

نقش سکتورهای خصوصی در پیشرفت انرژی‌های تجدید پذیر

عوض برومند

پوهندوی، فزیک، تعلیم و تربیه، پوهنتون غور، فیروز کوه افغانستان (نویسنده مسئول). ایمیل:

Bromandawaz@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۱/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۰ - تاریخ نشر: ۱۴۰۴/۱۲/۲۸

چکیده

این مقاله به بررسی نقش سرمایه‌گذاری خصوصی در توسعه انرژی تجدیدپذیر، با تمرکز بر کشورهای در حال توسعه به ویژه منطقه آسیا می‌پردازد. با توجه به گرمایش جهانی و افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، حرکت به سمت انرژی‌های پاک به یک ضرورت تبدیل شده است. با این حال، پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر به دلیل هزینه‌های اولیه بالا، ریسک‌های مالی و مؤثریت پایین در مقایسه با پروژه‌های سوخت فسیلی، با چالش‌های مالی مواجه هستند.

مقاله تأکید می‌کند که سکتور خصوصی از طریق مشارکت در مدل‌های عمومی-خصوصی (PPP) می‌تواند به جبران کمبود سرمایه و تسریع توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کند. همچنین، انواع منابع مالی خصوصی شامل سرمایه‌گذاری خطرپذیر، سهام خصوصی، تأمین مالی دارایی‌ها و بازارهای سهام عمومی مورد تحلیل قرار گرفتند و نتایج نشان می‌دهد که سیاست‌های حمایتی دولت‌ها، کاهش ریسک سرمایه‌گذاری و بهبود چارچوب‌های قانونی و نظارتی، از عوامل کلیدی در جذب سرمایه‌گذاری خصوصی هستند. علاوه بر این، منطقه آسیا به‌ویژه کشورهایی مانند چین و هند، پیشرو در سرمایه‌گذاری و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر شناخته شده‌اند. در نهایت، مقاله پیشنهاد می‌کند که برای دستیابی به اهداف توسعه پایدار و گذار به سمت اقتصادی کم‌کربن، همکاری نزدیک بین دولت‌ها و سکتور خصوصی و اجرای سیاست‌های کارآمد برای تشویق سرمایه‌گذاری خصوصی ضروری است.

کلمات کلیدی: انرژی‌های تجدیدپذیر، سکتور خصوصی، سیاست‌های انرژی

استناد: برومند، عوض و فروزان، فضل احمد. (۱۴۰۴). نقش سکتورهای خصوصی در پیشرفت انرژی‌های تجدید پذیر. مجله علمی-تحقیقی پوهنتون غور، ۲(۲)، ۱۸۳-۲۰۲.

Public-Private Partnership ^۱

The Role of Private sectors in the Development of Renewable Energies

Awaz Bromand

Assistant Professor, Physics, Education, Ghor University, FirozKoh, Afghanistan
(Corresponding author). Email: Bromandawaz@gmail.com

Received: 27/1/2026 | Accepted: 9/2/2026 | Published: 19/3/2026

Abstract

This paper examines the role of private investment in renewable energy development, focusing on developing countries, especially in Asia. With global warming and increasing greenhouse gas emissions, the move towards clean energy has become a necessity. However, renewable energy projects face financing challenges due to high initial costs, financial risks, and low efficiency compared to fossil fuel projects.

The paper emphasizes that the private sector can help fill the capital gap and accelerate the development of renewable energy through participation in public-private partnership (PPP) models. Also, types of private finance sources, including venture capital, private equity, asset financing, and public equity markets, are analyzed.

The results show that supportive government policies, reducing investment risk, and improving legal and regulatory frameworks are key factors in attracting private investment. In addition, the Asian region, especially countries such as China and India, are recognized as leaders in renewable energy investment and development. Finally, the article suggests that to achieve sustainable development goals and the transition to a low-carbon economy, close cooperation between governments and the private sector and the implementation of effective policies to encourage private investment are essential.

Keywords: Renewable energies, private sector, private investment, public-private partnership, energy policies.

Cite this article: Bromand, A. (2026). The role of private sectors in the development of renewable energies. *Scientific Research Journal of Ghor University*, 2(2), 183-202.

مقدمه

الحمدلله رب العالمین و صلی الله علی سیدنا محمد وآله و اصحابه اجمعین. اما بعد؛

امروزه، گرمایش جهانی یکی از جدی‌ترین تهدیدات برای سیاره ما است. طبق برآوردهای سازمان ملل متحد (UN)، سطح CO_2 (کاربن دای اکساید) و سایر گازهای گلخانه‌ای (GHG^{11}) در جو در سال ۲۰۱۹ به رکورد جدیدی رسید؛ بنابراین، اقدامات کاهشی به شدت موردنیاز است، در غیر این صورت ممکن است متوسط درجه حرارت سطح جهان در طول این قرن بیش از ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. علاوه بر این، عواقب گرمایش جهانی می‌تواند به ویژه در کشورهای در حال توسعه مضر باشد. تول (۲۰۱۸) سه دلیل اصلی آسیب‌پذیرتر بودن این کشورها در برابر افزایش درجه حرارت را توضیح می‌دهد: (الف) کشورهای در حال توسعه به دلیل اهمیت زراعت و منابع آب در اقتصاد خود، بیشتر در معرض رویدادهای آب‌وهوایی قرار دارند. (ب) این کشورها معمولاً در مکان‌های گرم‌تر واقع شده‌اند، به این معنی که اکوسیستم‌های آن‌ها به محدودیت‌های بیوفیزیکی بالایی خود نزدیک‌تر هستند. علاوه بر این، هیچ نمونه‌ای از رفتار و تکنالوژی‌های انسانی که افزایش درجه حرارت را در این مناطق مدیریت کنند، وجود ندارد (Tol, 2018) «اگر گرم‌ترین نقاط کره زمین حتی گرم‌تر شوند، تکنالوژی‌های جدید باید توسعه یابند و رفتارها باید با آزمون و خطا تنظیم شوند»؛ و (ج) این کشورها به دلیل فقدان تکنالوژی، ظرفیت محدودی برای سازگاری نشان داده‌اند.

