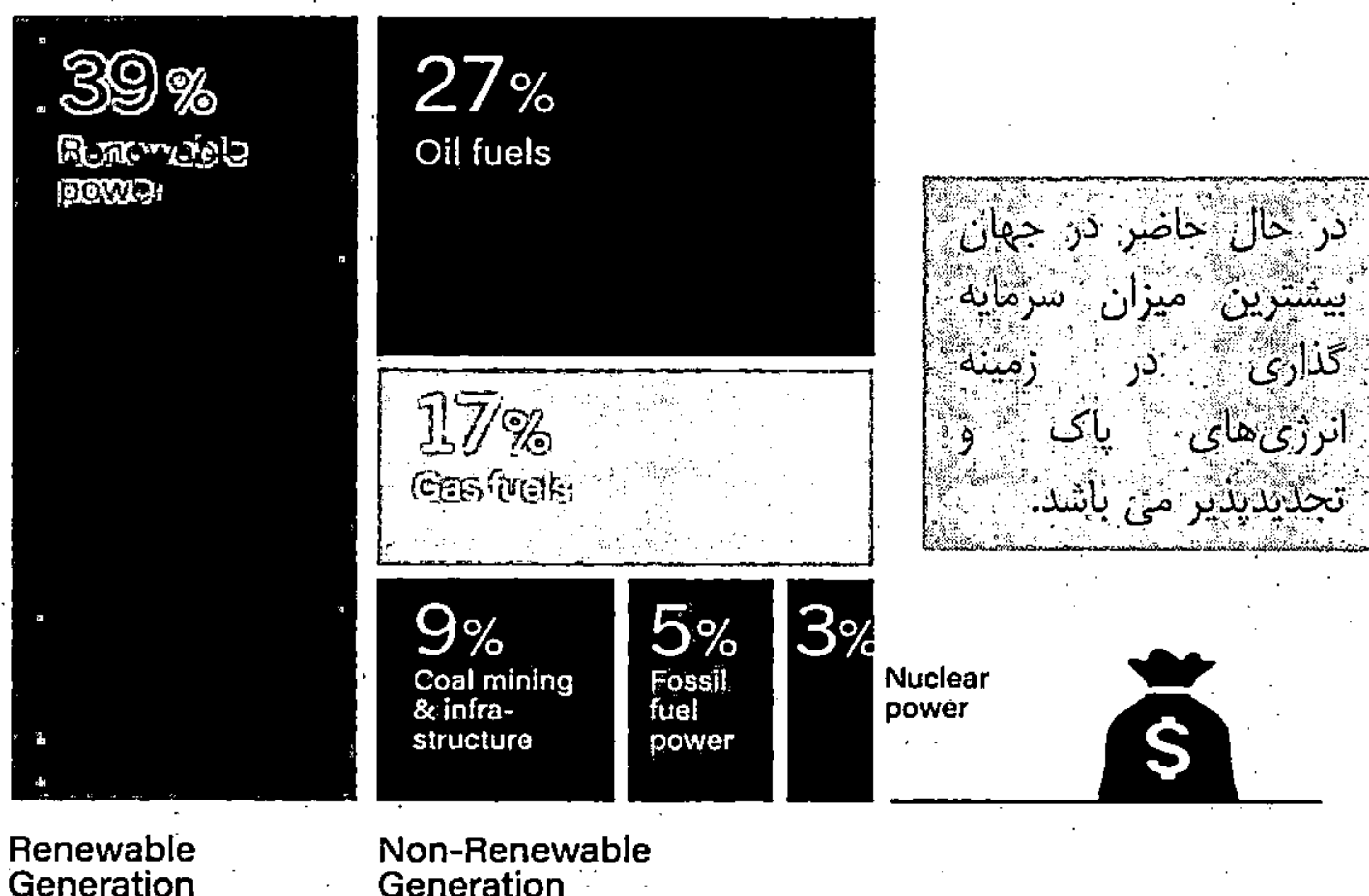
میزان سرمایه‌گذاری در بخشهای مختلف انرژی در جهان

بخش قابل توجهی از سرمایه‌گذاری در بخش انرژی، تا سال ۲۰۱۹ عمدتاً به سوخت‌های فسیلی متعلق بوده است. از سال ۲۰۲۰ مجموع سرمایه‌گذاری در حوزه برق تجدیدپذیر، بهینه‌سازی انرژی و ذخیره‌سازها از سوخت‌های فسیلی پیشی گرفته است. به طوری که در سال ۲۰۲۴ سرمایه‌گذاری در بخش برق تجدیدپذیر به دو برابر سال ۲۰۱۵ رسیده است.



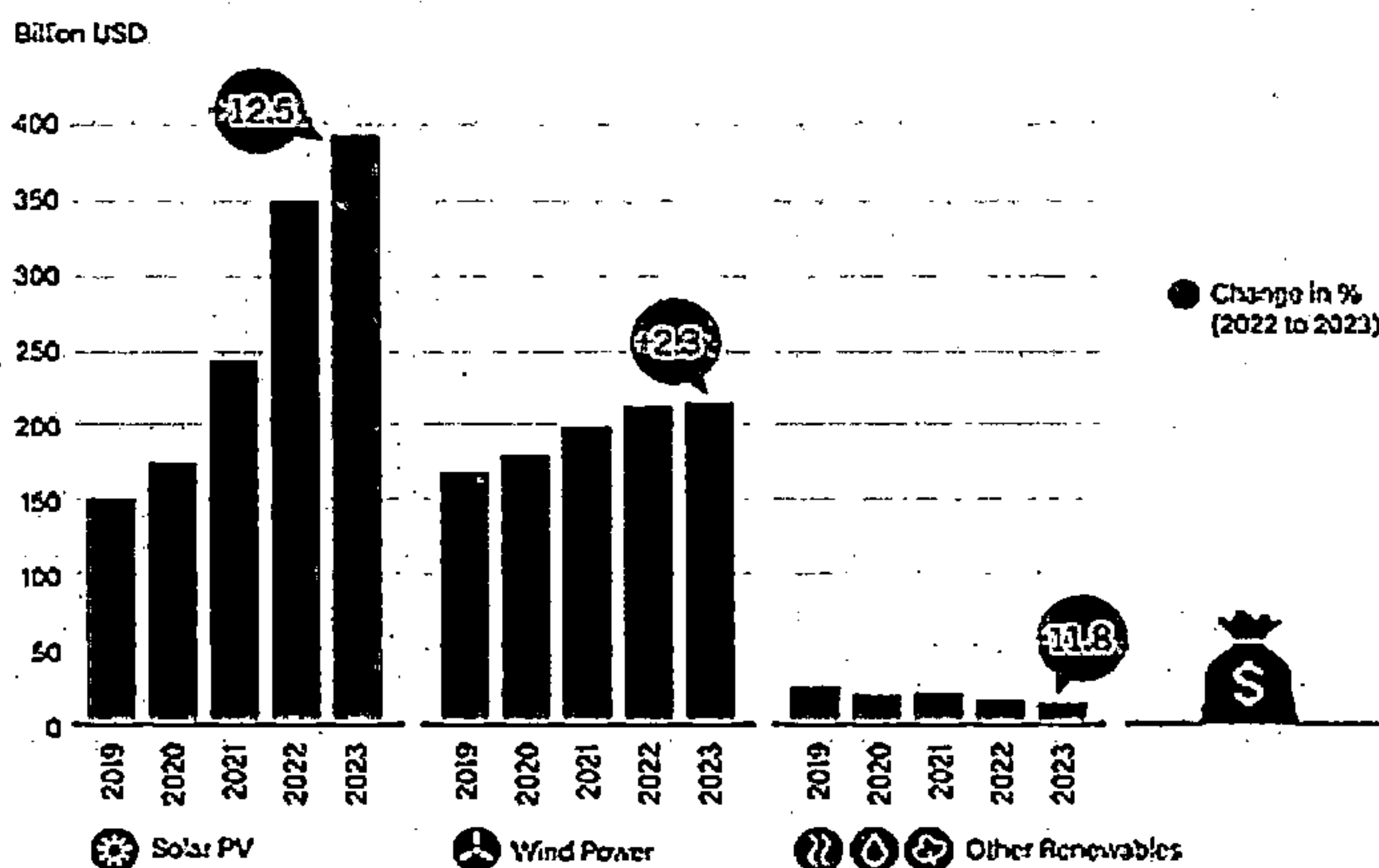
در حال حاضر جهان دو برابر بیشتر از سوخت‌های فسیلی، در زمینه انرژی‌های پاک سرمایه‌گذاری می‌کند.

شکل ۶-۱- میزان سرمایه‌گذاری در بخش تجدیدپذیر از ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۴



شکل ۶-۲- میزان سرمایه‌گذاری در بخش‌های مختلف انرژی در جهان در سال ۲۰۲۳

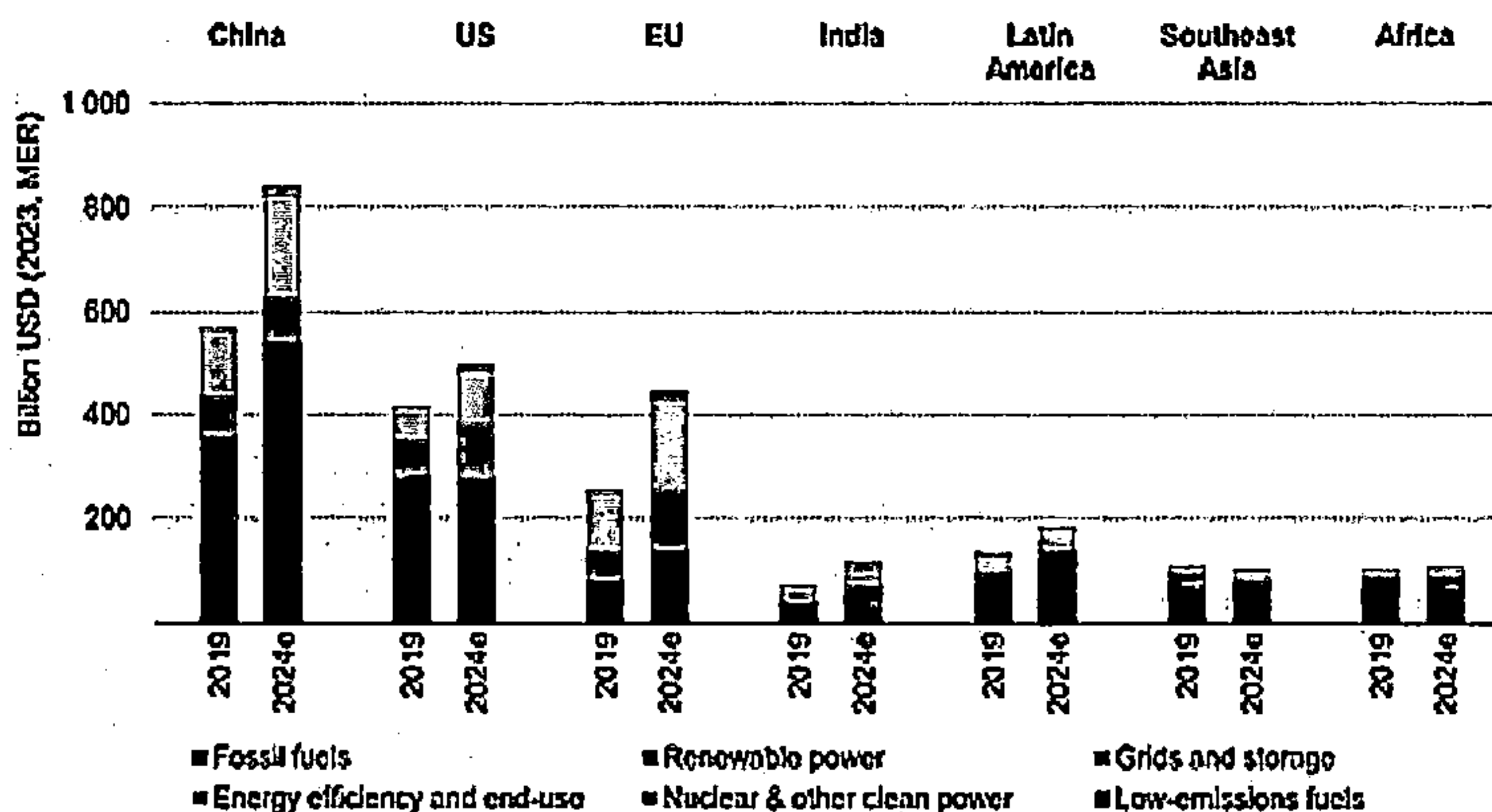
میزان سرمایه‌گذاری در بخش انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان



شکل ۳-۶- میزان سرمایه‌گذاری در بخش تجدیدپذیر از ۲۰۱۹ تا ۲۰۲۳

این درحالی است که سرمایه‌گذاری این کشور در زمینه سوخت‌های فسیلی در طی این سال‌ها ثابت باقی‌مانده است. ایالات متحده آمریکا و اتحادیه اروپا نیز جزء کشورهای پیشرو در این زمینه بوده‌اند.

بیشترین میزان سرمایه‌گذاری در حوزه انرژی‌های پاک، بخصوص برق تجدیدپذیر، در کشور چین انجام می‌شود. چین در سال ۲۰۲۴، نسبت به سال ۲۰۱۹ سرمایه‌گذاری در حوزه برق تجدیدپذیر را به دو برابر رسانده است.

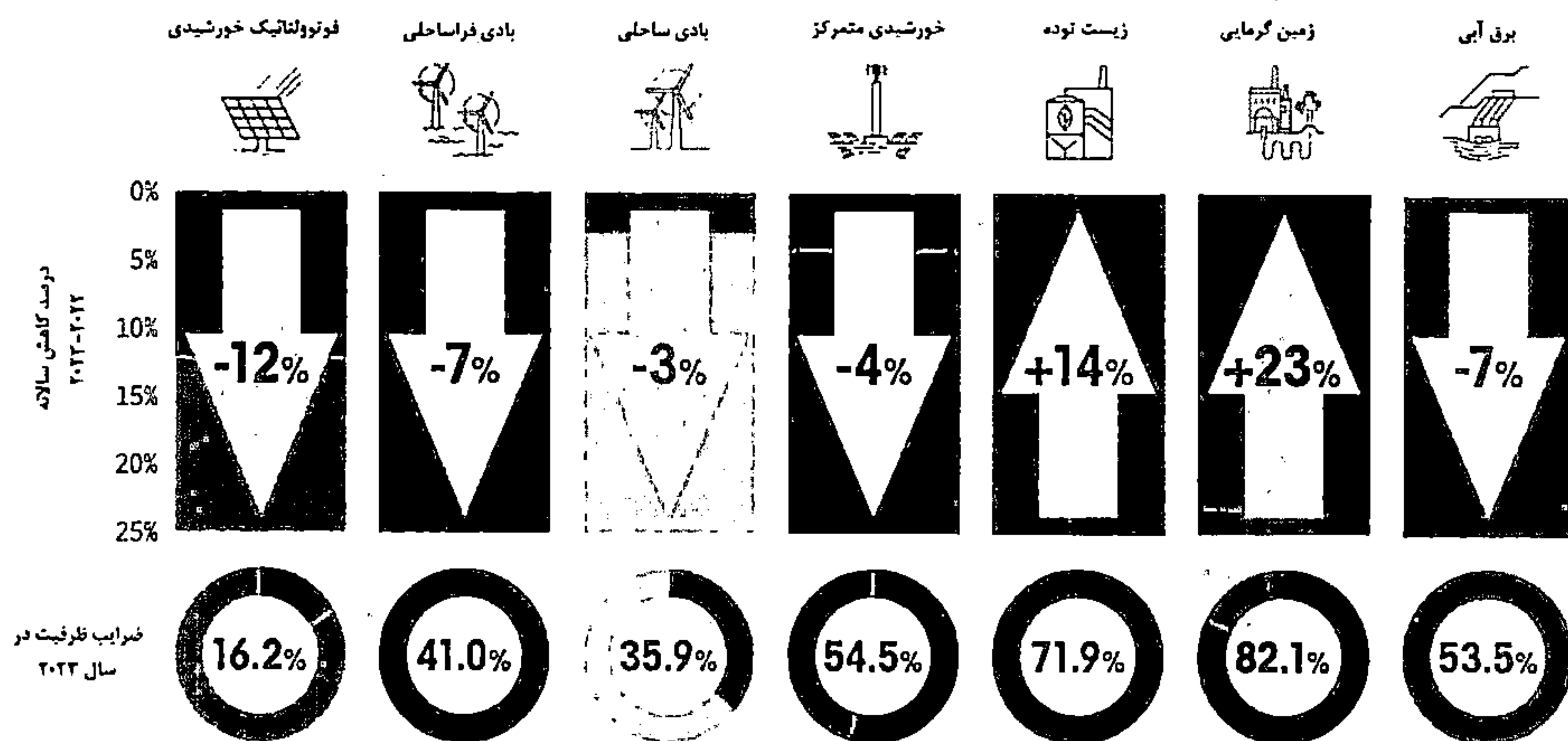


شکل ۴-۶- میزان سرمایه‌گذاری در بخش تجدیدپذیر در کشورهای منتخب در سال ۲۰۲۳

پارامترهای مهم در هزینه‌های تولید برق تجدیدپذیر

به منظور ارزیابی هزینه‌های تولید برق تجدیدپذیر چهار پارامتر مهم را باید در نظر گرفت.

