DOR: 20.1001.1.24234931.1398.6.1.3.3

سال ششم، شماره اول، تابستان ۱۳۹۸، ص۱۴ ص ۲۵
فصل‌نامه علمی – ترویجی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
Jrenew.ir

مقاله
تاریخ دریافت: ۹۷/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴/۲۷

پتانسیل‌های تولید و موانع فنی توسعه و بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

احسان سرلکی[1*]، سید رضا حسن بیگی[2]

۱- دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک بیوسیستم، گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲- استاد، گروه مهندسی فنی کشاورزی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
* تهران، صندوق پستی: ۳۳۹۱۶۵۳۷۵۵، پست الکترونیکی: e.sarlaki685@ut.ac.ir

چکیده

انتخاب نوع انرژی برای تولید برق و توان به سیاست‌های مربوط به هر کشور وابسته است. به دلیل تصویب قوانین سختگیرانه زیست محیطی و همچنین بحران‌های انرژی، اخیرا توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای به ویژه صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار شده است. ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان نفت و گاز طبیعی در جهان است. به همین دلیل توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران طی دهه‌های گذشته زیاد مورد توجه قرار نگرفته است. اگرچه تحقیقات متعددی توسط محققان ایرانی برای بررسی وضعیت فعلی و چشم انداز انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است، اما اطلاعات بسیار کمی درباره مشکلات و محدودیت-های پیش روی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران وجود دارد. هدف اصلی این پژوهش علاوه بر گزارش پتانسیل تولید انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران مانند انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی برق آبی، انرژی زمین گرمایی، انرژی زیست توده، انرژی زیست سوخت و انرژی‌های موج و جزر و مد، ارائه اطلاعات فنی و ابزارهای سیاسی برای رفع برخی موانع پیش روی توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران است.

کلیدواژگان: انرژی تجدیدپذیر، باد، خورشید، زمین گرمایی، برق آبی، زیست توده و زیست سوخت، جزر و مد و موج، ایران.

Production Potentials and Technical Barriers Facing the Development and Utilization of Renewable Energies in Iran

Ehsan Sarlaki[1*], Seyyed Reza Hassan-Beygi[2]

1- Ph.D. Student of Mechanical Engineering of Biosystems, Department of Agro-Technology Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
2- Professor, Department of Agro-Technology Engineering, College of Abouraihan, University of Tehran, Tehran, Iran.
* P.O.B. 3391653755 Tehran, Iran, e.sarlaki685@ut.ac.ir
Received: June 2018 Accepted: July 2018

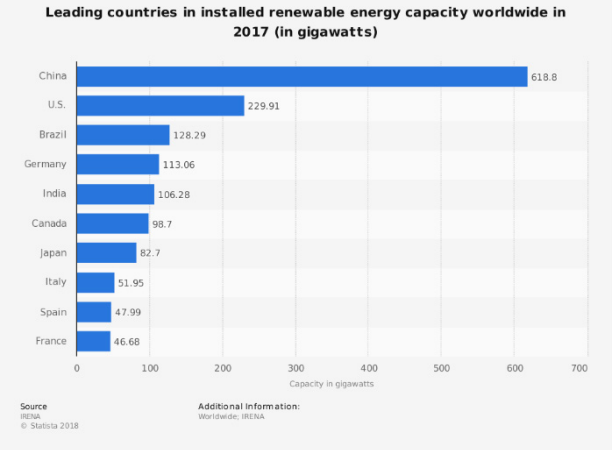
Abstract

Selecting the type of energy for electricity and power generation depends on the policies of the related country. Due to the adoption of stringent environmental laws and also because of the energy crisis, currently the development of renewable energies for countries especially industrial ones are paramount of significant. Iran is one of the largest producers and exporters of petroleum oil and natural gas in the world. Because of this, development of renewable energies did not attract considerable attention during the past decades. Though several researches were done by Iranian researchers to investigate the current status and prospects of renewable energies, very little literature has been found on the problems and limitations faced for renewable energy development. Therefore, the main purpose of this work in addition to report of the potential of renewable energies production in Iran such as wind energy, solar energy, hydropower energy, geothermal energy, biomass energy, biofuel energy and tidal and wave energies is to provide technical support and policy tools to address some barriers facing the development and utilization of renewable energies in Iran.

Keywords: Renewable energy, Wind, Solar, Geothermal, Hydropower, Biomass and biofuel, Tidal and wave, Iran.

۱- مقدمه

انتخاب نوع انرژی برای تولید برق و توان به سیاست‌های مربوط به هر کشور وابسته است. به عنوان مثال، فرانسه بیشتر انرژی مورد نیاز خود حدود ۷۵ درصد را از نیروگاه‌های هسته‌ای تولید می‌کند، در حالیکه کشورهایی مانند چین و ایالات متحده آمریکا برای تولید اکثر انرژی مورد نیاز خود به ترتیب ۶۵/۲ و ۳۷ درصد به زغال سنگ و نفت وابسته‌اند [۱]. چنین رویکردهایی از کشورهای ایالات متحده آمریکا و چین این دو کشور را به بزرگترین تولیدکنندگان گازهای گلخانه‌ای در جهان تبدیل کرده است. در حال حاضر، به دلیل تصویب قوانین سختگیرانه زیست محیطی و همچنین به علت بحران-های انرژی، کشورهای صنعتی توسعه یافته، انرژی‌های تجدیدپذیر را جدی‌تر می‌گیرند [۲]. در شکل ۱ بزرگترین کشورهای جهان در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (بر حسب گیگاوات) در سال ۲۰۱۷ آورده شده است. با مقایسه آمار ارائه شده در شکل ۱ و آخرین آمار ارائه شده توسط سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) در خرداد ماه ۱۳۹۷ (کل ظرفیت منصوبه انرژی‌های تجدیدپذیر برابر با ۵۸۱ مگاوات) به وضوح تفاوت بهره‌برداری و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران و در مناطق مختلف جهان مشخص می‌شود. انرژی‌های تجدیدپذیر نه تنها از لحاظ زیست محیطی، بلکه همچنین از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه‌تر از سوخت‌های فسیلی هستند؛ زیرا آنها آزاد هستند و از بین نخواهند رفت. انرژی باد[۱] انرژی خورشیدی[۲] انرژی برق آبی[۳] و انرژی زمین گرمایی[۴] مهمترین انرژی‌های تجدیدپذیری هستند که با سرعت قابل توجهی در حال توسعه‌اند. با وجود تحقیقات گسترده و همچنین صرف هزینه‌های قابل توجه برای بهبود فناوری‌های موجود، این انرژی‌ها هنوز با محدودیت‌های فنی و مشکلات جدی مواجه هستند. به عنوان مثال، اگرچه انرژی باد در همه جا قابل استفاده است، اما مقدار انرژی تولیدشده از توربین-های بادی به شدت وابسته به پروفیل سرعت باد و تغییرات ناگهانی جهت و سرعت باد است. بنابراین، بیشتر توربین‌های بادی در نوارهای ساحلی نصب می‌شوند، زیرا در سواحل پروفیل جریان باد کاملا منظم و سرعت باد مطلوب‌تر است. انرژی خورشیدی نیز حداکثر بازده خود را فقط در چند ساعت از روز که نور خورشید در زاویه سمت راست زمین قرار دارد، داشته و بازدهی آن در بقیه ساعات روز بسیار مطلوب نیست [۳]. انرژی جزر و مد[۵] انرژی موج[۶] و انرژی زیست توده[۷] از دیگر انرژی‌های تجدیدپذیر هستند، اما میزان تولید انرژی از آنها نسبت به دیگر منابع انرژی تجدیدپذیر قابل توجه نیست. هزینه‌های سرمایه‌گذاری بالا مربوط به فناوری‌های انرژی تجدیدپذیر یکی دیگر از محدودیت‌های آنها در مقایسه با فناوری‌های انرژی متداول است. بهرحال، موانع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر عمدتا سیاسی بوده و اقتصادی و فنی نیستند [۴]. ایران یکی از بزرگترین تولیدکنندگان و صادرکنندگان نفت خام و گاز طبیعی در جهان است. به همین دلیل توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر طی دهه‌های گذشته زیاد مورد توجه نبوده است و تحقیق در این زمینه محدود به پروژه‌های تحقیقاتی یا مقالات پژوهشی بوده است. با این وجود، با توجه به لزوم یافتن جایگزین مناسب برای سوخت‌های فسیلی، ایران در سال‌های اخیر توجه بیشتری به توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کرده است. از میان مهمترین انرژی-های تجدیدپذیری که به سطح قابل قبول توسعه داده شده‌اند، انرژی برق آبی است. به دلیل سدهای متعدد در کشور، ایران دارای پتانسیل بالایی برای تولید برق از انرژی برق آبی است. با وجود مزایای استفاده از این منبع انرژی مانند تولید مقدار زیادی انرژی پاک، اثرات مضری مانند خشک شدن رودخانه‌ها و یا کاهش قابل توجه میزان آب آنها وجود دارد. علاوه بر این، از آنجایی که ایران دارای آب و هوای نسبتا گرم و خشک است، این مشکلات بیشتر محسوس هستند. در حال حاضر سیاست‌های ایران هنوز در زمینه توسعه میادین نفت و گاز، به ویژه در بخش‌های مشترک[۸] است، اما در کنار این فعالیت‌ها، روند توسعه انرژی‌های تجدید پذیر نیز آغاز شده است. اگرچه تحقیقات متعددی توسط محققان ایرانی برای بررسی وضعیت فعلی و چشم انداز انرژی‌های تجدیدپذیر انجام شده است، اما اطلاعات بسیار کمی درباره مشکلات و محدودیت‌های پیش روی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران وجود دارد. هدف اصلی این پژوهش علاوه بر گزارش پتانسیل تولید انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران مانند انرژی باد، انرژی خورشیدی، انرژی برق آبی، انرژی زمین گرمایی، انرژی زیست توده، انرژی زیست سوخت و انرژی‌های موج و جزر و مد، ارائه اطلاعات فنی و ابزارهای سیاسی برای رفع برخی موانع پیش روی توسعه و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران است.