یکی از منابع اصلی انتشار CO_2 و سایر گازهای گلخانه‌ای، صنعت انرژی است. به طور خاص، طبق آخرین گزارش آژانس بین‌المللی انرژی (IEA, 2019)، این صنعت مسئول حدود ۶۶٪ از کل انتشار گازهای گلخانه‌ای و بیش از ۸۰٪ از انتشار CO_2 است. در صنعت انرژی، تولید برق از سوخت‌های فسیلی حدود ۶۵٪ از انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سال ۲۰۱۷ تشکیل می‌داد. بنابراین، تقویت انرژی‌های تجدیدپذیر، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، به عنوان ابزاری کلیدی برای جلوگیری از افزایش درجه حرارت و ترویج گذار به سمت یک مدل اقتصادی کم کاربن مطرح می‌شود. به این ترتیب، هدف توسعه پایدار که توسط سازمان ملل متحد تعیین شده است، باهدف «تضمین دسترسی به انرژی مقرون به صرفه، قابل

Greenhouse Gases ¹¹

اعتماد، پایدار و مدرن» است. به طور خاص، اهداف زیر را بیان می‌کند: «تا سال ۲۰۳۰، گسترش زیرساخت‌ها و ارتقاء تکنالوژی برای تأمین خدمات انرژی مدرن و پایدار برای همه در کشورهای در حال توسعه، به ویژه کشورهای کمتر توسعه یافته، کشورهای در حال توسعه جزیره‌ای کوچک و کشورهای در حال توسعه محصور در خشکی، مطابق با برنامه‌های حمایتی مربوطه آن‌ها».

سواکول (۲۰۱۳) توضیح می‌دهد «که بدهی عمومی بیش از حد و محدودیت‌های بودجه‌ای ناشی از آن که بسیاری از کشورها پس از بحران اقتصادی اواخر دهه ۱۹۷۰ و اوایل دهه ۱۹۸۰ با آن مواجه بودند، باعث شد که این کشورها مدل سنتی خرید عمومی برای خدمات برق را کنار بگذارند و فرمول‌های جدید مالکیت و خرید را اتخاذ کنند» به طور خاص، این فرمول‌های جدید با هدف جذب پول خصوصی برای تأمین مالی گسترش خدمات برق تدوین شده بودند. در واقع، سان، چن، سان و تقی‌زاده حصاری (۲۰۲۰) توضیح می‌دهند که مانع اصلی توسعه پروژه‌های سبز، دشواری دسترسی به منابع مالی است، زیرا این پروژه‌ها سرمایه‌بر هستند و در مقایسه با پروژه‌های سوخت فسیلی از خطرات متعدد و نرخ بازده پایینی رنج می‌برند. به این ترتیب، جذب سرمایه‌گذاری خصوصی می‌تواند عامل مهمی برای ترویج انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه از طریق پروژه‌های مشارکت عمومی-خصوصی باشد. بنابراین، در این تحقیق، ما برای اولین بار، تا آنجا که می‌دانیم، عواملی را که میزان مشارکت خصوصی در مشارکت‌های عمومی-خصوصی انرژی تجدیدپذیر را در انواع مختلف انرژی‌های تجدیدپذیر (زمین‌گرمایی پیشرفته، هیدروترمال، تبدیل زباله به انرژی، باد، فتوولتائیک خورشیدی، انرژی خورشیدی متمرکز و زیست‌توده) تعیین می‌کنند.

۲- بیان مسئله

جهان امروز با یکی از جدی‌ترین چالش‌های عصر حاضر، یعنی گرمایش جهانی و تغییرات آب هوایی روبرو است. بر اساس گزارش‌های سازمان ملل متحد، غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو به بالاترین سطح در تاریخ بشریت رسیده است. در صورت عدم اقدام فوری، متوسط درجه حرارت کره زمین ممکن است تا پایان این قرن بیش از ۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یابد. بنا براین، «سکتور خصوصی چگونه می‌تواند نقش مؤثری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای

در حال توسعه ایفا کند و چه عوامل و سیاست‌هایی می‌تواند مشارکت آن را تسهیل نماید؟

۳- سوالات تحقیق

۳-۱ سوال اصلی

سکتور خصوصی چگونه و تحت چه شرایطی می‌تواند سهم مؤثری در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر در کشورهای در حال توسعه داشته باشد؟

۳-۲ سوالات فرعی

۳-۲-۱ چه عوامل اقتصادی-مالی بر تصمیم‌گیری سرمایه‌گذاران خصوصی در پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر تأثیرگذار است؟

۳-۲-۲ کدام منابع تامین مالی خصوصی (سرمایه خطرپذیر، سهام خصوصی، تامین مالی و دارایی) بیشترین پتانسیل را برای توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر دارند؟

۳-۳-۳ مدل‌های مشارکتی عمومی-خصوصی (PPP) یک قرارداد بلند مدت بین یک نهاد دولتی (مانند وزارتخانه یا شهرداری) و یک شرکت خصوصی برای ارائه خدمت عمومی یا احداث یک دارایی عمومی است که چگونه می‌توانند در توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به کار گرفته شوند؟

۴- ضرورت و اهمیت

پرکردن خلأ دانشی، ارائه دیدگاه منطقه‌ای، پاسخ به بحران انرژی، کمک به تحقق اهداف توسعه پایدار، جبران کسری مالی، ایجاد اشتغال، کاهش وابستگی انرژی، جذب سرمایه خارجی، کاهش آلودگی، حفاظت از منابع طبیعی، افغانستان دارای پتانسیل بالای انرژی خورشیدی و بادی است که می‌تواند نیازهای انرژی داخلی را تأمین کند.

در طول دهه گذشته، بخش انرژی باد، دریافت‌کننده اصلی سرمایه‌گذاری در انرژی پاک بوده است که نشان دهنده وضعیت بالغ آن به عنوان یک منبع تولید در مقیاس بزرگ است.

۵- روش‌شناسی

در این مقاله از روش توصیفی-تحلیلی با رویکرد مطالعه اسنادی-کتابخانه‌ای، کاربردی-توسعه-ای، مقالات و مجلات معتبر بین‌المللی پایگاه‌های علمی (Springer, ScinceDirict, Elsevier) و همچنین روش‌های گردآوری داده‌ها با استفاده نظام‌مند استفاده از کلیدواژه‌های

تخصصی به زبان انگلیسی-دري صورت گرفته است.