○ مجموع هزینه‌هایی را شامل می‌شود که برای کامل کردن پروژه احتیاج است. شامل: تجهیزات نصب، طراحی، اتصالات شبکه و غیره	هزینه سرمایه‌گذاری
○ نسبت تولید سالانه نیروگاه به حداکثر باردهی نظری آن می‌باشد و به صورت درصد بیان می‌شود	ضریب ظرفیت
○ هزینه‌های بهره‌برداری و تعمیر و نگهداری	هزینه بهره‌برداری
○ نسبت هزینه‌ها در طول عمر نیروگاه به میزان برق تولیدی در این دوره	هزینه هم‌تراز شده

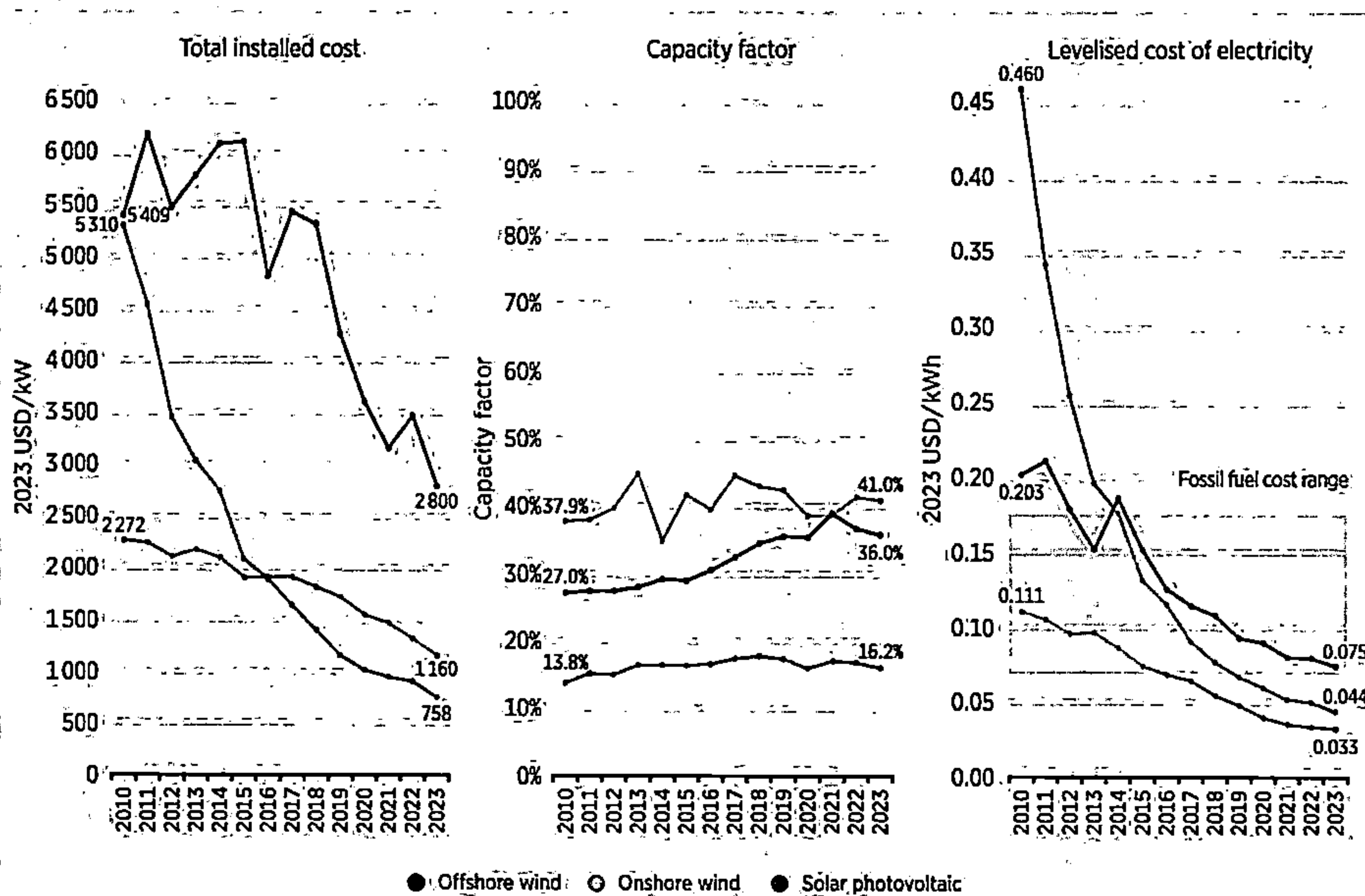


شکل ۵-۶- نقش ضرایب ظرفیت در LCOE در تکنولوژیهای مختلف برق تجدیدپذیر

در سال ۲۰۲۳ LCOE برای بیشتر فناوری‌ها، به جز زیست توده و زمین گرمایی، کاهش یافته و فناوری خورشیدی بیشترین کاهش LCOE را شاهد بوده است.

مقایسه هزینه سرمایه‌گذاری، ضریب ظرفیت و LCOE در انواع نیروگاه‌های تجدیدپذیر

میانگین وزنی هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه در سال ۲۰۲۳ نسبت به ۲۰۱۰، کاهش داشته است. این میزان کاهش برای نیروگاه‌های خورشیدی فوتوولتائیک ۸۶ درصد، بادی ساحلی ۴۹ درصد و بادی فراساحلی ۴۸ درصد بوده است.



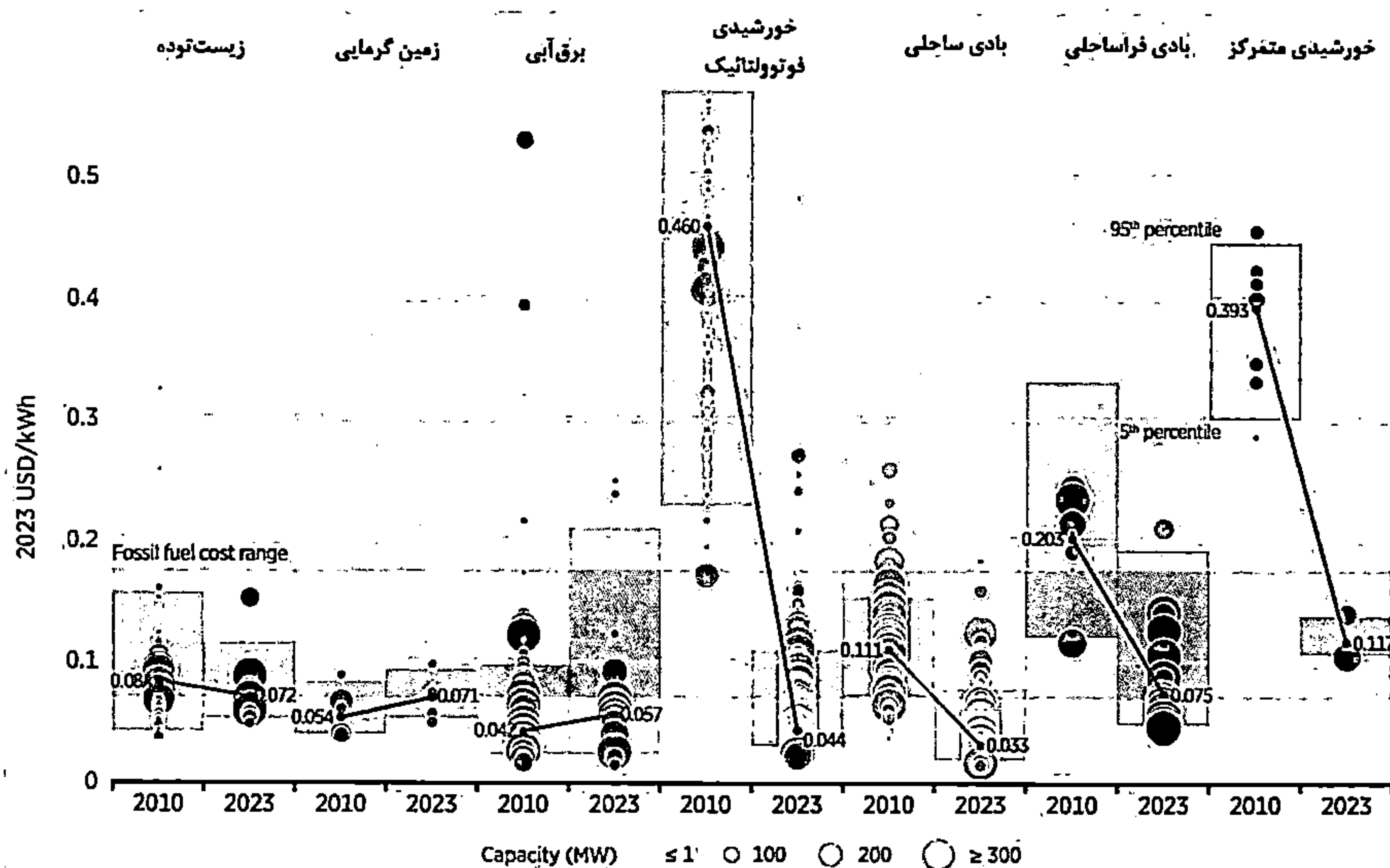
شکل ۶-۶- مقایسه ضرایب ظرفیت، LCOE و هزینه سرمایه‌گذاری در تکنولوژی‌های مختلف برق تجدیدپذیر

همانطور که داده‌های مربوط به ضریب ظرفیت نشان می‌دهند، بهبود فناوری مربوط به ساخت توربین‌های بادی توسط سازندگان آن‌ها، منجر به افزایش ضریب ظرفیت این نیروگاه‌ها در طی زمان شده است. در نتیجه، در مقیاس جهانی، اگرچه میزان LCOE نیروگاه‌های خورشیدی فوتوولتائیک، در طول سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳، به میزان ۹۰ درصد کاهش یافته است، اما هنوز به میزان ۱/۱ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت، بیش از نیروگاه‌های بادی ساحلی است.

مقایسه LCOE فناوری‌های تولید برق تجدیدپذیر

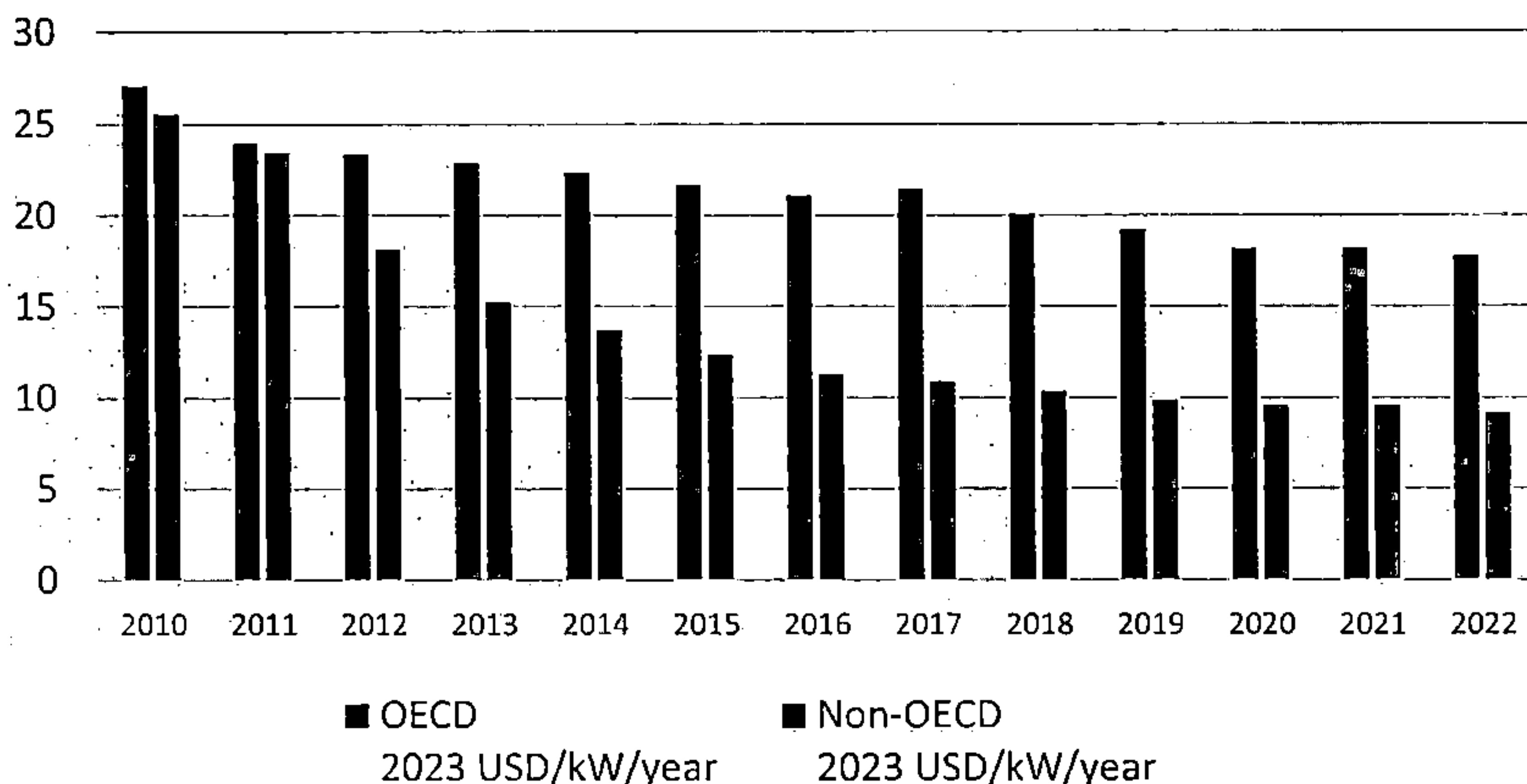
در سال ۲۰۲۳، میانگین وزنی LCOE پروژه‌های جدید با فناوری بادی ساحلی، ۳ درصد کاهش داشته و از ۳/۴ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت برق تولیدی به ۳/۳ سنت دلار رسیده است. کشور چین بیشترین مقدار ظرفیت منصوبه نیروگاه‌های بادی ساحلی را در سال ۲۰۲۳ داشته است. سهم این کشور از رشد ظرفیت حاصله ۶۶ درصد بوده است. اگر پروژه‌های کشور چین را از محاسبات حذف کنیم، میانگین LCOE سایر پروژه‌های بادی ساحلی، نسبت به سال ۲۰۲۲، ۱۵ درصد رشد داشته است.

میانگین وزنی LCOE پروژه‌های خورشیدی فوتوولتائیک نیز ۱۲ درصد نسبت به سال ۲۰۲۲ کاهش داشته و به ۴/۴ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت برق رسیده است. علت این امر کاهش ۱۷ درصدی در هزینه‌های سرمایه‌گذاری اولیه بوده است که از ۹۰۸ دلار به ازای هر کیلووات ظرفیت نیروگاه به ۷۵۸ دلار رسیده است.



شکل ۶-۷- میانگین وزنی جهانی LCOE برای فناوری‌های مختلف تولید برق تجدیدپذیر نصب شده در سال ۲۰۲۳

هزینه‌های تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های بادی و خورشیدی



شکل ۶-۸- هزینه تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های خورشیدی فوتوولتائیک

Country	2023 USD/kW/year
Belgium	76
Denmark	69
Netherlands	80
Germany	77
United Kingdom	74
France	80
China	52
United States	70
Japan	127
Other OECD	75
Other non-OECD	62

Country	2023 USD/kW/year
Sweden	40
Ireland	33
Germany	47
Denmark	35
United States	40
Norway	39
Japan	88
Brazil	26
Canada	35
Mexico	43
Spain	25
United Kingdom	36
France	46
China	26
India	20
Australia	34
Other OECD	40
Other non-OECD	33