شکل ۱. بزرگترین کشورهای جهان در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر (بر حسب گیگاوات) در سال ۲۰۱۷

[۱] Wind energy
[۲] Solar energy
[۳] Hydropower energy
Geothermal energy
[۴] Tidal energy
[۵] wave energy
[۶] biomass energy
[۷] jointly-owned

۲- سیاست‌های ایران در قبال انرژی

ایران دارای ظرفیت قابل توجهی برای تولید برق تجدیدپذیر در مقایسه با کشورهای دیگر در منطقه است. بر اساس گزارش سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) سهم انواع انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران به صورت ۴۵ درصد انرژی بادی، ۳۵ درصد انرژی خورشیدی، ۱۶ درصد انرژی برق آبی کوچک، ۲ درصد انرژی زیست توده و ۲ درصد انرژی بازیافت حرارت است. با این وجود، برخی از مشکلات مانند کمبود منابع مالی کافی برای پرداخت تفاوت در هزینه‌های خرید برق تجدیدپذیر و برق غیر قابل تجدید مانع شکوفایی تولید برق تجدیدپذیر هستند.

از مهمترین دلایل شکوفا نشدن توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، سیاست‌های ایران در قبال انرژی، محدودیت‌های منابع مالی و عدم استفاده از فناوری‌های موثر و پیشرفته برای تولید برق تجدیدپذیر است. تا به اکنون، ایران سرمایه‌گذاری‌های قابل توجهی در زمینه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کرده است. با این وجود، سهم این سرمایه‌گذاری از کل بودجه اختصاص یافته برای تولید انرژی، کافی نیست. در حال حاضر سیاست‌های ایران در قبال انرژی بر روی توسعه میادین مشترک نفت و گاز در خلیج فارس بیشتر از هر چیز دیگری متمرکز است، زیرا کشور رقیب (قطر) سرمایه گذاری‌های قابل توجهی در استخراج گاز از این میادین کرده است و با همکاری شرکت‌های اروپایی مانند شل و توتال[1] به سرعت در حال توسعه فرایند استخراج و بهره برداری در این میادین هستند. در مناطق مرزی غربی و جنوب غربی ایران، میادین نفتی مشترک ایران و عراق وجود دارد. علیرغم جنگ و مشکلات داخلی در عراق، این کشور نقش بسیار مهمی در توسعه میادین مشترک نفتی دارد و استخراج نفت از آنها را با دعوت از شرکت‌های آمریکایی و اروپایی افزایش داده است. با این وجود، تا سال ۲۰۱۶، رقبای ایران در خلیج فارس (قطر) و مرزهای غربی (عراق) به دلیل تحریم‌های بین المللی علیه ایران و کمبود فناوری‌های پیشرفته برای اکتشاف و بهره برداری از نفت، نسبت به ایران در استخراج نفت و گاز برتر بوده‌اند و کشورهای مذکور سهم قابل توجهی از استخراج سوخت‌های فسیلی را دارند. تمام این رقابت‌ها باعث شده است که ایران به توسعه میادین مشترک نفت و گاز و یا به عبارت دیگر توسعه تولید سوخت‌های فسیلی تمرکز بیشتری داشته باشد.

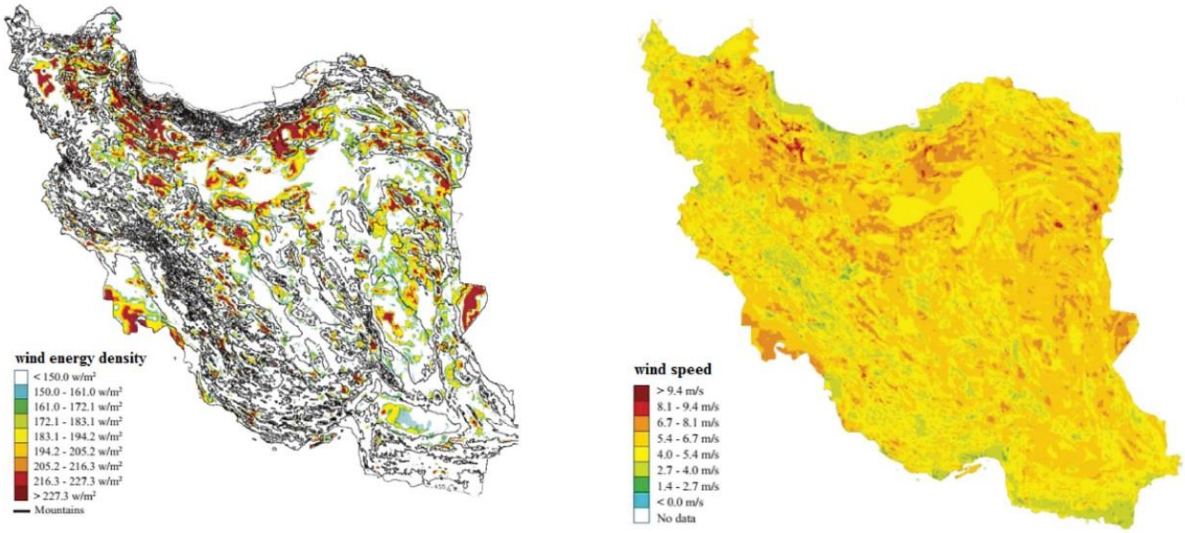
۳- سیاست‌های ایران در قبال توسعه انرژی های تجدیدپذیر

۳-۱- انرژی بادی در ایران

انرژی باد دومین منبع انرژی تجدیدپذیر در ایران است. نقشه سرعت باد (m/s) در ارتفاع ۶۰ متری از سطح زمین و چگالی انرژی باد (w/m^2) در ارتفاع ۸۰ متری از سطح زمین در ایران در شکل ۲ آورده شده‌اند. بر اساس گزارشات و مطالعات انجام گرفته، متوسط سرعت باد در ایران ۶ متر بر ثانیه است [۵، ۶]. با این حال، سرعت باد در برخی از مناطق مانند استان‌های شرقی و نوارهای ساحلی بسیار بالاتر است، به ویژه در بخش‌های شرقی کشور که یکی از مناسب-ترین مکان‌های نصب توربین‌های بادی با توجه به موقعیت جغرافیایی ویژه ایران هستند. ایران در امتداد راهروهای بادی[2] بین آسیا، اروپا، اقیانوس هند و اقیانوس اطلس قرار گرفته است و بنابراین میانگین سرعت باد در ایران بالاتر از سایر کشورهای منطقه است [۵]. روند توسعه انرژی باد نشان می‌دهد که رشد قابل توجهی از سال ۲۰۰۴ تاکنون داشته است. در سال ۲۰۰۵، حدود ۳۲ مگاوات برق از توربین‌های بادی تولید شد، که در سال ۲۰۰۶ به ۴۷ مگاوات و در سال ۲۰۰۸ به ۸۲ مگاوات افزایش یافت [۷]. سازمان انرژی‌های تجدیدپذیر و بهره‌وری انرژی برق (ساتبا) قراردادهایی را با شرکت‌های Suzlon Energy و Siemens برای نصب توربین‌های بادی برای افزایش تولید برق از آنها تا حدود ۵۰۰۰ مگاوات در سال ۲۰۱۸ امضا کرده است [۸]. در حال حاضر، دو مزرعه بادی فعال در منجیل (استان گیلان) و بینالود (استان خراسان رضوی) با ظرفیت به ترتیب حدود ۱۰۰ و ۲۸/۴ مگاوات در ایران وجود دارند (شکل ۳). سایر نیروگاه‌های انرژی بادی در قزوین، اردبیل، زابل و شیراز به سرعت در حال ساخت هستند. با وجود فعالیت‌های گسترده در افزایش ظرفیت تولید انرژی‌های تجدیدپذیر، درصد پایینی از برق کشور از انرژی باد تولید می‌شود. لازم به ذکر است که طبق آخرین آمار شرکت توانیر در سال ۱۳۹۶ میزان نیاز مصرف برق در ایران به بیش از ۵۲ هزار مگاوات می‌رسد. مقایسه ظرفیت تولید انرژی بادی در جهان (شکل ۴-الف) و ایران (شکل ۴-ب) در بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد. ظرفیت تولید انرژی بادی در جهان در سال ۲۰۰۷ مقدار ۹۳/۹۲۴ مگاوات بوده است و در سال ۲۰۱۶ این مقدار به ۴۸۶/۷۹۰ مگاوات افزایش یافته است. در ایران نیز ظرفیت تولید انرژی بادی در شکل ۴-ب حاکی از این است که در بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۰۸ افزایش داشته است ولی از سال ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۳ تقریبا رشد تولید انرژی بادی در ایران ثابت بوده است. از سال ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ مقدار ظرفیت تولید انرژی بادی در ایران از مقدار ۱۰۱/۱ به ۱۵۳/۵ مگاوات افزایش معنی‌داری داشته است.