۶- پیشینه تحقیق

در غیاب مداخلات سیاستی، بازارهای آزاد در خدمات انرژی، مزایا و هزینه‌های اجتماعی و محیط‌زیستی مرتبط با تولید برق را در نظر نمی‌گیرند. این امر منجر به ناکارآمدی مداوم بازار در رابطه با حفاظت و عملکرد محیط زیستی می‌شود. به طور خاص، تأثیرات محیط زیستی سوخت‌های فسیلی اغلب منجر به هزینه‌های واقعی برای جامعه، از نظر سلامت انسان، تخریب زیرساخت‌ها، تخریب تنوع زندگی و هزینه‌های مرتبط با تغییرات اقلیمی می‌شود.

در سطح جهانی،^{۱۲} IPCC (۲۰۱۱) دریافته است که هزینه مشخص‌شده انرژی برای اکثر تکنالوژی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر در طول ۳۰ سال گذشته کاهش یافته است و پیشرفت‌های فنی مورد انتظار بیشتر منجر به کاهش بیشتر هزینه‌ها خواهد شد. نمونه‌هایی از حوزه‌های مهم پیشرفت بالقوه تکنالوژی عبارتند از: سیستم‌های تولید و عرضه انرژی جدید و بهبود یافته، سوخت‌های زندگی تولیدشده از طریق پروسه‌های جدید (که به آن‌ها سوخت‌های زیستی نسل بعدی یا پیشرفته نیز گفته می‌شود) و پالایش زیستی پیشرفته؛ تکنالوژی‌ها و پروسه‌های تولید پیشرفته PV^{۱۳} و CSP^{۱۴}؛ سیستم‌های زمین‌گرمایی پیشرفته (EGS^{۱۵})، چندین تکنالوژی نوظهور اقیانوسی و طرح‌های پایه و توربین برای انرژی بادی فراساحلی استفاده می‌گردد (IPCC, 2011).

جدیدترین داده‌ها نشان می‌دهد که سرمایه‌گذاری جهانی در انرژی‌های تجدیدپذیر به میزان قابل توجهی از سرمایه‌گذاری در انرژی‌های فسیلی فراتر رفته است (IEA I. C., 2021)، و این مربوط به کاهش هزینه تکنالوژی‌های انرژی‌های تجدیدپذیر می‌شود. اگرچه سهم سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر در تمام تکنالوژی‌هایی گذار به انرژی‌های کم‌کاربن از سال ۲۰۱۵ کاهش یافته است (عمدتاً به دلیل اثرات رشد تکنالوژی و حمایت سیاستی از حمل‌ونقل برقی)، اما همچنان در کل دسته غالب است (۶۳٪ در سال ۲۰۲۰).

¹² Intergovernmental Panel on Climate Change

¹³ Photovoltaic

¹⁴ Concentrated Solar Power

¹⁵ Enhanced Geothermal Systems

تکنالوژی‌های گذار به انرژی کم‌کاربن شامل انرژی تجدیدپذیر، حمل‌ونقل برقی، گرمایش برقی، ذخیره‌سازی انرژی، هایدروجن و جذب و ذخیره‌سازی کاربن گردیده بود. علاوه بر این، آسیا و اقیانوسیه منطقه اصلی سرمایه‌گذاری در تکنالوژی‌های گذار به انرژی کم‌کاربن است و نیمی از کل سرمایه‌گذاری در گذار به انرژی کم‌کاربن و انرژی تجدیدپذیر را به خود اختصاص داده است.

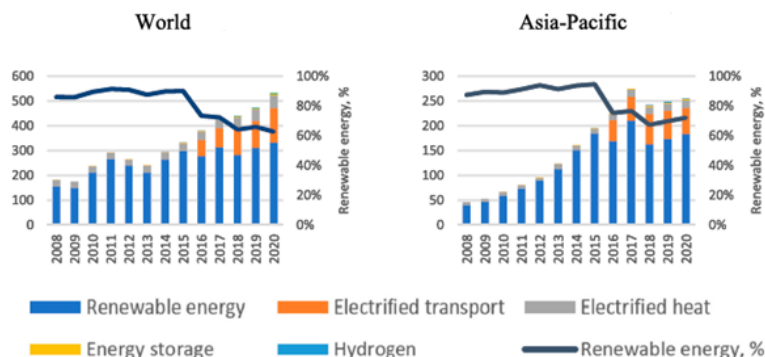
علاوه بر این، هم در سطح جهانی و هم در منطقه آسیا و اقیانوسیه، تکنالوژی‌های خورشیدی و بادی، بخش عمده‌ای از کل سرمایه‌گذاری در گذار انرژی را به خود اختصاص می‌دهند که به ترتیب حدود ۵۰٪ و ۴۵٪ در سال ۲۰۲۰ قرار شکل ۲، ۹۶٪ و ۹۵٪ در انرژی‌های تجدیدپذیر هستند. باوجود روندهای اخیر، سرمایه‌گذاری در انرژی پاک هنوز از سطح موردنیاز برای یک مسیر پایدار کمتر است (IEA I. C., 2021).

۷- سرمایه‌گذاری جهانی برای انرژی تجدیدپذیر

پیش‌بینی می‌شود که دو سوم رشد تقاضای جهانی انرژی تا سال ۲۰۴۰ به کشورهای در حال توسعه آسیا نسبت داده شده (Geddes, 2018)، این امر بر اهمیت پیشرفت منطقه آسیا در تغییر به سمت یک اقتصاد سبزتر بدون کاربن با اتکای کمتر به سوخت‌های فسیلی برای انرژی تأکید می‌کند. کشورهای در حال توسعه از جمله زیرمجموعه‌ای از اقتصادهای آسیایی، بینش تجربی در مورد عواملی که می‌توانند به رشد سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر کمک کنند، ارائه می‌دهد.

