البحث التطبيقي

جمهورية مصر العربية

معهد التخطيط القومي

الدراسات العليا

عنوان البحث باللغة العربية	دور الطاقة المُتجددة في تعزيز الإستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر
عنوان البحث باللغة الإنجليزية	The Role of Renewable Energy in Promoting Sustainability and Mitigating the Impacts of Climate Change In EGYPT
إعداد	أميرة سعيد سلامة السيد
إشراف	أ.د. سحر البهائي

لاستكمال متطلبات

الحصول على الماجستير المهني "التخطيط للتنمية المُستدامة"

2026/2025

مستخلص البحث

تتمثل المشكلة في التوسع الكبير عالمياً في الإعتماد على الوقود الأحفوري وما نتج عنه من إرتفاع إنبعاثات الغازات الدفيئة وتفاقم التغيُّرات المُناخية ، ورغم امتلاك مصر إمكانات واعدة في مجال الطاقة المُتجددة، لا يزال الإعتماد على المصادر التقليدية مرتفعاً، مع وجود فجوة بين هذه الإمكانات ومستوى الإستفادة الفعلية منها بسبب تحديات إستثمارية وتكنولوجية ومؤسسية. ويهدف البحث إلى دراسة دور الطاقة المُتجددة في دعم التنمية المستدامة والحد من التغيُّرات المُناخية في مصر، من خلال توضيح الإطار النظري، وتقييم الوضع الراهن، وتحليل دورها البيئي، والإستفادة من التجارب الدولية، واقتراح آليات فعالة لتعزيز إستخدامها والتغلب على التحديات.

وقد أوضحت الدراسة أن الإعتماد المكثف على الوقود الأحفوري يعد السبب الرئيسى في تفاقم التغيُّرات المُناخية نتيجة زيادة إنبعاثات الغازات الدفيئة، وما يترتب عليه من آثار بيئية وإقتصادية واجتماعية خطيرة مثل الإحتباس الحراري وإرتفاع درجات الحرارة وتدهور الموارد الطبيعية. وفي المقابل، تمثل الطاقة المُتجددة بديلاً إستراتيجياً مستداماً يسهم في خفض الإنبعاثات الكربونية وتحقيق التوازن بين التنمية الإقتصادية وحماية البيئة، إضافة إلى دورها في دعم التنمية المستدامة من خلال تحسين جودة الحياة وتوفير فرص العمل وتعزيز أمن الطاقة. كما أوضحت الدراسة أن التغيُّرات المُناخية ذات أبعاد متعددة، وأن مواجهتها تتطلب التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون يعتمد على مصادر نظيفة مثل الشمس والرياح والمياه والكتلة الحيوية.

كما بينت النتائج أن قطاع الطاقة في مصر يشهد تطوراً ملحوظاً مع وجود إمكانات كبيرة في الطاقة المُتجددة، إلا أن مساهمتها لا تزال محدودة مقارنة بالوقود الأحفوري الذي يهيمن على مزيج الطاقة، رغم تنفيذ مشروعات كبرى مثل بنبان والرياح في الزعفرانة. وفي الوقت نفسه، أظهرت التجارب الدولية في الصين وألمانيا والسويد أن نجاح التحول الطاقي يعتمد على سياسات متكاملة تشمل الدعم الحكومي، والتشريعات البيئية، والإبتكار التكنولوجي، والشراكات الدولية، مما أدى إلى خفض الإنبعاثات وتحقيق نمو إقتصادي مستدام.

وتوصي الدراسة بضرورة تسريع التحول إلى الطاقة المُتجددة في مصر من خلال تبني سياسات إقتصادية وتشريعية محفزة، مثل الحوافز المالية وتعريفة التغذية، إلى جانب تطوير البنية التحتية الكهربائية وتوسيع الإستثمار في البحث العلمي وتوطين التكنولوجيا. كما توصي بأهمية تأهيل الكوادر البشرية، وتعزيز الشراكات الدولية لنقل الخبرات وجذب التمويل، مع الإستفادة من التجارب الناجحة عالمياً. ويُعد تكامل هذه الجهود أساساً لتحقيق التنمية المستدامة، وخفض الإنبعاثات الكربونية، والانتقال إلى إقتصاد أخضر منخفض الكربون.

الكلمات المفتاحية: الطاقة المُتجددة، الإستدامة ، التخفيف، تداعيات التغيُّرات المُناخية .

Abstract:

The problem lies in the significant global expansion of reliance on fossil fuels and the resulting increase in greenhouse gas emissions, which has intensified climate change. Despite Egypt's promising potential in the field of renewable energy, dependence on conventional energy sources remains high, with a clear gap between available resources and their actual utilization due to investment, technological, and institutional challenges. This research aims to examine the role of renewable energy in supporting sustainable development and mitigating climate change in Egypt by clarifying the theoretical framework, assessing the current situation, analyzing its environmental role, drawing on international experiences, and proposing effective mechanisms to enhance its use and overcome existing challenges.

The study found that heavy reliance on fossil fuels is the main driver of climate change due to increased greenhouse gas emissions, leading to serious environmental, economic, and social impacts such as global warming, rising temperatures, and the degradation of natural resources. In contrast, renewable energy represents a sustainable strategic alternative that contributes to reducing carbon emissions and achieving a balance between economic development and environmental protection. It also supports sustainable development by improving quality of life, creating job opportunities, and strengthening energy security. Furthermore, climate change is multidimensional, requiring a transition toward a low-carbon economy based on clean energy sources such as solar, wind, hydro, and biomass.

The results also indicate that Egypt's energy sector is undergoing noticeable development, with significant renewable energy potential; however, its contribution remains limited compared to fossil fuels, which still dominate the energy mix, despite major projects such as Benban and wind farms in Zafarana. International experiences in China, Germany, and Sweden demonstrate that successful energy transitions depend on integrated policies, including government support, environmental regulations, technological innovation, and international partnerships, leading to reduced emissions and sustainable economic growth.

The study recommends accelerating the transition to renewable energy in Egypt through supportive economic and legislative policies such as financial incentives and feed-in tariffs, in addition to upgrading electricity infrastructure, expanding investment in scientific research, and localizing technology. It also emphasizes human capacity building, strengthening international partnerships for knowledge transfer and financing, and leveraging global best practices. The integration of these efforts is essential for achieving sustainable development, reducing carbon emissions, and transitioning to a low-carbon green economy.

Keywords:

Renewable energy, sustainability, mitigation, and the impacts of climate change.

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
القسم الأول: الإطار العام للبحث	
1.1 المُقدِّمة	5
2.1 المُشكلة البحثية	6
3.1 الأهداف البحثية	6
4.1 التساؤلات البحثية	7
5.1 الأهمية البحثية	7
6.1 المنهجية البحثية	8
7.1 الحدود البحثية	8
8.1 مصادر البيانات	9
9.1 المفاهيم البحثية	9
10.1 الدراسات السابقة	11
القسم الثاني: الإطار المفاهيمي للطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية	
تمهيد	21
1.2 أهمية الطاقة المُتجددة في التنمية المستدامة	22
2.2 مصادر الطاقة المُتجددة	23
3.2 تداعيات التغيُّرات المُناخية	24
4.2 العلاقة بين الطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية	26
القسم الثالث: الوضع الراهن للطاقة المُتجددة في مصر	
تمهيد	28
1.3 تطور قطاع الطاقة في مصر	29
2.3 مصادر الطاقة المُتجددة في مصر	30
1.2.3 الطاقة الشمسية	30
2.2.3 طاقة الرياح	32
3.2.3 الطاقة الكهرومائية	33
3.3 مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة في مصر	34
4.3 تحديات الطاقة المُتجددة في مصر	37
1.4.3 التحديات الإقتصادية	38

الموضوع	الصفحة
2.4.3 التحديات الإجتماعية	39
3.4.3 التحديات البيئية	39
4.4.3 التحديات التقنية	40
5.4.3 التحديات المؤسسية والتشريعية والتنظيمية	40
6.4.3 تحديات التحول الرقمي في قطاع الطاقة	41
القسم الرابع: الطاقة المُتجددة كأداة لمواجهة التغيُّرات المُناخية : في ضوء التجارب الدولية	
تمهيد	41
1.4 التجربة الصينية في إستخدامات الطاقة المُتجددة	42
2.4 التجربة الالمانية في إستخدامات الطاقة المُتجددة	43
3.4 التجربة السويد في إستخدامات الطاقة المُتجددة	45
4.4 دور الطاقة المُتجددة في مواجهة التغيُّرات المُناخية في ضوء التجارب الدولية	47
القسم الخامس: السياسات المقترحة لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر	
تمهيد	49
1.5 السياسات الإقتصادية المقترحة لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر	50
2.5 السياسات التشريعية والتنظيمية لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر	52
3.5 تطوير التكنولوجيا والإستثمار في الطاقة المُتجددة في مصر	54
4.5 تعزيز الشراكات الدولية لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر	56
الملخص وأهم النتائج	57
التوصيات	58
المراجع	61

فهرس الأشكال البيانية

عنوان الشكل	الصفحة
الطاقة الكهربائية المولدة والمشتراه، وفقا لتقارير الشركة القابضة في مصر 2015-2024 شكل (1)	35
مزيج توليد الكهرباء في مصر خلال الفترة 2023-2024 شكل (2)	37

القسم الأول: الإطار العام للبحث

1.1 المُقدِّمة

تُمثّل التنمية المستدامة الإطار الحاكم للسياسات الإقتصادية والبيئية والإجتماعية على المستويين الإقليمي والدولي، إذ تهدف إلى تحقيق نمو إقتصادي متوازن يراعي حدود الموارد الطبيعية، ويحافظ على البيئة، ويضمن العدالة في توزيع الثروات بين الأجيال الحالية والمستقبلية. وتُعد الطاقة أحد المرتكزات الأساسية لتحقيق هذا النمو، نظراً لدورها المحوري في تحريك مختلف قطاعات الإقتصاد ودعم الأنشطة الإنتاجية والخدمية، فضلاً عن ارتباطها المباشر بجودة حياة الإنسان ومستوى رفاهيته. غير أن الإعتماد على مصادر الطاقة التقليدية القائمة على الوقود الأحفوري لا يزال يشكل تحدياً أمام تحقيق أهداف التنمية المستدامة، لما يترتب عليه من إستنزاف للموارد غير المُتجددة، وزيادة معدلات التلوث البيئي، وإرتفاع إنبعاثات الغازات الدفيئة المسببة لظاهرة التغيُّرات المُناخية .

وفي هذا السياق، أدرك المجتمع الدولي مبكراً خطورة إستمرار الأنماط غير المستدامة لإنتاج وإستهلاك الطاقة، فشهدت العقود الأخيرة تكثيفاً للجهود الدولية التي تستهدف دمج البعد البيئي في مسارات التنمية، بدءاً من قمة الأرض في ريو دي جانيرو عام 1992، مروراً بالعديد من المؤتمرات والإتفاقيات الدولية التي أكدت على ضرورة إلتزام الدول بتحقيق تنمية عادلة ومستدامة. وقد أسفرت هذه الجهود عن توجه عالمي متزايد نحو البحث عن مصادر طاقة بديلة ومتجددة تُسهم في الحد من التدهور البيئي، وتدعم الإستدامة طويلة الأجل، وتحقق تكاملاً فعلياً بين الأبعاد الثلاثة للتنمية المستدامة: الإقتصادية والإجتماعية والبيئية.

وفي ضوء ذلك، برزت الطاقة المُتجددة، وبخاصة طاقتي الشمس والرياح، كأحد أهم الحلول الإستراتيجية لمواجهة التحديات المناخية والبيئية المعاصرة، نظراً لما تتمتع به من خصائص تُمكّنها من خفض الإنبعاثات الكربونية، وتعزيز أمن الطاقة، وخلق فرص عمل جديدة، ودعم النمو الإقتصادي الأخضر. وقد أثبتت التجارب الدولية الرائدة، وعلى رأسها التجربة الألمانية التي وُصفت بـــ«المعجزة الخضراء»، أن التحول المنهجي نحو الطاقة المُتجددة يمكن أن يشكل رافعة تنموية شاملة، تُسهم في إعادة هيكلة الإقتصاد على أسس أكثر إستدامة ومرونة. ومع تسارع تداعيات التغيُّرات المُناخية وما تفرضه من تهديدات تتمثل في إرتفاع درجات الحرارة، وإضطراب النظم البيئية، وتزايد الظواهر المناخية المتطرف (الفيضانات، السيول، وغيرها) لم يعد التحول إلى الطاقة المُتجددة خياراً تفضيلياً، بل أصبح ضرورة إستراتيجية للتخفيف من آثار التغيُّرات المُناخية والوفاء بالإلتزامات الدولية، ولا سيما تلك المنصوص عليها في إتفاقية باريس للمناخ عام 2015. وفي هذا الإطار، تتجاوز أهمية الطاقة المُتجددة ودورها في إنتاج الطاقة النظيفة إلى قدرتها على تعزيز ما يُعرف بـــ«المرونة المُناخية»، التي تمكّن الدول من التكيّف مع الصدمات البيئية والحفاظ على إستمرارية النمو الإقتصادي والإستقرار الإجتماعي.

وإنطلاقاً من هذه المعطيات، تبرز أهمية هذا البحث في تحليل دور الطاقة المُتجددة في تعزيز مسار التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر، من خلال دراسة الإطار النظري للطاقة المُتجددة وعلاقتها بالتغيُّرات

المُناخية ، وتحليل التجارب الدولية الرائدة، مع التركيز على الوضع الراهن للطاقة المُتجددة في مصر من حيث الإمكانات والفرص والتحديات. ويسعى البحث في ضوء ذلك إلى تقديم مجموعة من التوصيات العملية الداعمة لتنفيذ رؤية مصر للتنمية المستدامة 2030، عبر تعظيم الإستفادة من مصادر الطاقة المُتجددة بما يحقق الإستدامة البيئية والإجتماعية والإقتصادية بصورة متكاملة.

2.1 المُشكلة البحثية

شهد العالم منذ منتصف القرن التاسع عشر توسعًا كبيرًا في الإعتماد على مصادر الوقود الأحفوري، مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، بوصفها المصدر الرئيس للطاقة في مختلف الأنشطة الإقتصادية . وقد أدى هذا الإعتماد المتزايد إلى إرتفاع معدلات إنبعاثات الغازات الدفيئة، وعلى رأسها ثاني أكسيد الكربون، الأمر الذي أسهم بشكل مباشر في تفاقم ظاهرة التغيُّرات المُناخية والإحتباس الحراري العالمي. وتشير العديد من التقارير العلمية الدولية، ومنها تقارير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، إلى أن إستخدام الوقود الأحفوري يمثل المصدر الأكبر للإنبعاثات الكربونية الناتجة عن الأنشطة البشرية.

وفي ظل هذه التحديات البيئية المتزايدة، أصبح التحول نحو مصادر الطاقة النظيفة والمُتجددة أحد المحاور الرئيسة في السياسات الدولية المعنية بتحقيق التنمية المستدامة ومواجهة التغيُّرات المُناخية ، خاصة في إطار أهداف التنمية المستدامة 2030، ولا سيما الهدف السابع المتعلق بالطاقة النظيفة والمستدامة، والهدف الثالث عشر الخاص بمكافحة التغيُّر المُناخي. ويستند تحقيق هذه الأهداف إلى تقليل الإعتماد على مصادر الطاقة التقليدية، والتوسع في إستخدام مصادر الطاقة المُتجددة منخفضة الإنبعاثات. وعلى الرغم من إمتلاك مصر إمكانات كبيرة في مجال الطاقة المُتجددة، خاصة في مجالي الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، فإن مزيج الطاقة في الدولة لا يزال يعتمد بدرجة ملحوظة على الوقود الأحفوري، الأمر الذي يحد من الإستفادة الكاملة من إمكانات الطاقة المُتجددة في دعم مسار التنمية المستدامة والحد من الإنبعاثات الكربونية. كما أن محدودية الإستثمارات والتحديات المؤسسية والتكنولوجية قد تؤثر في سرعة التوسع في إستخدام هذه المصادر.

وإنطلاقًا من ذلك، تتمثل المشكلة البحثية في وجود فجوة بين الإمكانات المتاحة للتوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة في مصر وبين مستوى الإستفادة الفعلية منها في دعم مسار التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية . ومن ثم يسعى البحث إلى تحليل واقع الطاقة المُتجددة في مصر وتقييم دورها في دعم التنمية المستدامة والحد من الإنبعاثات الكربونية، مع تحديد أبرز التحديات التي تواجه هذا القطاع وإقتراح سياسات يمكن أن تعزز الإستفادة منه.

3.1 الأهداف البحثية

يهدف هذا البحث بصفة رئيسية إلى دراسة دور الطاقة المُتجددة في تعزيز التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر، وذلك من خلال تحقيق مجموعة من الأهداف الفرعية، تتمثل فيما يلي:

1. توضيح الإطار النظري لمفهوم الطاقة المُتجددة، والتغيُّرات المُناخية وتداعياتها.

2. تقييم الوضع الراهن للطاقة المُتجددة في مصر.
3. تحليل دور الطاقة المُتجددة في التخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية
4. الإستفادة من التجارب الدولية الرائدة في مجال الطاقة المُتجددة، وإستخلاص الدروس المستفادة.
5. إقتراح آليات للتغلب على تحديات إستخدامات الطاقة المُتجددة في مصر لتعزيز دورها في تحقيق التنمية المُستدامة.