[1] Shell and Total

[2] wind corridor

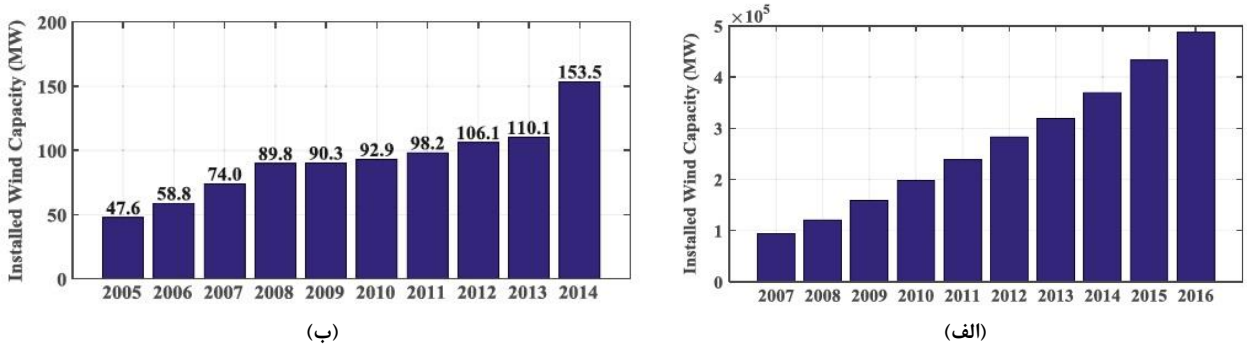


(ب) (الف)

شکل ۲. نقشه سرعت باد (m/s) در ارتفاع ۶۰ متری از سطح زمین در ایران (الف) و چگالی انرژی باد (w/m^2)در ارتفاع ۸۰ متری از سطح زمین در ایران (ب) [۲].

(ب) (الف)

شکل ۳. نیروگاه انرژی بادی منجیل در استان گیلان با ظرفیت ۱۰۰ MW (الف) و بینالود در استان خراسان رضوی با ظرفیت ۲۸/۴ MW (ب)



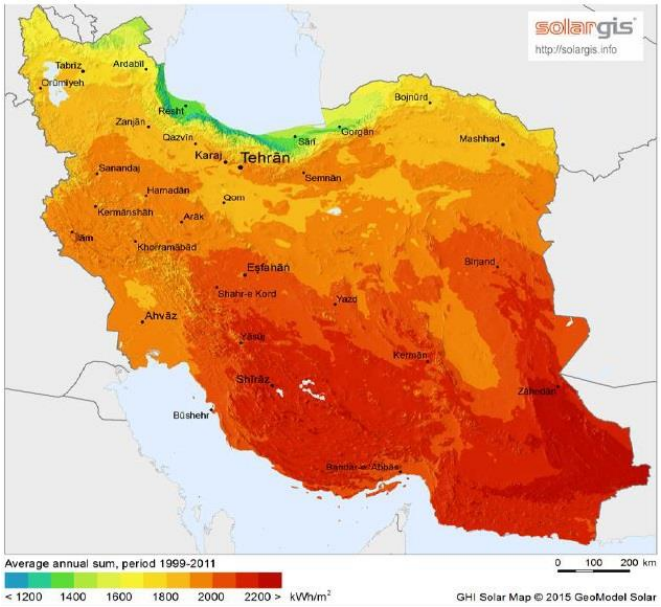
(ب) (الف)

شکل ۴. (الف). مقایسه ظرفیت تولید انرژی بادی در جهان (۲۰۱۶-۲۰۰۷) (منبع: Global Wind Report. Global Wind Energy Council 2017) و (ب). ظرفیت تولید انرژی بادی در ایران (۲۰۱۴-۲۰۰۵) (منبع: Ministry of Energy ۲۰۱۷).

۳-۲- انرژی خورشیدی در ایران

ایران با داشتن ۳۰۰ روز آفتابی در بیش از دو سوم مساحت آن و متوسط تابش ۵/۵-۴/۵ کیلووات ساعت بر متر مربع در روز و ۲۸۰۰ ساعت آفتابی در سال یکی از مهمترین مراکز تولید برق خورشیدی در آسیای غربی و در جهان است. از انرژی خورشیدی جهت مصارف خانگی، صنعتی، نیروگاهی، روشنایی معابر و جاده‌ها، چراغ‌های ترافیک، سیستم‌های مخابراتی، پمپ آب خورشیدی برای مصارف کشاورزی، تجهیز مناطق مرزی، روشنایی تونل‌ها و برق‌رسانی روستایی و همچنین تولید برق توسط تجهیزاتی نظیر کلکتورهای بشقابی مسطح و

سلول‌های فتولتائیک استفاده می‌گردد. بر اساس گزارش‌های موجود حدود ۷۰۰ ساعت از نور آفتاب در فصل بهار، ۱۰۵۰ ساعت در تابستان، حدود ۸۳۰ ساعت در پاییز و حدود ۵۰۰ ساعت در زمستان در ایران وجود دارد [۹]. پتانسیل تولید برق خورشیدی در ایران بسیار بالاست به طوریکه کل انرژی مورد نیاز کشور را می‌توان تنها با استفاده از یک درصد مساحت کشور فراهم کرد. با این حال، طبق آمارهای شرکت توانیر تا سال ۱۳۹۶ سهم‌بندی تولید برق به صورت نیروگاه‌های سیکل ترکیبی: ۲۹/۴ درصد، نیروگاه‌های گاز: ۳۳/۲ درصد، نیروگاه‌های بخار: ۲۰/۱ درصد، نیروگاه‌های برق آبی: ۱۵/۱ درصد، نیروگاه‌های اتمی: ۱/۳ درصد و انرژی‌های تجدیدپذیر: ۰/۹ درصد هستند. بنابراین سهم سوخت‌های فسیلی در تولید انرژی الکتریکی حدود ۸۲/۷ درصد است. شکل ۵ نقشه تابش خورشیدی در ایران بر اساس نقشه استخراج شده از Solar GIS را در سال ۲۰۱۵ نشان می‌دهد. همانطور که قبلا ذکر شد، از آنجا که ایران دارای منابع غنی از سوخت فسیلی است، توجهات کمتری به انرژی‌های تجدیدپذیر شده است. مطالعات اخیر نشان می‌دهد که علیرغم افزایش قابل توجه در تولید برق از انرژی خورشیدی در سال‌های اخیر، هنوز تنها کمتر از یک درصد از کل برق از انرژی خورشیدی تولید می‌شود. بسیاری از نیروگاه‌های خورشیدی در سراسر کشور پراکنده شده‌اند که مهمترین آنها با توجه به ظرفیت تولید در استان‌های سمنان (۹۲ کیلو وات)، یزد (۱۲ کیلو وات)، فارس (۲۵۰ کیلو وات)، تهران (۱۰۰۰ کیلو وات) و در طالقان (۳۰ کیلو وات) هستند (شکل ۶). بسیاری از نیروگاه‌های دیگر در استان سیستان و بلوچستان، کرمان و هرمزگان در حال ساخت هستند. یکی از مهمترین این نیروگاه‌ها (که ساخت و ساز آن در حال تکمیل شدن است) نیروگاه خورشیدی مکران Mokran در جنوب استان کرمان با ظرفیت نهایی ۲۰ مگاوات است. دو شرکت (Durion AG و Adore) در این پروژه ۲۷ میلیون دلار سرمایه گذاری کرده‌اند. برخی از کشورها از جمله سوئیس، اسپانیا، آلمان، چین و کره جنوبی تمایل خود را برای سرمایه گذاری در بازار انرژی خورشیدی در ایران اعلام کرده‌اند. برآوردها نشان می‌دهد که اگر این قراردادها امضا شوند، بیش از ۳/۵ میلیارد دلار در چهار سال آینده در انرژی خورشیدی در ایران سرمایه گذاری خواهد شد [۱۰]. شکل ۷ تولید برق از سایت‌های فتوولتائیک ایران طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۰ را نشان می‌دهد [۳].