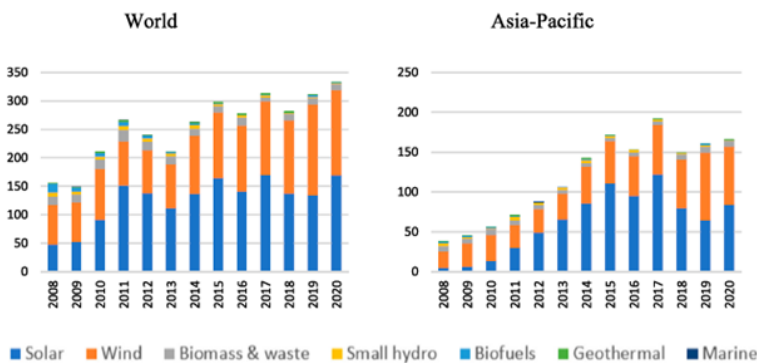
در آسیا، هند و جمهوری خلق چین (PRC^{۱۶}) از نظر گذار به انرژی‌های تجدیدپذیر پیشرو هستند (Mamat, 2019). شرایط آب‌وهوایی در آسیا، به‌ویژه در جنوب شرقی آسیا، برای انرژی‌های تجدیدپذیر، مخصوصاً در رابطه با انرژی باد و خورشید، مساعد است (Khuong, 2019) کشورهای جنوب شرقی آسیا نیز پتانسیل عظیمی برای پذیرش انرژی‌های تجدیدپذیر دارند. پیشرفت در جهت دستیابی به این هدف طوری که در شکل ۱ نشان داده شده است، نیازمند تلاش‌های اساسی در جهت تحول ساختاری به سمت انرژی پاک‌تر و تلاش‌های سیاسی باهدف تشویق سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر است.

^{۱۶} People's Republic of China



شکل ۱: سرمایه‌گذاری در تکنالوژی‌های گذار انرژی. توجه: CCS^{۱۷} - جذب و ذخیره‌سازی کربن. سرمایه‌گذاری در CCS از سال ۲۰۱۸ و حمل‌ونقل برقی از سال ۲۰۱۶ در دسترس است. انرژی‌های تجدیدپذیر شامل باد، خورشید، سوخت‌های زیستی، زیست‌توده و زباله، انرژی دریایی، زمین‌گرمایی و برق‌آبی کوچک می‌شود. (BloombergNEF، ۲۰۲۰).

درک اینکه کدام منابع سرمایه‌گذاری خصوصی و کدام سیاست‌ها در بسیج سرمایه‌گذاری‌های خصوصی مؤثر هستند، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. اکثریت بررسی در مورد اثربخشی سیاست‌های استقرار انرژی‌های تجدیدپذیر در بسیج تأمین مالی خصوصی، فاقد اجماع نظر است و سیاست‌های مؤثر، سیاست‌هایی هستند که به طور هم‌زمان به ریسک و موثریت می‌پردازند.



شکل ۲: سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر. یادداشت‌ها: انرژی‌های تجدیدپذیر شامل انرژی باد، انرژی خورشیدی، سوخت‌های زیستی، زیست‌توده و زباله، انرژی دریایی، زمین‌گرمایی و انرژی برق‌آبی کوچک می‌شود. منبع: داده‌های شخصی نویسندگان از (BloombergNEF، ۲۰۲۰)

Carbon Capture and Stronge^{۱۷}

اینجا بررسی می‌شود که چگونه سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر در منابع مختلف تحت تأثیر سیاست‌های انرژی قرار می‌گیرد، با تمرکز ویژه بر اقتصادهای آسیایی. آژانس بین‌المللی انرژی (IEA, 2019) حوزه‌های کلیدی را که اقتصادهای جنوب شرقی آسیا برای جذب سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر باید بر آن‌ها تمرکز کنند، برجسته کرده است. IEA^{۱۸} بر لزوم بهبود پایداری تأمین مالی از طریق کاهش ریسک مالی و افزایش تنوع در منابع تأمین مالی تأکید می‌کند. کاهش موانع ورود، مانند موانع مربوط به سازوکارهای تدارکات و قراردادهای، نیز عامل مهمی است که توسط IEA برجسته شده است. خاصاً برای آسیا، با افزایش تقاضای انرژی با افزایش جمعیت، همراه با سوخت‌های فسیلی داخلی ناکافی برای تأمین تقاضای رو به رشد انرژی، توسعه بخش انرژی تجدیدپذیر برای منطقه از اهمیت حیاتی برخوردار است.

این مقاله روشن می‌کند که کدام عوامل در هدایت سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر در مراحل و منابع مختلف تأمین مالی مهم هستند. ما فرض می‌کنیم که سرمایه‌گذاری‌های خصوصی از منابع مختلف به طور یکسان تحت تأثیر سیاست‌های انرژی قرار نمی‌گیرند. تأثیر سیاست‌های انرژی بر سرمایه‌گذاری‌های خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر می‌تواند در منابع تأمین مالی متفاوت باشد. نتایج این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران کمک کند تا سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر را از منابع کم استفاده مانند تحقیق و توسعه شرکتی، سهام خصوصی و سرمایه‌گذاری خطرپذیر ارتقا دهند. این مقاله از یک مجموعه داده‌ها و از منابع مختلف گردآوری شده است، برای ارزیابی محرک‌های انواع مختلف سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر، یعنی تأمین مالی دارایی‌ها، تحقیق و توسعه شرکتی، بازارهای سهام عمومی، سرمایه خطرپذیر و سهام خصوصی استفاده می‌کند.

بررسی مربوط به سیاست انرژی‌های تجدیدپذیر و به طور گسترده‌تر، عوامل تعیین‌کننده سرمایه‌گذاری خصوصی کمک می‌کند. علیرغم کاهش هزینه تکنولوژی‌های انرژی تجدیدپذیر در سال‌های اخیر به دلیل نوآوری، به‌ویژه در انرژی بادی و خورشیدی (Huenteler, 2015)؛ (Schmidt, 2017)؛ (Trancik, 2015) تعدادی از موانع سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر همچنان پابرجا هستند، مانند کمک برای برق تولیدشده از سوخت‌های فسیلی، هزینه‌های اولیه بالای سرمایه، فقدان مهارت یا اطلاعات، موانع اجتماعی-فرهنگی، اثرات جانبی

^{۱۸} International Energy Agency

منفی غیرقابل قیمت‌گذاری و عدم قطعی قیمت‌ها و سیاست‌های انرژی در آینده (Azhgaliyeva, 2018)؛ (Diaz-Rainey, 2021). همچنین اثرات جانبی مثبتی از انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد (Mouraviev, 2021). بسیاری از کشورها سیاست‌هایی را باهدف ترویج سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر اجرا کرده‌اند و سنجش اثربخشی آن‌ها مهم است.