4.1 التساؤلات البحثية

يدور التساؤل الرئيسي للبحث حول مدى قدرة الطاقة المُتجددة على تعزيز التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر؟ ويتفرع من هذا التساؤل التساؤلات الفرعية التالية:

1. ما المقصود بالطاقة المُتجددة وأنواعها، والتغيُّرات المُناخية وتداعياتها؟
2. ما واقع الطاقة المُتجددة في مصر وأبرز تحدياتها؟
3. ما مدى إسهام الطاقة المُتجددة في التخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر؟
4. ما أبرز ملامح التجارب الدولية في مجال الطاقة المُتجددة، وما الدروس المستفادة منها؟
5. ما الآليات والسياسات المقترحة للتغلب على تحديات إستخدام الطاقة المُتجددة في مصر؟

5.1 الأهمية البحثية

الأهمية النظرية: تنبع الأهمية النظرية لهذا البحث من إسهامه في تعميق الفهم العلمي للعلاقة التفاعلية بين الطاقة المُتجددة والتنمية المستدامة، لا سيما في ظل تصاعد تداعيات التغيُّرات المُناخية وما تفرضه من تحديات بيئية وإقتصادية وإجتماعية. كما يعمل البحث على إثراء الأدبيات العلمية من خلال تحليل مفاهيم الطاقة المُتجددة ودورها في دعم مسارات التنمية المستدامة، وتسليط الضوء على التجارب الدولية الرائدة في هذا المجال، بما يتيح استخلاص أطر نظرية يمكن الإستفادة منها في تحليل الواقع المصري. فضلاً عن ذلك، يؤكد البحث على الدور المحوري للتكنولوجيا الخضراء بوصفها أحد المداخل الأساسية لتطوير السياسات البيئية وتحقيق التكامل بين الأبعاد المختلفة للتنمية المستدامة.

الأهمية التطبيقية: تتمثل الأهمية التطبيقية للبحث في كونه يوفر قاعدة معرفية وأدلة علمية يمكن الإستناد إليها في دعم صانعي القرار عند صياغة السياسات والإستراتيجيات الوطنية المتعلقة بالطاقة المُتجددة. إذ تُسهم نتائج البحث في إقتراح آليات عملية لتعزيز الإعتماد على مصادر الطاقة النظيفة، بما يساعد على تحسين جودة البيئة والصحة العامة من خلال الحد من الإنبعاثات الضارة الناجمة عن إستخدام مصادر الطاقة التقليدية. كما يدعم البحث تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الإقتصادية والحفاظ على الموارد الطبيعية، ويُسهم في ضمان إستدامتها للأجيال الحالية والمستقبلية، في إطار يتوافق مع مستهدفات رؤية مصر للتنمية المستدامة.

6.1 المنهجية البحثية

يعتمد هذا البحث على المنهج الوصفي التحليلي بوصفه أحد المناهج العلمية المناسبة لدراسة الظواهر الإقتصادية والبيئية المعاصرة وتحليل العلاقات بين متغيراتها المختلفة. ويهدف إستخدام هذا المنهج إلى تحليل دور الطاقة المُتجددة في تعزيز مسار التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر.

ويستند البحث في ذلك إلى وصف وتحليل واقع الطاقة المُتجددة في مصر، من خلال دراسة تطور إنتاج وإستهلاك مصادر الطاقة المُتجددة، ومدى مساهمتها في مزيج الطاقة الوطني، إضافة إلى تحليل تأثير التوسع في إستخدام هذه المصادر في تقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة والحد من الآثار السلبية للتغيُّرات المُناخية . كما يعتمد البحث على التحليل المقارن لبعض التجارب الدولية الرائدة في مجال الطاقة المُتجددة، وذلك بهدف الإستفادة من السياسات والتجارب الناجحة التي تبنتها بعض الدول في التحول نحو الطاقة النظيفة، وإستخلاص الدروس المستفادة التي يمكن توظيفها في تطوير سياسات الطاقة المُتجددة في مصر.

7.1 الحدود البحثية

الحدود الموضوعية:

يقتصر البحث على دراسة دور الطاقة المُتجددة في تعزيز مسار التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر، من خلال تحليل العلاقة بين التوسع في إستخدام مصادر الطاقة المُتجددة، وتشمل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية، وبين تقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة. كما يركز البحث على الأبعاد التنموية والبيئية والإقتصادية المرتبطة بالطاقة المُتجددة، دون التطرق إلى التفاصيل الفنية أو الهندسية الدقيقة لتقنيات إنتاج الطاقة، وذلك في إطار يخدم أهداف الدراسة وطبيعتها التحليلية.

الحدود الزمنية:

تغطي الدراسة الفترة الزمنية الممتدة من عام 2015 حتى عام 2025، حيث يمثل عام 2015 نقطة إنطلاق محورية على الصعيد الدولي والوطني، إذ شهد إعتماد إتفاقية باريس بشأن تغير المناخ خلال مؤتمر الأطراف الحادي والعشرين (COP21)التي صادقت عليها 195 دولة بهدف الحد من إرتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين، مع السعي إلى حصر الإرتفاع في حدود 1.5 درجة مئوية.

كما تم في العام ذاته إعتماد أهداف التنمية المستدامة السبعة عشر (SDGs) من قبل جميع الدول الأعضاء في الأمم المتحدة، بوصفها إطاراً عالمياً للعمل من أجل القضاء على الفقر، وحماية الكوكب، وتعزيز السلام والإزدهار بحلول عام 2030. وقد إنعكست هذه الإلتزامات الدولية على السياسات الوطنية من خلال إطلاق الإستراتيجية الوطنية للتنمية المستدامة «رؤية مصر 2030»، وعليه تمتد الحدود الزمانية للدراسة حتى عام 2025.

الحدود المكانية:

تنحصر الحدود المكانية للدراسة في جمهورية مصر العربية، مع التركيز على تحليل دور الطاقة المُتجددة في تعزيز الإستدامة البيئية والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في السياق المصري، في ضوء الخصائص الإقتصادية والبيئية والمؤسسية للدولة.

8.1 مصادر البيانات

يعتمد البحث على تحليل البيانات الكمية والنوعية المتعلقة بقطاع الطاقة، من خلال دراسة الإحصاءات والتقارير الرسمية الخاصة بإنتاج وإستهلاك الطاقة في مصر، وتحليل المؤشرات المرتبطة بإنبعاثات الغازات الدفيئة وكفاءة إستخدام الطاقة. كما يستند التحليل إلى مجموعة من البيانات والمعلومات المستمدة من المصادر الوطنية والدولية، مثل تقارير وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة، والجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، بالإضافة إلى تقارير المنظمات الدولية المعنية بالطاقة والتنمية المستدامة، مثل الوكالة الدولية للطاقة المُتجددة (IRENA)، والوكالة الدولية للطاقة (IEA)، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، فضلاً عن الإستفادة من الدراسات والأدبيات العلمية السابقة ذات الصلة بموضوع البحث، بما يسهم في تقديم تحليل علمي متكامل يدعم الوصول إلى نتائج دقيقة وتوصيات قابلة للتطبيق.

9.1 المفاهيم البحثية

الطاقة المُتجددة: هي مصدر من مصادر الطاقة التي تحدث بشكل تلقائي ودوري في الطبيعة، وذلك على عكس مصادر الطاقة التقليدية والتي تحدث في موارد الأرض الدائمة ولكن لا يمكن تسخيرها إلا من خلال تدخل الإنسان عن طريق إستخراجها" (عبد المقصود,2024، نقلا عن قدري عبد المجيد واخرون ,2010)

فالطاقة المُتجددة هي مصدر من المصادر الطبيعة المُستمرة والتي لا يخل إستخدامها بالتوازن البيئي فهي لا تنضب كما أنها صديقة للبيئة لا ينتج عنها ملوثات بيئية.

ويرى الباحث أن الطاقة المُتجددة هي كل طاقة مستدامة يُمكن الحصول عليها من مصدر طبيعي مُستدام ولا يخل إستخدامها بحقوق الأجيال القادمة.

التغيُّرات المُناخية : هو المصطلح الجامع للتحول في الظواهر الجوية العالمية المُرتبطة بزيادة في متوسط درجات الحرارة العالمية، وفقاً لسجلات درجات الحرارة الموثوق بها، أصبح متوسط درجة الحرارة حول العالم أكثر سخونة بما مقداره درجة مئوية مما كان عليه في الفترة بين عامي (1850، 1900) ويُشار إليه بمُصطلح متوسط ما قبل الثورة الصناعية أو مستويات ما قبل العصر الصناعي، ويُشار إلي هذه الزيادة في درجة الحرارة بإسم "الإحترار العالمي".

تُعرِّف الإتفاقية الإطارية للأمم المتحدة بشأن المُناخ (UNFCCC) التغيُّر المُناخي بأنه التغيُّر في المُناخ بصورة مُباشرة أو غير مُباشرة نتيجة للنشاط البشري، والذي يُفضي إلى تغيُّر في مُكونات الغلاف الجوي العالمي بالإضافة إلى التقلب الطبيعي للمُناخ على فترات زمنية مماثلة (جمعة، وبركة , 2024 ,ص75), (IPCC,2008 ,P30)

وتُعرِّفهُ وكالة ناسا، على أنه: "ظاهرة عالمية واسعة الانتشار، تنشأ في الغالب عن طريق حرق الوقود، الذي يُطلِق إلى الغلاف الجوي غازات حابسة للحرارة (الغازات الدفيئة). وتشمل هذه الظاهرة الاتجاهات المُختلفة لتزايد درجات الحرارة التي تم وصفها بالإحترار العالمي، وتشمل أيضاً تغيُّرات أخرى مثل إرتفاع مستوى سطح البحر، وفقُدان الكتلة الجليدية في جرينلاند وأنتاركتيكا والقطب الشمالي والجبال الجليدية في جميع أنحاء العالم، وتغيُّر مواعيد تفتح الأزهار وأحداث الطقس الشديدة". (وكالة ناسا , 2022)

كما تم تعريفه على إنه: تحول في نمط الطقس لمدة لا تقل عن 30عاماً.

الطقس: هو المدى القصير للظروف الجوية كمُخطط درجة الحرارة وتساقُط الأمطار. وعليه فإن سنة حارة لا تدل على التغيُّر المُناخي ولكن ميل درجة الحرارة إلى الإرتفاع لسنوات عديدة يشير إلى تغيُّر المُناخ" (عبد الظاهر, 2018 نقلاً عن زهدى,1997 , ص2)

الإحتباس الحراري: هو إرتفاع درجة الحرارة السطحية المتوسطة لكوكب الأرض مع إرتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وبعض الغازات الأخرى في الجو. (الامم المتحدة , 1997)

وتُسمى هذه الغازات بـــ" الغازات الدفيئة " لأنها تساهم في تدفئة جو الأرض السطحي، وقد لُوحظت الزيادة في متوسط درجة حرارة المُناخ منذ مُنتصف القرن العشرين مع إستمرارها المُتصاعد حيث زادت درجة حرارة سطح الكرة الأرضية بمقدار 1.2°م منذ بداية القرن الماضي.

الغازات الدفيئة: هي أنواع من الغازات مخصصة لتدفئة غلافنا الجوي، البعض منها موجود في الجو منذ ملايين السنين، في حين أن البعض الآخر من النشاط البشري". (سياما 2015، ترجمة زينب منعم).

وتتكون الغازات الدفيئة المسببة للإحتباس الحراري من: بخار الماء الناتج عن عملية التبخُّر، ثاني أكسيد الكربون CO_2 الناتج من إحتراق الوقود ومصادر إنبعاث الدخان مثل عوادم السيارات والمصانع وحرائق الغابات ... وغيرها. أكسيد النيتروزN_2O، غاز الميثان CH_4 الذي ينتج من الثروة الحيوانية، الكلوروفلوروكربون PFCs، HFCs وهي مادة تستخدم في تبريد الثلاجات، سداسي فلوريد الكبريت. (الامم المتحدة , 1997)

التخفيف: يُقصد به التدخل البشري للتقليل من مصادر إنبعاثات الغازات الدفيئة وتوقُّع الآثار السلبية لتغيُّر المُناخ من مصادر إنبعاث غازات الإحتباس الحراري في الغلاف الجوي، كزيادة حصة الطاقات المُتجددة، أو بإنشاء نظام نقل أنظف، أوبتعزيز قُدرة الغلاف الجوي على إمتصاصها، كزيادة مساحة الغابات (الوكالة الاوروبية للبيئة , 2022)

التكيُّف: يعني التأقلم مع الآثار الحالية والمستقبلية لتغيُّر المُناخ وجعل آثار تغيُّر المُناخ أقل حدة من خلال إتخاذ التدابير اللازمة للتكيُّف عن طريق تغيُّرات واسعة النطاق في البنية التحتية، مثل: بناء حواجز للحماية من إرتفاع

مستوى سطح البحر، بالإضافة إلى تغيُّرات سلوكية، مثل: تقليل الأفراد تعرضهم لدرجات الحرارة المرتفعة. (الوكالة الاوروبية للبيئة , 2022)

10.1 الدراسات السابقة

(Salahuddeen,& Ismaeel , 2025)

إستهدفت الدراسة: تحليل دور الطاقة المُتجددة في دعم النمو الإقتصادي بدول شمال أفريقيا، مع التركيز على مصر وليبيا وتونس والجزائر والمغرب خلال الفترة (2000–2023)، من خلال إختبار العلاقة السببية بين تبني الطاقة المُتجددة والنمو الإقتصادي، مع إدراج متغيرات ضابطة شملت الإستثمار الأجنبي المباشر، ورأس المال البشري، وإنفتاح التجارة، والتضخم، والحوكمة. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي التحليلي بإستخدام التحليل الإحصائي ونموذج الإنحدار الخطي، إلى جانب المنهج المقارن مع دول الإتحاد الأوروبي. وتوصلت النتائج: إلى وجود أثر إيجابي ومعنوي للطاقة المُتجددة على النمو الإقتصادي، حيث تؤدي زيادة حصتها بنسبة 1% إلى رفع النمو بنحو 0.1523%، كما يسهم الإستثمار الأجنبي المباشر ورأس المال البشري وإنفتاح التجارة والحوكمة الجيدة في تعزيز النمو، في حين يشكل التضخم عاملاً معوقًا. وأوصت الدراسة: بتعزيز سياسات الطاقة المُتجددة، وزيادة الإستثمار في بنيتها التحتية، وتحسين الحوكمة، وتطوير رأس المال البشري، ودمج الطاقة المُتجددة في التخطيط الإقتصادي طويل الأجل.

(دراسة الدسوقي، وأمين ,2024)

إستهدفت الدراسة: تحليل مخاطر غرق السواحل المصرية الشمالية والشرقية نتيجة إرتفاع منسوب سطح البحر مع التركيز على دلتا النيل، والتأكيد على أهمية تبني إجراءات وقائية لحماية هذه المناطق. وتناولت الدراسة مفاهيم التغيُّرات المُناخية وأسبابها ومظاهرها، وآثارها على العمران والسواحل المصرية ودلتا النيل، إلى جانب آليات التكيف والمواجهة. وإعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي مدعوماً بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحليل فئات الإرتفاع في دلتا النيل، وتقييم إنعكاساتها على الأمن الغذائي والمائي والسياحي في مصر.

وتوصلت النتائج: إلي أن مصر من أكثر الدول عرضة لمخاطر التغيُّرات المُناخية ، حيث يؤدي إرتفاع درجات الحرارة إلى إنخفاض إنتاجية القمح بنسب قد تصل إلى 9% مع زيادة درجتين مئويتين و18% عند زيادة أربع درجات، مع توقع زيادة الإحتياجات المائية للمحاصيل بحلول عام 2050، وإحتمال تراجع تدفق مياه نهر النيل بنحو 20% حتى عام 2040. كما بينت الدراسة أن إستمرار إرتفاع منسوب سطح البحر قد يؤدي إلى تقلص الأراضي الزراعية في دلتا النيل بنحو 13.5%، وتأثر أكثر من 30% من مساحتها في حال إرتفاع المنسوب متراً واحداً، وما يترتب على ذلك من خسائر سكانية وإقتصادية واسعة النطاق.

وأوصت الدراسة: بالتوسع في إستخدام الطاقة الجديدة والمُتجددة، وتطوير محاصيل مقاومة للإجهاد الحراري ونقص المياه، وتبني نظم ري حديثة، وتعزيز السياسات الصحية والبيئية، ودعم تنفيذ الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050، إلى جانب إعداد خطط وطنية متكاملة لحماية السواحل المصرية والحد من الإنبعاثات المسببة للإحتباس الحراري.

(دراسة عبد المقصود، 2024)

إستهدفت الدراسة: تحليل مخاطر التغيُّرات المُناخية وتداعياتها على الإقتصاد المصري، مع إستعراض السياسات التي تبنتها الحكومة المصرية للتحول من الإعتماد على الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المُتجددة، وبيان دور هذا التحول في الحد من التغيُّرات المُناخية . كما تناولت الدراسة أبرز الإجراءات الحكومية، ومنها زيادة الإستثمارات العامة في قطاع الكهرباء والطاقة المُتجددة، وتنفيذ مشروعات كبرى لإنتاج الكهرباء مثل مجمع بنبان للطاقة الشمسية بأسوان، إلى جانب التوسع في مشروعات طاقة الرياح والهيدروجين الأخضر والنقل المستدام، فضلاً عن إعداد أول إستراتيجية وطنية لتغيُّر المُناخ تمتد حتى عام 2050.

وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي التحليلي، مستندة إلى البيانات الكمية والنوعية، لتحليل الوضع الراهن للتغيُّرات المُناخية وآثارها على الإقتصاد المصري، وتقييم دور الطاقة المُتجددة في خفض الإنبعاثات الكربونية. وتوصلت النتائج: أن مصر تواجه تحديات كبيرة في التصدي لآثار التغيُّرات المُناخية ، لا سيما في قطاعات الزراعة والموارد المائية والسياحة، وأن إستمرار الإعتماد على مصادر الطاقة التقليدية يمثل تهديداً بيئياً وإقتصادياً، في حين لا تزال مساهمة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في إنتاج الكهرباء محدودة مقارنة بإمكاناتها، مقابل الدور الأكبر للطاقة الكهرومائية. كما أشارت الدراسة إلى إمكانية التوسع في إستغلال مصادر الكتلة الحيوية كبديل مستدام.

وأوصت الدراسة: بتعزيز إستراتيجيات التكيف مع التغيُّرات المُناخية ، ودعم إستخدام التكنولوجيا النظيفة، والحد التدريجي من دعم الوقود الأحفوري لصالح الطاقة المُتجددة، وتطوير البنية التحتية وشبكات الكهرباء، وتشجيع الإستثمار والبحث العلمي والتعاون الدولي، بما يدعم التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون ويعزز تحقيق التنمية المستدامة.