شکل ۵. نقشه تابش خورشیدی در ایران بر اساس نقشه استخراج شده از Solar GIS

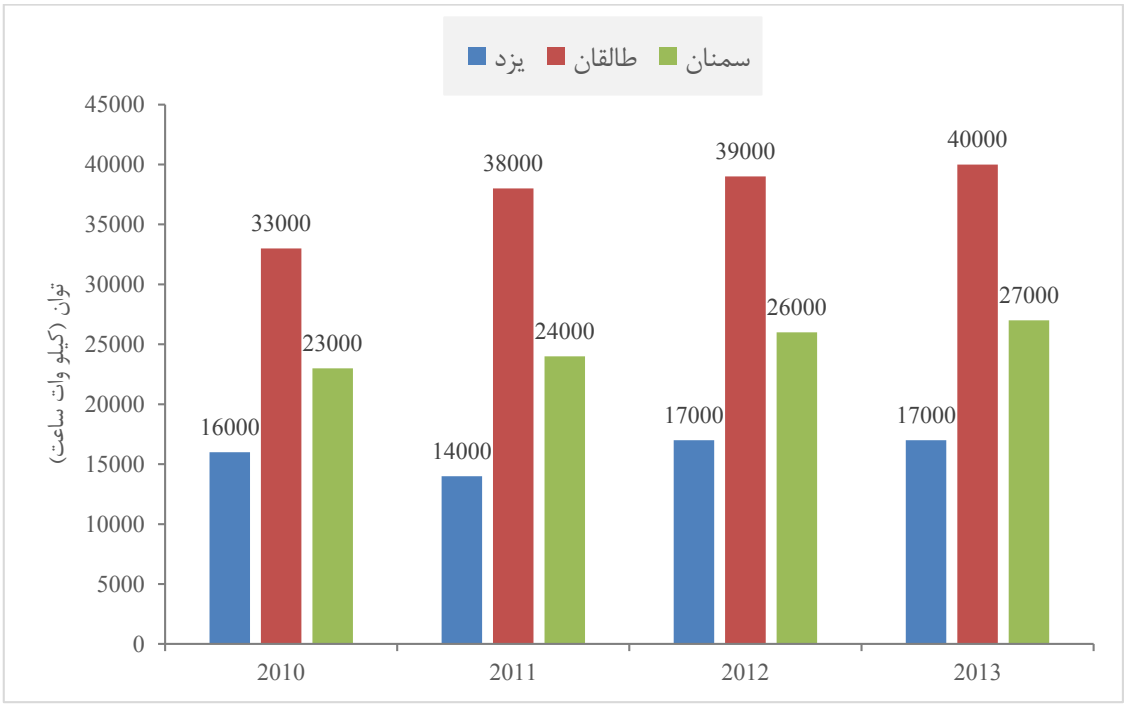
(الف)

(ب)

(ج)

(د)

شکل ۶. نیروگاه انرژی خورشیدی سمنان (الف)، نیروگاه خورشیدی شیراز (ب)، نیروگاه خورشیدی یزد (ج) و نیروگاه خورشیدی طالقان (د).



شکل ۷. تولید برق از سه سایت فتوولتائیک در ایران طی سال‌های ۲۰۱۳-۲۰۱۰ [۳]

۳-۳- انرژی برق آبی در ایران

انرژی برق آبی در حال حاضر مهمترین منبع انرژی تجدیدپذیر در ایران است. بر خلاف انرژی خورشیدی و باد، با ظرفیت ۷۷۰۴ مگاوات انرژی برق آبی نصب شده، ایران کشور پیشرو در توسعه انرژی برق آبی در خاورمیانه است. در حال حاضر چندین پروژه در ایران در حال انجام است که پیش بینی می‌شوند که حدود ۷۰۰۰ مگاوات دیگر را به ظرفیت نهایی انرژی برق آبی ایران اضافه کنند [۱۱]. بر اساس برنامه چهارم توسعه[۱] ایران قصد دارد ظرفیت کل ۸۰ گیگاوات را به دست آورد [۱۲]. در حال حاضر، ۴۴ ایستگاه نیروگاه برق آبی در ایران وجود دارد که شش ایستگاه بیش از ۹۰ درصد کل انرژی برق آبی را تامین می‌کنند [۱۱]. گزارش‌ها نشان می‌دهند که نرخ رشد تولید انرژی برق آبی در ایران حدود ۲۷/۵ درصد بوده که ۹ برابر بیشتر از سیاست‌ها و برنامه‌های انرژی ایران است [۱۳]. ساخت سدها برای استفاده از انرژی‌های برق آبی دارای مزایای فراوانی مانند تامین آب کشاورزی و آشامیدنی، ایجاد فرصت‌های شغلی و جلوگیری از تشکیل سیلاب‌ها هستند. با این حال، این نوع روش از تولید برق با چالش‌های جدی مواجه است که می‌تواند منجر به زیان‌های قابل توجه مالی شوند. به عنوان مثال، ایران در یک منطقه خشک قرار دارد و سالهاست که با خشکسالی مواجه است و اگر این شرایط ادامه یابند، بعضی از سدها و نیروگاه-های برق آبی در واقع ممکن است تعطیل شوند. با این حال، تولید انرژی برق آبی در ایران بسیار ارزانتر از بسیاری از کشورهای دیگر از جمله ایالات متحده آمریکا است. بر اساس گزارش انجمن انرژی‌های برق آبی ایران، هزینه تولید برق از ایستگاه‌های برق آبی در ایران یک چهارم هزینه‌های ایالات متحده آمریکا است [۱۱]. جدول ۱ فهرستی از مهمترین نیروگاه‌های برق آبی ساخته شده یا در حال ساخت را در ایران نشان می‌دهد. با توجه به منابع فراوان آب در غرب و جنوب غربی ایران، تقریبا تمام نیروگاه‌های برق آبی ایران در این مناطق قرار دارند.

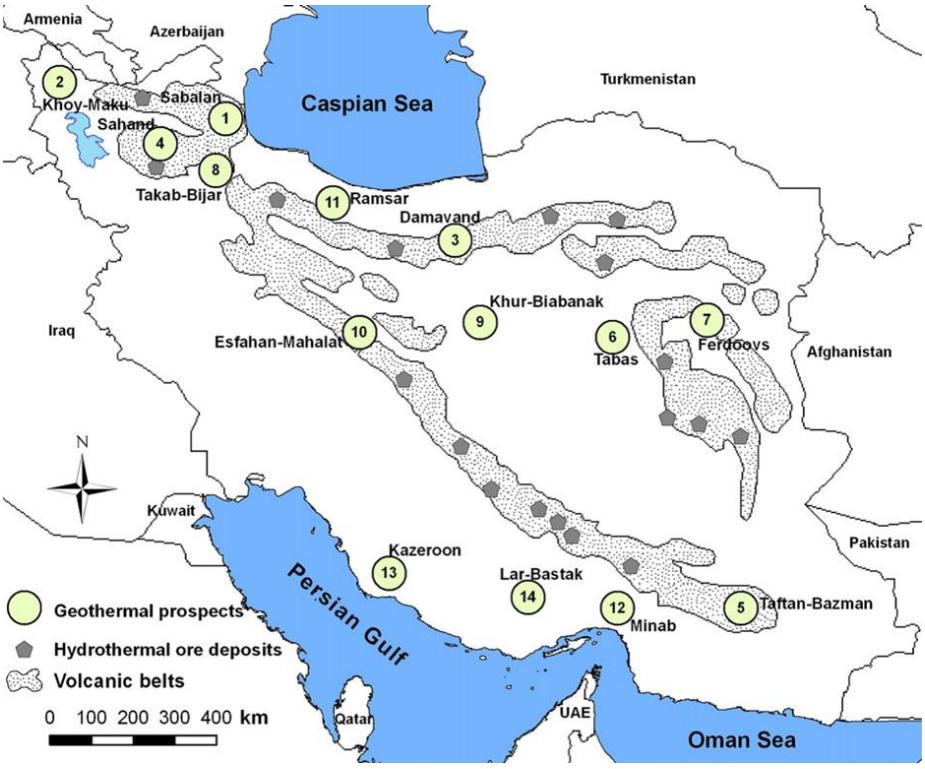
[۱] 14th Development Plan

جدول ۱. فهرست ایستگاه‌های انرژی برق آبی ایران (ساخته شده و در حال ساخت)