هزینه O&M پروژه های بادی فراساحلی

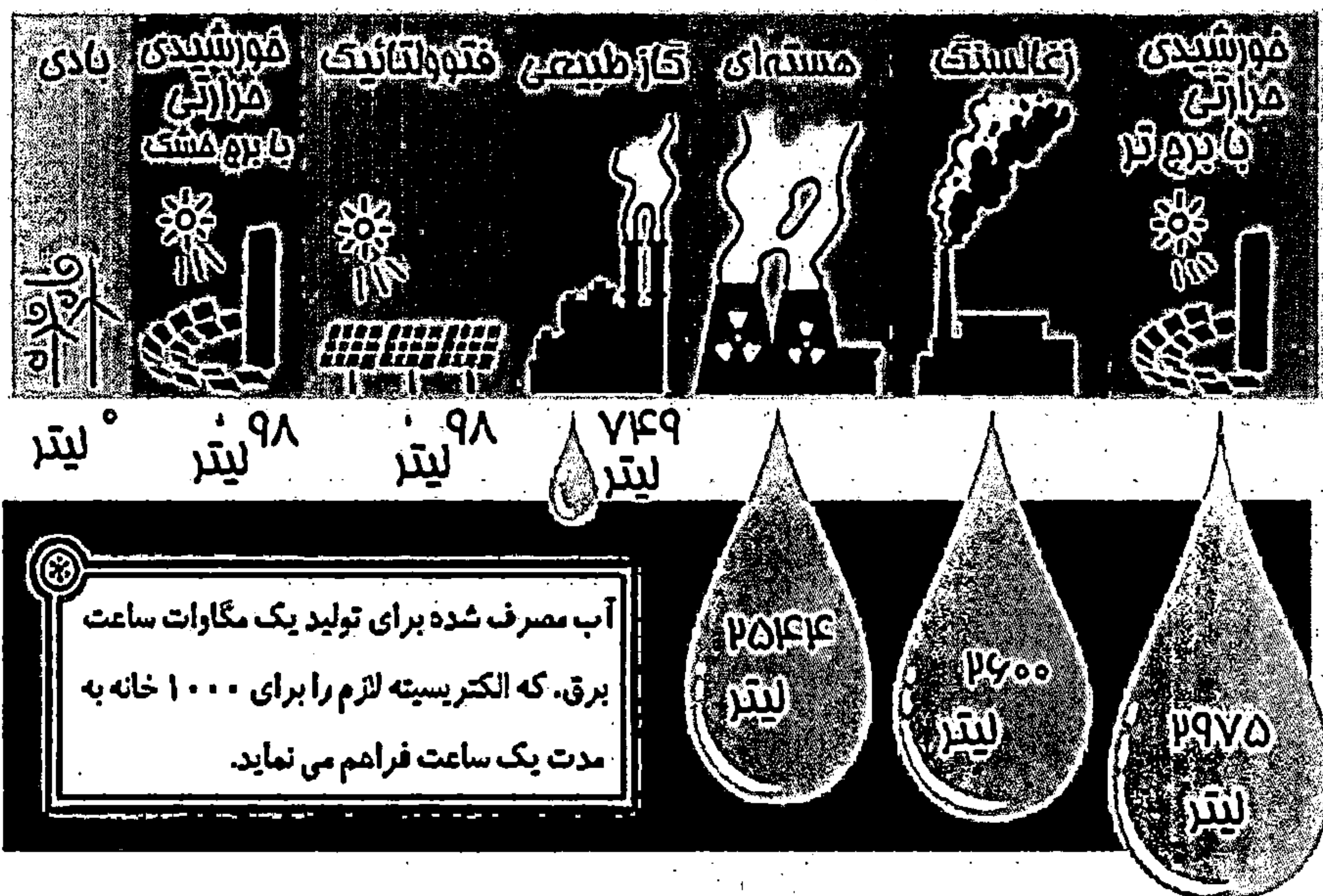
هزینه O&M پروژه های بادی ساحلی

جدول ۶-۱- هزینه تعمیر و نگهداری نیروگاه‌های بادی

اثرات اقتصادی،
اجتماعی و زیست
محیطی توسعه
تجدیدپذیرها

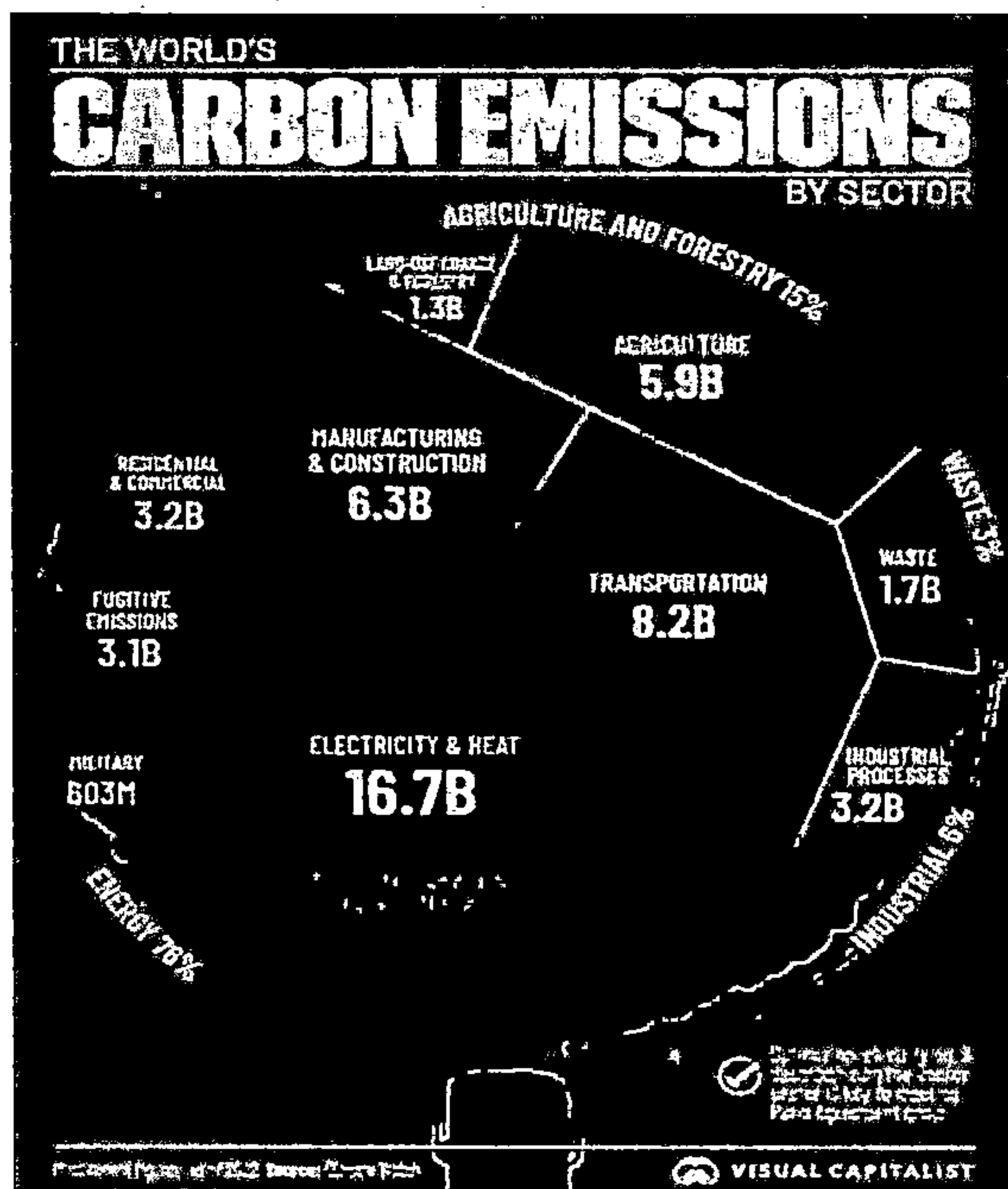
در ایران با توجه به وضعیت کم آبی کشور در سال‌های اخیر، شرایط سختی برای صنعت برق پیش بینی می شود.

هم اکنون به دلیل خشکسالی از مجموع حدود ۱۳ هزار مگاوات پتانسیل تولید برق از نیروگاه‌های برق آبی (حدود ۱۲ درصد ظرفیت تولید برق در کشور) کمتر از ۴ درصد برق تولید و عرضه می شود. بنابراین توسعه نیروگاه‌هایی که حداقل نیاز به آب را دارا هستند، همانند نیروگاه‌های خورشیدی فتوولتائیک و بادی، برای امنیت انرژی و آب در آینده امری ضروری به نظر می رسد.



شکل ۷-۱- مقایسه میزان آب مصرفی از هریک از روشهای تولید برق

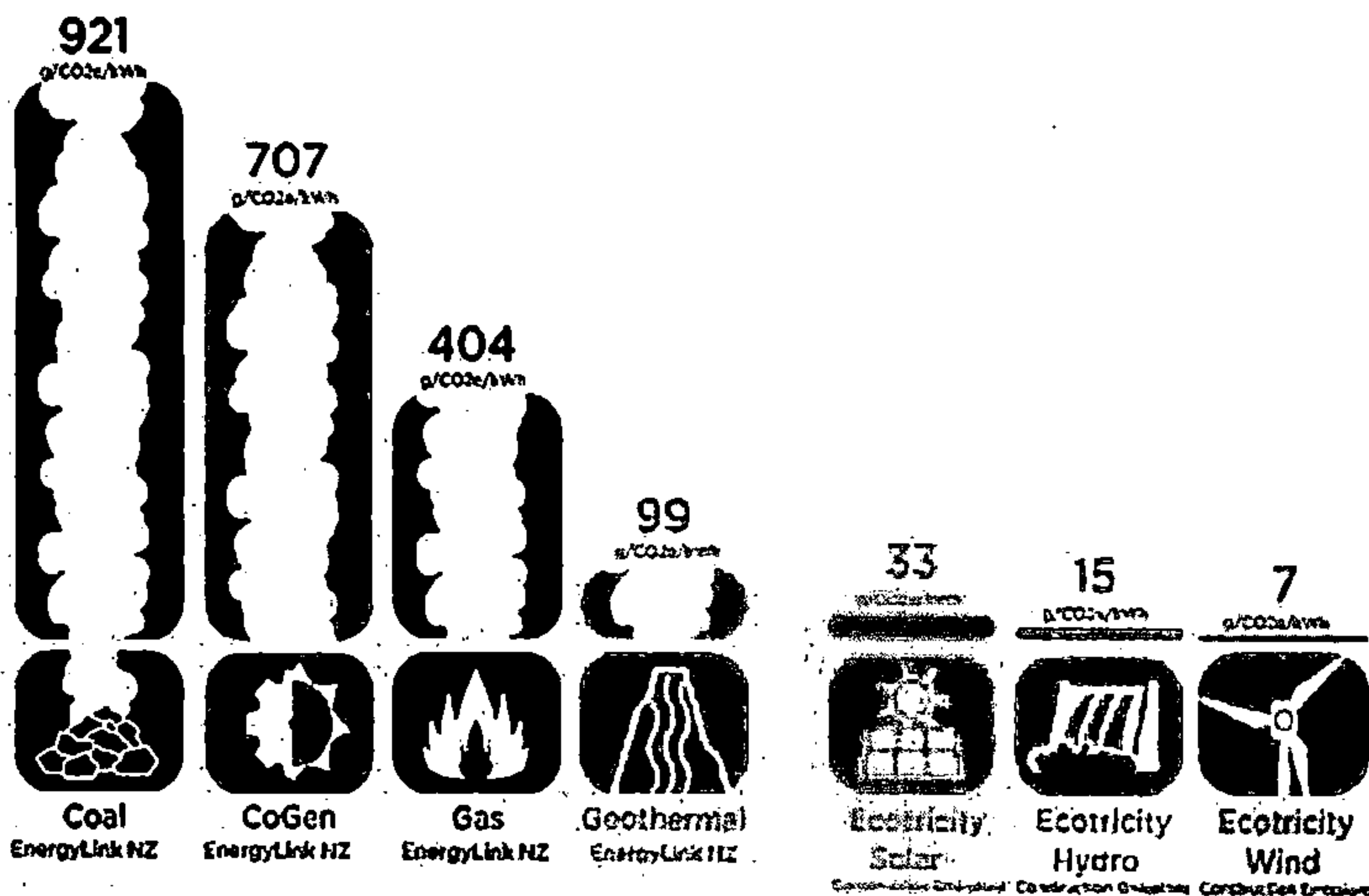
تا پایان سال ۱۴۰۳، در حدود ۳۱۱۰ میلیون لیتر آب ناشی از توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر به میزان ۱۶۱۵.۵ مگاوات ظرفیت، در کشور صرفه جویی شده است.



سهم بخش انرژی در انتشار کربن در جهان حدود ۷۶ درصد بوده است. از این میزان حدود ۱۷ درصد تنها به بخش تولید برق تعلق دارد.

میزان انتشار مهمترین گاز گلخانه‌ای (دی اکسید کربن) در انواع نیروگاه‌های تولیدکننده برق به تفکیک نوع نیروگاه، نشان دهنده اهمیت توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر در دستیابی به اثرات نامطلوب تغییرات اقلیم و گرمایش جهانی است.

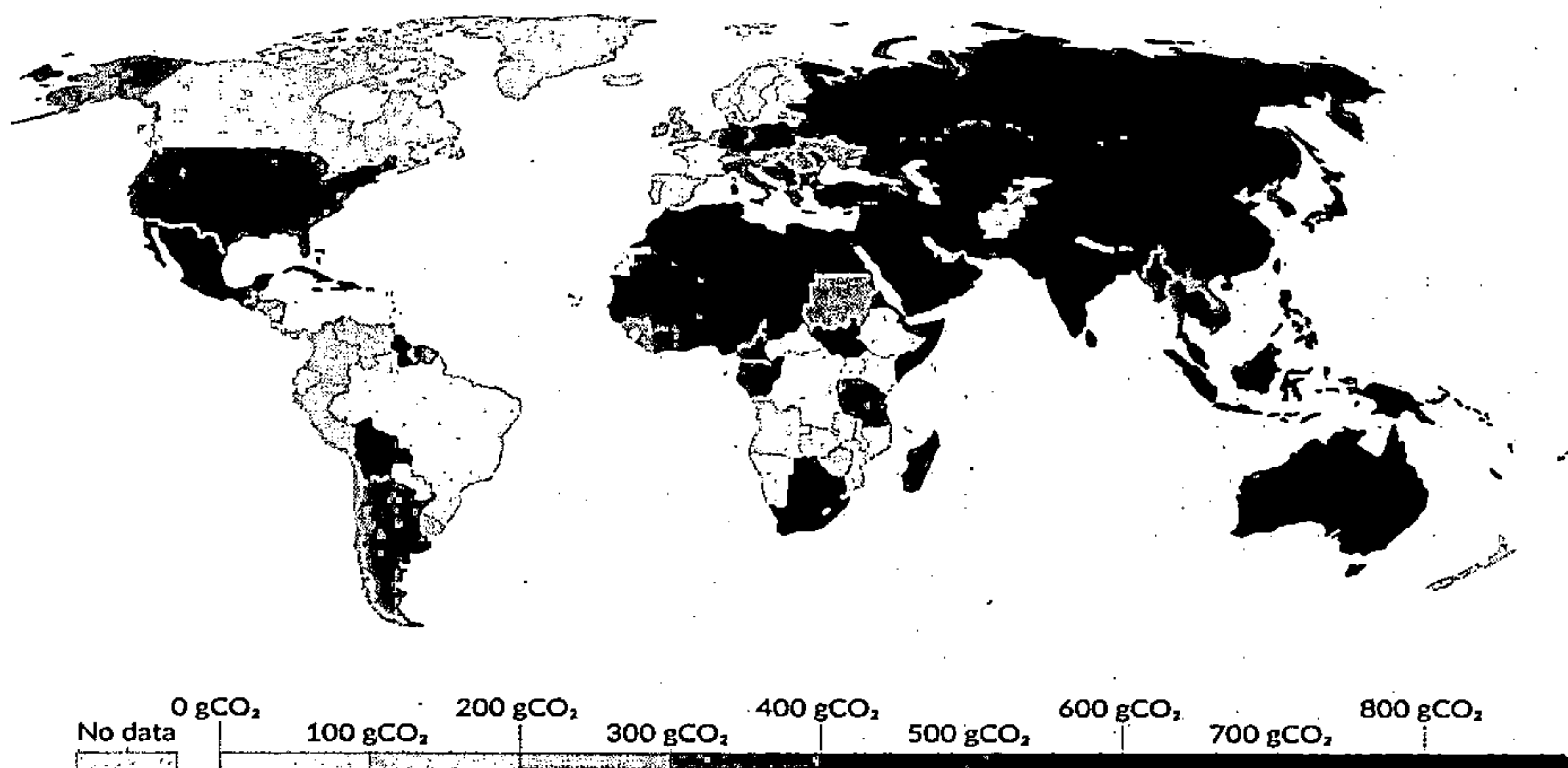
شکل ۷-۲- سهم بخش‌های مختلف در انتشار کربن در جهان



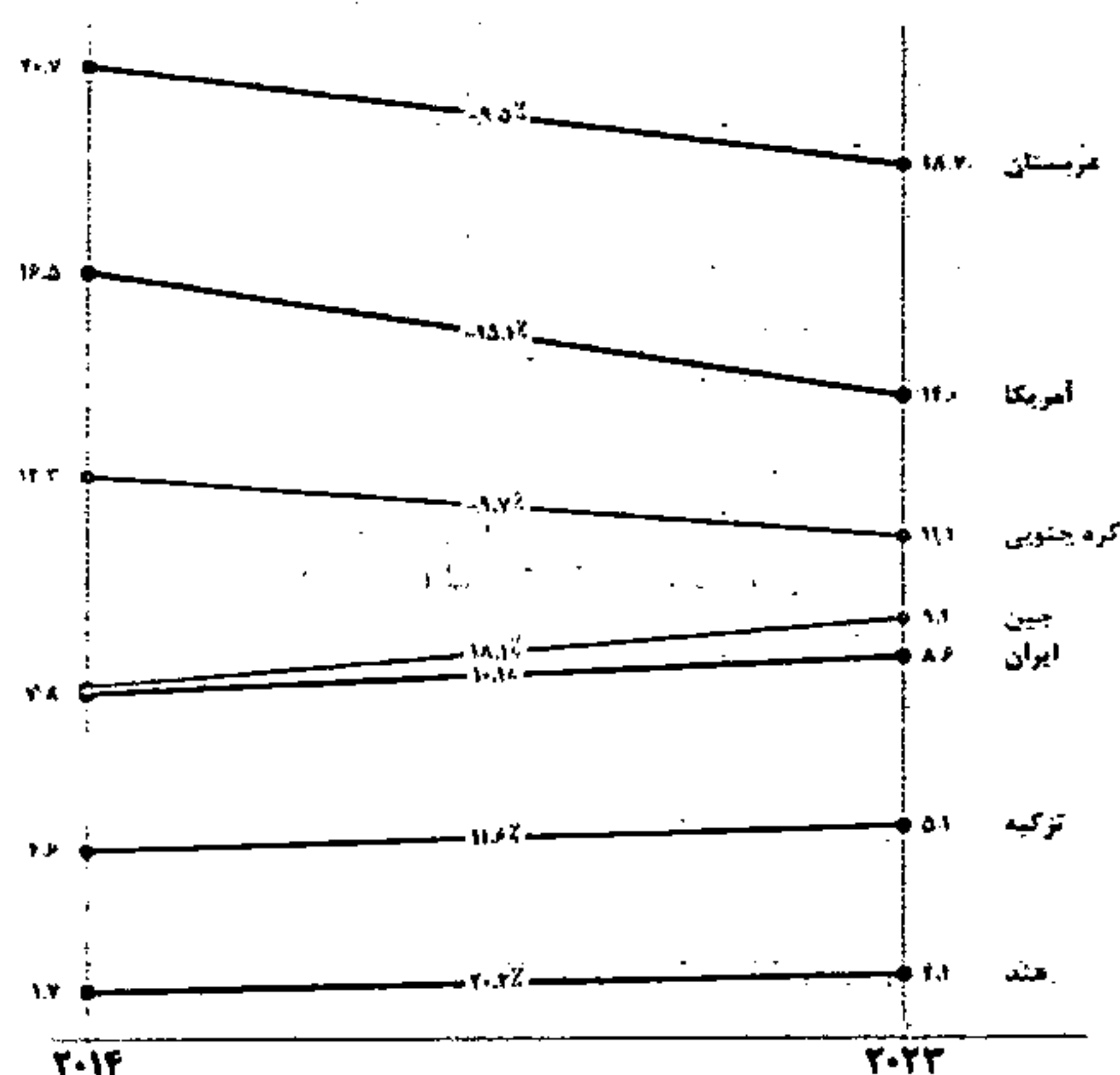
شکل ۷-۳- متوسط میزان انتشار کربن به تفکیک نوع منبع انرژی

میزان انتشار کربن در کشورهای مختلف

شدت کربن برق، میزان معادل انتشار دی اکسید کربن تولید شده به ازای هر واحد برق تولیدی اندازه گیری و ارائه می گردد.



شکل ۷-۴- شدت کربن در سال ۲۰۳۰ (گرم معادل CO₂ بر کیلووات ساعت برق تولیدی)



شکل ۷-۵- مقایسه سرانه انتشار دی اکسید کربن (تن)

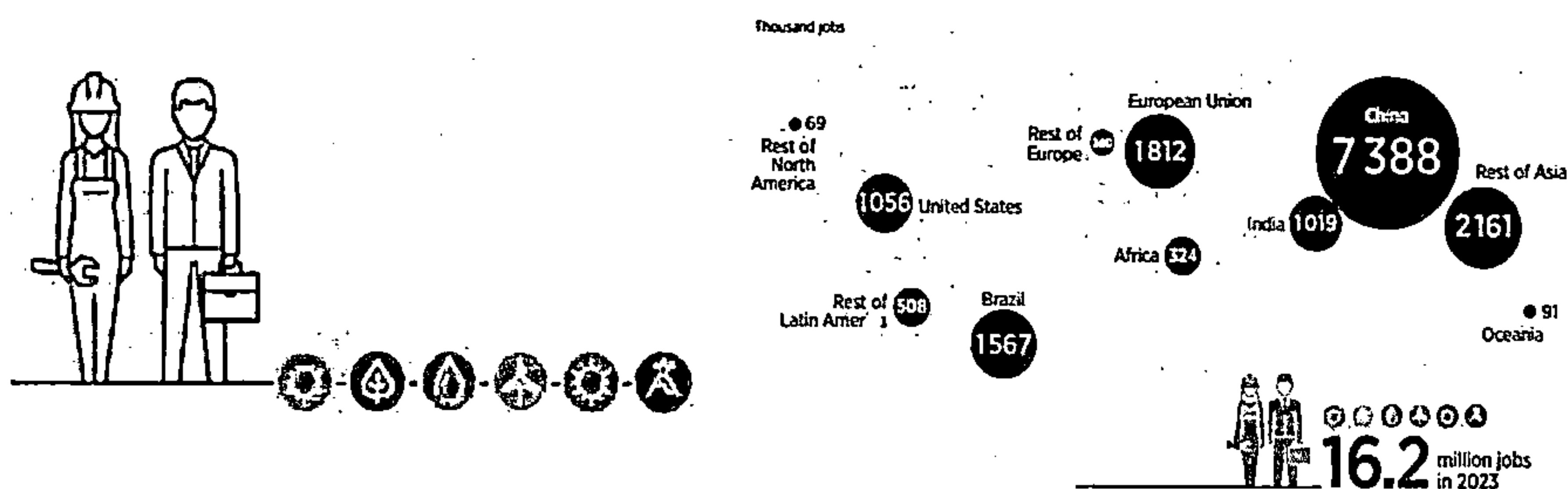
کشورهای پاراگوئه، نروژ، فنلاند و سوئد از کشورهای با کمترین میزان انتشار در سال ۲۰۲۳ بوده اند.