(دراسة عشري، وسويلم, 2023)

إستهدفت الدراسة: تحليل الدور الذي تؤديه الطاقة المُتجددة في تعزيز التنمية المستدامة في مصر بالإستفادة من التجارب الدولية الرائدة، إعتمدت الدراسة: علي المنهج الوصفي والتحليلي والمقارن لفحص واقع قطاع الطاقة وتحدياته المختلفة، ، وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج: الطاقة المُتجددة هي الخيار الأمثل لتوفير الطاقة اللازمة لنمو إقتصادي مُستدام وضمان أمن الطاقة القومي؛ فلهذه المصادر قدرة كبيرة على خفض الإنبعاثات الكربونية والحد من ظاهرة التغيُّر المُناخي وحماية النظام الإيكولوجي؛ فقطاع الطاقة المُتجددة يتفوق على الوقود الأحفوري في خلق فرص عمل أكثر وعلاج فقر الطاقة ومصر تمتلك إمكانات هائلة من الإشعاع الشمسي وسرعات الرياح التي لم تستغل بشكل كامل ومثالي بعد، وذلك لوجود تحديات إنتاج الطاقة في مصر من إرتفاع التكاليف الإستثمارية ونقص موارد النقد الأجنبي والحاجة لإستيراد التكنولوجيا، وأوصت الدراسة: بتفعيل دور الحكومة في تشجيع الإستثمار عبر سياسات بيئية كالإعفاءات أو التخفيضات الضريبية لإنتاج الطاقة وتقديم الدعم المالي المباشر وضمان القروض للمشاريع التي تتوجه نحو إستخدامات وتقنيات الطاقة المُتجددة، كما أوصت الدراسة بتأسيس هيئة مشتركة بين القطاعين العام والخاص لتكون مرجعاً وطنياً لتنمية وتمويل مشروعات الطاقة

المُتجددة، وشددت علي ضرورة زيادة دعم البحث العلمي وتطوير التكنولوجيات المحلية لخفض تكاليف الإنتاج وتوسيع الإنتشار، وأهمية تعديل مزيج الطاقة الحالي لرفع نسبة مساهمة المصادر المُتجددة بما يحقق أهداف التنمية المستدامة.

(دراسة زيني، ويحيي ,2023)

إستهدفت الدراسة: تحليل إسهام مصادر الطاقة النظيفة، مثل الطاقة الشمسية والمائية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، في بناء إقتصاد أخضر بالدول العربية، بما يسهم في خفض الإنبعاثات الكربونية، مع التركيز على تجارب كل من المملكة العربية السعودية، والإمارات العربية المتحدة، والمغرب، والجزائر، ومصر في التحول نحو إستخدام الطاقة المُتجددة.

وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي التحليلي لعرض العلاقة بين متغيرات الدراسة وتحليل التجارب العربية في مجال التنمية النظيفة والإقتصاد الأخضر، إلى جانب منهج دراسة الحالة لتقييم أوضاع الدول المختارة ومدى توافقها مع المعايير الدولية للإستثمار في الطاقة النظيفة، فضلاً عن المنهج المقارن للمفاضلة بين هذه التجارب وإستخلاص الدروس المستفادة في سياق الإقتصاد الأخضر العالمي. وتوصلت الدراسة: إلى أن تنمية مشروعات الطاقة الخضراء في الدول العربية ترتبط إرتباطًا وثيقًا بالسياسات الإستثمارية البيئية والإقتصادية ، وبقدرتها على تجاوز العوائق السياسية والإقتصادية والسوقية. كما أبرزت أهمية آلية التنمية النظيفة (CDM) المنبثقة عن بروتوكول كيوتو في نقل التكنولوجيا والمعرفة إلى الدول النامية، وخلق إطار مؤسسي محفّز للإستثمار في مشروعات التنمية المستدامة، مؤكدة أن مستقبل الطاقة النظيفة في العالم العربي مرهون بفعالية السياسات الإستثمارية الداعمة لتحقيق الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة.

(دراسة قنديل، 2023)

إستهدفت الدراسة: إبراز الدور البارز الذي لعبته مصر خلال إستضافتها لمؤتمر الأطراف لتغيُّر المُناخ COP27 عام 2022 بشرم الشيخ، مع التأكيد على أهمية توطين وتصنيع تكنولوجيات الطاقة المُتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والهيدروجين الأخضر، في الدول العربية لمواكبة الجهود العالمية لمكافحة التغيُّر المُناخي. وأشارت الدراسة إلى ما تمتلكه المنطقة العربية من موارد طبيعية وفرص تنموية واعدة، خاصة في مجال تصدير الهيدروجين الأخضر إلى أوروبا، بما يفتح آفاقًا واسعة للنمو الصناعي وخلق فرص عمل لائقة، وتعزيز نظم الحماية الإجتماعية من خلال توسيع الوصول إلى خدمات الطاقة المستدامة. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي التحليلي في تحليل البيانات والمعلومات المتاحة، وتوصلت إلى أن توطين تكنولوجيات الطاقة المُتجددة يواجه تحديات رئيسية، من أبرزها إرتفاع التكاليف الأولية، وضعف التنسيق المؤسسي، ومحدودية نقل المعرفة الفنية. كما بينت النتائج تنوع آليات تحفيز إستثمارات القطاع الخاص، مثل تعريفة التغذية، والمناقصات التنافسية، ونظم الإنتاج الذاتي وصافي القياس، التي تسهم في زيادة دمج الطاقة المُتجددة في شبكات الكهرباء.

وأوصت الدراسة: بضرورة تعزيز الشراكات الدولية والمحلية، وتوفير بيئة إستثمارية مستقرة، ودعم البحث العلمي وبناء القدرات البشرية، وتطوير البنية التحتية والقاعدة الصناعية الوطنية، مع منح أفضلية للصناعات المحلية في المشتريات

الحكومية. كما أكدت أهمية تفعيل التعاون والدبلوماسية العربية لإنشاء سوق عربية مشتركة للطاقة، والمطالبة بإزالة قيود الملكية الفكرية لتسهيل نقل تكنولوجيات الطاقة المُتجددة باعتبارها منفعة عامة عالمية.

(دراسة أيوب، 2023)

إستهدفت الدراسة: إبراز أهمية الطاقة المُتجددة بوصفها أداة رئيسية لخفض الإنبعاثات الكربونية ودعم مسار التنمية المستدامة، في إطار الجهود المصرية والدولية لمواجهة التغيُّرات المُناخية . كما تناولت مستويات الوعي المجتمعي ودوره في الحد من التغيُّرات المُناخية وتشجيع إستخدام الطاقة المُتجددة، إلى جانب رصد أبرز المعوقات التي تحد من التوسع في إستخدامها، وإقتراح تصور تخطيطي لتعزيز الوعي المجتمعي بالطاقة المستدامة. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي التحليلي، إضافة إلى أسلوب المسح الاجتماعي بإستخدام العينة، مستهدفه العاملين والمهتمين بمجالي البيئة والطاقة. وتوصلت النتائج: إلي إرتفاع مستوى الإهتمام بقضايا الطاقة المُتجددة ودورها في الحد من التغيُّرات المُناخية ، حيث أبدى 44% من أفراد العينة إهتماماً بالدورات المرتبطة بهذا المجال، كما تبين أن إدراك خطورة التغيُّرات المُناخية يمثل البعد الأهم للوعي المجتمعي بنسبة بلغت 88.%. وفي ضوء النتائج، أوصت الدراسة: بضرورة توفير الدعم المالي من الحكومة والقطاع الخاص والجهات المانحة لمشروعات الطاقة المُتجددة، وهو المقترح الذي حظي بأعلى نسبة تأييد (96%)، إلى جانب دعم البحث العلمي والتطوير في مجالات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، خاصة في تطبيقات تحلية المياه. كما أكدت أهمية التحفيز التشريعي والإعلامي، وتشجيع التصنيع المحلي لمعدات الطاقة المُتجددة عبر الحوافز الضريبية والجمركية، والتوسع في برامج التوعية والتعليم، وإقتراح إدراج مقررات دراسية في مراحل التعليم المختلفة لتوضيح العلاقة بين الطاقة المُتجددة والحد من التغيُّرات المُناخية .

(دراسة السيد, 2023)

إستهدفت الدراسة: إظهار العلاقة بين التغيُّرات المُناخية والنمو الإقتصادي في مصر خلال الفترة الزمنية الممتدة من 1990 إلى 2020 ، إعتمدت الدراسة علي المنهج: التحليلي الوصفي للسلاسل الزمنية، وتوصلت الدراسة: إلى أن هناك تأثير إيجابي ومعنوي لكل من معدل تساقط الأمطار وإنبعاثات الكربون على النمو الإقتصادي في الأجل الطويل. بينما أظهرت النتائج وجود تأثير سلبي غير معنوي لمتوسط درجات الحرارة على النمو الإقتصادي، مما يشير لعدم تضرر الإقتصاد المصري بشدة حتى الآن. كما أكدت النتائج أن القطاع الزراعي يمثل محدداً قوياً للنمو، وأن العلاقة مع الإنبعاثات تتبع منحنى "كوزنتس" البيئي في مراحل النمو الأولى. وأوصت الدراسة بضرورة تعجيل تطوير الإستراتيجية القومية للتكيف مع المناخ وتفعيل دور "المجلس الأعلى للتغيُّرات المُناخية " برئاسة الدولة. كما دعت إلى سن قوانين تحدد نسب الإنبعاثات وفرض عقوبات وغرامات على الشركات الملوثة للبيئة "الملوث يدفع".

وشددت التوصيات على أهمية زيادة الإستثمارات في الطاقة النظيفة ودعم الإبتكار والبحث العلمي في تقنيات منخفضة الكربون. كما طالبت بتبني أساليب "الزراعة الذكية" وتطوير سلالات نباتية قادرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة والجفاف. وأكدت على ضرورة تعديل مواعيد الزراعة بما يوافق الظروف الجوية الجديدة والتوسع في المحاصيل قليلة

إستهلاك المياه. وأخيراً، اقترحت الدراسة إنشاء نظام وطني لحصر إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري من كافة مصادرها وتوفير التمويل اللازم للطاقة.

(دراسة دهشان، 2023)

إستهدفت الدراسة: إظهار أثر التحول نحو مصادر الطاقة المُتجددة في تقليل الإنبعاثات الضارة وحماية البيئة، مع تقديم رؤية حول كيفية إحلال هذه المصادر محل الطاقة التقليدية ، إعتمدت الدراسة علي المنهج: الوصفي التحليلي، وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج: أن الطاقة التقليدية لا تزال تهيمن على الحصة الأكبر من الإستهلاك العالمي، إلا أن التطور التكنولوجي المتسارع أدى إلى إنخفاض ملحوظ في تكاليف إنتاج الطاقة المُتجددة، خاصة الشمسية وطاقة الرياح فالتحول الطاقوي سيساهم في خلق ملايين الوظائف الإضافية وزيادة الناتج المحلي الإجمالي العالمي بحلول عام 2050. وبناءً على ذلك، أوصت الدراسة : بضرورة تنمية مهارات الكوادر البشرية وفق المعايير الدولية، وتعزيز قدرات التصنيع المحلي لمكونات الطاقة المُتجددة لدعم تنافسية التكلفة، كما شددت على أهمية تطوير البنية الأساسية لجذب إستثمارات القطاع الخاص، وتغيِّر الأنماط الإستهلاكية للطاقة داخل المجتمع مما يبرز دور الطاقة المُتجددة كبديل إستراتيجي ونظيف للحد من التغيُّرات المُناخية وتحقيق التنمية المستدامة.

(دراسة يوسف، 2023)

إستهدفت الدراسة: إستعراض تأثيرات التغيُّرات المُناخية ودورها الجوهري في تسريع التحول العالمي والوطني نحو مصادر الطاقة المُتجددة، وإعتمدت الدراسة على المنهج: الوصفي التحليلي، وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج: إن ظاهرة التغيُّرات المُناخية تُحفز الدول للتخلي عن الوقود الأحفوري المسبب لـــ 75% من الإنبعاثات أثبتت النتائج أن التغيُّر المُناخي يرفع الطلب على التبريد ويعمل علي تراجع تكلفة الطاقة الشمسية بنسبة 85% والرياح بنسبة تصل لـــ 56%، مما يجعلها خياراً إقتصادياً وصحياً مستداماً ويظهر ذلك من خلال تجربة مصر الرائدة عبر تدشين مجمع "بنبان" الشمسي لتقليل إنبعاثات الكربون بمقدار مليوني طن سنوياً، كما توسعت مصر في إستخدام الغاز الطبيعي وإستثمارات الهيدروجين الأخضر بمليارات الدولارات في المنطقة الإقتصادية لقناة السويس، ومشروعات الرياح في جبل الزيت والزعفرانة، وتوجهت الدولة نحو النقل المستدام كالمونوريل والقطار الكهربائي السريع، وأصت الدراسة: بالإلغاء التدريجي لدعم الوقود الأحفوري والتوجُّه لدعم قطاع الطاقة المُتجددة لتعزيز الوصول لصافي الإنبعاثات الصفري وضرورة تهيئة الشبكات الكهربائية الوطنية وتوسعتها لإستيعاب مشاريع الطاقة المُتجددة وتفعيل الربط مع دول الجوار ووضع إستراتيجية وطنية للهيدروجين الأخضر تضمن تحديث التكنولوجيات وتوفيرها بأسعار معقولة لتحقيق التنمية الشاملة، ودمج موارد البيئة وتغيُّر المُناخ كمتطلبات جامعية لرفع وعي الطلاب بمخاطر الإنبعاثات وظاهرة الإحتباس الحراري، فالإستثمار في الطاقة المُتجددة يوفر فوائد صحية بتقليل الوفيات، وفوائد إقتصادية تتجاوز 4 تريليون دولار سنوياً، فالتحول الطاقوي ضرورة قصوى لتجنب أسوأ آثار المُناخ وتوفير مستقبل آمن ومستدام للأجيال الحالية والقادمة.

(دراسة الجوجري, 2023)

إستهدفت الدراسة: تسليط الضوء على دور الطاقة المُتجددة الحيوي في مواجهة وحل أزمات الطاقة المعاصرة والمقارنة بين مصادر الطاقة المختلفة من حيث الجدوى والآثار البيئية والتحديات الفنية والمخاطر، إعتمدت الدراسة على المنهج: الوصفي التحليلي، والمنهج المقارن، وتوصلت الدراسة إلي عدة نتائج: أن مصادر الطاقة المُتجددة تمثل البديل المستدام والأقل ضرراً على النظام البيئي مقارنة بالوقود الأحفوري، ولكن هناك مجموعة تحديات تقنية ومالية تتطلب إستراتيجيات واضحة وتكاتفاً دولياً لتجاوز عوائق الإنتاج والتخزين ، وأوصت الدراسة: بضرورة تشجيع الإستثمارات في مشروعات الطاقة الخضراء وتسهيل الإجراءات القانونية والمالية وتكثيف الجهود في البحث العلمي والإبتكار لتطوير تقنيات إنتاج الطاقة ورفع كفاءة إستغلال الموارد وتبني سياسات وطنية شاملة تتماشى مع الأهداف الدولية للتنمية المستدامة وخطط الوصول لعام 2030، وأهمية نشر الوعي بأهمية الطاقة المُتجددة وتدريب الكوادر الفنية المتخصصة للتعامل مع تقنياتها الحديثة وتعزيز التعاون الدولي في مجالات نقل التكنولوجيا وتبادل الخبرات التقنية لمواجهة نقص الطاقة العالمي، لذا يجب التحول التدريجي نحو إقتصاد منخفض الكربون لضمان تأمين إحتجاجات الأجيال القادمة من الطاقة.

(دراسة إبراهيم، 2021)

إستهدفت الدراسة: إلى تحليل التغيُّرات المُناخية من حيث مفهومها وأسبابها ومظاهرها، والتعريف بمفهوم الأمن الغذائي وأبعاده وأهميته، مع دراسة أثر التغيُّرات المُناخية على الأمن الغذائي في مصر من خلال التركيز على إنتاجية محصول القمح بوصفه أحد المحاصيل الإستراتيجية الرئيسة. وإعتمدت الدراسة: على المنهجين الوصفي والتحليلي، حيث إستُخدم المنهج الوصفي لعرض الإطار المفاهيمي للتغيُّرات المُناخية والأمن الغذائي، في حين إستُخدم المنهج التحليلي لتقييم أثر التغيُّرات المُناخية على إنتاجية القمح خلال الفترة (2000–2019) وتوصلت الدراسة: إلى أن التغيُّرات المُناخية تعود إلى أسباب طبيعية وأخرى بشرية، وأن للأمن الغذائي مفاهيم متعددة تقوم على أربعة أبعاد رئيسية. كما أظهرت النتائج أن إنتاجية القمح لم تشهد تغيرات كبيرة خلال فترة الدراسة نتيجة تدخلات الدولة الهادفة إلى الحد من آثار التغيُّرات المُناخية ، مثل التوسع في إستصلاح الأراضي، وتطبيق نظم الزراعة على المصاطب، وإستنباط أصناف عالية الإنتاجية. في المقابل، كشفت النتائج عن تزايد الفجوة بين الإنتاج والإستهلاك المحلي للقمح، بما أدى إلى إرتفاع الإعتماد على الواردات. وأوصت الدراسة: بضرورة تعديل مواعيد الزراعة بما يتناسب مع المتغيِّرات المُناخية، وزراعة الأصناف الملائمة لكل نطاق مناخي، وإستنباط سلالات قمح متحملة للجفاف والملوحة وموفرة للمياه، إلى جانب دعم البحث العلمي الزراعي وتقليل الفاقد في مختلف مراحل إنتاج وتداول القمح.