شماره	نام ایستگاه انرژی برق آبی	ظرفیت (مگا وات)	مکان	سال راه‌اندازی	وضعیت
۱	کارون ۳	۲۲۸۰	خوزستان، ایذه	۲۰۰۵	ساخته شده
۲	کارون ۱	۲۰۰۰	خوزستان، اندیکا	۱۹۷۵	ساخته شده
۳	مسجد سلیمان	۲۰۰۰	خوزستان، مسجد سلیمان	۲۰۰۳	ساخته شده
۴	گوتوند	۲۰۰۰	خوزستان، شوشتر	۲۰۱۲	ساخته شده
۵	کارون ۴	۱۰۰۰	چهار محال و بختیاری	۲۰۰۴	ساخته شده
۶	سد بختیاری	۱۵۰۰	لرستان	۲۰۱۶	در حال ساخت
۷	سد رودبار	۴۵۰	لرستان	۲۰۱۲	در حال ساخت
۸	سد خراسان ۳	۳۱۵	چهار محال و بختیاری	۲۰۱۴	در حال ساخت
۹	گوتوند	۱۰۰۰	خوزستان	۲۰۱۲	در حال ساخت
۱۰	سیمره	۴۸۰	ایلام و لرستان	۲۰۰۹	ساخته شده
۱۱	کرخه	۴۰۰	خوزستان، اندیمشک	۲۰۰۲	ساخته شده
۱۲	سد دز	۵۲۰	خوزستان، اندیمشک	۱۹۷۱	ساخته شده

۳-۴- انرژی زمین گرمایی

انرژی زمین گرمایی دارای پتانسیل بالایی در تولید انرژی است، زیرا تنها ۱ درصد کل ذخایر انرژی زمین گرمایی حدود ۵۰۰ برابر بیشتر از ذخایر انرژی فسیلی است [۱۴]. ایران بر روی یک کمربند زمین گرمایی قرار دارد و دارای پتانسیل بالایی برای استفاده از انرژی زمین گرمایی است، اما با توجه به مشکلات فناوری، ایران تا به حال نتوانسته است موقعیت واقعی خود را در صنعت انرژی زمین گرمایی به دست آورد [۱۵]. شکل ۸، مناطق دارای ظرفیت تولید انرژی زمین گرمایی را در ایران نشان می‌دهد. استان‌های آذربایجان شرقی، سیستان و بلوچستان، تهران و خراسان جنوبی قبلا دارای آتشفشان‌های فعال بوده‌اند و دارای توان بالقوه‌ای برای استفاده از انرژی زمین گرمایی هستند. با این حال، ایران یک کشور غنی از نفت است که تخمین زده شده است که حدود ۹ درصد از ذخایر نفت و ۱۵ درصد از ذخایر گاز جهان را در اختیار دارد. ایران در حال حاضر از سوخت‌های فسیلی ارزان قیمت برای تامین بیش از ۹۵ درصد نیازهای انرژی خود استفاده می‌کند و این امر مانعی برای توسعه انرژی-های تجدید پذیر در ایران است. محققان پیشنهاد هجده نقطه برای نصب نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی در ایران را دادند که اکثر آنها در یک کمربند زمین گرمایی قرار دارند. در حقیقت، تحقیقات آنها نشان داد که تقریبا ۸/۸ درصد از کل مساحت ایران دارای ظرفیت نصب نیروگاه‌های انرژی زمین گرمایی است [۱۱]. ظرفیت تولید انرژی الکتریسیته با استفاده از منبع زمین گرمایی در ایران بیش از ۲۰۰ مگاوات تخمین زده می‌شود. با توجه به برنامه چهارم توسعه ایران، ایران بایستی ظرفیت کل انرژی زمین گرمایی خود را تا پایان برنامه توسعه چهارم به ۱۰۰ مگاوات افزایش دهد [۱۲].



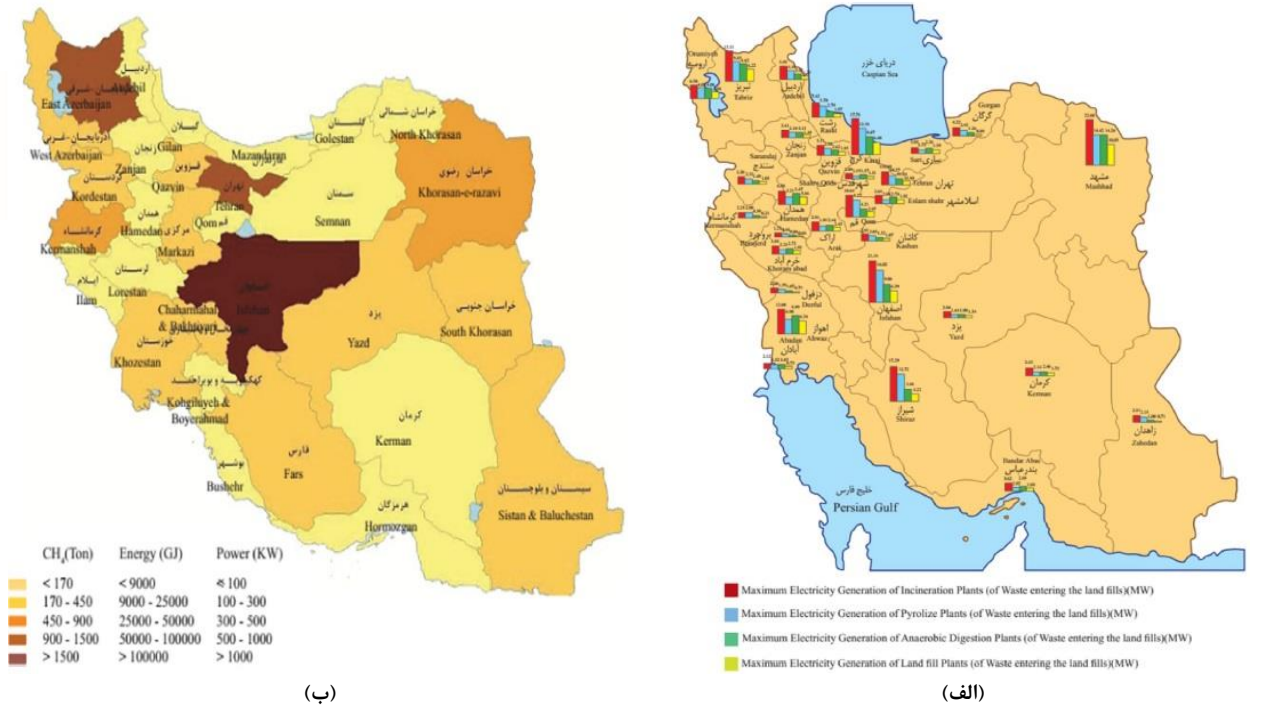
شکل ۸. مناطق دارای ظرفیت تولید انرژی زمین گرمایی در ایران [۲].

۳-۵- انرژی زیست توده در ایران

زیست توده اشاره به مواد مشتق شده از گیاهان زراعی یا کود حیوانی دارد. احتراق زیست توده آلاینده‌های کمتری نسبت به سوخت‌های فسیلی نشر داده و همچنین شیرابه‌های زباله را در صنایعی مانند جنگلداری، کارخانه‌های چوب و صنایع غذایی کاهش می‌دهد. انواع مختلفی از منابع انرژی زیست توده از جمله جنگل‌ها و پسماندهای کشاورزی وجود دارد. مواد اولیه[1] مهمترین منبع زیست توده تولید شده در ایران است و حدود $۱۹/۴ \times ۱۰^{۶}$ تن از بقایای حاصل از برداشت محصولات اصلی تولید می‌شود [۶]. سهم انواع مختلف منابع زیست توده در ایران عبارتند از: ۵۹ درصد پسماند جامد کشاورزی، ۲۸ درصد ضایعات حیوانی و ۱۱ درصد مواد کمپوستی است. شکل ۹-الف حداکثر ظرفیت تولید برق از انواع مختلف نیروگاه‌های زیست توده در ایران را نشان می‌دهد. شکل ۹-ب پتانسیل فنی تولید متان، انرژی و برق را از فاضلاب در استان‌های مختلف کشور را نشان می‌دهد. از این اشکال بخوبی روشن است که استان‌های تهران، اصفهان، آذربایجان شرقی و خراسان رضوی قادر به استفاده بیشتری از انرژی زیست توده نسبت به سایر استان‌ها هستند.