مروور، بر سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر را در منابع مختلف بررسی می‌کند: دولت، سازمان‌های وابسته به دولت، مانند بانک‌های سرمایه‌گذاری دولتی (Geddes, 2018)، بانک‌های توسعه چندجانبه (Steffen, 2019)، و سازمان‌های خصوصی-دولتی، نه تنها قصد دارند پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را تأمین مالی کنند، بلکه می‌خواهند سرمایه‌گذاران خصوصی را نیز جذب کنند. اگرچه^{۱۹} MDBها بخش عمده‌ای از رشد تولید برق در اقتصادهای در حال توسعه را تأمین مالی کرده‌اند (Steffen, 2019) اینجا در مورد نقش سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی تجدیدپذیر تمرکز می‌کنیم. علاوه بر این، با بررسی مربوط به تأمین مالی انرژی‌های تجدیدپذیر، دریافتند که سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر موضوعی نوظهور است و هنوز نیاز به درک چگونگی کمک سیاست‌های عمومی به هدایت سرمایه‌گذاری خصوصی به سمت انرژی‌های تجدیدپذیر وجود دارد.

عوامل تعیین‌کننده نیازهای سرمایه‌گذاری شامل کمبود در ارائه خدمات انرژی و افزایش تقاضای مصرف‌کننده ناشی از افزایش درآمد سرانه و رشد جمعیت است (Avila, Carvallo, Shaw, & Kammen, 2017). علل مهم شکاف سرمایه‌گذاری کشورها، محرک‌های سرمایه‌گذاری واقعی هستند (EIB., 2018) عواملی مانند دسترسی به منابع مالی، سیاست‌های کلان اقتصادی، ظرفیت فنی و اهداف سیاستی را به عنوان عوامل تعیین‌کننده هزینه‌های داخلی در پروژه‌های زیرساختی در نظر می‌گیرد.

علاوه بر این (IFLR, 2017) دریافته است که مسائل مربوط به پیچیدگی‌های قانونگذاری و نظارتی، بر جریان سرمایه‌گذاری واقعی از بخش خصوصی تأثیر می‌گذارد. این عوامل تعیین‌کننده. مطابق شکل ۳ میزان دسترسی در انرژی‌های تجدیدپذیر است. افغانستان در کم-ترین رده از انرژی تجدیدپذیر قرار گرفته است.

^{۱۹} Multilateral Development Bank



شکل ۳: متوسط مشارکت خصوصی در سرمایه‌گذاری انرژی در مقیاس لگاریتمی بین سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۸: (Bank., 2020).

۸- تامین مالی انرژی‌های تجدیدپذیر

در صورتی که بازارهای سرمایه بین ریسک‌های مرتبط با سرمایه‌گذاری در نیروگاه‌های تولیدکننده سوخت فسیلی و نیروگاه‌های تولیدکننده انرژی تجدیدپذیر تمایز قائل نشوند، توجیه کمی برای استفاده از سیاست‌های سرمایه‌گذاری هدفمند وجود خواهد داشت. به همین دلیل، درک چگونگی ارزیابی و قیمت‌گذاری ریسک‌های سرمایه‌گذاری در این بخش مهم است، موضوعی که در این بخش به آن پرداخته شده است. با این حال، قبل از ادامه بحث در مورد ریسک‌های سرمایه‌گذاری، انواع و منابع مالی رایج در این بخش، همراه با روند جریان‌های مالی و عملکرد، خلاصه خواهد شد.

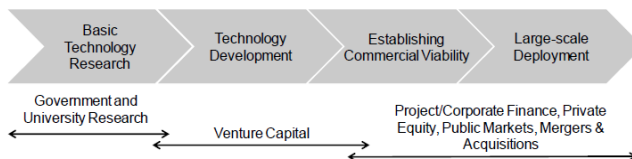
۸-۱ انواع و منابع تأمین مالی

در این بخش، دانش رایج از بررسی مالی در مورد چگونگی تأمین مالی پروژه‌های انرژی، از جمله پروژه‌هایی که شامل بهره‌برداری از منابع انرژی تجدیدپذیر هستند، ارائه می‌دهد. به طور کلی، سه نوع تأمین مالی وجود دارد که می‌توان از آن‌ها برای توسعه پروژه‌ها استفاده کرد: کمک‌های مالی سرمایه‌گذاری (کمک‌هزینه)، وام (بدهی) و حقوق صاحبان سهام. تأمین مالی Mezzanine ترکیبی از بدهی و حقوق صاحبان سهام است.

سهام بدهی، حقوق صاحبان سهام و کمک‌هزینه‌های که هزینه‌های پروژه را پوشش می‌دهند، به شدت به منبع انرژی تجدیدپذیر بستگی دارد. به عنوان مثال، نیروگاه‌های

خورشیدی مقدار زیادی کمک‌هزینه سرمایه‌گذاری را به صورت پرداخت‌های اولیه و مشوق‌های مالیاتی و بدهی بسیار کمتری دریافت می‌کنند. در برخی شرایط، به‌ویژه برای ساختارهای تأمین مالی پروژه متعارف، بالاترین سطوح بدهی که می‌تواند توسط ساختار سرمایه پشتیبانی شود، برای مزایای سپر مالیاتی مرتبط استفاده خواهد شد. در بخش بعدی، منابع مالی مختلفی را که می‌توانند برای تأمین مالی یک پروژه سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر استفاده شوند، مانند تأمین مالی پروژه و شرکت، سهام خصوصی و سرمایه‌گذاری خطرپذیر، بازارهای عمومی و بخش دولتی، نشان داده شده است.

دسترسی به تأمین مالی، فرق کلیدی بین پروژه‌های سوخت‌های فسیلی سنتی و انرژی‌های تجدیدپذیر است. شکل ۴ جریان فعالیت‌ها و منابع تأمین مالی را در طول چرخه عمر توسعه بخش انرژی‌های تجدیدپذیر نشان می‌دهد.