(دراسة الصوري، 2020)

إستهدفت الدراسة: إلى تحليل عدد من التجارب الدولية الرائدة في مجال الطاقة الشمسية، شملت ألمانيا وإسبانيا ودولة الإمارات العربية المتحدة، مع إبراز دور الطاقة المُتجددة في تحقيق الأولويات التنموية على المستويين القومي والعالمي، باعتبارها مصدراً نظيفًا ومستداماً يدعم التنمية الإقتصادية والإجتماعية . وأكدت الدراسة أن الطاقات المُتجددة تمثل مورداً

أساسيًا غير ناضب، في ظل توقعات بنضوب مصادر الطاقة التقليدية وإرتفاع الطلب العالمي على الطاقة بنسبة قد تصل إلى 40% بحلول عام 2030 مقارنة بعام 2005. وإعتمدت الدراسة: على المنهج التحليلي في تقييم السياسات والإجراءات والمحفزات الحكومية التي تبنتها الدول محل الدراسة لدعم صناعة الطاقة الشمسية، إلى جانب المنهج المقارن لمقارنة إنتاج الكهرباء من الطاقة الكهروضوئية بين دول الإتحاد الأوروبي عبر فترات زمنية مختلفة. وأظهرت النتائج أن التوسع في مشروعات الطاقة الشمسية أسهم في خفض تكلفة الخلايا الكهروضوئية وزيادة كفاءتها نتيجة التطور التكنولوجي والإنتاج التجاري واسع النطاق. كما أبرزت الدراسة التجربة الألمانية كنموذج رائد في التكنولوجيا الخضراء، والتجربة الإسبانية كنموذج متقدم في تقنيات التخزين الحراري، والتجربة الإماراتية كنموذج ناجح في تنفيذ المشروعات الشمسية الكبرى وتطبيقاتها المتنوعة. وأوصت الدراسة: بضرورة الإستفادة من السياسات التمويلية والحوافز التي طبقتها الدول المتقدمة، وتعظيم إستغلال الإشعاع الشمسي في مصر، ودعم المشروعات الخضراء، وتعزيز الإستثمار المحلي والأجنبي في صناعة الطاقة الشمسية، إلى جانب إقامة شراكات دولية للتصنيع المشترك، وفرض ضرائب كربونية لدعم الإقتصاد الأخضر.

(دراسة علام، 2019)

إستهدفت الدراسة: تحليل الإبتكار وتنافسية تكنولوجيات الطاقة المُتجددة في مصر، ولا سيما طاقتي الرياح والطاقة الشمسية، في إطار تحقيق التنمية المستدامة ووفق مستهدفات رؤية مصر 2030، مع الإستفادة من التجارب الدولية. وأشارت الدراسة إلى ما تتمتع به مصر من وفرة في مصادر الطاقة المُتجددة، حيث خُصصت مساحات واسعة من الأراضي غير المستغلة لمشروعات الطاقة المُتجددة بإستثمارات كبيرة، بما يسهم في دعم النمو الإقتصادي، وخلق فرص العمل، وتطوير التصنيع المحلي، وتعزيز تنافسية الإقتصاد الوطني في ظل تزايد الطلب على الطاقة والنمو السكاني. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي التحليلي لتحليل مؤشرات أداء قطاع الطاقة المُتجددة في مصر، إلى جانب إستخدام تحليلSWOT لتحديد الفرص والتحديات التي تواجه القطاع، وإستخلاص السياسات الداعمة للإبتكار وأمن الطاقة والتنمية المستدامة. وتوصلت النتائج إلى أن الطاقة المُتجددة تمثل ركيزة أساسية لتحقيق التنمية المستدامة وتعزيز أمن الطاقة، وأن الإبتكار يسهم في خفض تكاليف تكنولوجيات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وزيادة تنافسيتها، مع توقع إرتفاع مساهمة المصادر المُتجددة في توليد الكهرباء في مصر على المدى المتوسط. كما أبرزت الدراسة الدور المتنامي للتصنيع المحلي في دعم الإبتكار وزيادة تنافسية الصادرات المرتبطة بمعدات الطاقة المُتجددة، إلى جانب الإرتباط الوثيق بين التوسع في الطاقات المُتجددة وتحسين كفاءة الطاقة وخفض الطلب وقت الذروة. وأوصت الدراسة بضرورة دعم الإبتكار والتصنيع المحلي، وتطوير الأطر التنظيمية والتمويلية، وتعزيز الشبكات الذكية والربط الإقليمي، وجذب الإستثمارات الخاصة والأجنبية، بما يعزز تنافسية قطاع الطاقة المُتجددة ويسهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

(دراسة الحمادي، 2019)

إستهدفت الدراسة: إلى توضيح مفهوم الطاقة المُتجددة وأنواعها، وتأصيل دورها في السياق العالمي من حيث إنتشارها وأهميتها الإقتصادية ، مع تحليل التحديات والعوامل المؤثرة في نموها على المستوى الدولي. كما تناولت الدراسة أثر الطاقة

المُتجددة في تحقيق أبعاد التنمية المستدامة الإقتصادية والإجتماعية والبيئية، مؤكدة أن تحقيق البعد البيئي يمثل المدخل الرئيس لتحقيق باقي أبعاد التنمية المستدامة. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي من خلال تحليل عدد من التقارير والمقالات التي تناولت إنجازات الطاقة المُتجددة ودورها في دعم التنمية المستدامة. وتوصلت النتائج: إلي أن الطاقة المُتجددة تسهم في تحقيق البعد الإقتصادي عبر تنويع مصادر الطاقة، وتغيير أنماط الإنتاج والإستهلاك غير المستدامة، وخلق فرص عمل دائمة، وتحلية مياه البحر، فضلاً عن إمكانية تصنيع تقنياتها محليًا في الدول النامية. كما تؤدي دوراً مهماً في تعزيز البعد الإجتماعي من خلال توفير مصادر طاقة آمنة وملائمة للمناطق الريفية والنائية وتحسين الصحة العامة. أما على الصعيد البيئي، فتتمثل أهميتها في كونها مصادر نظيفة وصديقة للبيئة، تقلل التلوث وتحافظ على الموارد الطبيعية والصحة العامة. وأوصت الدراسة: بضرورة تعزيز الإعتماد على الطاقة المُتجددة بوصفها مدخلاً أساسيًا لتحقيق البعد البيئي، بما ينعكس إيجاباً على تحقيق الأبعاد الإقتصادية والإجتماعية للتنمية المستدامة.

(دراسة سيد، 2019)

إستهدفت الدراسة: توضيح مفهوم التغيُّر المُناخي، والتعرف على أسبابه الطبيعية والبشرية، وسبل مواجهته، مع تحليل نتائجه وتأثيراته المختلفة على البيئة والإنسان. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي من خلال عرض الإطار المفاهيمي للتغيُّرات المُناخية ، وأسبابها، ومظاهرها، والآثار المترتبة عليها. وتوصلت الدراسة: إلى أن التغيُّر المُناخي يُعد من أخطر القضايا العالمية المعاصرة، ويُعد غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج أساساً عن حرق الوقود الأحفوري من أبرز مسبباته، إلى جانب إزالة الغابات، وإنبعاثات غاز الميثان، وأكاسيد النيتروجين، والكلوروفلوروكربونات، فضلاً عن بعض العوامل الطبيعية كالثورات البركانية والنشاط الشمسي. كما أظهرت النتائج أن للتغيُّرات المُناخية آثاراً واسعة تشمل إرتفاع منسوب سطح البحر، وتدهور النظم البيئية الساحلية والبحرية، وتهديد الشعاب المرجانية، وتأثيرات سلبية على الصحة العامة وجودة الحياة، إضافة إلى إنعكاساتها على الموارد المائية، والأمن الغذائي، والإنتاج الزراعي والسمكي، والقطاع السياحي، فضلاً عن تزايد الظواهر المُناخية المتطرفة. وأوصت الدراسة: بضرورة الإسراع في خفض الإنبعاثات العالمية للغازات الدفيئة، وتعزيز الجهود الدولية لتفادي الوصول إلى مستويات خطرة من التغيُّر المُناخي، مع التأكيد على أهمية إجراء دراسات متعمقة لتقييم الآثار الصحية والإجتماعية والإقتصادية المترتبة على هذه الظاهرة.

(دراسة الأمير، 2018)

إستهدفت الدراسة: إختبار الفرضية الرئيسة التي تفترض أن الإهتمام بقطاع الطاقة الجديدة يُعد من أنجح وأسرع السُبل لتحقيق التنمية المستدامة في أفريقيا. وأكدت الدراسة أن الطاقة الجديدة، ولا سيما الطاقة الشمسية، تمثل الخيار الأكثر كفاءة وشمولية لدعم التنمية الأفريقية، نظراً لما تحققه من آثار إيجابية على المستويات الإقتصادية والإجتماعية وحتى السياسية، فضلاً عن دور قطاع الطاقة بوصفه ركيزة أساسية لأي نموذج تنموي وتحسين مستويات المعيشة. وإعتمدت الدراسة: على المنهج الوصفي من خلال تحليل التقارير والبيانات المتاحة لإستشراف مستقبل قطاع الطاقة في أفريقيا. توصلت النتائج: إلي أن عدداً من الدول الأفريقية إتجه فعلياً إلى الإستثمار في الطاقة المُتجددة، وإحتضنت القارة مشروعات كبرى للطاقة

الشمسية، مثل مشروع «نور ورزازات» بالمغرب، كما أسهمت الحلول اللامركزية، كالمحطات الشمسية الصغيرة، في تحسين الخدمات بالمناطق النائية. في المقابل، برزت تحديات التمويل وضعف الترابط الطاقي، إلى جانب محدودية الإعتماد على الطاقة المائية بسبب تكرار موجات الجفاف. وأوصت الدراسة: بضرورة إعطاء أولوية للطاقة الشمسية بإعتبارها المصدر الأكثر إستدامة ، وتعزيز التعاون الإقليمي بين الدول الأفريقية لتبادل فائض الطاقة، مع تهيئة بيئة جاذبة للإستثمارات الأجنبية لدعم قطاع الطاقة الجديدة وتحقيق التنمية المستدامة.

(دراسة سياما، 2015)

إستهدفت الدراسة: تحليل الآثار المحتملة لظاهرة الإحتباس الحراري الناتجة أساساً عن الإستهلاك المفرط للطاقة الأحفورية، ولا سيما البترول والفحم، مع التأكيد على ضرورة خفض الإنبعاثات الكربونية إلى النصف للحد من تفاقم هذه الظاهرة. وأوضحت الدراسة أن إستمرار الإحتباس الحراري قد يؤدي إلى تزايد الكوارث الطبيعية، وتفاقم مشكلات ندرة مياه الشرب، وتدهور القطاع الزراعي، وإنتشار الأمراض، وفقدان التنوع البيولوجي. كما أكدت أن السيطرة على حجم هذه التغيرات لا تزال ممكنة من خلال تبني سياسات التخفيف والتكيف، وأن القرارات البشرية في مجالي الطاقة وأنماط الحياة ستحدد مستقبل المناخ العالمي على المدى المتوسط. وإعتمدت الدراسة: على مجموعة من المناهج شملت المنهج الإستقرائي، والتاريخي، والمقارن، والتحليلي، وقدمت طرحها عبر عدة محاور تناولت ظاهرة الإحتباس الحراري، وتوقعات المناخ، وتأثيراته على الإنسان، والمسؤولة عن تفاقمه، وسبل مواجهة تحدياته. وتوصلت النتائج: إلى ضرورة التحول إلى مصادر الطاقة المُتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية، إلى جانب تبني إجراءات داعمة كتحسين كفاءة الطاقة، وإعادة التدوير، وعزل المباني، والتوسع في النقل المستدام، وتقليل الأنماط الغذائية عالية الإنبعاثات، مع التحذير من المخاطر البيئية طويلة الأمد لبعض تقنيات إحتجاز الكربون.

(دراسة عبد الظاهر، 2015)

إستهدفت الدراسة: توضيح مفهوم التغيُّرات المُناخية وأسبابها الطبيعية والبشرية، وتقييم آثارها المحتملة على القطاعات الحيوية في مصر، خاصة السواحل ودلتا النيل ونهر النيل والزراعة والصحة العامة والبيئة البحرية، إلى جانب إستعراض الجهود المصرية لمواجهة هذه التحديات. وإعتمدت الدراسة: على المنهجين الوصفي والتحليلي، واستخدمت نماذج وسيناريوهات مستقبلية لتقدير تأثير التغيُّرات المُناخية على إنتاجية القمح والذرة، والمدن الساحلية، وتدفقات نهر النيل. وتوصلت النتائج: إلي أن التغيُّرات المُناخية تمثل تهديداً خطيراً للسواحل المصرية ودلتا النيل، مع توقعات بإرتفاع منسوب سطح البحر ونقص تدفقات النيل وتراجع الإنتاج الزراعي، فضلاً عن آثارها السلبية على الصحة العامة والتنوع البيولوجي البحري. وأوصت الدراسة: بضرورة تكثيف البحوث المتخصصة، وتحسين إدارة الموارد المائية والزراعية، وتطوير سياسات حماية السواحل والبيئة البحرية، وتفعيل نظم الإنذار المبكر، وبناء القدرات الوطنية لمواجهة تداعيات التغيُّرات المُناخية .

(دراسة اللبدي، 2015)

إستهدفت الدراسة: توضيح مفهوم التنمية المستدامة، وإستعراض الرؤى المختلفة حول أزمة البيئة وسبل مواجهتها، مع تحليل الجهود الدولية المبذولة لتبني هذا النهج، وتقديم مقترحات عملية لحماية البيئة وضمان إستدامتها. كما سعت الدراسة إلى رفع مستوى الوعي البيئي لدى المواطن العربي، والتنبيه إلى أهمية الإعتماد على مصادر الطاقة المُتجددة بوصفها مُدخلاً أساسيًا لتحقيق التنمية المستدامة.

وإعتمدت الدراسة: على المنهجين الوصفي والتحليلي لفهم أبعاد التنمية المستدامة وإستغلال الموارد الطبيعية بصورة رشيدة، مع التأكيد على المسؤولية البيئية. وتوصلت النتائج: إلى أهمية تبني منظومة متكاملة لإدارة المخلفات الصلبة، وتنويع مصادر الطاقة في ظل محدودية المصادر التقليدية وما تسببه من إستنزاف وتلوث، والتوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة، خاصة الشمسية والرياح، بما يسهم في مواجهة التغيُّرات المُناخية والحفاظ على الموارد للأجيال القادمة. وأوصت الدراسة: بضرورة تعزيز الأطر التشريعية والتنظيمية لإدارة المخلفات، وتنمية الوعي البيئي وبناء القدرات البشرية، إلى جانب إدخال تغييرات جوهرية في السياسات الإقتصادية والتخطيطية على المستويين الوطني والإقليمي، مع توسيع قاعدة المشاركة المجتمعية في صنع القرار البيئي لتحقيق التنمية المستدامة.

التعقيب على الدراسات السابقة:

يتضح من إستعراض الدراسات السابقة أنها أولت إهتمامًا واسعًا بتحليل مخاطر التغيُّرات المُناخية وتداعياتها المتعددة على مصر، لا سيما فيما يتعلق بالقطاعات الحيوية مثل الزراعة، والموارد المائية، والمناطق الساحلية، والصحة العامة. كما أجمعت غالبية الدراسات على الدور المحوري الذي يمكن أن تلعبه مصادر الطاقة المُتجددة، وبخاصة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية، في التخفيف من آثار التغيُّرات المُناخية ، بإعتبارها أداة رئيسية لتحقيق التنمية المستدامة بأبعادها البيئية والإقتصادية والإجتماعية .

كما ركزت بعض الدراسات على إستعراض السياسات والجهود الوطنية والإقليمية الهادفة إلى التحول نحو الطاقة النظيفة، مثل الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050، وخطط التكيف، والتوسع في الإستثمارات الموجهة لقطاع الطاقة المُتجددة. كما أوضحت الدراسات أن تنمية قطاع الطاقة المُتجددة لا يقتصر على البعد البيئي، بل يمتد ليشمل دعم النمو الإقتصادي، وخلق فرص عمل لائقة، وتعزيز تنافسية الإقتصاد، سواء على مستوى مصر أو دول شمال أفريقيا والعالم العربي. وتناولت بعض الدراسات تجارب دولية وعربية ناجحة في هذا المجال، مؤكدة أهمية توطين تكنولوجيات الطاقة المُتجددة، خاصة الشمسية والرياح، لمواكبة التوجهات العالمية والتحول نحو الإقتصاد الأخضر.

وفي المقابل، أشارت هذه الدراسات إلى مجموعة من التحديات التي تعيق التوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة، من أبرزها إرتفاع التكاليف الأولية، وضعف التنسيق المؤسسي، ومحدودية نقل التكنولوجيا، فضلاً عن الحاجة إلى دعم البحث العلمي وتوفير الحوافز الجاذبة للإستثمار المحلي والأجنبي.

على الرغم من ذلك، تبرز فجوة بحثية تتمثل في محدودية الدراسات التي تقدم تحليلاً متكاملاً لدور الطاقة المُتجددة في تحقيق التنمية المستدامة وبناء المرونة المُناخية في مصر. إذ إنصرفت معظم الدراسات إلى تناول الجوانب البيئية أو الإقتصادية كلٌ على حدة، دون دمج الأبعاد البيئية والإقتصادية والإجتماعية في إطار تحليلي واحد، أو تقييم إسهام الطاقة

المُتجددة في تحقيق مستهدفات رؤية مصر 2030 بصورة شاملة. ومن هنا تنبع أهمية هذا البحث، إذ يسعى إلى سد هذه الفجوة من خلال دراسة دور الطاقة المُتجددة في تعزيز مسار التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية في مصر، عبر تحليل متكامل يجمع بين الأبعاد البيئية والإقتصادية والإجتماعية ، مع ربط ذلك بالسياسات الوطنية والتجارب الدولية، وتقديم مقترحات عملية تدعم التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون وأكثر إستدامة .

القسم الثاني

الإطار المفاهيمي للطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية

تمهيد:

شهد العالم خلال العقود الأخيرة إهتماماً متزايداً بقضايا البيئة والتنمية المستدامة في ظل التحديات المتصاعدة المرتبطة بالتغيُّرات المُناخية وتدهور الموارد الطبيعية. وقد إرتبطت هذه التحديات بدرجة كبيرة بالأنماط التقليدية لإنتاج وإستهلاك الطاقة، والتي تعتمد بشكل رئيسي على الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي. ورغم الدور الحيوي الذي لعبته هذه المصادر في دعم النمو الإقتصادي والتوسع الصناعي منذ الثورة الصناعية، فإن إستخدامها المكثف أدى إلى إرتفاع مستويات التلوث البيئي وزيادة إنبعاثات الغازات الدفيئة، الأمر الذي ساهم في تفاقم ظاهرة الإحتباس الحراري وتسارع وتيرة التغيُّرات المُناخية على مستوى العالم.