۳-۶- انرژی زیست سوخت در ایران

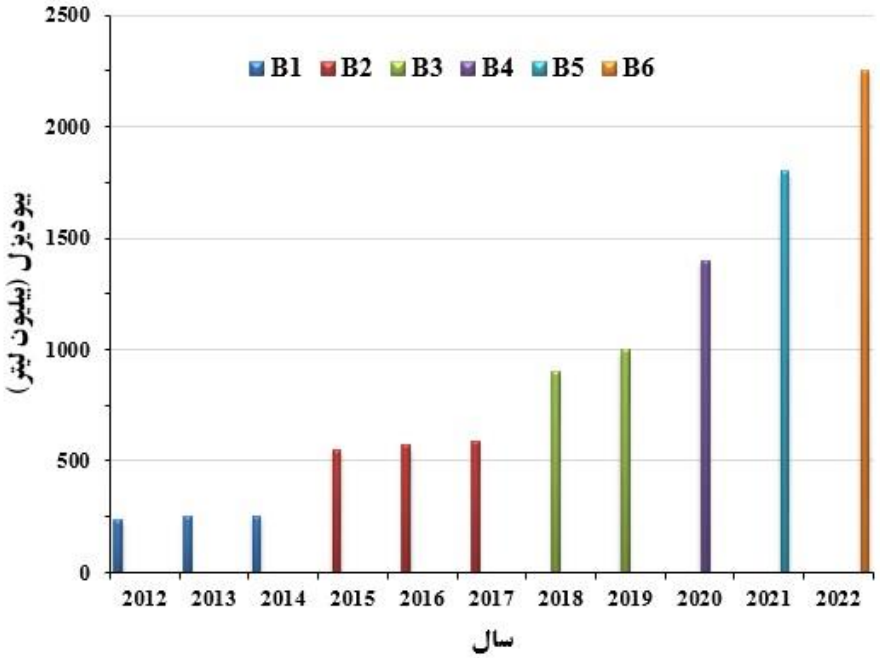
در ایران، تنوع آب، هوا و خاک یک فرصت عالی را برای کشت گیاهان با واریته‌های مختلف برای تولید سوخت‌های زیستی ممکن می‌سازد. واریته‌های مختلفی از گیاهان نظیر برنج، گندم، پسته، جو، نیشکر، پنبه و چغندر قند منابع اولیه برای خوراک بیودیزل و بیواتانول هستند که در ایران کشت می‌شوند. ملاس‌های چغندر قند و نیشکر که در ایران تقریبا سالیانه ۵۰۰ میلیون لیتر از آنها تولید می‌شود، می‌توانند به‌عنوان خوراک اولیه بیواتانول در ایران درنظر گرفته شوند. براساس آمار وزارت و جهاد کشاورزی، حدود ۱۷ تا ۲۰ درصد از مجموع کل محصولات گیاهی به پسماندهای کشاورزی تبدیل می‌شوند [۱۶]. حدود ۱۷/۸۶ میلیون تن از بقایا و پسماندهای گیاهان پتانسیل تولید ۴/۹۱ بیلیون لیتر بیواتانول در سال را دارند. حدود ۵۰ میلیون تن گندم در سال در ایران تولید می‌شود که ۵۰ درصد از آن به‌عنوان پسماند هدر می‌رود. این مواد پسماند پتانسیل تولید ۳ بیلیون لیتر بیواتانول را دارند [۱۷]. با توجه به مصرف سالیانه ۲۴ بیلیون لیتر بنزین در ایران، بهره‌برداری بیواتانول برای تولید ترکیب بیودیزل E5 برای مصرف در موتورهای اشتعال جرقه‌ای، ظرفیت بزرگی را ایجاد می‌کند. همچنین جلبک‌ها با داشتن محتوای حدود ۵۰ درصد وزنی روغن به‌طور وسیعی می‌توانند برای تولید بیودیزل در ایران کشت شوند. براساس پژوهش‌های انجام شده، حدود ۲۰ درصد از ۱/۵ میلیون تن روغن‌های خوراکی آشپزی به‌عنوان پسماند ایجاد می‌شوند که می‌توانند برای تولید بیودیزل بکار گرفته شوند. صنعت ماهی‌گیری در ایران که به‌طور گسترده در دریای خزر در شمال، خلیج فارس در جنوب و در رودخانه‌های بزرگ داخلی کشور بهره‌برداری می‌شوند، از روغن‌های تولیدی ماهی و پسماندهای فرآوری آن می‌توان در تولید بیودیزل استفاده نمود. در شکل ۱۰، چشم‌انداز تولید ترکیب‌های مختلف بیودیزل آورده شده است.



(الف) (ب)

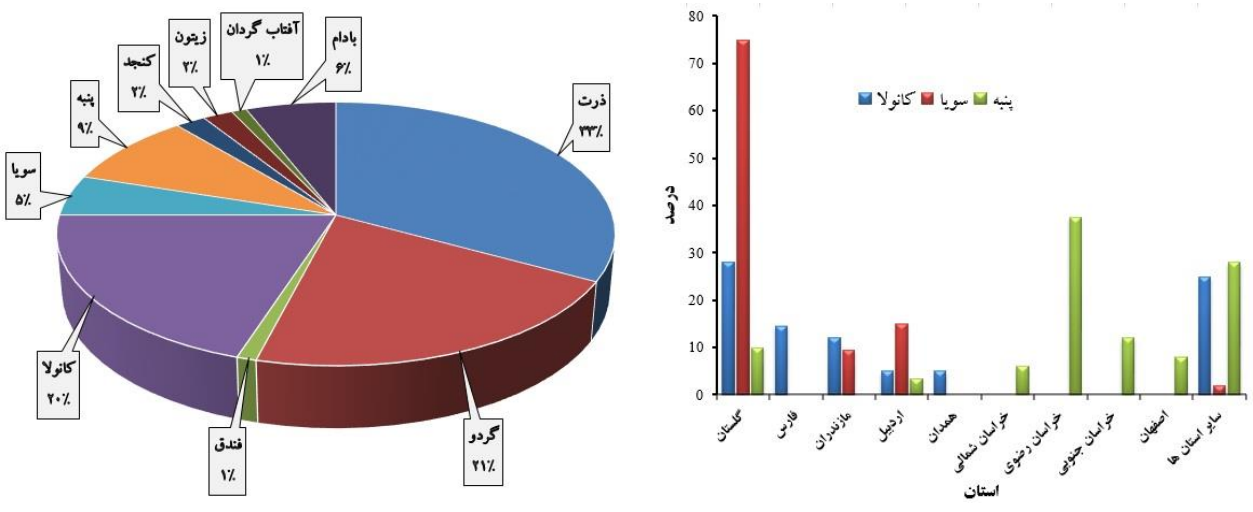
شکل ۹. حداکثر ظرفیت تولید برق (مگا وات) از انواع نیروگاه‌های زیست توده در مکان‌های بیش از ۲۵۰ هزار نفر در ایران (الف) و پتانسیل فنی تولید متان، انرژی و برق از فاضلاب در استان‌های مختلف ایران (ب) [۲].

[1] Feedstock



شکل ۱۰. چشم‌انداز تولید ترکیب‌های مختلف بیودیزل در ایران

محققان امکان‌سنجی تولید بیودیزل از دانه‌های روغنی خوراکی از مناطق مختلف ایران را مطالعه نمودند. آنها نشان دادند که بیودیزل تولیدشده پتانسیل جایگزینی دیزل مصرفی را در حدود ۲ درصد دارند. به‌عبارت دیگر، ترکیب B2 (۲ درصد بیودیزل و ۹۸ درصد دیزل) به‌عنوان سوخت جایگزین بهینه برای موتورهای CI می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد [۱۸]. در ایران حدود ۹۰ درصد از روغن‌های خوراکی مصرفی از خارج وارد شده و فقط ۱۰ درصد آن در داخل کشور تولید می‌شود. براساس گزارش وزارت جهاد کشاورزی ایران، استان‌های فارس، گلستان و خراسان رضوی مناطق اصلی کشت دانه‌های روغنی به‌حساب می‌آیند. سویا، کانولا (واریته‌ای از کلزا) و پنبه پتانسیل بالایی برای تولید بیودیزل در ایران دارند. همچنین، دیگر دانه‌های روغنی مانند ذرت، زیتون، آفتاب گردان و کنجد می‌توانند سهمی در تولید بیودیزل در ایران داشته باشند. شکل ۱۱ (الف) بزرگترین استان‌های ایران در تولید پنبه، سویا و کانولا و شکل ۱۱ (ب)، پتانسیل دیگر دانه‌های روغنی برای تولید بیودیزل در ایران را نشان می‌دهند. در جدول ۲، نیز پتانسیل تولید بیودیزل از ۱۱ دانه‌ی روغنی خوراکی در ایران آورده شده است. با توجه به محتوای مختلف روغن هر یک از دانه‌های روغنی همان‌طور که از جدول ملاحظه می‌شود، در مجموع در ایران بیش از ۴۰۰ هزار تن در سال عملکرد بیودیزل از دانه‌های روغنی را می‌توان استحصال نمود. شکی وجود ندارد که در آینده منابع و ذخایر نفت و گاز طبیعی به پایان خواهند رسید و از سیاست‌ها بایستی به گونه‌ای تنظیم شوند که وابستگی‌های به ذخایر داخلی را کاهش دهند. برای رفع این مشکل می‌توان با حمایت‌های همه جانبه دولت و همچنین بخش خصوصی در انواع پروژه‌های تولید سوخت-های زیستی از جمله بیودیزل با کمک‌های مالی و بدون مالیات سرمایه‌گذاری کرد و کشاورزان را به کشت دانه‌های روغنی در مناطق مختلف ایران تشویق نمود [۱۷].