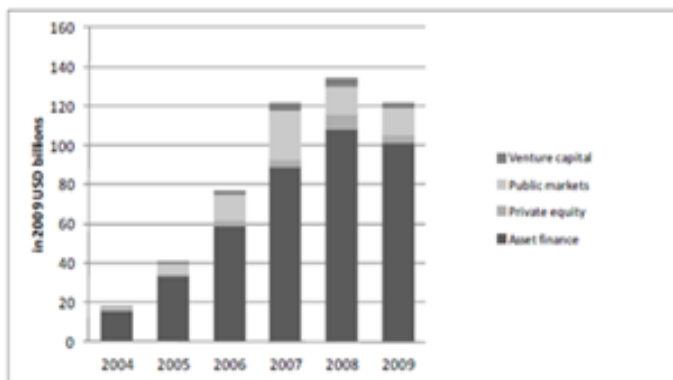
شکل ۴: مراحل توسعه فناوری و منابع مالی در بخش‌های انرژی تجدیدپذیر.

مرحله اول - «تحقیقات تکنالوژی پایه» - چالش خاصی را برای تکنالوژی‌های نوظهور ایجاد می‌کند. حمایت عمومی از طریق بودجه ملی یا آزمایشگاهی و کمک‌های مالی اضافی اغلب در این مرحله در دسترس و منابع مالی اثبات‌شده‌ای هستند. از سال ۲۰۰۰، سرمایه‌گذاری عمومی جهانی در تحقیق و توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر به طور پیوسته افزایش یافته و تا سال ۲۰۰۸ نزدیک به ۲ میلیارد دلار رسیده است (IEA I. C., 2021). «توسعه تکنالوژی» به مرحله نمایش و پیش از تجاری‌سازی چرخه عمر تکنالوژی اشاره دارد و عموماً توسط سرمایه‌گذاری‌های سرمایه‌گذاری خطرپذیر (VC^{۲۰}) تأمین مالی می‌شود. VC‌ها اغلب در اوایل مرحله چرخه عمر شرکت، جایی که نیازهای سرمایه‌ای کمتر است، تمرکز می‌کنند. پس از تثبیت قابلیت تجاری، آن‌ها اغلب به دنبال بازیابی سرمایه‌گذاری خود یا از طریق فروش به شرکت‌های مستقر در آن بخش یا از طریق بازارهای سهام عمومی هستند (Ghosh,)

^{۲۰} Venture Capital

2010). تأمین مالی ساخت تأسیسات تولید انرژی تجدیدپذیر شامل ترکیبی از سرمایه‌گذاری سهام از سوی مالکان پروژه و قرضه از بانک‌ها («بدهی خصوصی») یا بازارهای سرمایه («بدهی عمومی» که از طریق عرضه اوراق قرضه تأمین می‌شود) است. هر دو نوع تأمین مالی در اصطلاح «تأمین مالی دارایی» ترکیب می‌شوند که نشان‌دهنده تمام اشکال تأمین مالی تضمین‌شده برای پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر (چه از طریق وجوه داخلی، تأمین مالی بدهی یا تأمین مالی سهام) است (O. Edenhofer, 2011). تأمین مالی مجدد و فروش شرکت‌ها آخرین مرحله از «سرمایه‌گذاری ثابت» است. معاملات ادغام و تملک (M&A^{۲۱}) در بخش انرژی تجدیدپذیر معمولاً شامل فروش دارایی‌های مولد یا خطوط لوله پروژه یا فروش شرکت‌هایی است که تکنولوژی‌ها و خدمات را توسعه یا تولید می‌کنند.

شکل ۵. مروری بر جریان سرمایه‌گذاری به بازارهای انرژی تجدیدپذیر در دوره ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۹ ارائه می‌دهد. بازارهای انرژی تجدیدپذیر تا زمان وقوع بحران مالی جهانی در سال ۲۰۰۸ به طور چشمگیری در حال رشد بوده‌اند.



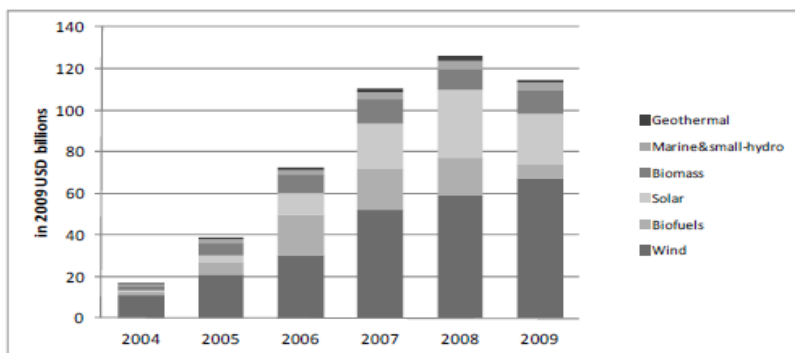
شکل ۵: سرمایه‌گذاری جهانی در انرژی پایدار بر اساس نوع سرمایه‌گذاری بخش خصوصی (BNEF, 2010).

با این حال، علیرغم رکود اقتصادی جهان، کل سرمایه‌گذاری‌ها در انرژی پاک در سال ۲۰۰۹ تنها ۶٫۶ درصد نسبت به سال قبل کاهش یافت و به ۱۶۲ میلیارد دلار آمریکایی در سطح جهان رسید (Trusts, 2010). علاوه بر این، روند ایجادشده در سال ۲۰۰۸، زمانی که

^{۲۱} Mergers and Acquisitions

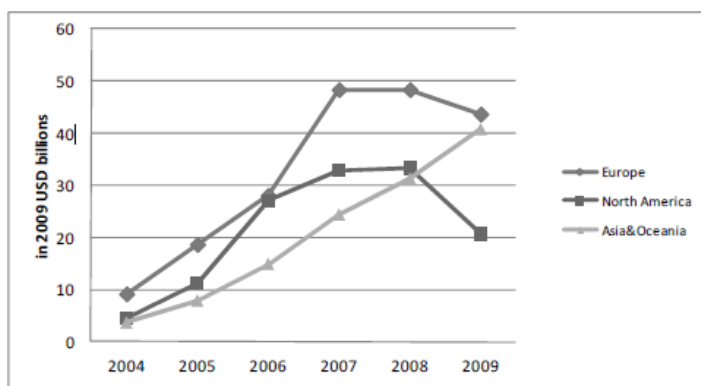
سرمایه‌گذاری در بخش انرژی پاک برای اولین بار از سرمایه‌گذاری در تکنالوژی‌های سوخت فسیلی پیشی گرفت، تا سال ۲۰۰۹ ادامه یافت. در مقایسه، طبق چشم‌انداز انرژی جهانی (IEA, 2009a)، صنعت نفت و گاز جهانی در سال ۲۰۰۹ با کاهش ۱۹ درصدی سرمایه‌گذاری مواجه شد.