وفي ضوء هذه التحديات البيئية والإقتصادية ، برزت الحاجة إلى التحول نحو مصادر طاقة بديلة تتسم بالإستدامة وتحد من الآثار السلبية للنشاط البشري على البيئة. ومن هنا إكتسبت الطاقة المُتجددة أهمية متزايدة بوصفها أحد أهم البدائل الإستراتيجية القادرة على تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الإقتصادية والحفاظ على البيئة. وتعتمد الطاقة المُتجددة على موارد طبيعية متجددة ومتوافرة في الطبيعة بشكل مستمر، الأمر الذي يجعلها مصدراً مستداماً للطاقة يمكن الإعتماد عليه في تلبية إحتياجات الحاضر دون المساس بحقوق الأجيال القادمة في الموارد الطبيعية.

وتتنوع مصادر الطاقة المُتجددة تبعاً لمصدرها الطبيعي وآلية إنتاج الطاقة منها، حيث تشمل الطاقة الشمسية التي تعتمد على تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كهربائية أو حرارية، وطاقة الرياح التي تقوم على إستغلال حركة الرياح لتوليد الكهرباء بإستخدام التوربينات، إضافة إلى الطاقة المائية التي تعتمد على حركة المياه في الأنهار والسدود لإنتاج الطاقة الكهربائية. كما تشمل أيضاً طاقة الكتلة الحيوية التي يتم إنتاجها من المخلفات العضوية الزراعية والحيوانية والنباتية، فضلاً عن الطاقة الجيوحرارية التي يتم الحصول عليها من الحرارة المختزنة في باطن الأرض. وتمثل هذه المصادر مجتمعة بدائل مهمة لمصادر الطاقة التقليدية، لما تتميز به من إنخفاض في الإنبعاثات الكربونية وقدرتها على دعم التحول نحو أنماط إنتاج طاقة أكثر إستدامة .

ويتزامن الإهتمام المتزايد بالطاقة المُتجددة مع تصاعد المخاوف العالمية بشأن التغيُّرات المُناخية ، التي أصبحت من أبرز التحديات البيئية التي تواجه المجتمع الدولي في العصر الحديث. ويشير مفهوم التغيُّرات المُناخية إلى التحولات طويلة الأجل التي تطرأ على عناصر المناخ المختلفة، مثل درجات الحرارة وأنماط هطول الأمطار ومستويات الرطوبة والرياح. وقد

إرتبطت هذه التغيُّرات بدرجة كبيرة بالأنشطة البشرية، خاصة تلك المرتبطة بإستخدام الوقود الأحفوري وإزالة الغابات والتوسع الصناعي، والتي تؤدي إلى زيادة تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي.

ومن بين أهم مظاهر التغيُّرات المُناخية ظاهرة الإحتباس الحراري، التي تحدث نتيجة تراكم الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى إحتجاز جزء من الحرارة المنبعثة من سطح الأرض وإرتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية. وقد أسهمت هذه الظاهرة في حدوث العديد من الإضطرابات المناخية والبيئية، مثل زيادة تواتر الظواهر المُناخية المتطرفة، وإرتفاع مستويات سطح البحر، وتغير الأنماط البيئية في العديد من مناطق العالم.

وقد ترتبت على التغيُّرات المُناخية مجموعة من التداعيات التي تمتد آثارها إلى مختلف جوانب الحياة الإنسانية. فعلى الصعيد البيئي، تؤدي هذه التغيُّرات إلى تدهور النظم البيئية وفقدان التنوع البيولوجي وتزايد مخاطر التصحر والجفاف. أما على الصعيد الإقتصادي، فإنها تؤثر في الإنتاج الزراعي والموارد المائية والأنشطة الإقتصادية المختلفة، مما قد يؤدي إلى زيادة التكاليف الإقتصادية المرتبطة بالتكيف مع هذه التغيُّرات. وعلى الصعيد الإجتماعي، فقد تسهم التغيُّرات المُناخية في تفاقم مشكلات الفقر والهجرة البيئية وتدهور مستويات المعيشة في بعض المناطق الأكثر عرضة للمخاطر المُناخية.

وفي هذا السياق، تبرز أهمية الطاقة المُتجددة بوصفها أحد الأدوات الرئيسة للتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية ، إذ تسهم في تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري والحد من إنبعاثات الغازات الدفيئة، وهو ما يساعد في الحد من تفاقم ظاهرة الإحتباس الحراري. كما تمثل الطاقة النظيفة عنصراً مهماً في دعم التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون يعزز الإستدامة البيئية ويحقق التوازن بين متطلبات التنمية الإقتصادية والحفاظ على الموارد الطبيعية.

وعلاوة على ذلك، تلعب الطاقة المُتجددة دوراً محورياً في تحقيق التنمية المستدامة من خلال دعم الأبعاد البيئية والإقتصادية والإجتماعية للتنمية. فهي تسهم في حماية البيئة من التلوث، وتعزز أمن الطاقة من خلال تنويع مصادرها، كما تفتح آفاقًا جديدة للإستثمار وخلق فرص العمل في قطاعات التكنولوجيا الخضراء. كما تساعد في تحسين جودة الحياة وتوسيع نطاق الحصول على الطاقة النظيفة، خاصة في المناطق الريفية والنائية.

وبناءً على ما سبق، يتضح أن العلاقة بين الطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية والتنمية المستدامة تمثل علاقة تكاملية، حيث تسهم الطاقة المُتجددة في الحد من الآثار السلبية للتغيُّرات المُناخية وفي الوقت نفسه تدعم تحقيق مسار تنموي أكثر إستدامة. ومن هذا المنطلق، يتناول هذا القسم من الدراسة إستعراض أنواع مصادر الطاقة المُتجددة، وتحليل مفهوم التغيُّرات المُناخية وأسبابها وتداعياتها، إضافة إلى توضيح العلاقة بين الطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية ودورها في تحقيق التنمية المستدامة.

1.2 أهمية الطاقة المُتجددة في التنمية المستدامة

تُعد الطاقة المُتجددة أحد الركائز الأساسية لتحقيق التنمية المستدامة، نظراً لما تمثله من بديل نظيف ومستدام لمصادر الطاقة التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري. فقد أصبح التحول نحو إستخدام مصادر الطاقة المُتجددة ضرورة ملحّة في ظل التحديات البيئية والإقتصادية التي يواجهها العالم، خاصة مع تزايد معدلات التلوث البيئي وإرتفاع إنبعاثات الغازات الدفيئة

الناتجة عن إستخدام مصادر الطاقة التقليدية. وتسهم الطاقة المُتجددة في دعم مسار التنمية المستدامة من خلال تحقيق التوازن بين الأبعاد الثلاثة للتنمية، وهي البعد البيئي والإقتصادي والإجتماعي.

فعلى الصعيد البيئي، تسهم الطاقة المُتجددة في الحد من التلوث البيئي وتقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة، وعلى رأسها ثاني أكسيد الكربون، الذي يعد من أهم مسببات ظاهرة الإحتباس الحراري والتغيُّرات المُناخية . كما يساعد الإعتماد على مصادر الطاقة النظيفة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، في تقليل الضغوط الواقعة على الموارد الطبيعية غير المُتجددة، بما يسهم في الحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

أما على الصعيد الإقتصادي، فإن التوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة يسهم في تنويع مصادر الطاقة وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري، الأمر الذي يعزز أمن الطاقة ويحد من تقلبات أسعار الوقود في الأسواق العالمية. كما يسهم قطاع الطاقة المُتجددة في تحفيز النمو الإقتصادي من خلال جذب الإستثمارات في مجالات التكنولوجيا النظيفة والبنية التحتية للطاقة، إضافة إلى دوره في خلق فرص عمل جديدة في مجالات إنتاج الطاقة المُتجددة وتصنيع المعدات المرتبطة بها.

وفيما يتعلق بالبعد الإجتماعي، فإن الطاقة المُتجددة تسهم في تحسين جودة الحياة من خلال توفير مصادر طاقة نظيفة وآمنة تدعم مختلف الأنشطة الإقتصادية والخدمية. كما تساعد في توسيع نطاق الحصول على الطاقة في المناطق الريفية والنائية التي قد تعاني من ضعف البنية التحتية للطاقة التقليدية، الأمر الذي يسهم في تعزيز التنمية المحلية وتحقيق قدر أكبر من العدالة في توزيع الخدمات والموارد بين مختلف فئات المجتمع. كما تلعب الطاقة المُتجددة دوراً مهماً في دعم التحول نحو الإقتصاد الأخضر الذي يهدف إلى تحقيق النمو الإقتصادي مع تقليل الآثار البيئية السلبية للنشاط البشري. ويعزز هذا التحول من قدرة الدول على مواجهة التحديات البيئية المعاصرة، وفي مقدمتها التغيُّرات المُناخية ، من خلال تبني سياسات وإستراتيجيات قائمة على الإستخدام المستدام للموارد الطبيعية.

وبناءً على ما سبق، يتضح أن الطاقة المُتجددة تمثل أحد الأدوات الإستراتيجية لتحقيق التنمية المستدامة، لما لها من دور محوري في حماية البيئة وتعزيز النمو الإقتصادي وتحسين مستوى المعيشة، بما يسهم في تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الحالية وحقوق الأجيال القادمة في الإستفادة من الموارد الطبيعية.

2.2 مصادر الطاقة المُتجددة

تتنوع مصادر الطاقة المُتجددة تبعًا لطبيعة الموارد الطبيعية التي تعتمد عليها، وتمثل هذه المصادر بدائل مهمة لمصادر الطاقة التقليدية القائمة على الوقود الأحفوري، نظراً لقدرتها على إنتاج الطاقة مع تقليل الآثار البيئية السلبية والإنبعاثات الكربونية. وتشمل مصادر الطاقة المُتجددة عدة أنواع رئيسية، من أبرزها الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية وطاقة الكتلة الحيوية والطاقة الجيوحرارية (IRENA, 2021).

الطاقة الشمسية

تُعد الطاقة الشمسية من أهم مصادر الطاقة المُتجددة وأكثرها انتشاراً في العالم، حيث تعتمد على استغلال أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربائية أو حرارية من خلال الخلايا الكهروضوئية أو الأنظمة الحرارية الشمسية. وتتميز الطاقة

الشمسية بتوافرها في معظم مناطق العالم، خاصة في المناطق ذات الإشعاع الشمسي المرتفع مثل دول الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، الأمر الذي يجعلها مصدراً مهماً للطاقة النظيفة (IEA, 2022). كما تسهم الطاقة الشمسية في تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري وخفض الإنبعاثات الكربونية، وهو ما يعزز جهود الدول في مواجهة التغيُّرات المُناخية (REN21, 2022).

طاقة الرياح

تعتمد طاقة الرياح على تحويل الطاقة الحركية الناتجة عن حركة الرياح إلى طاقة كهربائية بإستخدام توربينات الرياح. وقد شهد هذا النوع من الطاقة تطوراً كبيراً خلال العقود الأخيرة نتيجة التقدم التكنولوجي وإنخفاض تكاليف الإنتاج، مما أدى إلى توسع العديد من الدول في إستخدامه ضمن مزيج الطاقة لديها (IRENA, 2021). وتتميز طاقة الرياح بأنها مصدر نظيف للطاقة ولا تنتج عنها إنبعاثات ملوثة أثناء التشغيل، مما يجعلها من الخيارات الفعالة للحد من التلوث البيئي وتقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة.

الطاقة المائية

تُعد الطاقة المائية من أقدم مصادر الطاقة المُتجددة المستخدمة في إنتاج الكهرباء، حيث تعتمد على إستغلال حركة المياه في الأنهار والسدود لتشغيل التوربينات المائية وتوليد الطاقة الكهربائية. وتمثل الطاقة الكهرومائية نسبة كبيرة من إجمالي إنتاج الطاقة المُتجددة في العديد من دول العالم، نظراً لقدرتها على إنتاج كميات كبيرة من الكهرباء بصورة مستقرة (IEA, 2022). كما تتميز هذه الطاقة بإنخفاض تكاليف التشغيل بعد إنشاء البنية التحتية اللازمة لإنتاجها.

طاقة الكتلة الحيوية

تنتج طاقة الكتلة الحيوية من المواد العضوية مثل المخلفات الزراعية والحيوانية والنباتية، حيث يتم تحويل هذه المواد إلى طاقة من خلال عمليات الإحتراق أو التحلل الحيوي لإنتاج الطاقة الحرارية أو الكهربائية (World Bank, 2020). وتمثل هذه الطاقة أحد المصادر المهمة للطاقة المُتجددة، خاصة في الدول التي تتوافر فيها كميات كبيرة من المخلفات الزراعية، كما تسهم في تقليل التلوث الناتج عن تراكم المخلفات.

الطاقة الجيوحرارية

تعتمد الطاقة الجيوحرارية على إستغلال الحرارة المخزنة في باطن الأرض لإنتاج الطاقة الكهربائية أو لتوفير الطاقة الحرارية للإستخدامات المختلفة. وتتميز هذه الطاقة بأنها مصدر مستقر ومستدام للطاقة، حيث يمكن إنتاجها بشكل مستمر دون التأثر بالظروف المناخية مثل بعض مصادر الطاقة المُتجددة الأخرى (IEA, 2022).

3.2 تداعيات التغيُّرات المُناخية

تُعد التغيُّرات المُناخية من أبرز التحديات البيئية العالمية التي تواجه البشرية في الوقت الحاضر، حيث تشير الأدبيات العلمية إلى أن النظام المناخي للأرض يشهد تغيرات متسارعة نتيجة مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية. وقد أدى التوسع في

الأنشطة الإقتصادية والصناعية منذ الثورة الصناعية إلى زيادة الإعتماد على الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، وهو ما أسهم بشكل كبير في إرتفاع تركيز الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، وعلى رأسها ثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز (IPCC, 2014). وتعمل هذه الغازات على إحتجاز الحرارة داخل الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى ظاهرة الإحتباس الحراري وإرتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية.

ولا تقتصر أسباب التغيُّرات المُناخية على الأنشطة البشرية فحسب، بل تشمل أيضاً بعض العوامل الطبيعية مثل التغيرات في النشاط الشمسي والانفجارات البركانية التي قد تؤثر في توازن النظام المناخي للأرض. ومع ذلك، تؤكد معظم الدراسات العلمية أن الأنشطة البشرية تمثل العامل الرئيس في تسارع وتيرة التغيُّرات المُناخية خلال العقود الأخيرة، خاصة نتيجة حرق الوقود الأحفوري في قطاعات الطاقة والصناعة والنقل، إضافة إلى إزالة الغابات والتوسع العمراني الذي يؤدي إلى تقليل قدرة النظم البيئية على امتصاص ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي (United Nations, 2020).

وقد أدت هذه التغيُّرات المُناخية إلى ظهور مجموعة واسعة من التداعيات التي تمتد آثارها إلى الجوانب البيئية والإقتصادية والإجتماعية ، مما يجعلها قضية عالمية تتطلب تعاوناً دولياً لمواجهتها والحد من آثارها السلبية.

الآثار البيئية للتغيُّرات المُناخية :

تتمثل أبرز التداعيات البيئية للتغيُّرات المُناخية في إرتفاع متوسط درجات الحرارة العالمية، وهو ما يؤدي إلى ذوبان الجليد في المناطق القطبية والجبال الجليدية، وبالتالي إرتفاع مستوى سطح البحر. وقد يشكل هذا الإرتفاع تهديداً كبيراً للمناطق الساحلية المنخفضة والجزر الصغيرة التي قد تتعرض لخطر الغمر بالمياه (IPCC, 2014).

كما تؤدي التغيُّرات المُناخية إلى تدهور النظم البيئية الطبيعية وفقدان التنوع البيولوجي، حيث تتأثر العديد من الكائنات الحية بتغير درجات الحرارة وأنماط هطول الأمطار، مما قد يؤدي إلى انقراض بعض الأنواع أو تغير توزيعها الجغرافي.

إضافة إلى ذلك، تسهم التغيُّرات المُناخية في زيادة مخاطر التصحر والجفاف في العديد من المناطق، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعتمد بشكل كبير على الموارد المائية المحدودة (UNEP, 2021).

ومن بين التداعيات البيئية الأخرى زيادة تواتر الظواهر المناخية المتطرفة مثل الأعاصير والفيضانات وموجات الحر الشديدة، وهي ظواهر أصبحت أكثر تكراراً وشدة نتيجة التغيرات في النظام المناخي العالمي.

الآثار الإقتصادية للتغيُّرات المُناخية :

تمتد آثار التغيُّرات المُناخية إلى الجوانب الإقتصادية ، حيث تؤثر بشكل مباشر في العديد من القطاعات الإقتصادية الحيوية مثل الزراعة والموارد المائية والطاقة والسياحة. فعلى سبيل المثال، قد يؤدي إرتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط الأمطار إلى إنخفاض الإنتاج الزراعي في بعض المناطق، مما قد يهدد الأمن الغذائي ويؤدي إلى إرتفاع أسعار المواد الغذائية (World Bank, 2020). كما قد تؤدي الكوارث الطبيعية المرتبطة بالتغيُّرات المُناخية ، مثل الفيضانات والعواصف، إلى خسائر إقتصادية كبيرة نتيجة تدمير البنية التحتية وتعطيل الأنشطة الإقتصادية . وتتحمل الحكومات تكاليف إضافية لإعادة بناء البنية التحتية المتضررة وتنفيذ إجراءات التكيف مع التغيُّرات المُناخية .

إضافة إلى ذلك، قد تؤثر التغيُّرات المُناخية في قطاع الطاقة، حيث يمكن أن تؤدي موجات الحر الشديدة إلى زيادة الطلب على الكهرباء لأغراض التبريد، في حين قد تؤثر فترات الجفاف في إنتاج الطاقة الكهرومائية في بعض الدول.

الآثار الإجتماعية للتغيُّرات المُناخية :

لا تقتصر تداعيات التغيُّرات المُناخية على الجوانب البيئية والإقتصادية ، بل تمتد أيضاً إلى الجوانب الإجتماعية ، حيث يمكن أن تؤدي إلى تفاقم العديد من المشكلات الإجتماعية مثل الفقر والهجرة البيئية. فمع تدهور الموارد الطبيعية وإنخفاض الإنتاج الزراعي في بعض المناطق، قد يضطر السكان إلى الهجرة بحثًا عن فرص معيشية أفضل، وهو ما قد يؤدي إلى زيادة الضغوط على المناطق الحضرية والبنية التحتية فيها (United Nations, 2020).