شکل ۱۱. سهم استان‌های ایران در تولید پنبه، سویا و کانولا (الف) و پتانسیل دانه‌های روغنی در تولید بیودیزل در ایران (ب)

جدول ۲. پتانسیل تولید بیودیزل از انواع دانه‌های روغنی خوراکی در ایران در سال ۲۰۱۴

شماره	دانه روغنی	مساحت کل (هکتار)	تولید (تن)	محتوای روغن (٪)	عملکرد (تن بیودیزل در سال)
۱	پنبه	۸۴۸۰۰	۱۸۴۰۰۰	۲۰	۳۵۷۹۹/۸۲۵
۲	سویا	۷۸۷۰۰	۱۴۲۵۰۰	۲۰	۲۷۷۰۳/۳۸۹
۳	کلزا	۸۱۷۸۰	۱۴۶۰۰۰	۴۰	۵۶۹۶۳/۴۴۶
۴	کنجد	۴۲۹۴۸	۴۰۴۴۳	۵۰	۲۰۲۲۱/۵
۵	ذرت	۲۳۴۰۰۰	۱۶۶۰۰۰۰	۱۰	۱۶۶۰۰۳/۵۴
۶	زیتون	۱۸۰۵۴۵/۵	۱۳۰۶۵۷/۷۶	۲۰	۲۶۱۳۲/۱۲۷
۷	آفتاب گردان	۸۲۴۶	۸۷۷۶	۵۰	۴۳۸۷/۷۹
۸	زعفران	۲۲۵۷	۳۲۱۴	۳۲	۱۰۲۸/۳۱
۹	بادام	۸۰۵۴۳/۶	۹۵۷۳۲	۵۵	۵۲۶۵۲/۵۰۲
۱۰	گردو	۱۷۴۵۳/۷	۲۸۰۰۰۰	۶۰	۱۶۷/۹۹۹
۱۱	فندق	۱۵۴۳۴/۸	۳۲۰۶۵/۷	۵۵	۱۷۶۳۱/۶۶
مجموع	–	**۸۲۶۷۰۸/۶**	**۲۷۲۳۳۸۸/۴۶**	–	**۴۰۸۶۹۲/۰۸۸**

۳-۷- انرژی موج و جزر و مد در ایران

بالا و پایین آمدن منظم سطح اقیانوس به علت نیروی گرانشی ماه و خورشید و نیروی گریز از مرکز حاصل از چرخش زمین و ماه به دور یکدیگر، جزر و مد نامیده می‌شود. از طرفی، امواج بوسیله فعالیت باد بر روی سطح آب تولید می‌شوند. انرژی موج و جزر و مد حاوی مقدار انرژی بالایی در میان انواع منابع انرژی پاک است و از اشکال بسیار پیشرفته انرژی‌های تجدیدپذیر هستند و یک منبع توان قدرتمند و زیست محیطی به شمار می‌روند. قدرت موج متناسب با مجذور دامنه و دوره حرکت موج است. بنابراین امواج طولانی مدت و با دامنه موج بالا جریان‌های انرژی زیادی دارند، که تا ۷۰ کیلومتر در هر متر از عرض موج می‌رسد. به این ترتیب توجه جهان به طور طبیعی به بهره برداری از منابع انرژی دریایی معطوف شده است.

با توجه به آمارهای آژانس بین المللی انرژی[۱](IEA)، فناوری‌های انرژی موج هنوز در ابتدای راه خود هستند و نیاز به تحقیق و توسعه بیشتری دارند. پیش بینی شده است که تا سال ۲۰۳۵ تولید انرژی دریایی به حدود ۶۰ TWh (ترا وات ساعت) و ظرفیت نصب به ۱۷ گیگا وات افزایش خواهند یافت. ارزیابی انرژی موج یک منطقه مانند ارزیابی آرایه‌های مبدل‌های انرژی موج[۲](WECs) در مکان‌های مناسب، اهمیت بالایی برای استقرار مزارع موج دارند. تغییرات فضایی قابل توجه منابع موج در نزدیکی ساحل، با تفاوت‌های زیادی نسبت به فواصل نسبتا کوتاه، به این معنی است که انتخاب نقاط اصلی نزدیک ساحل[۳] برای بهره برداری موثر و موفق از انرژی موج بسیار مهم است. در مقالات چندین مطالعه وجود دارند که پتانسیل انرژی دریایی را در مناطق مختلف جهان مورد بررسی قرار داده‌اند. بعضی از این موارد در مورد پتانسیل انرژی جهانی، اروپا، انگلستان، اسپانیا، ایالات متحده آمریکا، پرتغال، استرالیا، ترکیه، سوئد، ایتالیا، کلمبیا، اقیانوس هند، سواحل دریای بالتیک و جنوب شرقی آسیا بوده‌اند. با توجه به انرژی جزر و مد که یکی از شکل‌های انرژی برق آبی است، انرژی حاصل از حرکت افقی دریاها و اقیانوس‌ها را به شکل مفید انرژی تبدیل می‌کند. در طول دهه گذشته، مرکز ملی نقشه برداری[۴](NCC) ایران برخی از ایستگاه-های جزر و مد دائمی را در امتداد سواحل خلیج فارس و دریای عمان تاسیس کرده است. این مرکز همچنین سایت‌های موقت جزر و مد را برای جمع آوری داده برای ارائه به پروژه‌های تحقیقاتی ایجاد کرده است. بسیاری از بنادر ایران نیز تغییرات جزر و مد و سطح دریا را پایش می‌کنند [۶].

با توجه به انرژی موج، تحقیقات مختلف دریای خزر به عنوان منطقه‌ای با پتانسیل بالایی از انرژی موج و دارای نقاط متعدد انرژی موج، از جمله بابلسر، انزلی و تنکابن گزارش داده‌اند. در یک دید کلی، بخش مرکزی دریای خزر، مناسب‌ترین منطقه برای توسعه انرژی موج تشخیص داده شده است. جزایر خلیج فارس و خط ساحلی خلیج عمان به ترتیب با متوسط ۱۶/۶ و ۱۲/۶ کیلو وات بر متر انرژی موج برای استفاده از انرژی دریایی برای تامین نیازهای انرژی ساکنین این مناطق محروم، دور افتاده، غیرقابل دسترس و با مناطق خشک روستایی هستند. علاوه بر این، در نقاط مختلفی از خلیج فارس و خلیج عمان، از جمله بندر چابهار، بوشهر، عسلویه و خور موسی انرژی موج در دسترس است. بر اساس شرایط موج این نقاط، شناورهای کششی بستر ثابت و سامانه‌های تک نقطه absorbers و attenuator (به عنوان مثال Pelamis) به عنوان WECهای مناسب برای جذب قابل توجه منابع موج در این مناطق پیشنهاد شده‌اند. با توجه به انرژی جزر و مد، بهترین منطقه برای یک سدبندی جزر و مد، می‌تواند خور دورق[۵]در خلیج فارس باشد که متوسط توان ۱۵/۸ مگا وات ظرفیت تولید دارد. علاوه بر این، جزایر هنگام و تنب بزرگ، دیگر مناطق مناسب برای ساخت مزارع جزر و مد در مقیاس تجاری هستند. جدول ۳، آماری از پتانسیل انرژی موج برای مناطق مختلف خلیج فارس و خلیج عمان را نشان می‌دهد [۶].