کشورهای کزوو، قزاقستان، مانگولیا، هند، آفریقای جنوبی، لهستان، بنگلادش در جهان میزان انتشار بالاتری را نشان داده اند.

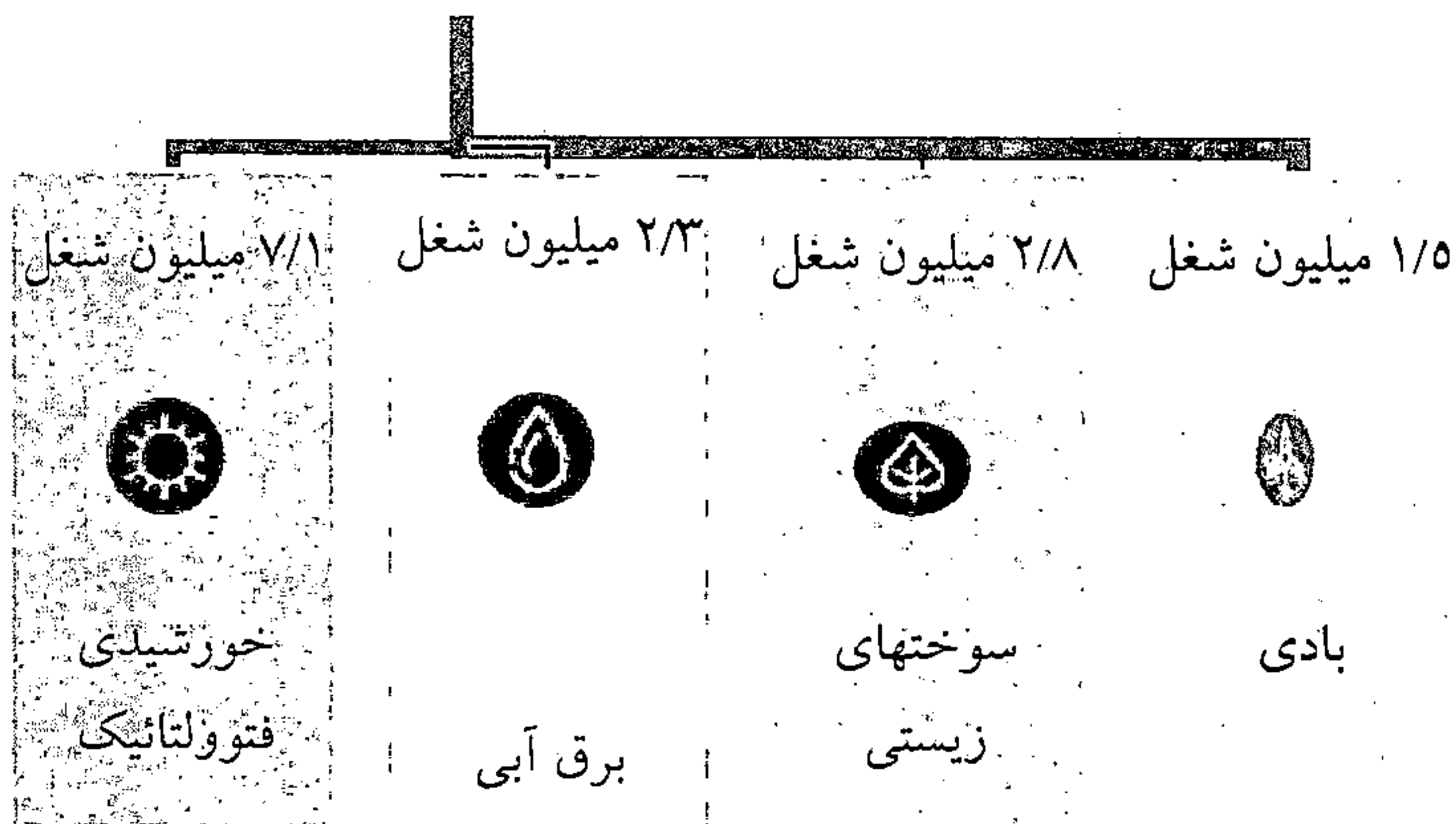
میزان متوسط انتشار دی اکسید کربن در سال ۲۰۳۰ به ۲۸۱ گرم بر CO₂ بوده است که ایران با میزان انتشار ۶۵۵ گرم بر CO₂ رتبه هشتم را در دنیا به خود اختصاص داده است.

میزان اشتغال بخش تجدیدپذیر

در سالهای اخیر میزان اشتغال‌زایی در حوزه تجدیدپذیرها روندی رو به رشد داشته است. براساس تجزیه و تحلیل صورت گرفته توسط آژانس بین‌المللی انرژی در سال ۲۰۲۳، نزدیک به ۱۶/۲ میلیون نفر در بخش انرژیهای تجدیدپذیر در جهان مشغول به کار بوده‌اند. چین به تنهایی در حدود ۶۲/۸ درصد از کل مشاغل جهانی را تشکیل می‌دهد.



۱۶/۲ میلیون شغل در سال ۲۰۲۳ در بخش
تجدیدپذیر

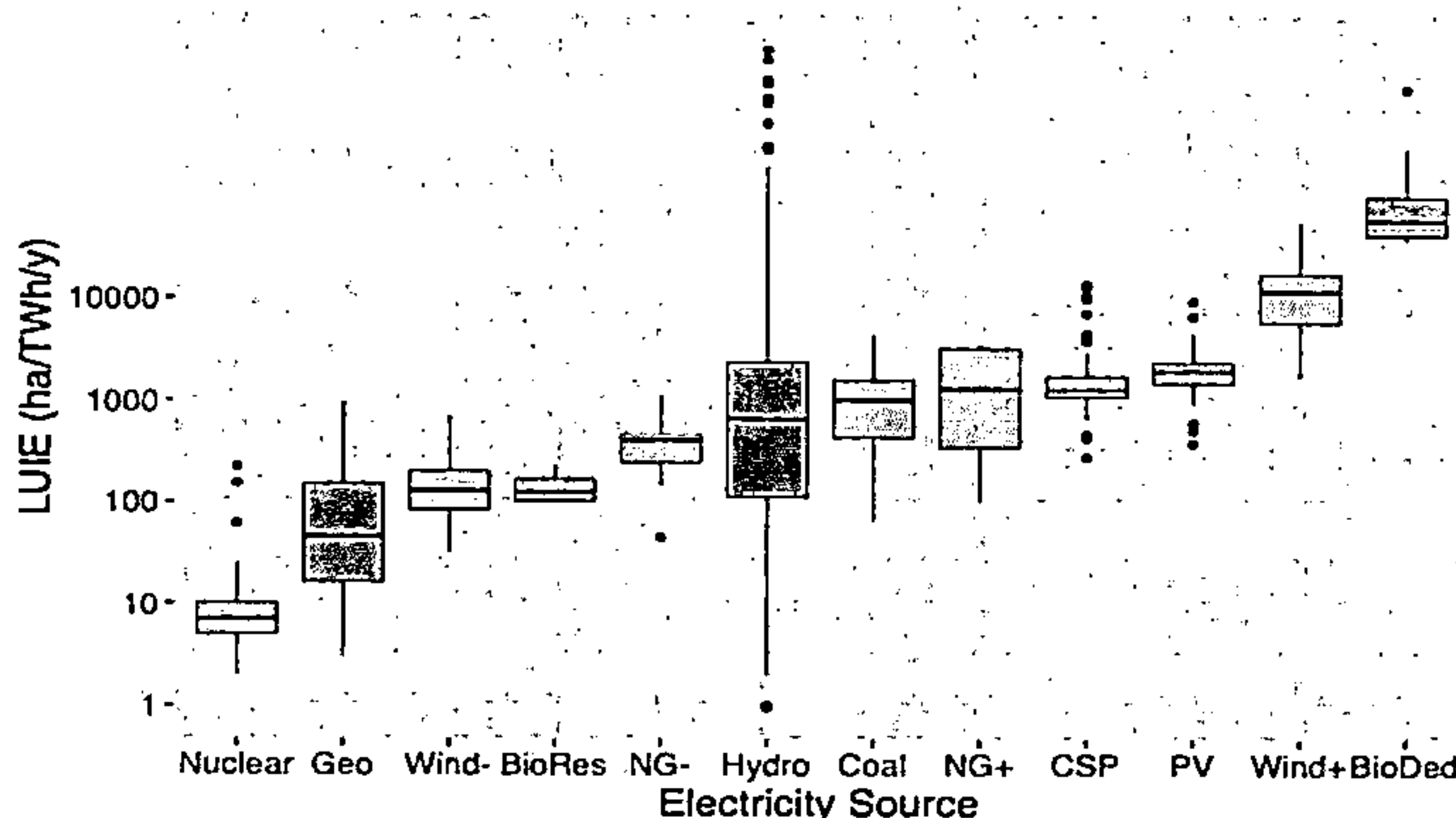


شکل ۷-۶- میزان اشتغال در بخش انرژیهای تجدیدپذیر در سال ۲۰۲۳

فرصتهای شغلی ایجاد شده از طریق ذنجیره ارزش انرژیهای تجدیدپذیر، از زمان برنامه ریزی جهت انجام یک پروژه تا ساخت، نصب، راه‌اندازی، تعمیر و نگهداری همگی مواردی هستند که در توسعه انرژیهای تجدیدپذیر در کشورهای مختلف باعث اشتغال‌زایی شده‌اند.

یکی از نقاط ضعف انرژی‌های تجدیدپذیر از دید برخی منتقدان، بکارگیری میزان بالای زمین جهت احداث نیروگاه در برابر میزان برقی است که توسط این نوع از انرژی تولید می‌گردد. در واقع زمینی که جهت احداث نیروگاه تجدیدپذیر استفاده می‌شود، ممکن است در آینده برای سایر فعالیت‌های ضروری‌تر یا دارای ارزش اقتصادی بالاتر مانند کشاورزی قابل کاربرد نباشد.

نیروگاه‌های زغال‌سنگ به علت استفاده از تکنیک‌ها و فناوری‌های خاص جهت استخراج، سهم بالایی در تغییر کاربری زمین را دارند. همچنین انواع سوخت زیستی به غیر از سوخت حاصل از ضایعات و برق آبی بزرگ، سهم بالایی در تغییر کاربری زمین دارند.



شکل ۷-۷- مقایسه میزان زمین از هریک از روشهای تولید برق

میزان مصرف زمین نیروگاه‌های خورشیدی

پشت بامی درحد صفر است.

اگرچه ممکن است زمین مورد استفاده برای

احداث نیروگاه‌های بادی و خورشیدی مقدار

بالایی باشد، اما در صورتی که کل چرخه عمر

تولید انرژی در نظر گرفته شود، سوخت‌های

فسیلی نیز سهم بالایی در تبدیل زمین و کاربرد

زمین را دارا می‌باشند.

سهم انرژی بادی و خورشیدی در مصرف

زمین، سهم ناچیزی می‌باشد. میزان زمین مورد

استفاده برای انرژی بادی و خورشیدی تاحدی در

موارد مختلف متفاوت می‌باشد.

انرژی هسته ای کمترین میانگین شدت

استفاده از زمین را با حدود ۷/۱ هکتار بر تراوات

ساعت در سال را دارد.

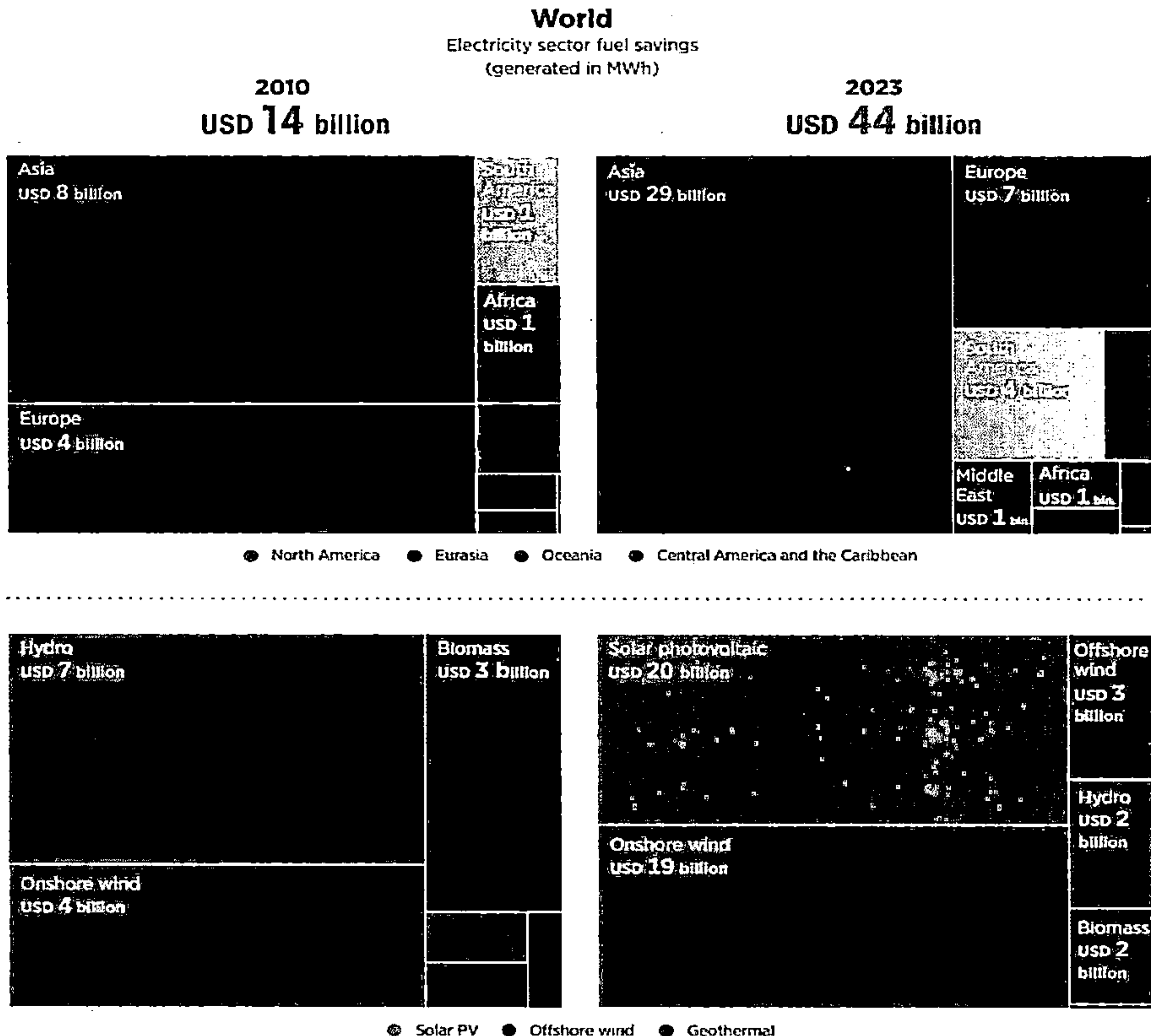
اعداد مربوط به فتوولتائیک خورشیدی در حدود

۲۰۰ است و سوخت‌های فسیلی از ۴۰۰ تا ۱۰۰۰ و

حتی در گازی هم به ۱۹۰۰ هکتار نیز می‌رسد.

مصرف سوخت

به دلیل توسعه تجدیدپذیرها، مصرف سوخت‌های فسیلی کاهش می‌یابد. در دوره ۲۰۱۳-۲۰۰۴، تولید برق جهانی از سوخت‌های فسیلی سالانه ۳/۵ درصد رشد داشت. در دوره ۲۰۲۳-۲۰۱۴، این نرخ رشد سالانه به ۱/۳ درصد کاهش یافته است. از این پس، انتظار می‌رود مصرف سوخت‌های فسیلی برای تولید برق کاهش یابد.



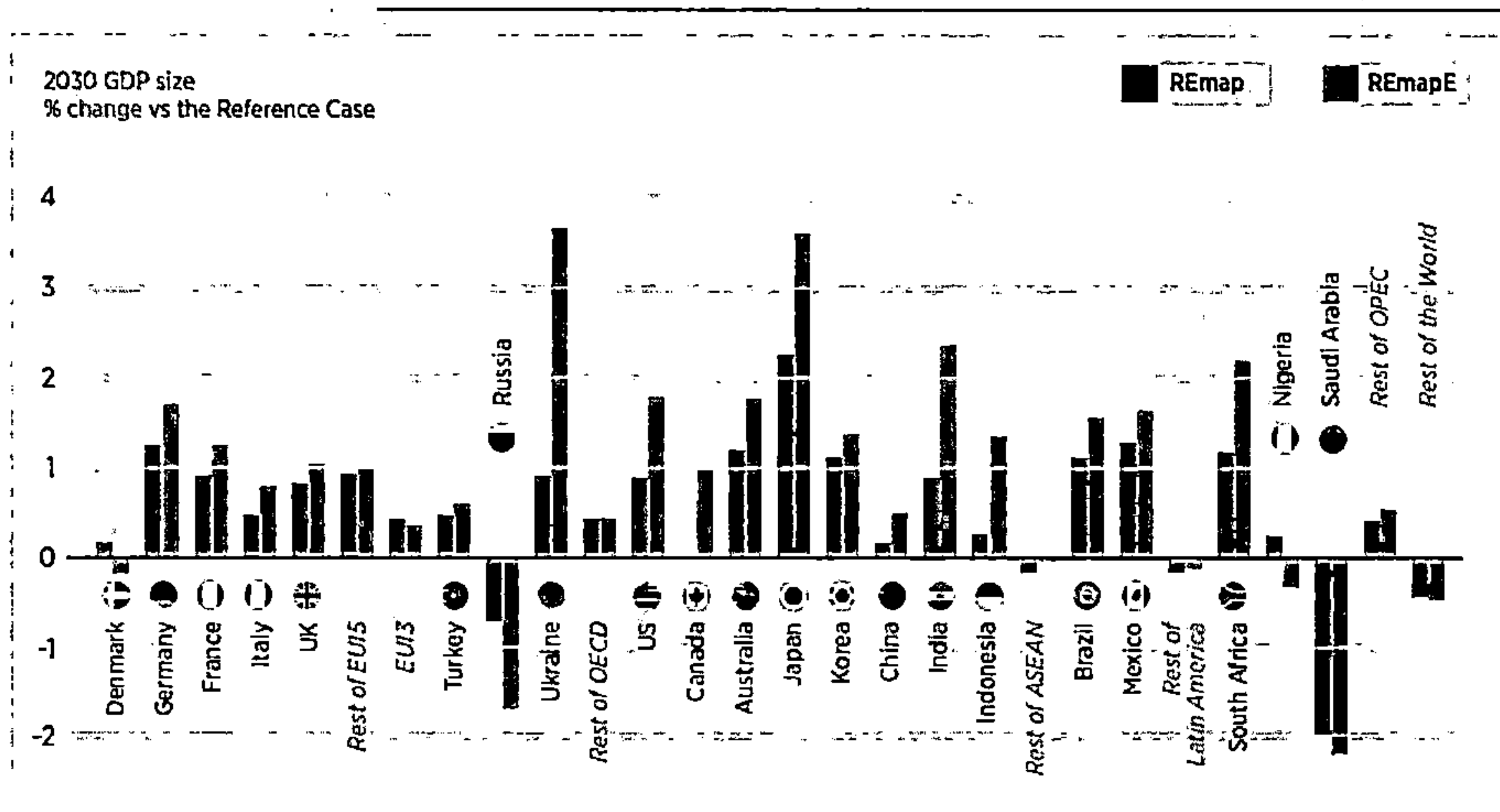
شکل ۷-۸- مقایسه کاهش هزینه‌های مصرف سوخت در جهان آسیا در سالهای ۲۰۱۰ و ۲۰۲۳

توسعه تجدیدپذیرها در خلال سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۳ هزینه‌های مصرف سوخت در بخش برق را در حدود ۴۰۹ میلیارد دلار، کاهش داده است. در آسیا کاهش هزینه‌های سوخت ۲۱۲ میلیارد دلار، در اروپا ۸۸ میلیارد دلار و در آمریکای جنوبی ۵۳ میلیون دلار بوده است.