كما قد تؤثر التغيُّرات المُناخية في الصحة العامة للسكان، حيث يمكن أن تؤدي موجات الحر الشديدة إلى زيادة معدلات الإصابة بالأمراض المرتبطة بالحرارة، إضافة إلى إنتشار بعض الأمراض المعدية نتيجة تغير الظروف البيئية. كما قد تتأثر الموارد المائية وجودة الغذاء، مما ينعكس سلبًا على مستوى الصحة العامة وجودة الحياة.

وفي ضوء ما سبق، يتضح أن التغيُّرات المُناخية تمثل تحديًا عالميًا متعدد الأبعاد، حيث تتداخل آثارها البيئية والإقتصادية والإجتماعية بشكل معقد. ومن ثم، فإن مواجهة هذه التحديات تتطلب تبني سياسات وإستراتيجيات فعّالة تهدف إلى الحد من إنبعاثات الغازات الدفيئة وتعزيز الإعتماد على مصادر الطاقة النظيفة والمُتجددة، بما يسهم في تحقيق التنمية المستدامة وحماية البيئة للأجيال الحالية والمستقبلية.

4.2 العلاقة بين الطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية

تُعد العلاقة بين الطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية من القضايا المحورية في الدراسات البيئية والإقتصادية المعاصرة، نظراً للدور الذي يلعبه قطاع الطاقة في التأثير على النظام المناخي العالمي.

فقد أظهرت العديد من الدراسات أن إنتاج الطاقة وإستهلاكها يمثلان أحد أهم مصادر إنبعاثات الغازات الدفيئة، حيث يعتمد نظام الطاقة العالمي بدرجة كبيرة على الوقود الأحفوري مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي. ويسهم إحتراق هذه المصادر في إطلاق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون والغازات الدفيئة الأخرى في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى تفاقم ظاهرة الإحتباس الحراري وتسارع وتيرة التغيُّرات المُناخية .(IPCC, 2014)

وفي هذا السياق، برزت الطاقة المُتجددة بوصفها أحد الحلول الأساسية للتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية ، إذ تعتمد على مصادر طبيعية متجددة لا ينتج عنها إنبعاثات كربونية كبيرة أثناء عملية توليد الطاقة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الجيوحرارية. ومن ثم، فإن التوسع في إستخدام هذه المصادر يسهم في تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري، وهو ما يؤدي إلى خفض الإنبعاثات الكربونية والحد من الآثار البيئية السلبية المرتبطة بإستخدام الطاقة التقليدية.(IRENA, 2021)

دور الطاقة المُتجددة في تقليل الإنبعاثات

تؤدي الطاقة المُتجددة دوراً مهماً في الحد من إنبعاثات الغازات الدفيئة التي تُعد العامل الرئيس في حدوث التغيُّرات المُناخية . فعند إستخدام مصادر الطاقة المُتجددة في إنتاج الكهرباء أو في تشغيل الأنشطة الصناعية والخدمية، يتم تقليل الحاجة إلى حرق الوقود الأحفوري، الأمر الذي يسهم في خفض كميات ثاني أكسيد الكربون المنبعثة إلى الغلاف الجوي. وتشير التقديرات الدولية إلى أن التوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة يمكن أن يسهم بشكل كبير في تقليل الإنبعاثات العالمية وتحقيق

أهداف إتفاقية باريس للمناخ الرامية إلى الحد من إرتفاع درجات الحرارة العالمية (IEA, 2022) ، كما أن تقنيات الطاقة المُتجددة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، تتميز بإنخفاض الإنبعاثات الكربونية طوال دورة حياتها مقارنة بمصادر الطاقة التقليدية، إذ لا تتطلب عمليات الإحتراق التي تُعد المصدر الرئيس للإنبعاثات في محطات الطاقة التقليدية. إضافة إلى ذلك، فإن دمج الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة الوطني يساعد على تحقيق تحول تدريجي نحو أنظمة طاقة منخفضة الكربون، وهو ما يُعد عنصراً أساسياً في الجهود الدولية الرامية إلى مواجهة التغيُّرات المُناخية .(IRENA, 2021)

ومن ناحية أخرى، تسهم الطاقة المُتجددة في تحسين كفاءة إستخدام الطاقة وتقليل الفاقد الناتج عن عمليات الإنتاج والنقل، خاصة عند إستخدامها في أنظمة الطاقة اللامركزية التي تعتمد على إنتاج الطاقة بالقرب من مناطق الإستهلاك . ويؤدي ذلك إلى تقليل الإنبعاثات الناتجة عن نقل الطاقة لمسافات طويلة، مما يعزز من الدور البيئي للطاقة المُتجددة في الحد من التلوث وتحسين جودة الهواء.

مساهمة الطاقة المُتجددة في تحقيق الإستدامة

لا يقتصر دور الطاقة المُتجددة على الحد من الإنبعاثات الكربونية فحسب، بل يمتد أيضاً إلى دعم تحقيق التنمية المستدامة من خلال تعزيز التوازن بين الأبعاد البيئية والإقتصادية والإجتماعية للتنمية. فعلى الصعيد البيئي، تسهم الطاقة النظيفة في الحد من التلوث البيئي وتحسين جودة الهواء والمياه، مما يقلل من الآثار الصحية السلبية الناتجة عن إستخدام الوقود الأحفوري. كما تساعد في الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل إستنزافها ، الأمر الذي يعزز إستدامة هذه الموارد للأجيال القادمة.(United Nations, 2020)

أما على الصعيد الإقتصادي، فإن التوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة يسهم في تنويع مصادر الطاقة وتقليل الإعتماد على واردات الوقود الأحفوري، مما يعزز أمن الطاقة ويحد من تقلبات أسعار الطاقة في الأسواق العالمية. كما يسهم قطاع الطاقة المُتجددة في تحفيز النمو الإقتصادي من خلال جذب الإستثمارات في مجالات التكنولوجيا النظيفة وتطوير البنية التحتية للطاقة، إضافة إلى دوره في خلق فرص عمل جديدة في قطاعات الإقتصاد الأخضر مثل تصنيع معدات الطاقة المُتجددة وصيانتها وتشغيلها.(World Bank, 2020)

وفيما يتعلق بالبعد الإجتماعي، فإن الطاقة المُتجددة تسهم في تحسين مستوى المعيشة من خلال توفير مصادر طاقة نظيفة ومستدامة تدعم مختلف الأنشطة الإقتصادية والخدمية. كما تساعد في توسيع نطاق الحصول على الطاقة في المناطق الريفية والنائية التي تعاني من ضعف شبكات الكهرباء التقليدية، وهو ما يسهم في تعزيز التنمية المحلية وتقليل الفجوة التنموية بين المناطق المختلفة. ومن هذا المنطلق، أصبحت الطاقة المُتجددة أحد العناصر الأساسية في التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون يعتمد على الإستخدام الكفء للموارد الطبيعية ويحد من الآثار البيئية للنشاط الإقتصادي. وقد انعكس هذا التوجه في العديد من المبادرات والإتفاقيات الدولية التي تؤكد على أهمية التوسع في إستخدام الطاقة النظيفة، مثل أهداف التنمية المستدامة واتفاقية باريس للمناخ، التي تدعو إلى خفض الإنبعاثات الكربونية وتعزيز الإعتماد على مصادر الطاقة المُتجددة لتحقيق مستقبل أكثر إستدامة .

وبناءً على ما سبق، يتضح أن الطاقة المُتجددة تمثل أحد الأدوات الرئيسية لمواجهة التغيُّرات المُناخية وتحقيق التنمية المستدامة، إذ تسهم في تقليل الإنبعاثات الكربونية، وتعزيز أمن الطاقة، وتحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الإقتصادية والحفاظ على البيئة.

وفي ضوء ما سبق من عرض للإطار المفاهيمي للطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية ، يتناول القسم التالي تحليل واقع الطاقة المُتجددة في مصر وتطور قطاع الطاقة، مع التركيز على أهم المشروعات ومساهمة هذه المصادر في مزيج الطاقة الوطني.

القسم الثالث

الوضع الراهن للطاقة المُتجددة في مصر

تمهيد

يُعد قطاع الطاقة في مصر من القطاعات الإستراتيجية الحيوية التي ترتبط إرتباطًا وثيقًا بمسار التنمية الإقتصادية والإجتماعية ، نظراً لإعتماد مختلف الأنشطة الإنتاجية والخدمية عليه، فضلاً عن تأثيره المباشر في معدلات النمو الإقتصادي، وجذب الإستثمارات، وتوفير فرص العمل، وتحسين جودة الحياة. ومع التزايد المستمر في الطلب المحلي على الطاقة، برزت تحديات متزايدة تتعلق بتأمين الإمدادات، وضمان إستقرار الأسعار، وتقليل الضغوط الواقعة على الموازنة العامة للدولة، الأمر الذي استدعى ضرورة إعادة هيكلة منظومة الطاقة بما يحقق الكفاءة والتنوع والإستدامة .

وفي الوقت نفسه، فرضت التغيُّرات المُناخية ، إلى جانب الإلتزامات الدولية المرتبطة بخفض الإنبعاثات الكربونية، وبخاصة تلك المنصوص عليها في اتفاقية باريس للمناخ، ضرورة تبني توجهات إستراتيجية واضحة للتحول نحو إستخدام مصادر طاقة نظيفة ومتجددة، بما يتماشى مع مستهدفات رؤية مصر للتنمية المستدامة 2030.

وفي هذا السياق، شهدت مصر خلال السنوات الأخيرة تحولاً ملحوظًا في سياسات قطاع الطاقة، تمثل في تبني نهج يقوم على تنويع مزيج الطاقة، وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري، والتوسع في مشروعات الطاقة المُتجددة، مستفيدة من المقومات الطبيعية التي تمتلكها، مثل وفرة الإشعاع الشمسي، وملاءمة بعض المناطق لإنتاج طاقة الرياح، إلى جانب الخبرات المتراكمة في مجال الطاقة الكهرومائية.

وإنطلاقًا من ذلك، يهدف هذا القسم إلى تحليل الوضع الراهن للطاقة المُتجددة في مصر من خلال إستعراض تطور قطاع الطاقة، وتحديد أهم مصادر الطاقة المُتجددة، وتقييم مدى مساهمتها في مزيج الطاقة، فضلاً عن تحليل التحديات التي تواجه هذا القطاع، بما يسهم في تكوين رؤية شاملة حول دوره في تحقيق التنمية المستدامة والتخفيف من تداعيات التغيُّرات المُناخية .

1.3 تطور قطاع الطاقة في مصر

شهد قطاع الطاقة في مصر تحولات جوهرية خلال العقد الأخير نتيجة مجموعة من العوامل الإقتصادية والبيئية والديموغرافية، من أبرزها النمو السكاني المتزايد والتوسع العمراني والصناعي، وما صاحبه من إرتفاع ملحوظ في الطلب على الكهرباء والطاقة بمختلف صورها. كما أسهمت المتغيرات الإقتصادية العالمية وتقلبات أسعار الطاقة، إلى جانب الإلتزامات الدولية المرتبطة بخفض الإنبعاثات الكربونية والتكيف مع آثار التغيُّرات المُناخية ، في دفع الدولة إلى إعادة النظر في سياسات الطاقة التقليدية. وقد إنعكس ذلك في تبني توجهات إستراتيجية تهدف إلى تحقيق أمن الطاقة وتعزيز إستدامة الإمدادات، إلى جانب تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري وتعزيز إستخدام مصادر الطاقة النظيفة والمُتجددة (وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة، 2023).

وخلال السنوات الماضية واجهت منظومة الكهرباء في مصر تحديات تتعلق بوجود فجوة بين قدرات التوليد المتاحة والطلب الفعلي على الكهرباء، وهو ما ترتب عليه في بعض الفترات ضغوط تشغيلية على الشبكة القومية للكهرباء. وقد دفعت هذه التحديات الدولة إلى اتخاذ مجموعة من الإجراءات العاجلة لزيادة القدرات الإنتاجية لمحطات التوليد وتحسين كفاءة تشغيل المحطات القائمة، إلى جانب التوسع في إنشاء محطات جديدة لتوليد الكهرباء، بما يسهم في تحقيق الإستقرار في إمدادات الطاقة وتقليل مخاطر نقص الكهرباء وتأثيرها على الأنشطة الإقتصادية والخدمية المختلفة (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2022).

وفي إطار تطوير منظومة الطاقة، إتجهت الدولة إلى تعزيز الإعتماد على الغاز الطبيعي بوصفه وقوداً إنتقالياً أقل إنبعاثًا مقارنة بأنواع الوقود الأحفوري الأخرى مثل المازوت والسولار، وذلك في إطار جهودها للحد من الإنبعاثات الكربونية وتحسين كفاءة إستخدام الطاقة. كما شهدت منظومة الكهرباء توسعاً ملحوظًا في مشروعات نقل وتوزيع الكهرباء، من خلال إنشاء محطات محولات جديدة وتطوير خطوط النقل والشبكات الكهربائية، بما يسهم في تحسين كفاءة الشبكة القومية وتقليل الفاقد الفني وزيادة قدرتها على إستيعاب القدرات الإنتاجية الجديدة، بما في ذلك الطاقة المنتجة من المصادر المُتجددة (الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050، 2022).

كما شهد قطاع الطاقة في مصر تنفيذ عدد من الإصلاحات التنظيمية والإقتصادية التي إستهدفت تعزيز كفاءة السوق وتحسين الإستدامة المالية لقطاع الكهرباء. وقد شملت هذه الإصلاحات مراجعة سياسات تسعير الطاقة تدريجياً بهدف ترشيد الإستهلاك وتقليل الأعباء المالية على الموازنة العامة، مع الحفاظ على البعد الإجتماعي للفئات الأكثر إحتياجاً. وأسهمت هذه الإصلاحات في تحسين بيئة الإستثمار في قطاع الطاقة، إذ ساعدت على تعزيز وضوح السياسات الإقتصادية والمالية المرتبطة بقطاع الكهرباء والطاقة، وهو ما يشجع على جذب الإستثمارات المحلية والأجنبية في مشروعات الطاقة المختلفة (البنك الدولي، 2021).

ومع تطور قطاع الطاقة، برز مفهوم مزيج الطاقة بإعتباره أحد الركائز الأساسية لإدارة موارد الطاقة في الدولة، حيث يشير إلى التركيبة المتوازنة لمصادر الطاقة المستخدمة في إنتاج الكهرباء بما يحقق الأمن الطاقي والإستدامة البيئية في الوقت نفسه. وفي هذا السياق، إتجهت السياسات الحكومية في مصر إلى تنويع مزيج الطاقة من خلال تقليل الإعتماد على مصدر

واحد للطاقة، والعمل على دمج مصادر الطاقة المُتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية ضمن منظومة الطاقة الوطنية، بما يسهم في تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية الإقتصادية وحماية البيئة (IEA, 2022).

وقد إنعكس هذا التوجه في إطلاق عدد من الإستراتيجيات الوطنية طويلة الأجل التي تربط بين قطاع الطاقة وأهداف التنمية المستدامة والعمل المناخي، وعلى رأسها إستراتيجية الطاقة المستدامة في مصر حتى عام 2035، التي تستهدف رفع مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة إلى نحو 42% من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة. كما تعمل الدولة على تنفيذ عدد من المشروعات الكبرى في مجال الطاقة المُتجددة، مثل مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مستفيدة من المقومات الطبيعية التي تتمتع بها مصر، مثل إرتفاع معدلات الإشعاع الشمسي وتوافر مناطق ملائمة لإنتاج طاقة الرياح (وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة، 2023).

وفي هذا الإطار، أصبح قطاع الطاقة المُتجددة يمثل أحد المحاور الرئيسية في سياسة الطاقة المصرية، حيث تسعى الدولة إلى تعزيز دوره في تحقيق التنمية المستدامة وتقليل الإنبعاثات الكربونية وتحسين جودة البيئة. كما تسهم مشروعات الطاقة المُتجددة في جذب الإستثمارات وتوفير فرص العمل ودعم التحول نحو الإقتصاد الأخضر، وهو ما يعكس تحولاً تدريجيًا في هيكل قطاع الطاقة من الإعتماد التقليدي على الوقود الأحفوري إلى نظام طاقة أكثر تنوعًا وإستدامة (IRENA, 2023).

وبناءً على ما سبق، يتضح أن تطور قطاع الطاقة في مصر قد أسهم في تهيئة بيئة أكثر ملاءمة للتوسع في إستخدام مصادر الطاقة المُتجددة، من خلال تطوير البنية التحتية للطاقة، وإطلاق سياسات داعمة للإستثمار في هذا القطاع، وتعزيز كفاءة الشبكة القومية للكهرباء. ومع ذلك، فإن تحقيق الإستفادة الكاملة من هذه المصادر يتطلب إستمرار الجهود الرامية إلى تطوير السياسات والتشريعات الداعمة للطاقة النظيفة وتعزيز القدرات التقنية والمؤسسية اللازمة لإدارة التحول نحو نظام طاقة أكثر إستدامة (الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050، 2022).

2.3 مصادر الطاقة المُتجددة في مصر

1.2.3 الطاقة الشمسية

تقع مصر ضمن نطاق الحزام الشمسي العالمي، حيث تتميز بإرتفاع معدلات الإشعاع الشمسي وإنخفاض معدلات التغيّم خلال معظم أيام السنة، الأمر الذي يمنحها مقومات طبيعية متميزة للإستفادة من الطاقة الشمسية كمصدر رئيس للطاقة المُتجددة. وتشير البيانات إلى أن مصر تتمتع بمعدل إشعاع شمسي مباشر يتراوح بين 2000 و3200 كيلووات ساعة لكل متر مربع سنويًا من شمال البلاد إلى جنوبها. كما يتراوح متوسط عدد ساعات سطوع الشمس يوميًا بين 9.3 و10.8 ساعة، حيث يبلغ المتوسط في المناطق الشمالية ما بين 6 إلى 8 ساعات يوميًا، بينما يرتفع في جنوب مصر ليصل إلى 8 إلى 10 ساعات يوميًا. ويزداد عدد ساعات سطوع الشمس خلال فصل الصيف ليبلغ ذروته في شهري يونيو ويوليو، حيث يصل إلى نحو 12 ساعة يوميًا، وهو ما يعزز إمكانات إستغلال الطاقة الشمسية في إنتاج الطاقة الكهربائية والحرارية. ويُقدَّر المتوسط السنوي للطاقة الشمسية المتاحة بما يتراوح بين 2400 و2900 كيلووات ساعة لكل متر مربع سنويًا، الأمر الذي يوفر فرصًا كبيرة لتوظيف هذه الطاقة في دعم منظومة الطاقة الوطنية (الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء، 2015).