تأمین مالی از طریق دارایی‌ها، بالاترین سهم (بیش از ۷۰٪) از تأمین مالی بخش خصوصی برای صنعت انرژی پاک (شامل تولید برق از طریق منابع تجدید پذیر، بهره‌وری انرژی و سوخت‌های زیستی) را تشکیل می‌دهد. سرمایه‌گذاری خطرپذیر و تأمین مالی از طریق سهام خصوصی کمترین سهم (۷٪ در دوره ۲۰۰۴-۲۰۰۹) را در سرمایه‌گذاری در انرژی‌های تجدیدپذیر داشته‌اند و پس‌از آن بازارهای سهام عمومی (۱۴٪) قرار دارند. در طول دهه گذشته، بخش انرژی باد، دریافت‌کننده اصلی سرمایه‌گذاری در انرژی پاک بوده است که نشان دهنده وضعیت بالغ آن به عنوان یک منبع تولید در مقیاس بزرگ است. در سال ۲۰۰۹، انرژی باد ۵۶٪ از سرمایه‌گذاری جهانی در انرژی پاک را به خود اختصاص داد. سرمایه‌گذاری در انرژی خورشیدی پس از انرژی باد، در جایگاه پیشرو قرار دارد و همانطور که توسط پیو (۲۰۱۰) اشاره شده است، در نتیجه کاهش قیمت انرژی خورشیدی و پوتانسیل تکنالوژی‌های جدید لایه نازک، آماده گسترش است. به نظر می‌رسد سرمایه‌گذاری جدید در زیست‌توده، زمین‌گرایی و نیروگاه‌های آبی کوچک، نقش حاشیه‌ای در کل بازار ایفا می‌کنند (شکل ۶ را ببینید).



شکل ۶: سرمایه‌گذاری جدید بخش مالی (شامل سرمایه‌گذاری خطرپذیر، سرمایه‌گذاری خصوصی، تأمین مالی دارایی‌ها و بازارهای عمومی) بر اساس نوع انرژی تجدیدپذیر (BNEF, 2010).

تا همین اواخر، کشورهای اروپایی بر مهم‌ترین بازارهای سرمایه‌گذاری جدید تسلط داشتند. این سرمایه‌گذاری با سیاست‌های دولتی حمایت‌کننده از پروژه‌های جدید انرژی پاک پشتیبانی شده است. از سال ۲۰۰۹، نقش فزاینده آسیا و به‌ویژه چین، چشم‌انداز این بخش را تغییر می‌دهد. چین در سال ۲۰۰۹ مقام اول را در تأمین مالی کل انرژی پاک به دست آورد و از ایالات متحده که سرمایه‌گذاری انرژی پاک آن در آن سال ۴۰ درصد کاهش یافت، پیشی گرفت. سرمایه‌گذاری‌های چین پاسخی به اهداف بلند پروازانه انرژی تجدیدپذیر است.



شکل ۷: سرمایه‌گذاری مالی (شامل سرمایه‌گذاری خطرپذیر، سرمایه‌گذاری خصوصی، تأمین مالی دارایی‌ها و بازارهای عمومی) بر اساس منطقه (BNEF, 2010).

ابتدا تأمین مالی توسعه انرژی‌های تجدیدپذیر از طریق سرمایه‌گذاری خطرپذیر (VC) را در نظر گرفته شود که منبع اصلی تأمین مالی برای شرکت‌ها در مرحله «توسعه تکنالوژی» است. سرمایه‌گذاری خطرپذیر در انرژی پاک در طول دهه گذشته تا شروع بحران در سال ۲۰۰۸ به طور پیوسته افزایش یافته است. در حالی که کل میزان سرمایه‌گذاری خطرپذیر از اوایل سال ۲۰۰۹ به شدت افزایش یافته است. تعداد سرمایه‌گذارانی که در این رشد نقش دارند نسبتاً ثابت مانده است (Cleantech, 2010). این رقم علاوه بر این نشان می‌دهد که سهم سرمایه‌گذاری در تولید انرژی‌های تجدیدپذیر در مقایسه با سطوح قبل از بحران در حال کاهش است. این واقعیت را برجسته می‌کند که VC ها تمرکز خود را از تولیدکنندگان انرژی در مقیاس کامل دور کرده‌اند.

۹- نتیجه گیری

گذار جهانی به سمت سیستم‌های انرژی پایدار و کم کاربن، یکی از ضروری‌ترین و در عین حال پیچیده‌ترین تحولات عصر حاضر است. این تحقیق به وضوح نشان می‌دهد که سکتور خصوصی نه تنها یک بازیگر مهم، بلکه یک محرک حیاتی در اثربخشی به این گذار، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه است. یافته‌ها حاکی از آن است که در حالی که سرمایه‌گذاری خصوصی در انرژی‌های تجدیدپذیر به‌طور پیوسته در حال پیشی گرفتن از سرمایه‌گذاری در سوخت‌های فسیلی است.

عوامل موفقیت در جذب سرمایه خصوصی فراتر از صرف مقررات زدایی یا ارائه مشوق‌های مالی است. آنچه که واقعا تعیین‌کننده است، ایجاد یک اکوسیستم مساعد سرمایه‌گذاری است که در آن ثبات سیاست‌های کلان، چارچوب‌های قانونی شفاف، مکانیزم‌های مدیریت ریسک کارآمد و دسترسی به بازارهای مالی نوآورانه، همگی باهم هماهنگ عمل می‌کنند. تجربه کشورهای پیشرو مانند چین و هند ثابت می‌کند که زمانی که دولت‌ها با دیدگاه روشن وارد عمل شوند و فضایی قابل پیش‌بینی ایجاد کنند، سرمایه خصوصی با قدرت عرصه می‌آید.