بخش انرژی‌های تجدیدپذیر از طرق زیر در فعالیت‌های اقتصادی سهم دارد:

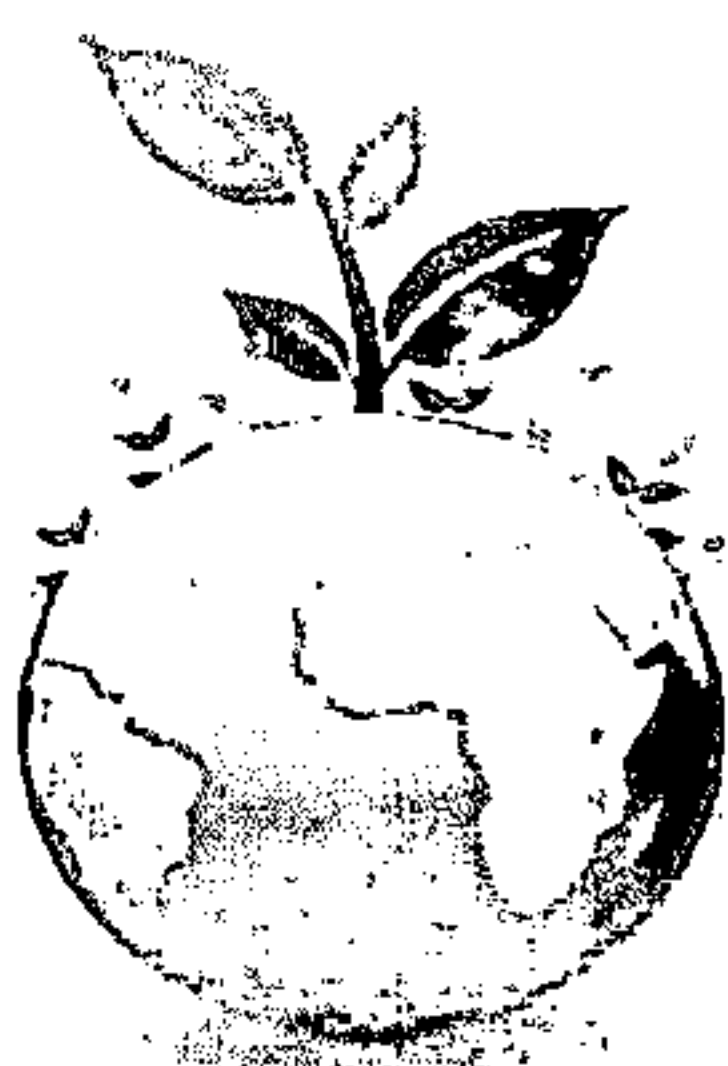
- ایجاد اشتغال و ارزش افزوده در اقتصاد
- نیروی محرکه بخش‌های اقتصادی
- افزایش بهره‌وری اقتصادی به همراه کاهش انتشارات گازهای گلخانه‌ای
- موتور بالقوه رشد و تنوع بخشی به اقتصاد

GDP impacts (2030 GDP size, % change vs the Reference Case)



شکل ۷-۹- درصد رشد تولید ناخالص داخلی در اثر توسعه تجدیدپذیرها تا سال ۲۰۳۰

تولید ناخالص داخلی کشورهای واردکننده نفت و گاز دارای رشد مثبت و بالعکس تولید ناخالص داخلی کشورهای عمده صادرکننده نفت و گاز مانند عربستان منفی خواهد بود.



دستیابی به سهم ۳۶ درصدی انرژی‌های تجدیدپذیر در ترکیب انرژی جهانی تا سال ۲۰۳۰:

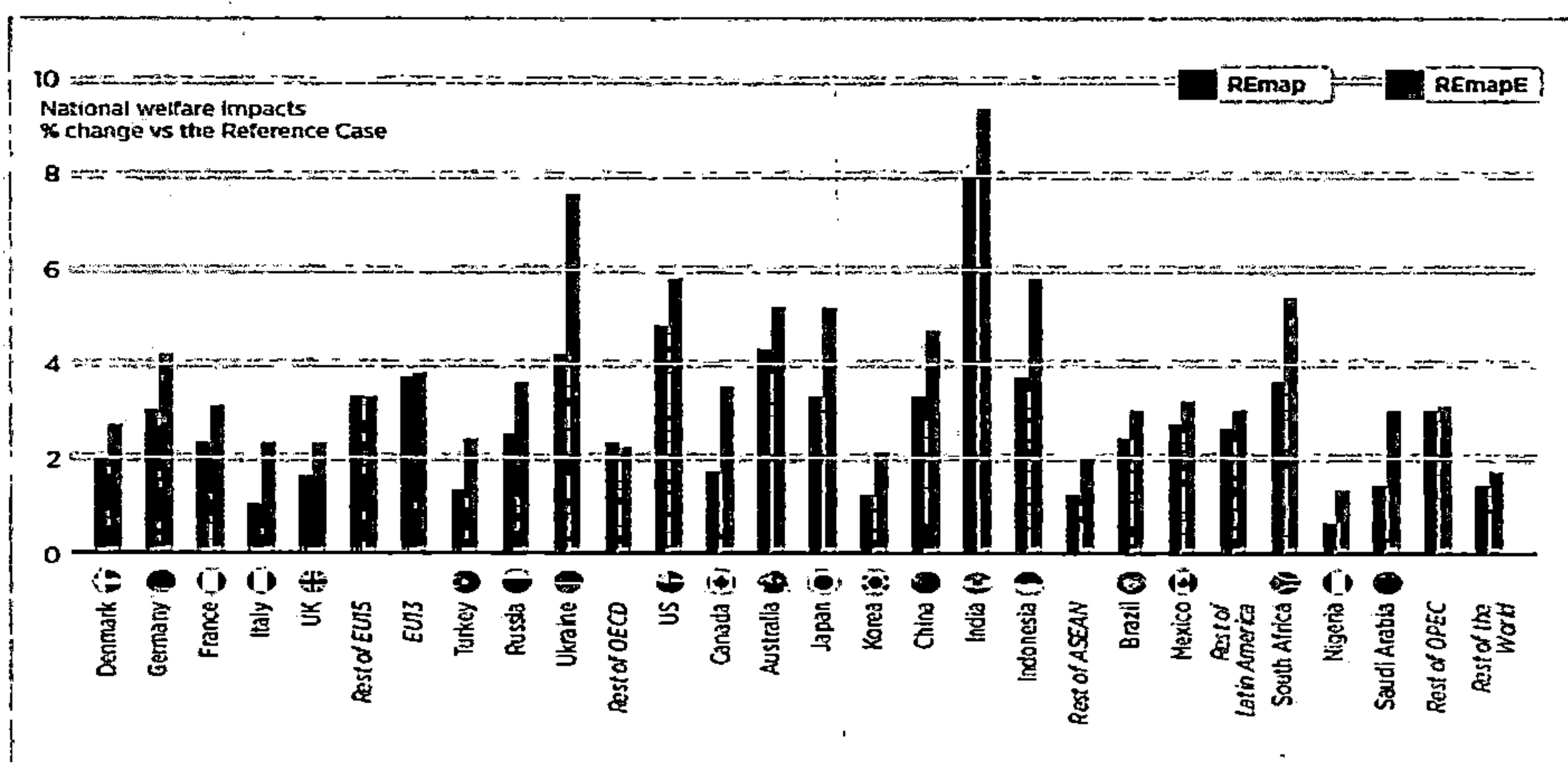
تولید ناخالص داخلی در جهان ۱/۳ تریلیون دلار افزایش می‌یابد.

تولید ناخالص داخلی در جهان ۱/۱ درصد نسبت به حالت عادی افزایش می‌یابد.



مزایای انرژی‌های تجدیدپذیر فراتر از شاخص‌های اقتصاد سنتی است و موجب ارتقاء سطح رفاه انسانی می‌گردد.

انرژی‌های تجدیدپذیر نقش حیاتی در بهبود جنبه‌های مختلف رفاه انسان ایفا می‌کنند. گذار به منابع انرژی تجدیدپذیر می‌تواند منجر به بهبود سلامت، کیفیت محیط زیست، ثبات اقتصادی و استانداردهای کلی زندگی، به ویژه برای کسانی که در فقر زندگی می‌کنند، شود.



شکل ۷-۱۰- نقش توسعه تجدیدپذیرها بر رفاه انسانی تا سال ۲۰۳۰

مطابق شکل توسعه تجدیدپذیرها در همه کشورها باعث افزایش رفاه انسانی خواهد شد.

با دو برابر شدن سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در سبد انرژی جهانی تا سال ۲۰۳۰:

شاخص رفاه انسانی در حدود ۲/۷ درصد افزایش می‌یابد.





مدلهای مالی موجود جهت توسعه تجدیدپذیرها

انواع مدل‌های سرمایه‌گذاری در حوزه تجدیدپذیر

به منظور توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و نیز ترغیب سرمایه‌گذاران برای ورود به این حوزه، مدل‌های سرمایه‌گذاری متنوعی تدوین شده است.

خرید تضمینی برق تجدیدپذیر براساس ماده ۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی

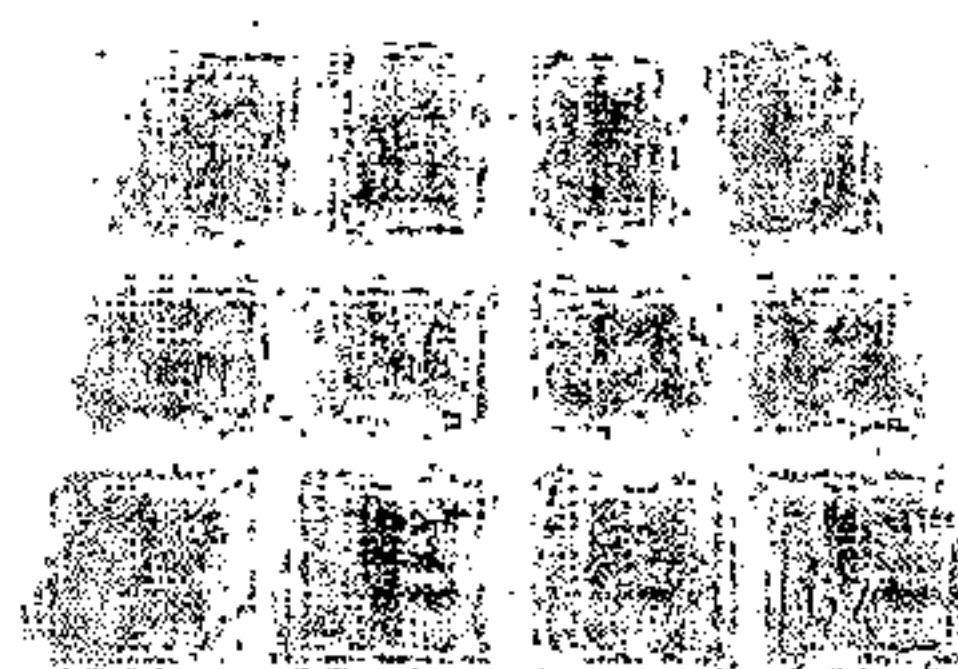
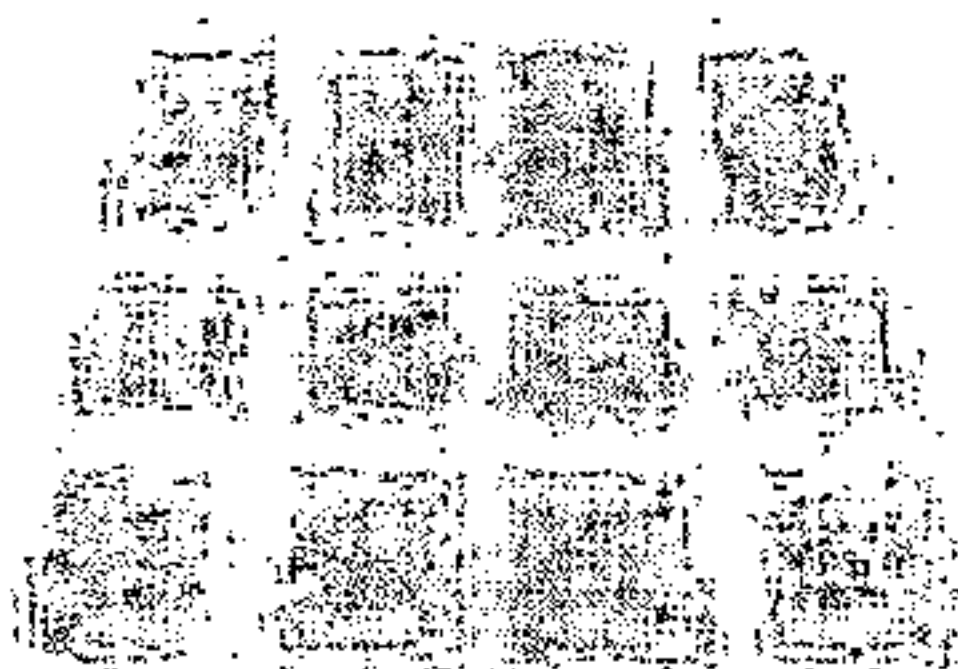
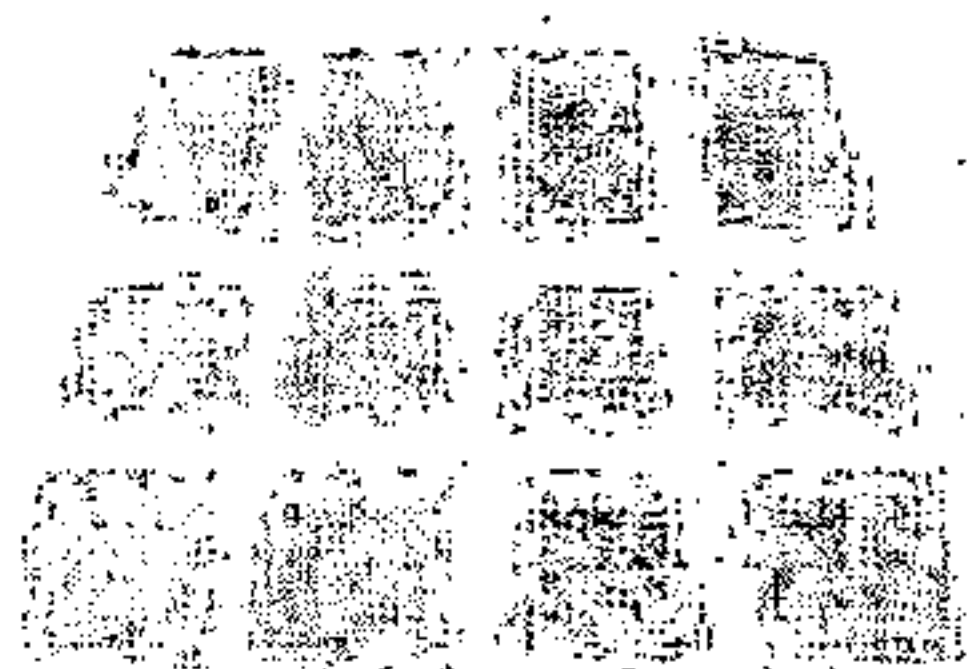
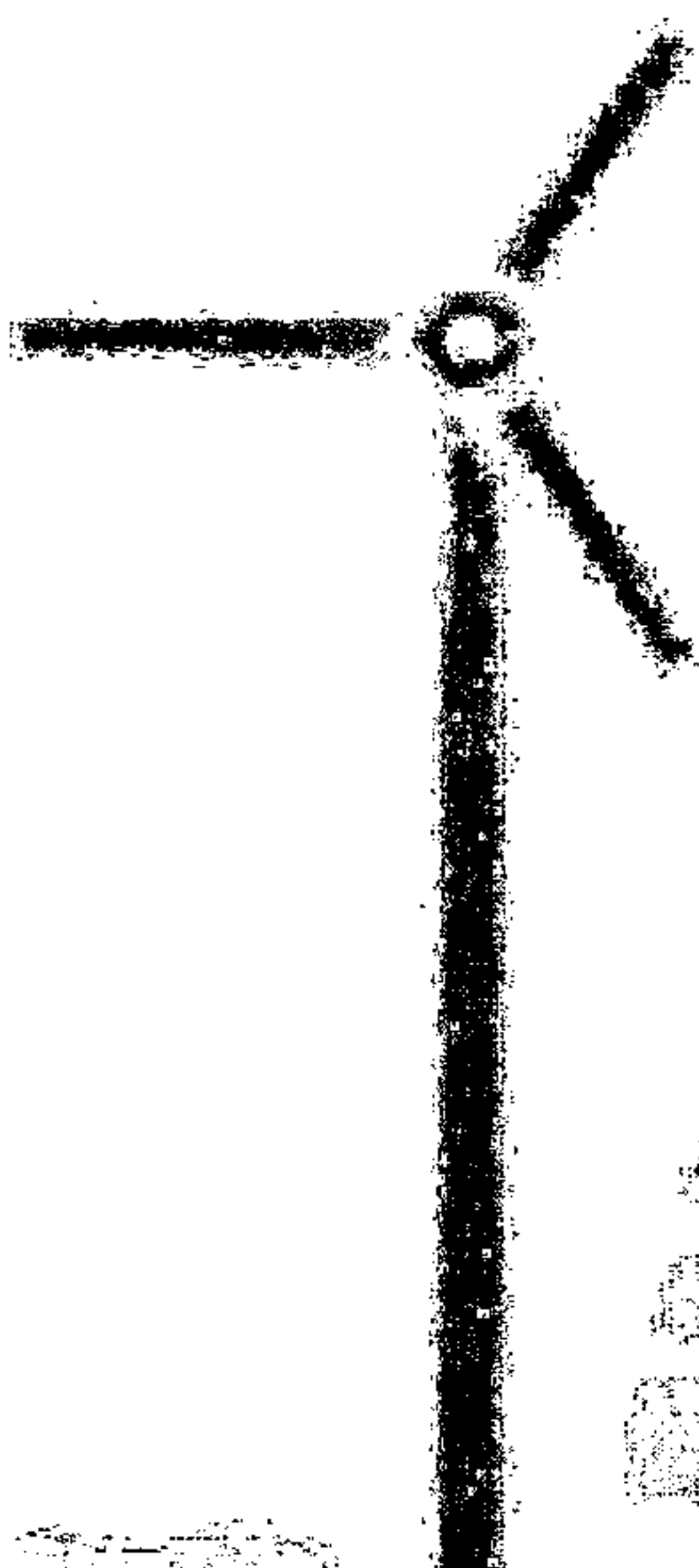
احداث نیروگاه توسط صنایع (تهاتر برق صنایع)

احداث نیروگاه به منظور عرضه برق در تابلوی سبز بورس انرژی

احداث نیروگاه توسط کشاورزان به منظور تامین برق پایدار چاه‌های کشاورزی

خرید برق تجدیدپذیر در قالب ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقاء مالی دولت

احداث نیروگاه به منظور تامین برق مراکز استخراج رمز دارایی



خرید تضمینی برق نیروگاه های تجدیدپذیر با ظرفیت حداکثر ۱۰ مگاوات با نرخ و شرایط ابلاغ شده در آخرین مصوبه وزارت نیرو صورت می‌پذیرد.