وتشير هذه المؤشرات إلى أن مصر تعد من بين الدول التي تمتلك إمكانات كبيرة للإستفادة من الطاقة الشمسية في توليد الكهرباء، وهو ما إنعكس في التوسع في إنشاء مشروعات الطاقة الشمسية خلال السنوات الأخيرة، حيث برزت مجموعة من المشروعات الكبرى التي أسهمت في تعزيز مكانة مصر في مجال الطاقة المُتجددة، ومن بينها عدد من المشروعات التي تُعد من أبرز مشروعات الطاقة الشمسية في المنطقة:

–**مجمع بنبان للطاقة الشمسية:** يُعد مجمع بنبان للطاقة الشمسية في محافظة أسوان أحد أبرز مشروعات الطاقة المُتجددة في مصر، بل ويُصنف كأكبر مجمع للطاقة الشمسية في القارة الأفريقية. وتم افتتاحه من قبل وزارة الكهرباء المصرية في 2019، يقع المشروع على مساحة تقارب 37 كيلومتراً مربعاً غرب مدينة أسوان، ويضم 32 محطة شمسية بقدرة إنتاجية إجمالية تصل حالياً إلى نحو 1465 ميغاواط، مع خطط لزيادة القدرة الإنتاجية لتصل إلى 2050 ميغاواط عند إكتمال مراحل التنفيذ. ويسهم هذا المشروع في دعم التحول نحو الطاقة النظيفة، حيث يُقدَّر أنه يساهم في خفض إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنحو مليوني طن سنوياً .كما كان للمشروع أثر إقتصادي وإجتماعي واضح، إذ وفر ما يزيد على 41 ألف فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة خلال مرحلة الإنشاء، بالإضافة إلى نحو 6 آلاف فرصة عمل بعد بدء التشغيل.

-**محطة أبيدوس (1) للطاقة الشمسية:** تُعد محطة أبيدوس (1) من أهم مشروعات الطاقة الشمسية الحديثة في مصر، حيث افتُتحت رسمياً عام 2024 في مدينة كوم أمبو بمحافظة أسوان. تبلغ القدرة الإنتاجية للمحطة نحو 500 ميغاواط، وقد أُقيمت على مساحة تقارب 10 كيلومترات مربعة، وتضم أكثر من مليون خلية شمسية .وتسهم المحطة في تقليل إنبعاثات ثاني أكسيد الكربون بما يقارب 760 ألف طن سنوياً، وقد نُفذت بعمالة مصرية بنسبة 100%(الطاقة، 2025).

-**محطة كوم أمبو للطاقة الشمسية:** تُعد محطة كوم أمبو من المشروعات البارزة في مجال الطاقة المُتجددة بجنوب مصر، حيث تبلغ قدرتها الإنتاجية حوالي 200 ميغاواط، وقد أُنشئت على مساحة تقدر بنحو 4.8 كيلومتر مربع، وتضم أكثر من 387 ألف لوح شمسي ثنائي الوجه إلى جانب 952 عاكساً كهربائياً .وتسهم المحطة في خفض إنبعاثات الكربون بنحو 280 ألف طن سنوياً، كما وفرت أكثر من 1900 فرصة عمل خلال مراحل التنفيذ والتشغيل.

-**محطة الكريمات للطاقة الشمسية الحرارية:** تمثل محطة الكريمات أول مشروع للطاقة الشمسية الحرارية في مصر، وتقع في محافظة الجيزة، وتبلغ قدرتها الإنتاجية الإجمالية نحو 140 ميغاواط .وقد بدأ التشغيل التجاري للمحطة عام 2011، وبلغت نسبة التصنيع المحلي في المكون الشمسي نحو 50% وتُعد هذه المحطة واحدة من ثلاث محطات للطاقة الشمسية الحرارية في أفريقيا، إلى جانب محطتين مماثلتين في كل من المغرب والجزائر.

-**محطة أبيدوس (2) للطاقة الشمسية:** تأتي محطة أبيدوس (2) ضمن خطط التوسع المستقبلية في مشروعات الطاقة الشمسية في مصر، ومن المتوقع أن تنضم إلى قائمة أكبر المشروعات في هذا المجال. وتبلغ القدرة الإنتاجية المخطط لها

نحو 1000 ميغاواط، ومن المتوقع الإنتهاء من تنفيذها بحلول عام 2026 وتمثل هذه المحطة إمتداداً لمشروع أبيدوس (1)، حيث تُنفَّذ في الموقع نفسه وبشراكات دولية مشابهة، وذلك في إطار خطة حكومية تستهدف إضافة أكثر من 3 غيغاواط من القدرات الشمسية الجديدة خلال عامين

2.2.3 طاقة الرياح

تقع مصر من الناحية المناخية ضمن نطاق المنطقة شبه المدارية، وهو ما يجعلها تتعرض لعدد متنوع من الأنماط المناخية التي توفر فرصاً ملائمة لاستغلال مصادر الطاقة المُتجددة، وفي مقدمتها طاقة الرياح. وتشير الدراسات إلى وجود مناطق واعدة يمكن استغلالها في إنتاج الكهرباء من الرياح، وتُعد المناطق الساحلية المطلة على البحر الأحمر من أكثر المواقع ملاءمة لإنشاء مزارع الرياح في مصر نظراً لإرتفاع سرعة الرياح وإستقرارها نسبياً على مدار العام (زهدي، 2009).

وفي هذا السياق، شهدت مصر توسعاً ملحوظاً في مشروعات طاقة الرياح خلال السنوات الأخيرة، حتى أصبحت من بين الدول الرائدة في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا في مجال تركيبات طاقة الرياح، خاصة خلال عام 2024. ويعود ذلك إلى تبني الدولة سياسات داعمة للطاقة المُتجددة، إضافة إلى توافر الموارد الطبيعية المناسبة وتزايد الإستثمارات في هذا القطاع.

ومن أبرز مشروعات طاقة الرياح في مصر ما يلي:

-**محطة رياح الزعفرانة – البحر الأحمر:** تُعد محطة الزعفرانة من أوائل وأهم مشروعات طاقة الرياح في مصر، حيث تبلغ قدرتها الإنتاجية الإجمالية أكثر من 545 ميغاواط .وقد شكلت هذه المحطة نموذجاً ناجحاً للتعاون الدولي في مجال تمويل وتنفيذ مشروعات الطاقة المُتجددة، كما أسهمت في نقل الخبرات التكنولوجية الحديثة وتدريب الكوادر المصرية في مجال تشغيل وصيانة توربينات الرياح.(الطاقة ,2025)

-**محطة رياح رأس غارب:** تُعد محطة رأس غارب من أبرز مشروعات توليد الكهرباء من طاقة الرياح في مصر، إذ تصل قدرتها الإنتاجية إلى نحو 500 ميغاواط، وتعتمد على تشغيل 200 توربينة رياح مزودة بتقنيات حديثة. وقد أُنشئت المحطة في إطار شراكة بين القطاعين العام والخاص، وهو ما يعكس توجه الدولة نحو تشجيع الإستثمار في مشروعات الطاقة المُتجددة.

-**محطة جبل الزيت:** تُعد محطة جبل الزيت من أكبر مزارع الرياح في منطقة الشرق الأوسط، حيث تضم أكثر من 390 توربينة رياح بقدرة إنتاجية إجمالية تصل إلى نحو 580 ميغاواط، وبإستثمارات بلغت حوالي 12 مليار جنيه مصري .ولا تقتصر أهمية هذه المحطة على حجم إنتاجها من الكهرباء، بل تمتد لتشمل تطبيق نظام متطور لرصد الطيور المهاجرة، حيث يتم إيقاف التوربينات مؤقتاً عند مرورها، وذلك حفاظاً على التنوع البيولوجي، مما يجعل المشروع نموذجاً عالمياً للتوازن بين التنمية الإقتصادية وحماية البيئة.

-**محطة رأس شقير – شمال الغردقة:** تُعد منطقة رأس شقير من أوائل المناطق التي تم ترشيحها لإقامة مشروعات طاقة الرياح في مصر، وذلك بفضل موقعها الجغرافي المتميز الذي يتميز بتدفق مستمر للرياح على مدار العام. وتشهد المنطقة حالياً تنفيذ توسعات جديدة لإنشاء محطة رياح بقدرة إنتاجية تصل إلى نحو 900 ميغاواط، حيث تم توقيع الاتفاقات بين وزارة الكهرباء والطاقة المتجدد والعديد من شركات القطاع الخاص بالتعاون مع عدد من المستثمرين الأجانب، في إطار جهود الدولة لتعزيز قدرات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المُتجددة. (الهيئة العامة لاستعلامات مصر ,2023)

3.2.3 الطاقة الكهرومائية في مصر

تُعد الطاقة الكهرومائية أحد المصادر الأساسية للطاقة المُتجددة في مصر، إذ تعتمد على إستغلال تدفُّق مياه نهر النيل في توليد الكهرباء بوسائل نظيفة ومستدامة. وقد شكّلت هذه الطاقة لسنوات طويلة ركيزة مهمة في منظومة الطاقة الكهربائية في البلاد، حيث أسهمت في دعم الشبكة القومية للكهرباء وتوفير مصدر طاقة منخفض الانبعاثات. ويبلغ إجمالي القدرة الإنتاجية لمحطات الطاقة الكهرومائية في مصر نحو 2832 ميغاواط. ورغم ذلك، شهدت مساهمتها في إجمالي إنتاج الكهرباء تراجعاً نسبياً خلال السنوات الأخيرة، ويرجع ذلك إلى محدودية الموارد المائية وإرتفاع الطلب على الطاقة نتيجة النمو السكاني والتوسع الإقتصادي. وتضم مصر عدداً من المحطات الكهرومائية التي تسهم في إنتاج الكهرباء، ومن أبرزها ما يلي:

-**محطة السد العالي:** تُعد محطة السد العالي من أكبر محطات الطاقة الكهرومائية في مصر، حيث تبلغ قدرتها الإنتاجية نحو 2100 ميغاواط، ما يجعلها أحد أهم مصادر إنتاج الكهرباء النظيفة في البلاد، فضلاً عن دورها الحيوي في تنظيم تدفُّق مياه النيل وتوفير إحتياجات الزراعة والطاقة. (الطاقة، 2025).

-**محطة خزان أسوان الأولى:** تبلغ القدرة الإنتاجية لهذه المحطة نحو 280 ميغاواط، وتُعد من المحطات المهمة التي تسهم في دعم منظومة توليد الكهرباء من الطاقة المائية.

-**محطة خزان أسوان الثانية:** تصل القدرة الإنتاجية لهذه المحطة إلى نحو 270 ميغاواط، وتعمل إلى جانب خزان أسوان الأول في تعزيز إنتاج الطاقة الكهرومائية من مياه النيل.

-**محطات إسنا ونجع حمادي وأسيوط:** تسهم هذه المحطات أيضاً في دعم إنتاج الكهرباء من الطاقة الكهرومائية، حيث تبلغ القدرة الإنتاجية لمحطة إسنا نحو 85 ميغاواط، ومحطة نجع حمادي نحو 64 ميغاواط، في حين تبلغ القدرة الإنتاجية لمحطة أسيوط نحو 32 ميغاواط، وتلعب هذه المحطات دوراً مهماً في دعم استقرار الشبكة القومية للكهرباء.

- **مشروع محطة جبل عتاقة:** يُعد مشروع محطة جبل عتاقة من المشروعات المتميزة في مجال الطاقة الكهرومائية في مصر، إذ يعتمد على تقنية الضخ والتخزين التي تتيح تخزين الكهرباء الفائضة وإعادة إستخدامها عند الحاجة. وتبلغ القدرة الإنتاجية للمحطة نحو 2400 ميغاواط، وهو ما يجعلها من أكبر المشروعات في هذا المجال، حيث تقترب قدرتها من القدرة

الإنتاجية لمحطة السد العالي. وتُقدر التكلفة الإستثمارية للمشروع بنحو 2.7 مليار دولار. وتختلف آلية عمل هذه المحطة عن المحطات الكهرومائية التقليدية، إذ تعتمد على ضخ المياه المعالجة إلى خزان علوي خلال فترات إنخفاض الطلب على الكهرباء، ثم إعادة توجيهها عبر التوربينات المائية لتوليد الكهرباء خلال أوقات الذروة، مما يسهم في تحسين كفاءة إدارة منظومة الطاقة الكهربائية

3.3 مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة في مصر

شهد العالم خلال العقود الأخيرة توجهاً متزايداً نحو الإعتماد على مصادر الطاقة المُتجددة، في إطار السعي إلى تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري والحد من آثاره السلبية على البيئة. فقد ارتبط إستخدام الوقود الأحفوري، مثل الفحم والنفط والغاز الطبيعي، بإرتفاع مستويات إنبعاثات الغازات الدفيئة، وعلى رأسها ثاني أكسيد الكربون، الأمر الذي أسهم في تفاقم ظاهرة الإحتباس الحراري وتسارع وتيرة التغيُّرات المُناخية .

كما أن إستمرار الإعتماد على هذه المصادر التقليدية للطاقة أصبح يمثل تحدياً كبيراً في ظل تزايد الطلب العالمي على الطاقة، حيث لم تعد الموارد الأحفورية قادرة على تلبية هذا الطلب على المدى المتوسط والطويل، فضلاً عن محدوديتها وإمكانية نضوبها مستقبلاً.

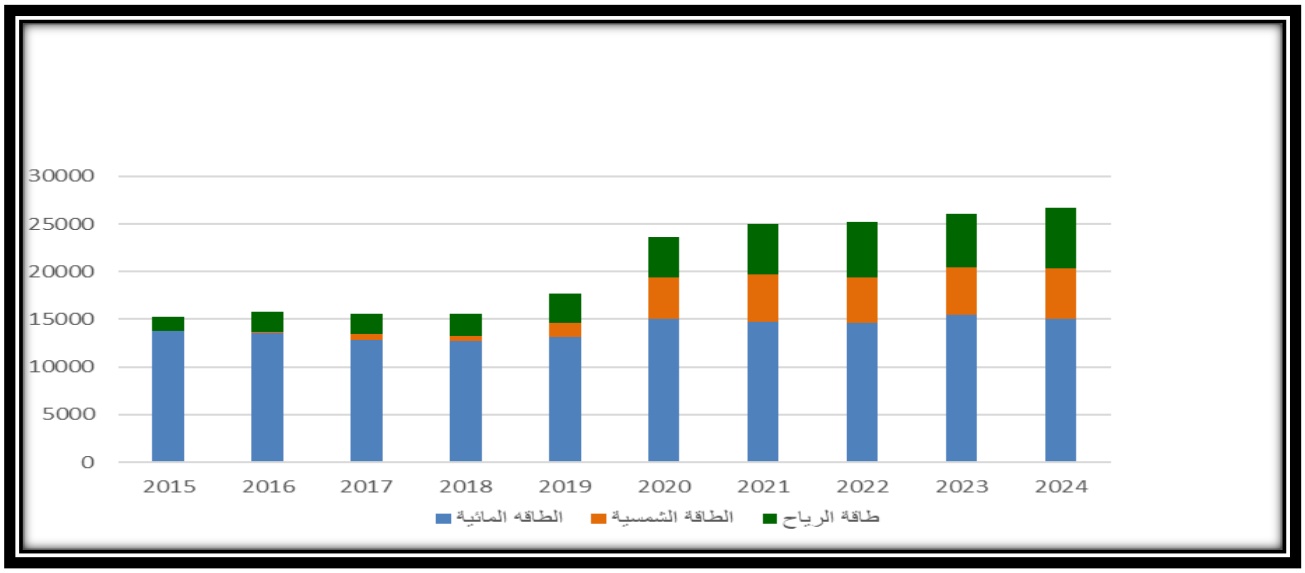
ومن ثم، أصبح التحول نحو الطاقة المُتجددة خياراً إستراتيجياً لا يقتصر على حماية البيئة فحسب، بل يمتد أيضاً إلى ضمان تحقيق التنمية المستدامة والحفاظ على حقوق الأجيال القادمة في الموارد الطبيعية.

وفي هذا السياق، برز مفهوم مزيج الطاقة باعتباره الإطار الأمثل لإدارة موارد الطاقة، حيث يشير إلى التركيبة المتوازنة لمصادر الطاقة المستخدمة في إنتاج الكهرباء والطاقة بشكل عام، والتي تجمع بين مصادر الطاقة التقليدية ومصادر الطاقة المُتجددة بهدف تحقيق الإستدامة والأمن الطاقي.

وفي حالة الدولة المصرية، إتجهت سياسات الطاقة إلى تنويع مزيج الطاقة مع التركيز بصورة متزايدة على تعزيز مساهمة مصادر الطاقة المُتجددة، وذلك لمواجهة تحديات التغيُّر المُناخي وتقليل الإنبعاثات الكربونية وتحقيق الإستخدام الأمثل للموارد الطبيعية. وقد أولت الدولة المصرية منذ عام 2014 إهتماماً متزايداً بقطاع الطاقة المُتجددة، في إطار توجه إستراتيجي يهدف إلى تعزيز التحول نحو مصادر الطاقة النظيفة.

وقد تجسد ذلك في إصدار القانون رقم 203 لسنة 2014 بشأن تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المُتجددة، والذي يهدف إلى تشجيع الإستثمار في هذا القطاع وإتاحة الفرصة لمشاركة القطاع الخاص في تنفيذ مشروعات الطاقة المُتجددة. كما يأتي هذا التوجه في إطار إستراتيجية الطاقة المستدامة في مصر حتى عام 2035، التي تستهدف رفع مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة الكهربائية إلى نحو 42% من إجمالي الطاقة المنتجة. وقد تضمنت هذه الإستراتيجية هدفًا مرحليًا يتمثل في الوصول إلى 20% من الطاقة المُتجددة بحلول عام 2022، موزعة بين 12% من طاقة الرياح، و2% من الطاقة الشمسية، و6% من الطاقة الكهرومائية.