با این حال، پایان مسیر بدون چالش نیست. موانع ساختاری از جمله کمک‌هزینه‌های گسترده سوخت‌های فسیلی، هزینه‌های سرمایه‌ای اولیه بالا، شکاف‌های تکنالوژیکی و نهادهای نظارتی ضعیف، همچنان سد راه سرمایه‌گذاری خصوصی در بسیاری از اقتصادهای در حال توسعه هستند. غلبه بر این موانع مستلزم اراده‌ای سیاسی و رویکرد کل‌نگر است که در آن اصلاحات بخش انرژی با اصلاحات گسترده‌تر اقتصادی، مالی است.

در بستر خاصی مانند افغانستان، که از یک سو از پوتانسیل خورشیدی و بادی بی‌نظیری برخوردار است و از سوی دیگر با چالش‌های جدی مالی و عدم سرمایه‌گذاری روبرو است، نقش سکتور خصوصی حتی حیاتی‌تر می‌شود. توسعه پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر در مقیاس کوچک و غیر متمرکز می‌تواند نه تنها به افزایش دسترسی به برق برای جوامع محلی بینجامد، بلکه می‌توان زمینه‌ساز ایجاد شغل، تحرک اقتصادی محلی و درنهایت، تقویت ثبات اجتماعی شود.

منابع

- Azhgaliyeva, D. B. (2018). Renewable energy policy instruments: An empirical evaluation of effectiveness. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 12(1), 24–48. <https://doi.org/10.1504/IJTIP.2018.10015611>
- Avila, N., Carvallo, J., Shaw, B., & Kammen, D. M. (2017). *The energy challenge in sub-Saharan Africa: A guide for advocates and policy makers. Part 1: Generating energy for sustainable and equitable development*.
- Bank, W. (2020). *Private participation in infrastructure project database: Investment in energy with private participation*. World Bank Group.
- Bloomberg New Energy Finance (BNEF), & United Nations Environment Programme (UNEP). (2010). *Bloomberg New Energy Finance data from the report*.
- Chang, Y. F. (2016). Renewable energy policies in promoting financing and investment among the East Asia Summit countries: Quantitative assessment and policy implications. *Energy Policy*.
- Cleantech Group. (2010). *Investment Monitor 2Q 2010*. <https://www.cleantech.com>
- Cleeve, E. (2012). Political and institutional impediments to foreign direct investment inflows to Sub-Saharan Africa. *Thunderbird International Business Review*, 54.
- Diaz-Rainey, I., Teh, T.-H., & others. (2021). An energy policy for ASEAN? Lessons from the EU experience on energy integration, security and decarbonisation. In S. C. Park, C. J. Kim, & F. Taghizadeh-Hesary (Eds.), *Economic integration in Asia and Europe: Lessons and recommended policies*.
- Eberhard, A., Rosnes, O., Shkaratan, M., & Vennemo, H. (2011). *Africa's power infrastructure: Investment, integration, efficiency*. World Bank.
- European Investment Bank. (2018). *Banking in Africa: Delivering on financial inclusion, supporting financial stability*.
- Geddes, A., Schmidt, T. S., & Steffen, B. (2018). The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: An analysis of Australia, the UK and Germany. *Energy Policy*, 115, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.01.009>
- Ghosh, S., & Nanda, R. (2010). *Venture capital investment in the clean energy sector*. Harvard Business School Working Paper.
- Gutman, J., Sy, A., & Chattopadhyay, S. (2015). *Financing African infrastructure: Can the world deliver?* Brookings Institution.

- Huenteler, J., Schmidt, T. S., Ossenbrink, J., & Hoffmann, V. H. (2015). *Technology life-cycles in the energy sector: Technological characteristics and the role of deployment for innovation*. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2566463>
- International Energy Agency. (2009). *World energy outlook*.
- International Energy Agency. (2019). *CO₂ emissions from fuel combustion 2019: Highlights*. <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion>
- International Energy Agency, & Centre for Climate Finance & Investment. (2021). *Clean energy investing: Global comparison of investment returns*.
- International Financial Law Review. (2017). *Project Finance Report 2017*.
- International Panel on Climate Change. (2011). *IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation*. Cambridge University Press.
- International Renewable Energy Agency. (2016). *Renewable energy outlook for ASEAN*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_REmap_ASEAN_2016_report.pdf
- Khuong, P. M. (2019). Analyzing drivers of renewable energy development in Southeast Asia countries with correlation and decomposition methods. *Journal of Cleaner Production*, 213, 710–722. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018>
- Mamat, R. S. (2019). Renewable energy in Southeast Asia: Policies and recommendations. *Science of the Total Environment*, 670, 1095–1102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.273>
- Mouraviev, N. (2021). Renewable energy in Kazakhstan: Challenges to policy and governance. *Energy Policy*, 149, 112051. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.112051>
- OECD. (2011). *Sources of finance, investment policies and plant entry in the renewable energy sector*. OECD Environment Working Papers.
- Ragosa, G., & Warren, P. (2019). Unpacking the determinants of cross-border private investment in renewable energy in developing countries. *Journal of Cleaner Production*, 235, 854–865.
- Schmidt, T. S. (2017). Technology as a driver of climate and energy politics. *Nature Energy*, 2(6), 1–3. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.84>
- Steffen, B., Schmidt, T. S., Matsuo, T., & others. (2019). A quantitative analysis of multilateral development banks' investment in conventional and renewable power-generation technologies from 2006 to 2015. *Nature Energy*.

- Sun, Y., Chen, H., & others. (2020). Low-carbon financial risk factor correlation in the Belt and Road PPP project. *Finance Research Letters*.
- Tol, R. S. J. (2018). The economic impacts of climate change. *Review of Environmental Economics and Policy*, 3.
- Trancik, J. E. (2015). *Technology improvement and emissions reductions as mutually reinforcing efforts: Observations from the global development of solar and wind energy*. Massachusetts Institute of Technology.
- The Pew Charitable Trusts. (2010). *Who is winning the clean energy race? Growth, competition and opportunities in the world's largest economies*.
- Waissbein, O., Glemarec, Y., Bayraktar, H., & Schmidt, T. S. (2013). *Derisking renewable energy investment: A framework to support policymakers in selecting public instruments to promote renewable energy investment in developing countries*. United Nations Development Programme.
- Zhang, S., Andrews-Speed, P., & Zhao, X. (2013). Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy: A critical analysis of China's policy approach to renewable energies. *Energy Policy*.