در صورت اتصال نیروگاه به شبکه توزیع (به استثنای شهرک‌های خورشیدی)، نرخ خدمات انتقال بر اساس ابلاغ سالیانه شرکت مدیریت شبکه برق ایران، به نرخ خرید انرژی الکتریکی خالص اضافه می‌شود. همچنین از زمان تاریخ شروع بهره‌برداری تجاری، ضریب تعدیل به قرارداد تعلق خواهد گرفت و پیش از زمان بهره‌برداری تجاری نیروگاه، صرفاً نرخ خرید انرژی الکتریکی خالص به سرمایه‌گذار تعلق می‌گیرد. ضریب فصلی-ساعتی مطابق ابلاغیه شماره ۱۶۸۸۳/۹۹/۲۰/۱۰۰ مورخ ۲۷/۳/۱۳۹۹ برای محاسبه و صورت‌حساب اعمال می‌گردد.

نرخ خرید انرژی تولیدی نیروگاه خورشیدی در ابتدای سال‌های هشتم، دوازدهم و شانزدهم قرارداد مشمول اعمال ضریب دوره به میزان ۶۰٪ در هر سال می‌باشد و برای سایر انواع فناوری‌های تجدیدپذیر مطابق آخرین مصوبه ابلاغی وزیر نیرو اقدام خواهد شد.

شرایط خرید تضمینی برق تجدیدپذیر

• مدت قرارداد ۲۰ سال

• اعمال ضریب تعدیل متناسب با رشد ارز و تورم براساس فرمول ماده ۳ آئین نامه اجرایی ماده

۶۱ قانون اصلاح الگوی مصرف

• اعمال ضریب دوره برای نیروگاه های بادی ابتدای سال ۱۱م، برای نیروگاه‌های با ضریب

تولید ۴۰٪ و بیشتر در ۱۰ سال اول، برابر ۴۰٪ و برای نیروگاه‌های با ضریب تولید کمتر از ۲۰٪،

برابر ۱۰۰٪ و برای نیروگاه‌های با ضریب تولید بین ۲۰ تا ۴۰٪ متناسباً

• اعمال ضریب دوره برای سایر نیروگاه ها بجز نیروگاه های زیست توده و نیروگاه های

مشمول طرح حمایتی، در ابتدای سال‌های هشتم، دوازدهم و شانزدهم قرارداد به میزان ۶۰٪





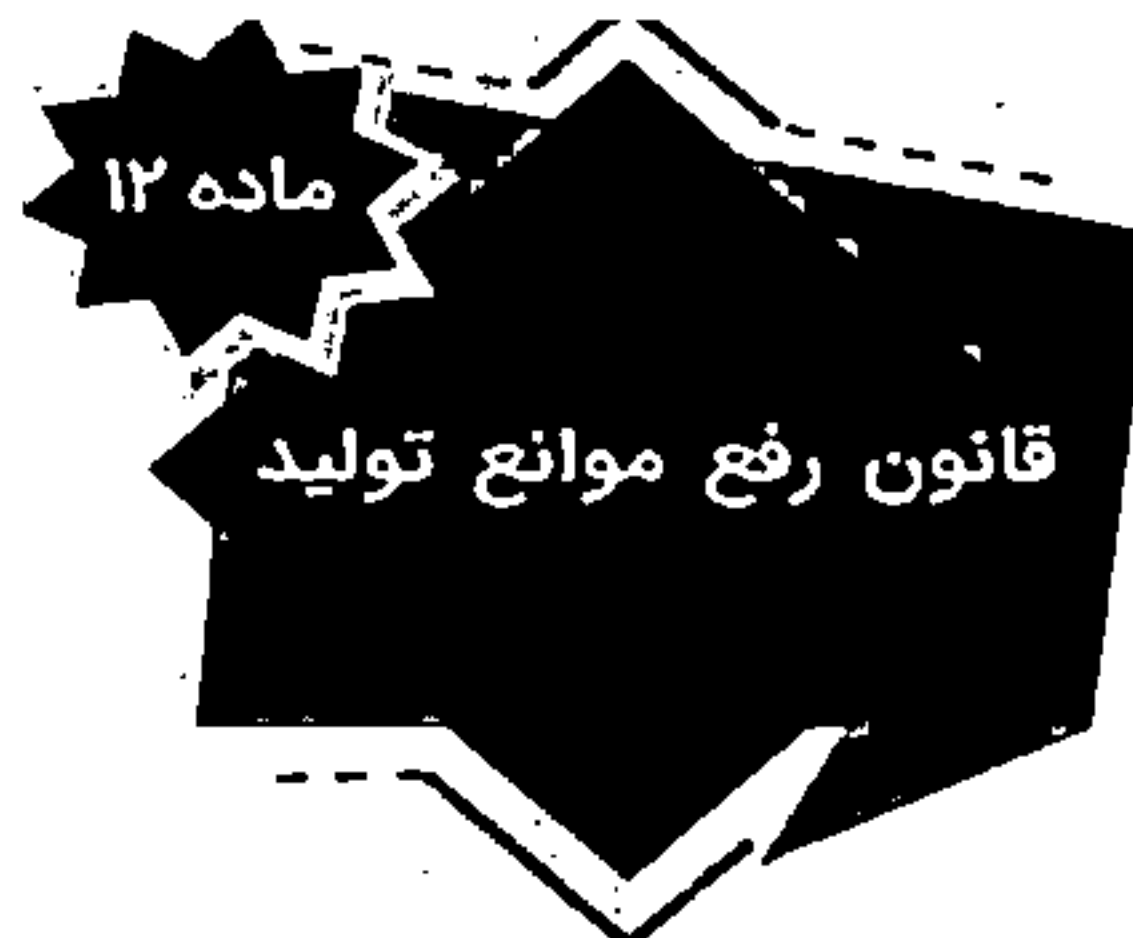
متقاضیان احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر می‌توانند مطابق با دستورالعمل "عرضه و تبادل برق تجدیدپذیر در بورس انرژی" ضوابط و مقررات تعیین شده، تمام یا بخشی از برق تولیدی خود را در تابلوی سبز بورس انرژی به صورت فیزیکی عرضه نمایند.

سازوکار تعیین نرخ فروش برق در بورس انرژی بر مبنای عرضه و تقاضا می‌باشد که متقاضیان آن صنایع مشمول ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش بنیان، مراکز استخراج رمز داراییها و دستگاههای اجرایی مجاز به خرید برق مورد نیاز خود از این بازار و بهره‌مندی از مزایای آن از جمله معافیت اعمال برنامه‌های مدیریت مصرف وزارت نیرو می‌باشند.

ضوابط عرضه برق در تابلوی سبز بورس انرژی

- حداقل ظرفیت نیروگاه با قابلیت عرضه برق در تابلوی سبز بورس انرژی ۱۰۰ کیلووات می‌باشد.
- کلیه صنایع مشمول ماده ۱۶ و مزارع استخراج رمزارز مجاز می‌باشند با رعایت مقررات بورس انرژی، برق خود را از تابلو تامین نمایند.
- در صورت عدم فروش تمام یا بخشی از برق عرضه شده به صورت فیزیکی توسط نیروگاه، ساتبا نسبت به ارائه گواهی تجدیدپذیر متناسب با میزان انرژی تولید شده، با کسر برق فروخته شده در تابلو به ایشان اقدام می‌نماید.
- پیش از ایجاد ساز و کار صدور و معامله گواهی تجدیدپذیر، در صورت عدم فروش تمام یا بخشی از برق عرضه شده به صورت فیزیکی توسط نیروگاه، بهای آن با نرخ ۷۰٪ متوسط قیمت تابلو در ماه تولید انرژی محاسبه و در وجه عرضه کننده پرداخت می‌شود.
- ظرفیت قابل عرضه در تابلو که معادل ضرب ظرفیت نیروگاه در ضریب تولید فناوری نیروگاه می‌باشد.





این مدل سرمایه‌گذاری بر اساس ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی می‌باشد. در این مدل سرمایه‌گذاری، بازگشت اصل و سود سرمایه‌گذاری از محل سوخت صرفه‌جویی شده بر اساس ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و مصوبات شورای اقتصاد صورت می‌پذیرد و انتخاب سرمایه‌گذار احداث نیروگاه از طریق برگزاری مناقصه از بین حائزین شرایط صورت می‌پذیرد. این مدل سرمایه‌گذاری، شامل سه طرح ۴۰۰۰ مگاوات خورشیدی، ۳۰۰۰ مگاوات بادی و ۴۵۰۰ مگاوات خورشیدی می‌باشد.

نمونه احداث ۴۰۰۰ مگاوات نیروگاه خورشیدی

- مدت زمان قرارداد ۲۰ سال
- انتفاع از برق تولیدی در سالهای بعد از بازپرداخت تعهدات دولت (۶ سال)
- سقف نرخ مناقصه ۶/۹ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت
- بازپرداخت اصل و سود سرمایه‌گذاری در ۶ سال با امکان کاهش به ۴ سال

نمونه احداث ۳۰۰۰ مگاوات نیروگاه بادی

- مدت زمان قرارداد ۲۵ سال
- انتفاع از برق تولیدی در سالهای بعد از بازپرداخت تعهدات دولت (۵ سال)
- سقف نرخ مناقصه ۹/۵ سنت دلار به ازای هر کیلووات ساعت
- بازپرداخت اصل و سود سرمایه‌گذاری در ۵
- امکان فروش همزمان برق در دوره بازپرداخت تعهدات دولت در تابلوی سبز بورس انرژی



● مجوز زمین
● مجوز محیط زیست
● مجوز اتصال به شبکه

● مراجعه به درگاه ملی مجوزهای کشور (mojavez.ir)

● تکمیل فرم‌های ارزیابی
● فراخوان شناسایی سرمایه‌گذاران (satba.gov.ir)

به منظور توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر و پاک و استفاده حداکثری از ظرفیت‌های موجود برای کمک به حذف مشکلات ناشی از کمبود تولید برق در ساعات اوج مصرف، مدل احداث نیروگاه به منظور تأمین برق صنایع با ابلاغ مصوبه وزیر به شماره ۱۴۰۱/۳۵۰۷۸/۲۰/۱۰۰ مورخ ۱۴۰۱/۰۴/۱۱ ایجاد شد که بر این اساس صنایع احداث کننده نیروگاه ضمن دریافت برق هموار در محل مورد نظر، به میزان انرژی تولیدی از شمول قطع و محدودیت بار خارج می‌گردند.

در راستای نیل به اهداف مورد اشاره، مواد قانونی نظیر ماده ۱۶ قانون جهش تولید دانش بنیان و ماده ۴ قانون مانع زدایی از توسعه صنعت برق، به منظور تکلیف صنایع به تأمین بخشی از برق خود از تجدیدپذیر و یا احداث نیروگاه تجدیدپذیر، مصوب شدند.

سرمایه‌گذار بخش صنعتی می‌تواند از مدل‌های سرمایه‌گذاری تهاتر صنایع و بورس سبز انرژی استفاده نماید تا به اهداف خود همچون انجام تعهدات قانونی، عدم قطع و تأمین برق پایدار (کاهش ساعات مدیریت بار) دست یابد. در ادامه فرایند احداث نیروگاه در مدل تهاتر صنایع آمده است.



● قرارداد سه جانبه با ساتبا و توانیر
- مدت قرارداد با توافق صنعت و ساتبا تا سقف ۲۰ سال

● اعلام برآورد انرژی تولیدی سالانه به تفکیک هر ماه
● اعلام بازه مصرف درخواستی
● پایش تولید ماهانه نیروگاه

● رصد انرژی تولیدی
● تهاتر انرژی

● مراجعه به درگاه ملی مجوزهای کشور (mojavez.ir)
● بارگذاری مستندات مربوط به صنعت

● مجوز زمین با کاربری مناسب
● مجوز محیط زیست
● مجوز اتصال به شبکه

● اخذ موافقت ترانزیت برق به نقطه مصرف از توانیر

مزایای احداث نیروگاه توسط صنایع

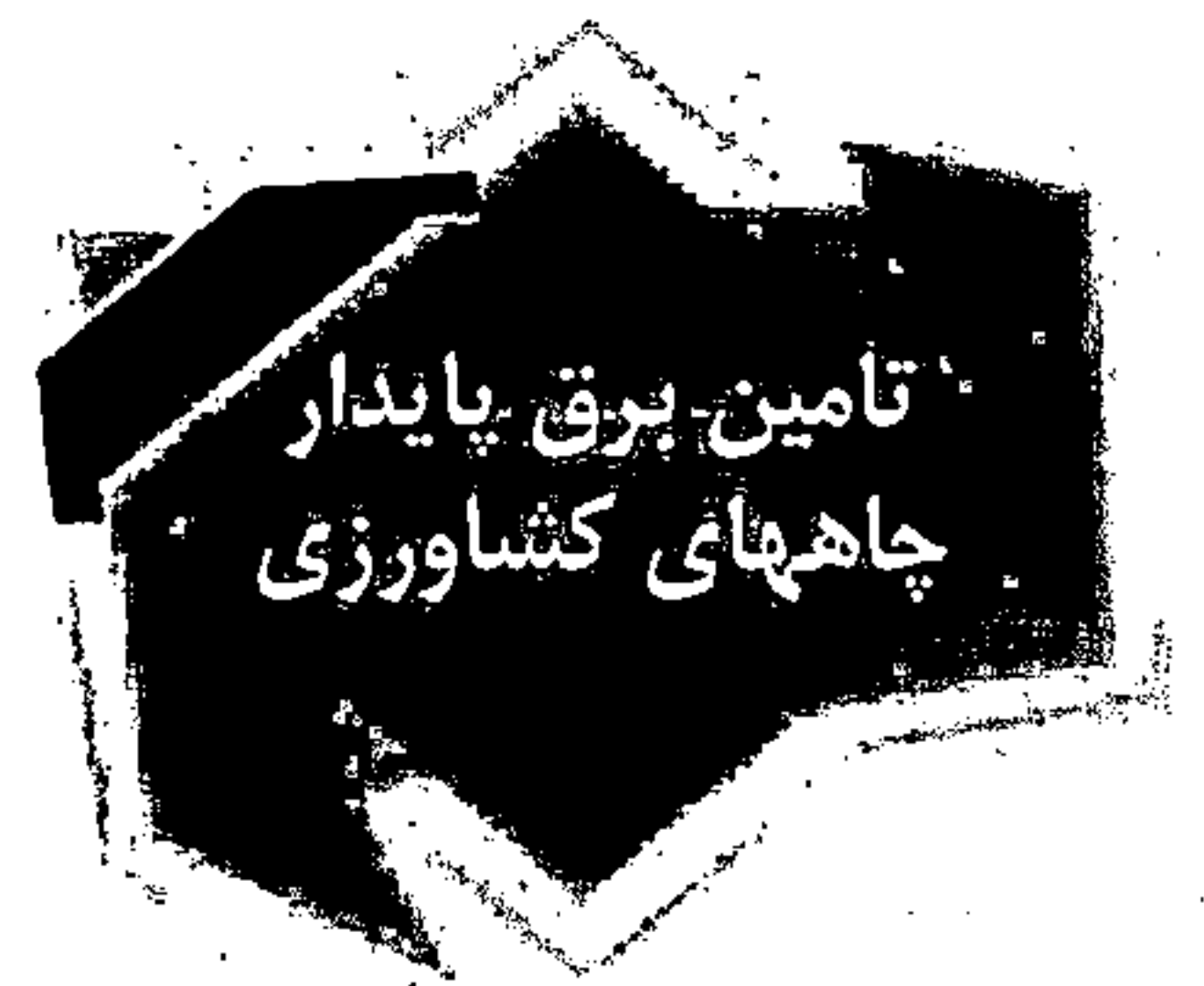
• در خصوص صنایع مشمول ماده ۴ قانون مانع‌زدایی از توسعه صنعت برق (منوط به ابلاغ دستورالعمل بند ۹ آئین نامه ماده ۴ قانون مانع‌زدایی از صنعت برق):

در صورت احداث نیروگاه توسط صنایع و تزریق برق به شبکه، مصارف تحت مالکیت سرمایه‌گذار احداث کننده نیروگاه، متناسب با میزان انرژی تولیدی به شبکه برق با ضریب ذکر شده در مصوبه شماره ۱۳۳۶۵۴ مورخ ۱۴۰۳/۱۰/۰۹ از شمول مدیریت مصرف در ایام ناترازی تولید و مصرف معاف می‌باشند.

• در خصوص سایر صنایع کوچک:

مشترکین مشمول مدیریت مصرف در ایام ناترازی در صورت احداث و بهره‌برداری از نیروگاه به ظرفیت مجموع دیمانده مصرفی مشترکین (۵۰ درصد دیمانده مصرفی واحدهای یک شیفت کار، ۶۵ درصد دیمانده مصرفی واحدهای دو شیفت کار و ۸۰ درصد دیمانده مصرفی واحدهای سه شیفت کار) یا معادل ۳۵ درصد انرژی مصرفی ماهیانه از مدیریت مصرف در ایام ناترازی معاف می‌شوند.