[۱] International Energy Agency
[۲] Wave Energy Converters
[۳] nearshore hotspots
[۴] National Cartographic Center
[۵] Khowr-e Doragh

جدول ۳. پتانسیل انرژی موج برای مناطق مختلف خلیج فارس و خلیج عمان [۶]

نام سایت	مقدار توان در هر متر از ساحل (kW/m)	طول ساحل (km)	توان کل (MW)
سیری	۵/۳	۵	۲۷
ماهشهر	۱/۷	۲۲۳	۳۸۰
جاسک	۳/۲	۲۸۹	۹۲۵
چابهار	۵/۸	۲۶۵	۱۵۳۹
بوشهر	۲/۲	۴۷۴	۱۰۴۵
لنج	۳/۴	۳۵۹	۱۲۲۲
بندر عباس	۰/۹	۲۳۲	۲۱۰
ابوموسی	۵/۱	۵	۲۶
آبادان	۲/۹	۳۴	۱۰۱

۴- راهکارهای پیشنهادی فنی و ابزارهای سیاسی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران

پیشنهادات فنی و ابزارهای سیاسی زیر در قالب وظایف و تعهدات شرکت‌های بین‌المللی، دولت و شرکت‌های داخلی می‌توانند به عنوان راهکارهای پیشنهادی برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران به صورت زیر مطرح شوند:

- توسعه فناوری‌های پایدار در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر با توجه به مقیاس فناوری، بازده، طرح‌های تولیدی و استانداردها.
- تدوین نقشه راه توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر و طراحی یک برنامه جامع و نظارت بر اجرای پروژه‌های آنها.
- فراهم آوردن زیرساخت‌های قانونی و حقوقی جهت تشویق سرمایه-گذاران غیردولتی.
- تدوین و اجرای سیاست‌های تدوین‌گری (سیاست‌های اجباری، سیاست-های قیمت‌گذاری، مجوزهای مبادله)، قیمت‌گذاری (محاسبه کامل هزینه‌ها)، تسهیل‌گری (سیاست‌های مشروعیت بخشی، ایجاد نهادها و سازمان‌های مورد نیاز، تدوین برنامه‌های ملی بر مبنای اهداف بین المللی، سیاست‌هایی در جهت تامین مالی دولت، مشوق‌ها، توسعه دانش و فناوری) و سیاست‌های رقابت‌پذیری و شفافیت.
- آموزش نیروهای ایرانی در تمام زمینه‌های فنی و مدیریتی پروژه‌های تجدیدپذیر.
- ایجاد معافیت‌های گمرکی جهت ورود تجهیزات نیروگاه‌های تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر.
- دریافت عوارض برای توسعه برق تجدیدپذیر و اعمال تعرفه تشویقی برای انرژی تجدیدپذیر.
- تعیین سبد انرژی تجدیدپذیر و اجبار برای خرید انرژی تجدیدپذیر.
- دریافت مالیات هزینه‌های اجتماعی از نیروگاه‌های تولید برق فسیلی.
- حمایت از توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق صندوق توسعه ملی و یا تشکیل صندوق توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر.
- تضمین خرید تولیدات کارخانجات سازنده داخلی تجهیزات نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر و معافیت تولیدکنندگان انرژی‌های تجدیدپذیر از پرداخت اجاره بهای زمین‌های متعلق به دولت در دوره احداث.
- فراهم کردن بسته‌های سرمایه‌گذاری به شکل وام‌های بلندمدت برای پروژه‌های تجدیدپذیر.
- اعطای مجوز صادرات برق به دارنده‌گان پروانه احداث تولید برق از انرژی‌های تجدیدپذیر.
- رفع موانع و فراهم‌سازی شرایط برای سرمایه‌گذاری خارجی.
- پرداخت یارانه و همچنین ارائه تسهیلات بانکی بلندمدت با بهره پایین به شرکت‌ها و کارخانجات برای ترغیب و تشویق آنها در استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر.
- حمایت از کارشناسان و متخصصان و تحقیقات دانشگاهی مرتبط با توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر.
- ارتقای آگاهی عمومی و فرهنگ‌سازی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در مدارس و دانشگاه‌ها و اطلاع رسانی و آموزش همگانی از طریق رسانه‌ها.
- تطبیق فناوری‌های تجدیدپذیر با توجه به شرایط منطقه‌ای و اقلیمی در کشور.
- تطبیق اهداف تعیین شده در حوزه انرژی‌های تجدیدپذیر با توان مدیریتی موجود.
- خرید تضمینی تولید انرژی‌های تجدیدپذیر بخش خصوصی توسط وزارت نیرو.

۵- نتیجه‌گیری

محدودیت‌های اصلی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران شامل هزینه‌های اولیه فوق العاده زیاد، مشکلات فناوری، کمبود منابع مالی کافی برای پرداخت تفاوت در هزینه خرید برق تجدیدپذیر و برق غیر قابل تجدید، مقدار بالای سوخت‌های فسیلی نسبت به منابع انرژی تجدیدپذیر و وجود منابع غنی نفت در ایران هستند. خرید تضمینی برق و محصولات، روش معمول برای تشویق سرمایه گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر است، زیرا چشم انداز کوتاه مدت در این صنعت، نگرانی اصلی سرمایه گذاران در انرژی‌های تجدید پذیر است. معافیت مالیاتی شرکت‌هایی که در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر فعالیت می-کنند، می‌تواند یکی دیگر از انگیزه‌های دولتی باشد. در اکثر کشورهای صنعتی، صنایع انرژی تجدیدپذیر شرایط معاف مالیاتی و یا پرداخت مالیات کمتر نسبت به دیگر صنایع آلوده کننده را برای سرمایه‌گذاران در این حوزه وضع کرده‌اند. موانع فنی برای افزایش بهره وری و کاهش هزینه‌ها مهمترین چالش‌های پیش روی ایران برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. اکثر این فناوری‌ها از کشورهای اروپایی مانند آلمان انتقال می‌یابند که هزینه‌های زیادی را برای صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. همچنین افزایش مالیات‌های اضافه برای صنایع آلوده کننده می‌تواند روش دیگری برای توجه بیشتر به انرژی‌های تجدیدپذیر در برخی کشورها باشد، اما این روش‌ها بسیار چالش برانگیز هستند.

مراجع

[1] IEA. 2017. Key world energy statics. Paris, France.

[2] Bahrami, M. and Abbaszadeh, P. An overview of renewable energies in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24: 198–208. 2013.

[3] Najafi, G., B. Ghobadian, R. Mamat, T. Yusaf, and W. H. Azmi. Solar energy in Iran: Current state and outlook. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49:931–42. 2015.

[4] IEA. 2002. Renewable energy into the mainstream. Paris, France.

[5] SUNA, 2009. Renewable Energy Organization of Iran (SUNA) report collections, what do you know about renewable energy. Wind Energy.

[6] Khojasteh, D., Khojasteh, D., Kamali, R., Beyene, A. and Iglesias, G. Assessment of renewable energy resources in Iran; with a focus on wave and tidal energy, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81 (2): 2992-3005. 2017.

[7] Mostafaeipour, A., M. Jadidi, K. Mohammadi, and A. Sedaghat. An analysis of wind energy potential and economic evaluation in Zahedan, Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30:641–50. 2014.

[8] Asrari, A., A. Ghasemi, and M. H. Javidi. Economic evaluation of hybrid renewable energy systems for rural electrification in Iran—A case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16:3123–30. 2012.

[9] Khorasanizadeh, H., K. Mohammadi, and A. Mostafaeipour. Establishing a diffuse solar radiation model for determining the optimum tilt angle of solar surfaces in Tabas, Iran. *Energy Convers Manage*, 78:805–14. 2014.

[10] Euronews. 2017. Largest solar power plant in Iran opens. https://www.google.com/amp/www.euronews.com/amp/2017/07/31/largest-solar-power-plant-in-iran-opens

[11] Mollahosseini, A., S. A. Hosseini, M. Jabbari, and A. Figoli. Renewable energy management and market in Iran: A holistic review on current state and future demands. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80:774–88. 2017.

[12] Fadai, D., Z. S. Esfandabadi, and A. Abbasi. Analyzing the causes of non-development of renewable energy related industries in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15:2690–95. 2011.

[13] Nejat, P., A. K. Morsoni, F. Jomehzadeh, H. Behzad, M. S. Vesali, and M. Z. Abd.Majid. Iran's achievements in renewable energy during fourth development program in comparison with global trend. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22:561–70. 2013.

[14] Sadeghi, B., and M. Khalajmasoumi. A futuristic review for evaluation of geothermal potentials using fuzzy logic and binary index overlay in GIS environment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43:818–31. 2015.

[15] Najafi, G., and B. Ghobadian. Geothermal resources in Iran: The sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15:3946–51. 2011.

[16] Hajjari, M., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Ghanavati, H. A review on the prospects of sustainable biodiesel production: A global scenario with an emphasis on waste-oil biodiesel utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72: 445–464, 2017.

[۱۷] ا. سرلکی، س.ر. حسن بیگی، ع. شریف پاقلعه، و ح. میرسعید قاضی، بررسی روش‌های تخلیص و پالایش سوخت بیودیزل با تاکید بر فرایندهای جداسازی غشایی. *مهندسی مکانیک (مجله علمی-ترویجی انجمن مهندسان مکانیک ایران)* ۲۶، ۱۱۶ (۱۳۹۶): ۱۳۰-۱۱۱.

[18] Safieddin Ardebili, M., Ghobadian, B., Najafi, G., Chegeni, A. Biodiesel production potential from edible oilseeds in Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15:3041–4. 2011.