• امکان احداث نیروگاه تجمیعی توسط یکی از شرکتهای هلدینگ برای انجام تعهدات و نیز تحویل برق هموار به سایر صنایع زیر مجموعه هلدینگ و نیز امکان احداث نیروگاه توسط چند صنعت می‌توانند در قالب گروه مشارکت اقتصادی



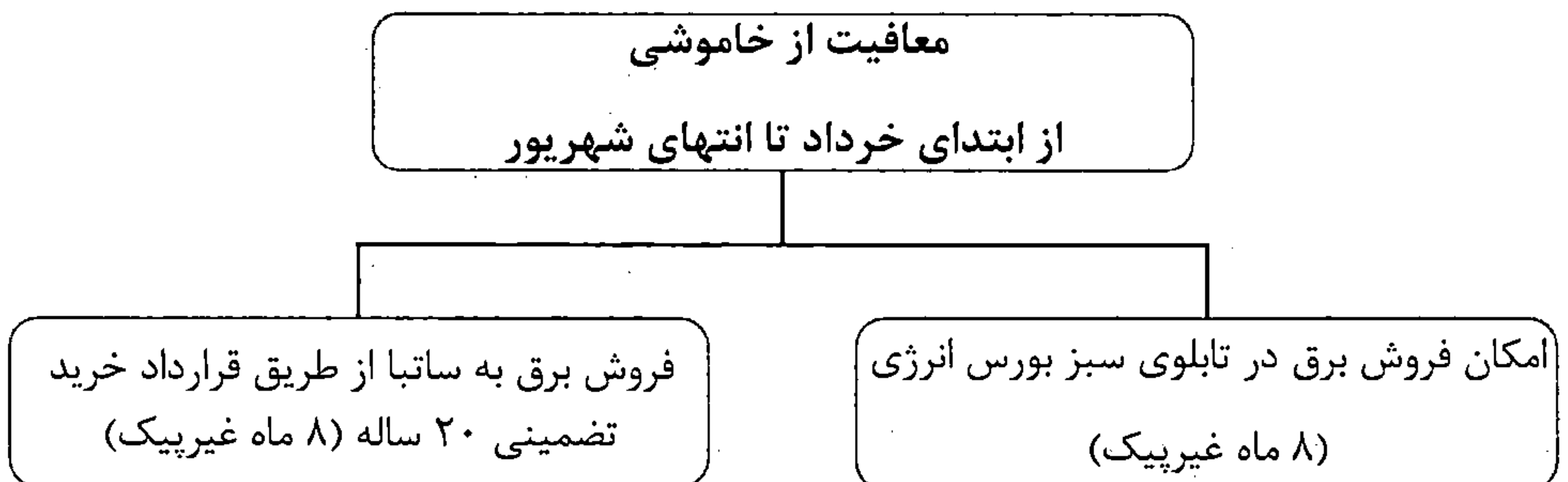
در صورت احداث و بهره برداری از نیروگاه تجدیدپذیر با ظرفیت نامی برابر با ۸۰٪ درصد دیماند مصرفی چاه های کشاورزی احداث کننده نیروگاه، مصارف مزبور در ساعات محدودیت بار ایام گرم سال (از ابتدای خرداد تا پایان شهریور) از شمول برنامه های مدیریت بار خارج می گردند.

مزایای اجرای طرح تامین برق در چاه‌های کشاورزی

تضمین دریافت برق در نقطه مصرف

میزان سقف مجاز برداشت آب چاه های کشاورزی

عرضه مالزاد برق در تابلو برق سبز یا خرید تضمینی



عواید حاصل از عدم خاموشی:
 حذف هزینه‌های خرابی الکترو موتور پمپ چاه ✓
 تولید محصول بیشتر و با کیفیت‌تر ✓



مراکز استخراج رمزارز، می توانند برق مورد نیاز خود را از محل تولید نیروگاه های تجدیدپذیر تامین نمایند. در این حالت، تخصیص تمام انرژی تولیدی نیروگاه تجدیدپذیر برای استخراج رمز ارز بلامانع است.

چنانچه انرژی مورد نیاز متقاضی بیش از تولید نیروگاه تجدیدپذیر باشد، انرژی مازاد مورد نیاز، توسط شرکت برق تامین می شود. انرژی دریافت شده از شبکه توسط متقاضی، می بایست در سایر اوقات با شبکه تهاتر گردد.

پس از کسر مصرف اختصاص یافته به استخراج رمز ارز و تهاتر میزان انرژی دریافتی از شبکه، چنانچه خالص برق تزریق شده به شبکه مثبت باشد، توسط ساتبا خریداری و در صورت منفی بودن، صورتحساب آن، مطابق نرخ های فروش برق به مراکز استخراج رمزارزها، توسط شرکت صادر و بهای آن دریافت می گردد.



تامین منابع مالی جهت توسعه نیروگاههای تجدیدپذیر

منابع قابل دسترس جهت تأمین مالی طرح‌های احداث نیروگاه تجدیدپذیر

منابع داخلی بانک‌ها و مؤسسات اعتباری

- بانک‌های دولتی و خصوصی
- صندوق توسعه ملی
- صندوق ملی محیط زیست
- صندوق نوآوری و شکوفایی

منابع پیش‌بینی شده در قانون بودجه سنواتی و سایر قوانین بالادستی

- تسهیلات تکلیفی منابع تولید و اشتغال
- واگذاری مطالبات (فاکتورینگ)
- صندوق نوآوری و شکوفایی

بازار پول و سرمایه

- گواهی سپرده مدت‌دار، ویژه سرمایه‌گذاری (خاص)
- اوراق مرابحه ریالی
- صندوق پروژه
- گواهی صرفه‌جویی تأمین مالی

منابع در اختیار ساتبا

- وجوه اداره شده و یارانه سود تسهیلات

تأمین مالی ریالی

صندوق توسعه ملی (NDF)

- تسهیلات ارزی

سرمایه‌گذاری خارجی (FDI)

- جذب سرمایه‌گذار خارجی برای تأمین مالی تمام یا بخشی از طرح

تأمین مالی خارجی (Finance)

- استفاده از خطوط اعتباری
- منابع بانک‌های خارجی

مرکز مبادله طلا و ارز ایران

- اوراق مرابحه ارزی

صندوق‌های بین‌المللی اقلیم و آژانس‌های بین‌المللی

- صندوق سبز اقلیم GCF

تأمین مالی ارزی

راهکارهای رفع موانع توسعه نیروگاههای تجدیدپذیر

خرید برق تجدیدپذیر به صورت ارزی

اعطای تسهیلات مالی به صورت ریالی و ارزی و تسهیل گری از طریق حداقل سازی وثایق مورد نیاز بانک های عامل

تسهیل در فرآیند اخذ مجوزهای لازم

تسهیل در روند دریافت زمین

تسریع در فرآیندهای تخصیص و تامین انرژی

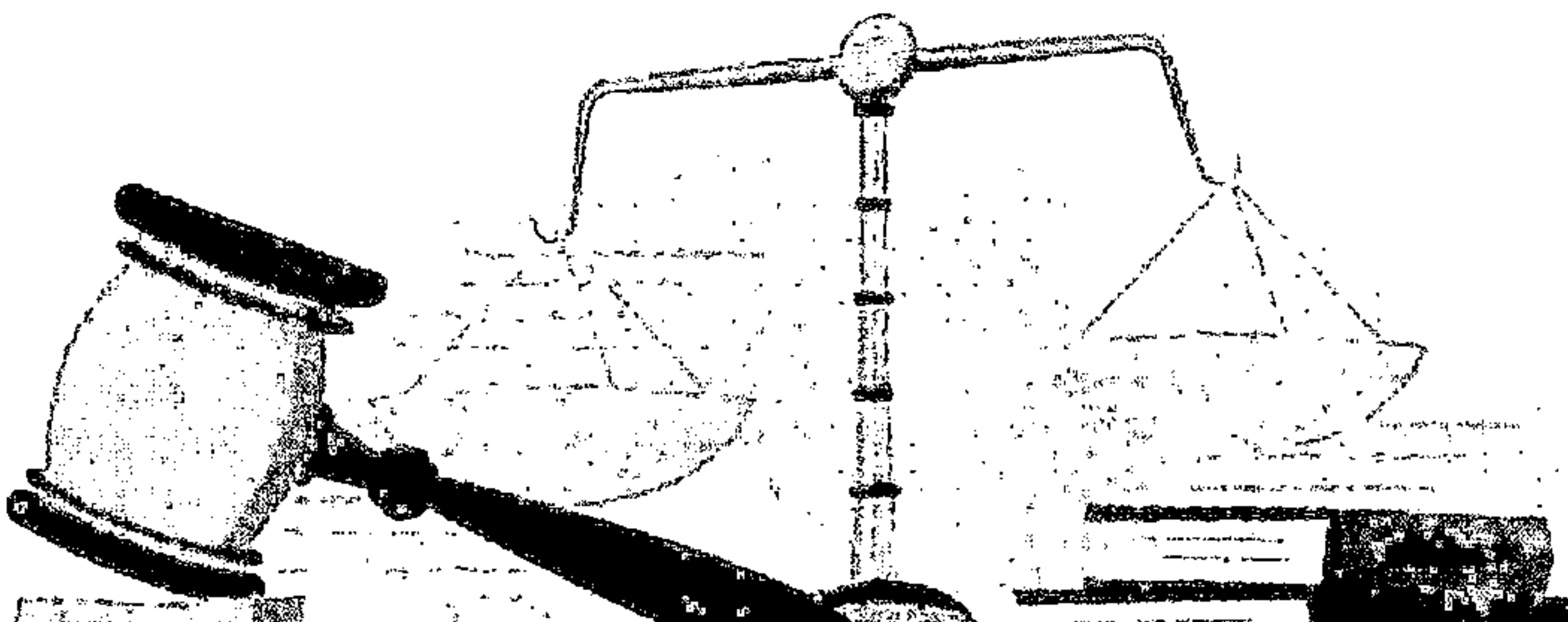
ایجاد امکان ترخیص درصدی کالا توسط گمرک



معرفی قوانین، مقررات و آیین نامه‌های موجود

قوانین، مقررات، مصوبات و آیین نامه ها

- سیاست‌های کلی نظام در زمینه انرژی
- سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف
- سیاست‌های کلی محیط زیست
- سیاست‌های کلی برنامه‌های توسعه اقتصادی در کشور
- قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی
- قانون هوای پاک
- قانون حمایت از صنعت برق در کشور
- قانون هدفمند کردن یارانه‌ها
- قانون رفع موانع تولید رقابت‌پذیر و ارتقای نظام مالی کشور
- قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت
- قانون جهش تولید دانش‌بنیان
- تصویب نامه هیئت وزیران
- غیره





سازمان اسناد و کتابخانه ملی
جمهوری اسلامی ایران

چالش‌ها و موانع توسعه انرژی تجدیدپذیر در ایران

موانع موجود در توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر

عدم رقابت پذیری برق تجدیدپذیر با حرارتی به دلیل یارانه سوخت نیروگاهی

قیمت بالای تجهیزات تولید برق تجدیدپذیر

معضلات تأمین مالی، تضامین و شروط صندوق توسعه ملی و بانک عامل

محدودیت ظرفیت های داخلی تولیدکنندگان و پیمانکاران

عدم توسعه بازار تقاضای برق تجدیدپذیر

چالش های ثبت سفارش، تخصیص ارز و مجوز واردات

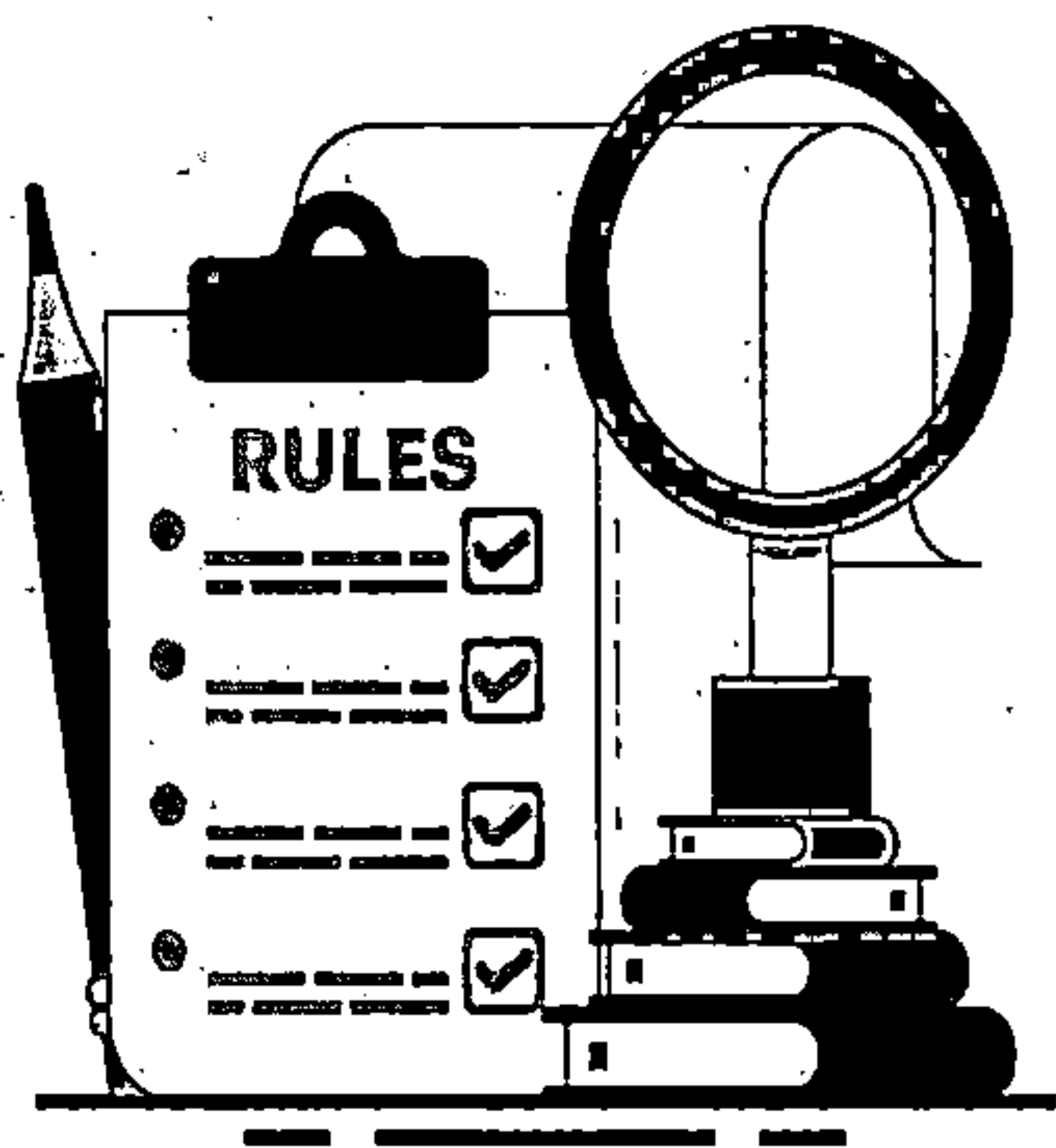
مشکلات تخصیص زمین و محدودیت های شبکه برق

عدم ارزآوری طرح های احداث نیروگاه تجدیدپذیر به منظور بازپرداخت تسهیلات
ارزی



وزارت نیرو
سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و
بهره‌وری انرژی برق (سازانا)

قوانین، مقررات و آیین نامه‌های موجود



طی سال‌های اخیر، ریل‌گذاری و تصویب قوانین و مقررات مربوط به توسعه بکارگیری انرژی‌های تجدیدپذیر توسط قانون‌گذاران و دولت، به منظور تسهیل امر توسعه تجدیدپذیرها و تشویق سرمایه‌گذاران برای ورود به این حوزه، مورد توجه قرار گرفته است.

به همین منظور قوانین و مقررات متعددی در زمینه توسعه تجدیدپذیرها به تصویب رسیده است که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد.

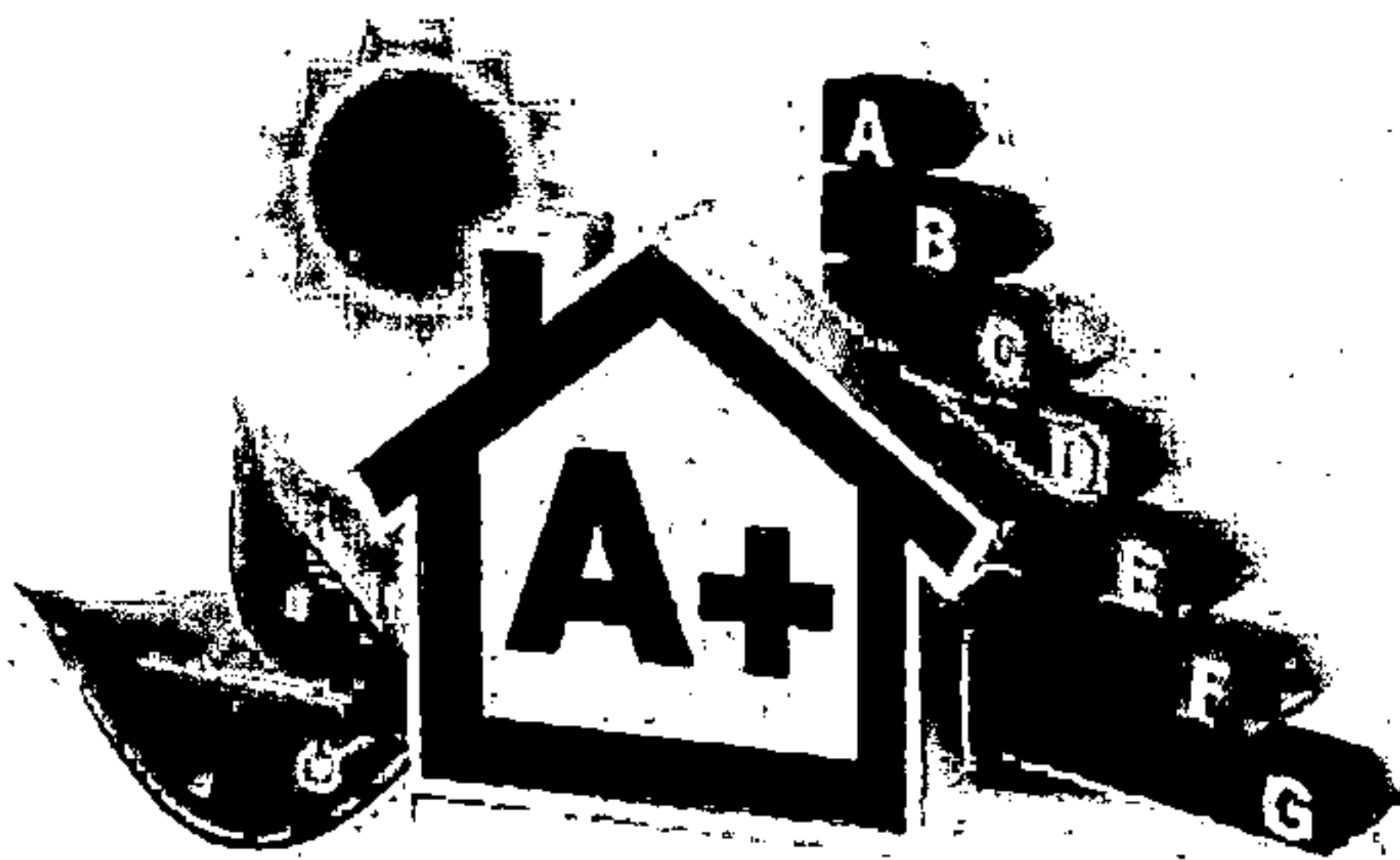
سیاست‌های کلی نظام در زمینه انرژی جزء ۱ بند ب: ایجاد تنوع در منابع انرژی کشور و استفاده از آن با رعایت مسائل زیست محیطی و تلاش برای افزایش سهم انرژی‌های تجدیدپذیر با اولویت انرژی‌های آبی.

✓ جزء ۴ بند ب: تلاش برای کسب فناوری و دانش فنی انرژی‌های نو و ایجاد نیروگاه‌ها از قبیل بادی، خورشیدی، پیل‌های سوختی و زمین‌گرمایی در کشور.



سیاست‌های کلی اصلاح الگوی مصرف

✓ بند ۷: صرفه جویی در مصرف انرژی با
 اعمال مجموعه‌ای متعادل از اقدامات قیمتی
 و غیرقیمتی به کشور با تأکید بر سیاست
 افزایش بازدهی نیروگاه‌ها، متنوع‌سازی منابع
 تولید برق و افزایش سهم انرژی‌های
 تجدیدپذیر و نوین.



سیاست‌های کلی محیط زیست

✓ بند ۸: گسترش اقتصاد سبز با تأکید بر صنعت کم کربن، استفاده از انرژی‌های پاک،
 محصولات کشاورزی سالم و ارگانیک و مدیریت پسماندها و پسابها با بهره‌گیری از ظرفیتها و
 توانمندیهای اقتصادی، اجتماعی، طبیعی و زیست محیطی.



سیاست‌های کلی برنامه‌های توسعه اقتصادی در کشور

ماده ۲۵۱ (ب) و (پ) و (ت) و (ث) و (ج) و (ح) و (خ) و (د) و (ذ) و (ر) و (ز) و (س) و (ص) و (ض) و (ط) و (ظ) و (ع) و (غ) و (ف) و (ق) و (ک) و (گ) و (ج) و (چ) و (خ) و (ح) و (ط) و (ظ) و (ع) و (غ) و (ف) و (ق) و (ک) و (گ)	
ماده ۱۳۳ (ب) (پ) و (ت) و (ث) و (ج) و (ح) و (خ) و (د) و (ذ) و (ر) و (ز) و (س) و (ص) و (ض) و (ط) و (ظ) و (ع) و (غ) و (ف) و (ق) و (ک) و (گ)	
ماده ۱۲۹ برنامه پنجم توسعه	
بند ۱۳ سیاست‌های کلی برنامه ششم توسعه	
ماده ۵۰ برنامه ششم توسعه	
ماده ۱۴۲ و ۱۴۶ برنامه هفتم توسعه	

قانون اصلاح الگوی مصرف انرژی

✓ ماده ۶۱ و آیین نامه اجرایی آن: وزارت نیرو موظف است، به منظور حمایت از گسترش استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی، از طریق سازمان ذیربط نسبت به عقد قرارداد بلند مدت خرید تضمینی از تولیدکنندگان غیردولتی برق از منابع تجدیدپذیر اقدام نماید.

✓ ماده ۶۲: وزارتخانه‌های نیرو و نفت موظفند به منظور ترویج کاربرد اقتصادی منابع تجدیدشونده انرژی در سامانه‌های مجزای از شبکه، و صرفه‌جویی در هزینه‌های تأمین و توزیع سوخت‌های فسیلی، حمایت لازم را به صورت عمومی اعلام و از محل بودجه‌های مصوب سالانه خود یا منابع مذکور در ماده (۷۳) این قانون تأمین و پرداخت نمایند.



قانون هوای پاک

✓ ماده ۱۹: وزارت نیرو مکلف است نسبت به توسعه، تولید و عرضه انرژیهای تجدیدپذیر و پاک بهینه به نحوی اقدام نماید که حداقل سی درصد (۳۰٪) افزایش سالانه ظرفیت مورد نیاز برق کشور از انرژیهای تجدیدپذیر تأمین شود.

قانون حمایت از صنعت برق در کشور

✓ ماده ۵: دولت موظف است برای تأمین بخشی از منابع لازم جهت اجرای طرحهای توسعه و نگهداری شبکههای روستایی و تولید برق تجدیدپذیر و پاک، عوارض مصرف هر کیلووات ساعت برق را در بودجه سالانه پیشبینی نماید. وجوه حاصل شده به حساب شرکت توانیر، نزد خزانه داری کل کشور، واریز و صددرصد آن صرفاً بابت کمک به اجرای طرحهای مذکور هزینه می شود.

قانون هدفمند کردن یارانهها

✓ ماده ۸ بند ب: دولت مکلف است سی درصد (۳۰٪) خالص وجوه حاصل از اجراء این قانون را برای پرداخت کمکهای بلاعوض، یا یارانه سود تسهیلات و یا وجوه اداره شده برای اجرا اصلاح ساختار فناوری واحدهای تولیدی در جهت افزایش بهرهوری انرژی، آب و توسعه تولید برق از منابع تجدیدپذیر هزینه کند.

قانون رفع موانع تولید رقابت پذیر و ارتقای نظام مالی کشور

دولت مکلف به اجرای طرحهای زیر است:

- ✓ بند ب: طرحهای بهینه سازی مصرف انرژی در بخشهای مختلف از جمله صنعت.
- ✓ بند پ: طرحهای احداث نیروگاه با بازدهی (راندمان) بالا، افزایش تولید و بازدهی حرارتی نیروگاهها، توسعه استفاده از انرژیهای تجدیدپذیر، برقی کردن چاههای کشاورزی با اولویت استفاده از منابع انرژیهای نو از جمله انرژی خورشیدی و ...

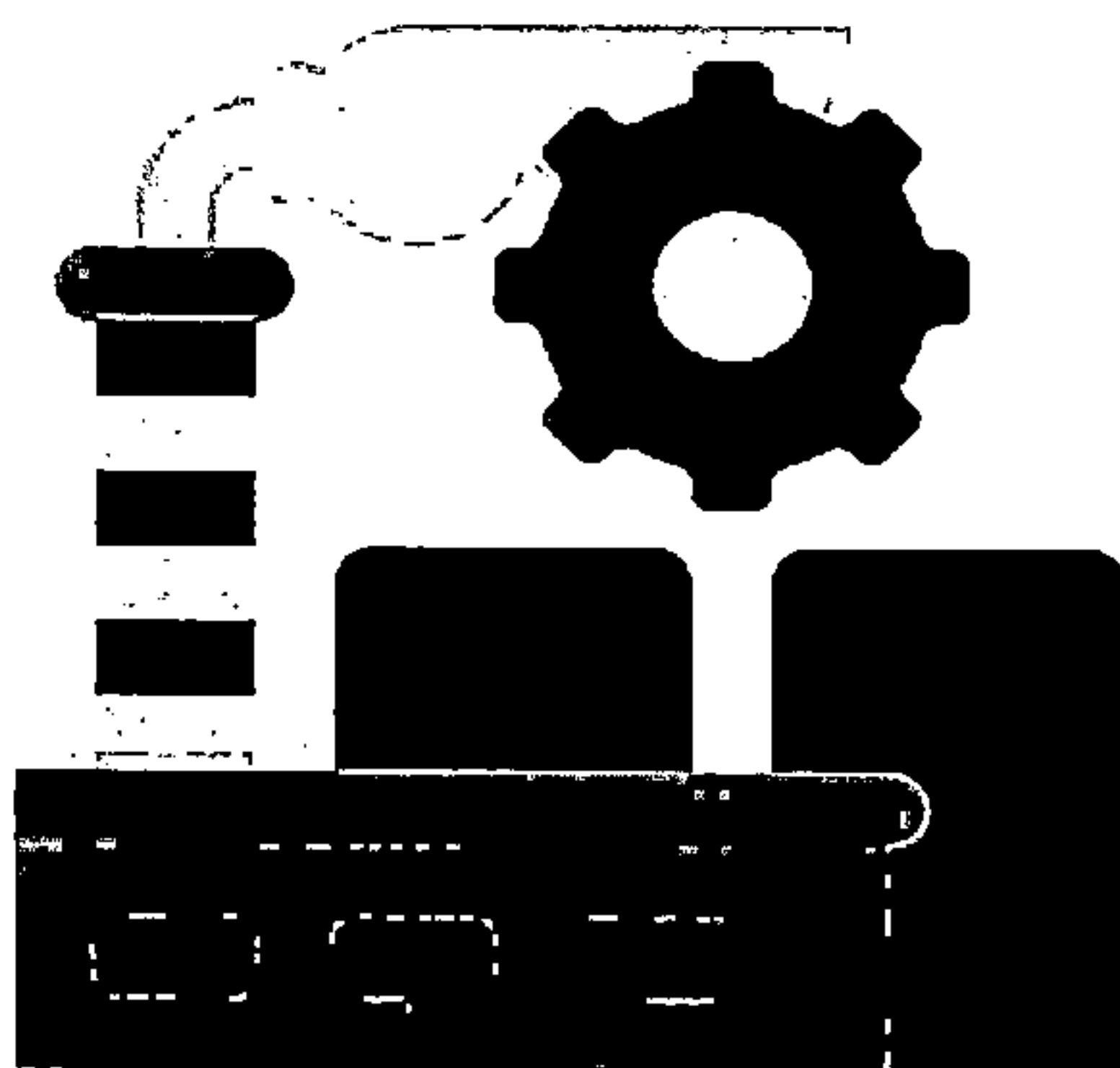


قانون تنظیم بخشی از مقررات مالی دولت

✓ تعیین نرخ خرید تضمینی برق از منابع انرژی‌های نو

قانون جهش تولید دانش‌بنیان

✓ صنایع با قدرت مصرف بیش از یک مگاوات، موظف هستند معادل یک درصد از برق مورد نیاز سالانه خود را از طریق احداث نیروگاه‌های تجدیدپذیر تامین نمایند و این میزان در پایان سال پنجم قانون حداقل به پنج درصد برسد. در غیر این صورت وزارت نیرو موظف است درصد ذکر شده از برق مصرفی این صنایع را با تعرفه برق تجدیدپذیر محاسبه نموده و از صنایع اخذ نمایند.

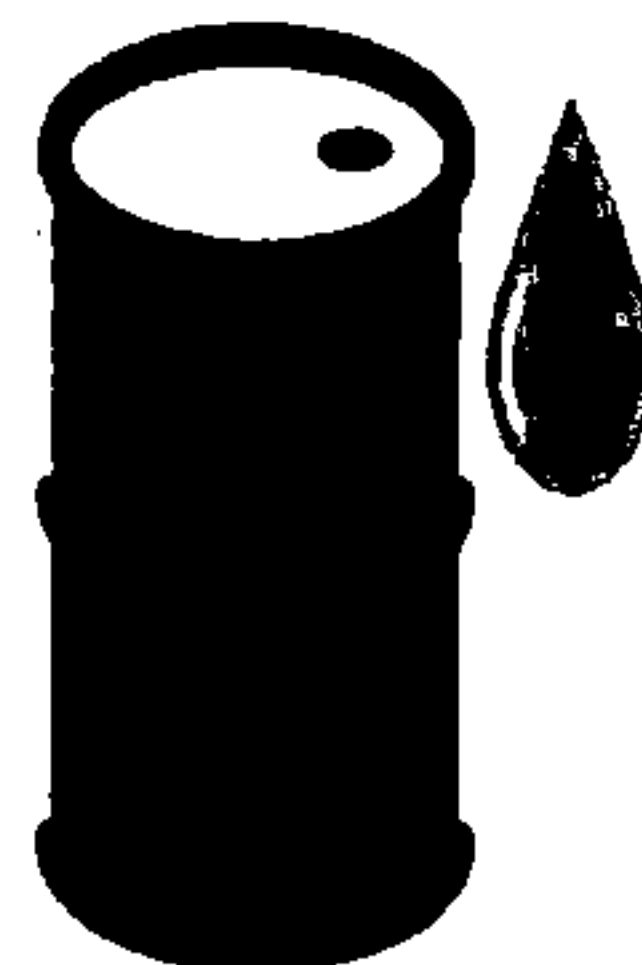
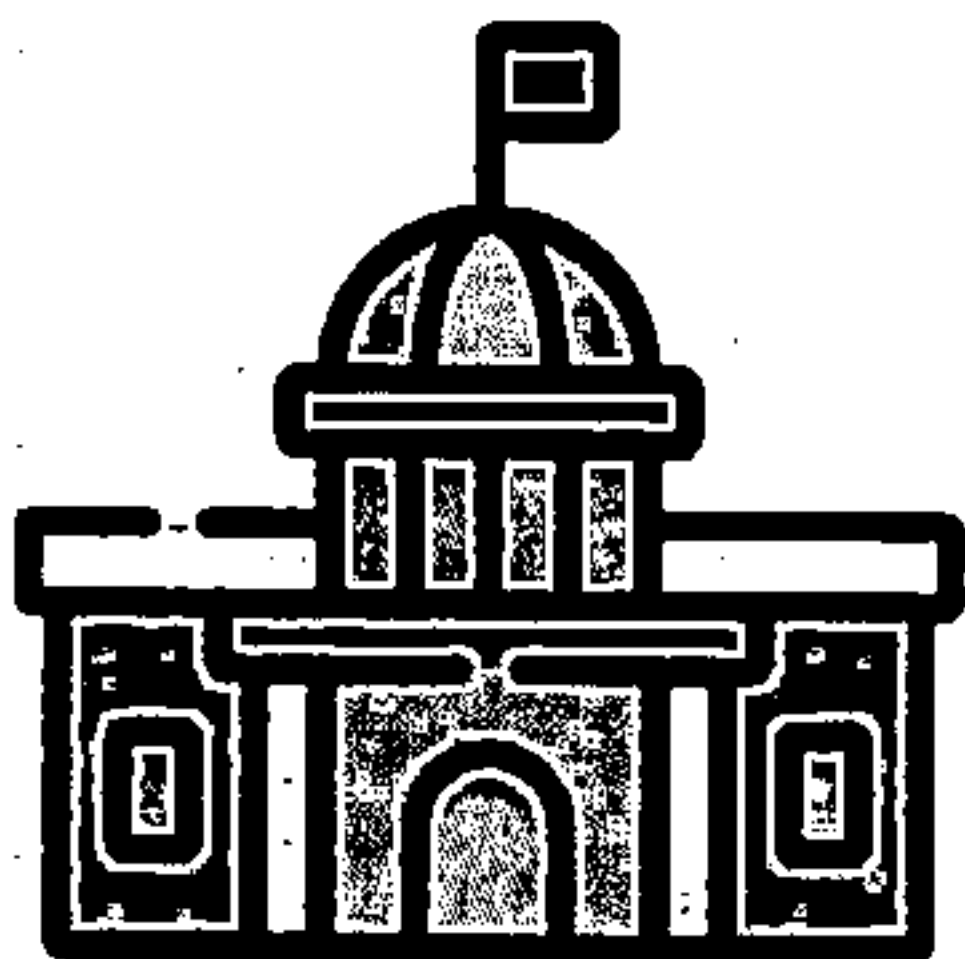


تصویب نامه هیئت وزیران به شماره ۷۸۲۵۰/ت/۵۱۹۰۴هـ

وزارتخانه‌ها، مؤسسات و شرکت‌های دولتی و نهادهای عمومی غیردولتی، براساس فهرستی که توسط وزارت نیرو تعیین و اعلام خواهد شد، موظفند طی دو سال حداقل بیست درصد برق مصرفی ساختمان‌های خود را از انرژی‌های تجدیدپذیر تامین نمایند و وزارت نیرو موظف است تعرفه برق مصرفی موضوع بند (۱) را براساس نرخ خرید تضمینی برق از نیروگاه‌های تجدیدپذیر تعیین نماید.

تصویب نامه هیئت وزیران به شماره ۵۶۳۳۷/ت/۶۰۹۴۲هـ

وزارت نیرو مکلف است با همکاری سازمان برنامه و بودجه کشور و وزارت نفت، با استفاده از ظرفیت ماده ۱۲ قانون رفع موانع تولید، با تصویب شورای اقتصاد از طریق افزایش ظرفیت نیروگاه‌های تجدیدپذیر، از سال ۱۴۰۳، مصرف نفت کوره را به میزان ۱۰ درصد سالانه کاهش دهد.



- ❖ سایت ساتبا به آدرس www.satba.gov.ir
- ❖ ترازنامه انرژی، ۱۴۰۱، به آدرس www.ppe.moe.gov.ir
- ❖ وضعیت صنعت برق ایران، ۱۴۰۳، www.tavanir.gov.ir
- ❖ آمار تفصیلی صنعت برق ایران، ۱۴۰۳، به آدرس www.moe.gov.ir
- ❖ سایت انجمن انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران به آدرس www.irrea.ir
- ❖ سندیکای صنعت برق، ۱۴۰۲، گزارش عملکرد سندیکای صنعت برق ایران در سال ۱۴۰۲ به آدرس www.ieis.ir
- ❖ IRENA, 2024, Renewable Energy and Jobs. www.irena.org.
- ❖ IRENA, 2025, Renewable capacity statistics 2025. www.irena.org.
- ❖ REN 21, Renewables 2024, global status, report, global overview. www.Ren2.net.
- ❖ REN21, Renewables, 2024, global status report, Economic and Social Value Creation. www.ren21.net.
- ❖ IEA, 2024, World Energy Outlook 2024. www.iea.org.
- ❖ IEA, 2024, World Energy Outlook 2024 Free Dataset. www.iea.org.
- ❖ IEA, 2024, Renewables 2022, Analysis and forecasts to 2030, www.iea.org.
- ❖ EIA, 2025. Annual Energy Outlook 2025. www.eia.gov.
- ❖ IRENA, 2023, Renewable Energy and Jobs, Annual Review 2023. www.ilo.org.
- ❖ IEA, Global water consumption in the energy sector by fuel and power generation type in the Stated Policies Scenario, 2021 and 2030. www.iea.org.
- ❖ EEB, 2024, Land for renewables. www.eeb.org.
- ❖ REN21, 2024, Investment in Renewables Drive 7% of Global GDP, Growth, REN21's Latest Report Highlights Sector's Growing, Economic Role. www.ren21.net.

راهکارهای رفع موانع توسعه نیروگاه‌های تجدیدپذیر

تخریب برق تجدیدپذیر به صورت انرژی

اعطای تسهیلات مالی به صورت ریالی و ارزی و تسهیل گری از طریق حداقل سازی وثایق مورد نیاز بانک‌های عامل

تسهیل در فرآیند اخذ مجوزهای لازم

تسهیل در روند دریافت زمین

تسریع در فرآیندهای تخصیص و تامین ارز

ایجاد امکان ترخیص درصدی کالا توسط گمرک