ويُعد مجمع بنبان للطاقة الشمسية أحد أبرز المشروعات الإستراتيجية التي تعكس توجه الدولة نحو تحقيق هذا الهدف، إذ يمثل نموذجًا رائدًا للتوسع في مشروعات الطاقة المُتجددة وتعزيز مساهمتها في مزيج الطاقة الوطني (دهشان، 2023، ص 50).



شكل رقم (2) : جُمعت وفقاً لتقارير الشركة القابضة لكهرباء مصر من سنة 2015 حتي 2024 الطاقة الكهربائية المولدة والمشتراة وطبقاً لنوع التوليد (ج.و.س) "عمل الباحثة"

وعلى صعيد السياسات المناخية، أطلقت مصر في مايو 2022 الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050، والتي تهدف إلى تحقيق نمو إقتصادي منخفض الإنبعاثات في مختلف القطاعات، مع تعزيز القدرة على التكيف مع آثار التغيُّرات المُناخية . ومن بين أهم أهداف هذه الإستراتيجية زيادة حصة الطاقة المُتجددة والبديلة في مزيج الطاقة، بما يسهم في خفض الإنبعاثات الكربونية وتحقيق التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون (الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050).

ويكتسب هذا التوجه أهمية خاصة في ظل مساهمة قطاع الطاقة بنسبة كبيرة من إجمالي إنبعاثات الغازات الدفيئة في مصر، إذ تشير التقديرات إلى أن هذا القطاع يسهم بنحو 64.5% من إجمالي إنبعاثات غازات الإحتباس الحراري، أي ما يقارب ثلثي الإنبعاثات الكربونية في البلاد، نتيجة حرق الغاز الطبيعي والمنتجات البترولية لتوليد الطاقة.

وقد دفع ذلك وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة إلى وضع خطط إستراتيجية تهدف إلى رفع مساهمة الطاقة المُتجددة في إنتاج الكهرباء إلى 42% بحلول عام 2035، وذلك من خلال التوسع في إنشاء مشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الحيوية، إضافة إلى إدراج مصادر جديدة للطاقة مثل الهيدروجين الأخضر والهيدروجين الأزرق والطاقة النووية ضمن مزيج الطاقة المستقبلي.

وفي إطار هذه المرحلة الإنتقالية، يتم الإعتماد على الغاز الطبيعي بوصفه وقوداً إنتقالياً أقل إنبعاثًا للكربون مقارنة بباقي أنواع الوقود الأحفوري، إلى جانب العمل على رفع كفاءة إستخدام الطاقة في محطات توليد الكهرباء وشبكات النقل والتوزيع، وكذلك في القطاعات الصناعية والسكنية، بما يضمن تحقيق الإستخدام الأمثل للموارد وتعزيز النمو الإقتصادي مع تقليل الإنبعاثات.

وتشير البيانات إلى أن إستخدام الغاز الطبيعي في محطات توليد الكهرباء بلغ نحو 94.1% خلال عام 2020/2019، مع إنخفاض ملحوظ في إستهلاك المازوت والسولار مقارنة بالأعوام السابقة (الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050).

ومن ناحية أخرى، تمثل التقارير السنوية لوزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة مؤشراً مهماً لقياس مدى التقدم المحرز في تحقيق أهداف التحول الطاقي في مصر، حيث توضح هذه التقارير التطور في القدرات المركبة لمصادر الطاقة المُتجددة ومدى مساهمتها في مزيج الطاقة.

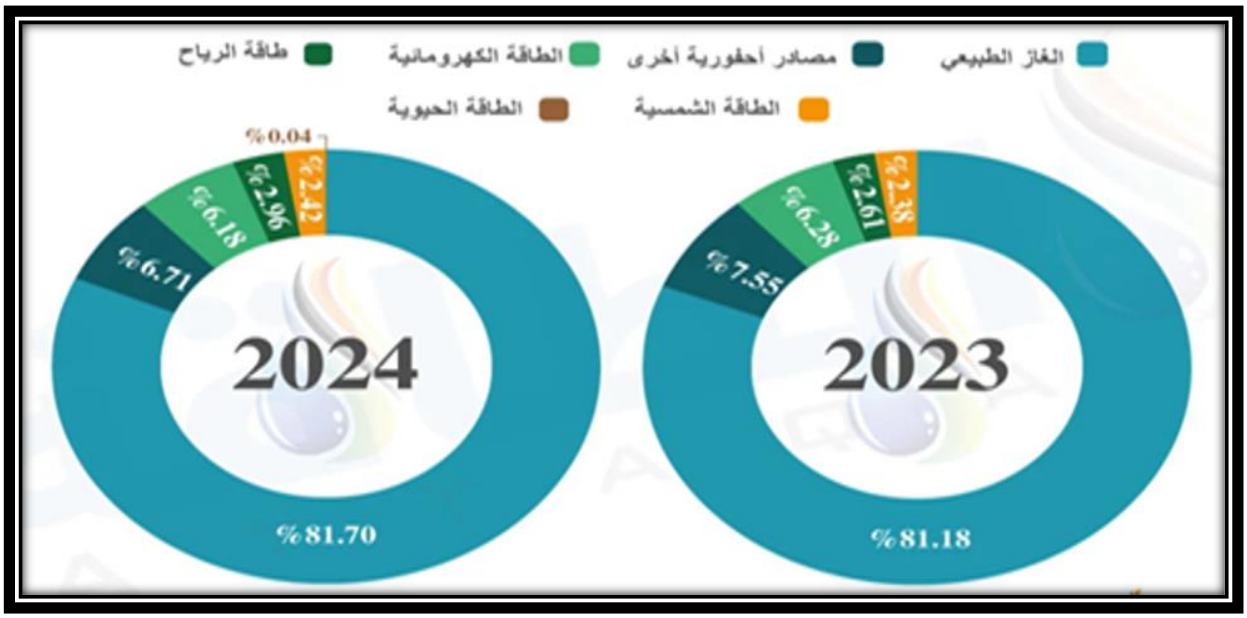
كما توفر التقارير الصادرة عن الشركة القابضة لكهرباء مصر بيانات سنوية يمكن من خلالها تتبع تطور مساهمة الطاقة المُتجددة خلال السنوات الأخيرة، وتحليل مدى التقدم في تحقيق مستهدف الوصول إلى 42% من الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة بحلول عام 2035.

يتضح من خلال تطور مؤشرات قطاع الطاقة أن مصر تشهد تقدماً ملحوظًا في تنمية قدراتها الإنتاجية من مصادر الطاقة المُتجددة، في إطار سعيها إلى تعزيز التحول نحو الطاقة النظيفة وإحلال مصادر الطاقة المُتجددة تدريجياً محل مصادر الطاقة الأحفورية التقليدية. ويأتي هذا التوجه في ضوء الجهود الرامية إلى تقليل الإنبعاثات الكربونية وتحقيق الإستدامة البيئية، فضلاً عن تنويع مزيج الطاقة وتعزيز أمن الطاقة في البلاد.

وعلى الرغم من إستمرار هيمنة الوقود الأحفوري على مزيج إنتاج الكهرباء في مصر، فإن حصته شهدت تراجعاً طفيفًا خلال السنوات الأخيرة. فقد إنخفضت مساهمة الوقود الأحفوري في مزيج الكهرباء إلى نحو 88.41% خلال عام 2024 مقارنة بنحو 88.73% في العام السابق، ويرجع ذلك إلى تراجع مساهمة بعض أنواع الوقود الأحفوري الأخرى بخلاف الغاز الطبيعي، في مقابل زيادة الإعتماد على مصادر الطاقة المُتجددة. وفي المقابل، إرتفعت حصة الطاقة المُتجددة في مزيج إنتاج الكهرباء في مصر لتصل إلى نحو 11.6% خلال عام 2024. ما يعكس كم التحديات التي تواجهها مصر في تحقيق مستهدفات الوصول للهدف المرحلي المتمثل في الوصول إلى 20% من الطاقة المُتجددة بحلول عام 2022، والذي لم يتم الوصول إليه حتي 2024 .

وقد توزعت هذه النسبة بين عدة مصادر، حيث بلغت مساهمة الطاقة الشمسية نحو 2.42%، في حين وصلت حصة طاقة الرياح إلى نحو 2.96%، بينما بلغت مساهمة الطاقة الكهرومائية نحو 6.18%. كما ظهر الوقود الحيوي ضمن مزيج توليد الكهرباء بحصة بلغت نحو 0.04%، وهو ما يعكس بداية إدراج مصادر جديدة للطاقة ضمن منظومة الطاقة الوطنية .

وعلي الرغم من ذلك وفي إطار تعزيز هذا التوجه، أعلنت الحكومة المصرية عن العمل على تحديث إستراتيجية الطاقة الوطنية بهدف زيادة مساهمة مصادر في الطاقة المُتجددة لمزيج الطاقة. ويستهدف هذا التحديث رفع نسبة الطاقة المُتجددة إلى مستوى يتجاوز الهدف السابق البالغ 42% من إجمالي مزيج الطاقة، حيث أشار وزير البترول والثروة المعدنية إلى أن الإستراتيجية يجري تحديثها حالياً بهدف الوصول بنسبة مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الكهرباء في مصر إلى نحو 60% بحلول عام 2030، بما يعكس التوجه المتنامي نحو التحول إلى إقتصاد منخفض الكربون وتعزيز الإعتماد على مصادر الطاقة النظيفة (الطاقة، 2024).



شكل رقم (1) : مزيج توليد الكهرباء في مصر 2023- 2024 (الطاقة, 2025)

4.3 تحديات الطاقة المُتجددة في مصر

على الرغم من التقدم الملحوظ الذي حققته مصر خلال السنوات الأخيرة في مجال تطوير مشروعات الطاقة المُتجددة وزيادة مساهمتها تدريجياً في مزيج الطاقة الكهربائية، فإن التوسع في هذا القطاع لا يزال يواجه مجموعة من التحديات التي قد تؤثر في سرعة نموه وقدرته على تحقيق الأهداف الإستراتيجية المرجوة. فعملية التحول نحو الطاقة النظيفة لا تقتصر على إنشاء مشروعات جديدة فحسب، بل تتطلب أيضاً توفير بيئة إقتصادية وتشريعية وتقنية ومؤسسية داعمة قادرة على تحفيز الإستثمار وضمان إستدامة هذا التحول على المدى الطويل.

وتزداد أهمية معالجة هذه التحديات في ظل التوجه العالمي المتسارع نحو التحول الطاقي، وما يفرضه من ضرورة تعزيز قدرة الدول على دمج مصادر الطاقة المُتجددة ضمن منظومة الطاقة الوطنية بكفاءة ومرونة. كما أن تحقيق مستهدفات إستراتيجية الطاقة في مصر، والتي تهدف إلى زيادة مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة خلال السنوات القادمة، يتطلب مواجهة عدد من المعوقات التي قد تحد من توسع الإستثمار في هذا المجال أو تقلل من كفاءة تشغيل المشروعات القائمة.

وفي هذا السياق، تتعدد التحديات التي تواجه قطاع الطاقة المُتجددة في مصر، حيث تشمل تحديات إقتصادية ترتبط بإرتفاع التكاليف الإستثمارية الأولية لمشروعات الطاقة النظيفة وصعوبة الحصول على التمويل اللازم، إضافة إلى تحديات تقنية تتعلق بقدرة الشبكة الكهربائية على إستيعاب الطاقة المنتجة من مصادر متقطعة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح. كما تشمل هذه التحديات أبعاداً اجتماعية وبيئية ترتبط بزيادة الطلب على الطاقة والضغوط الواقعة على الموارد الطبيعية، فضلاً عن تحديات مؤسسية وتشريعية وتنظيمية تتعلق بالإطار القانوني والإستثماري وإجراءات التراخيص والتنظيم المؤسسي

لقطاع الطاقة. وإلى جانب ذلك، برزت في السنوات الأخيرة تحديات مرتبطة بالتحول الرقمي وتطوير البنية التحتية التكنولوجية في قطاع الطاقة، خاصة مع التوسع في إستخدام الشبكات الذكية وأنظمة إدارة الطاقة الحديثة.

وبناءً على ذلك، فإن فهم طبيعة هذه التحديات وتحليل أبعادها المختلفة يمثل خطوة أساسية نحو صياغة سياسات وإستراتيجيات فعّالة تدعم التحول نحو الطاقة المُتجددة، وتعزز دورها في تحقيق التنمية المستدامة، إضافة إلى دعم أمن الطاقة وتحقيق الإستخدام الأمثل للموارد الطبيعية في مصر.

1.4.3 التحديات الإقتصادية

تُعد التحديات الإقتصادية من أبرز العوامل التي تؤثر في التوسع في مشروعات الطاقة المُتجددة، حيث ترتبط هذه التحديات بإرتفاع التكاليف الإستثمارية الأولية لمشروعات الطاقة النظيفة مقارنة ببعض مصادر الطاقة التقليدية، فضلاً عن صعوبة الحصول على التمويل اللازم لتنفيذ هذه المشروعات. ففي كثير من الحالات تواجه الشركات العاملة في قطاع الطاقة المُتجددة صعوبات في الحصول على القروض من البنوك التجارية أو من مؤسسات التمويل الدولية المعنية بآليات التنمية النظيفة، الأمر الذي يؤدي إلى تباطؤ تنفيذ المشروعات أو تأجيلها.

كما أن بعض الحكومات والمؤسسات المالية قد لا ترغب في التحول الطاقي، مما يدفع المستثمرين إلى البحث عن بدائل تمويلية مثل التمويل الجماعي للطاقة المُتجددة الذي يعتمد على مشاركة عدد كبير من المستثمرين الصغار في تمويل المشروعات الناشئة في هذا القطاع.

كما يمثل إنخفاض معدل إسترداد التكاليف في مشروعات الطاقة المُتجددة مقارنة بالوقود الأحفوري أحد العوائق الإقتصادية الرئيسية أمام الإستثمار في هذا المجال، إذ يميل العديد من المستثمرين إلى تفضيل المشروعات التي تحقق عوائد سريعة في الأجل القصير، وهو ما يتعارض مع طبيعة مشروعات الطاقة المُتجددة التي تتطلب فترات زمنية أطول لاسترداد رأس المال (عبد الرؤوف، 2023).

ومن ناحية أخرى، يلاحظ أن سياسات الدعم للطاقة التقليدية في بعض الأحيان قد تؤثر سلباً على فرص إنتشار الطاقة المُتجددة، حيث يستفيد أصحاب الدخول المرتفعة من دعم الطاقة بشكل غير متناسب مقارنة بالفئات الأقل دخلاً، وهو ما يزيد من العبء المالي على الموازنة العامة ويحد من الموارد الموجهة لدعم مشروعات الطاقة النظيفة. كما أن إستمرار الدعم المباشر أو غير المباشر للبترول والغاز يؤدي إلى تشويه الأسعار النسبية للطاقة، ويجعل مصادر الطاقة التقليدية أكثر تنافسية مقارنة بالطاقة المُتجددة (يوسف، 2020).

وتشير بيانات البنك الدولي إلى أن إستهلاك الطاقة من الوقود الأحفوري شهد إرتفاعاً ملحوظاً خلال العقود الماضية، حيث إرتفعت نسبته من 94.1% عام 1990 إلى نحو 97.9% عام 2014، في حين إنخفضت نسبة إستخدام مصادر الطاقة البديلة والنووية من 2.3% إلى نحو 1.5 %خلال الفترة نفسها. وقد أدى هذا الوضع إلى إستمرار الإعتماد الكبير على الوقود الأحفوري، الأمر الذي يحد من إنتشار الطاقة المُتجددة ويزيد من المخاطر البيئية المرتبطة بالتغيُّرات المُناخية (يوسف، 2020).

كما يمثل ضعف الحوافز المالية المقدمة للمستثمرين أحد التحديات الإقتصادية المهمة، حيث يفتقر قطاع الطاقة المُتجددة في بعض الأحيان إلى الحوافز الضريبية والجمركية الكافية التي يمكن أن تشجع القطاع الخاص على الإستثمار في هذا المجال.

كذلك لم يتم تفعيل بعض المبادرات التمويلية التي أعلنت عنها الحكومة لدعم إستخدام تقنيات الطاقة النظيفة، مثل القروض منخفضة الفائدة المخصصة لتركيب أنظمة التدفئة والتبريد في المباني والمنشآت الصناعية، إذ لم يتم توضيح آليات تنفيذها بصورة واضحة (عشري وسويلم، 2023).

2.4.3 التحديات الإجتماعية

ترتبط التحديات الإجتماعية للطاقة المُتجددة بعدد من العوامل الديموغرافية والإقتصادية التي تؤثر في أنماط إستهلاك الطاقة وقدرة المجتمع على تبني مصادر الطاقة النظيفة. ومن أبرز هذه العوامل الزيادة السكانية المرتفعة التي تشهدها مصر، والتي تؤدي إلى إرتفاع الطلب على الطاقة بصورة مستمرة، مما يزيد من الضغط على منظومة الطاقة ويجعل تلبية هذا الطلب تحديًا كبيرًا أمام سياسات الطاقة.

كما أن إنخفاض مستويات الدخل لدى شريحة كبيرة من السكان يمثل عائقًا أمام التوسع في إستخدام تقنيات الطاقة المُتجددة، خاصة تلك التي تتطلب تكاليف أولية مرتفعة مثل أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية. فبالرغم من المزايا البيئية والإقتصادية لهذه الأنظمة على المدى الطويل، فإن تكلفتها الأولية قد تحد من قدرة العديد من الأسر على تبنيها، الأمر الذي يحد من انتشارها على نطاق واسع (يوسف، 2016).

3.4.3 التحديات البيئية

على الرغم من أن الطاقة المُتجددة تمثل حلاً بيئيًا للحد من التلوث والإنبعاثات الكربونية، فإنها قد تواجه بعض التحديات البيئية المرتبطة بالظروف المناخية أو بالآثار البيئية لبعض المشروعات. فعلى سبيل المثال، قد تؤثر بعض الظواهر المناخية مثل العواصف الرملية والغيوم الكثيفة أو إنخفاض الموارد المائية على كفاءة تشغيل محطات الطاقة المُتجددة، خاصة محطات الطاقة الشمسية والطاقة الكهرومائية، مما قد يؤدي إلى إنخفاض إنتاجيتها في بعض الفترات.

كما تمثل مشكلة تخزين الطاقة أحد التحديات البيئية والتقنية المهمة، حيث لا يمكن الإستفادة من الطاقة الشمسية خلال فترات الليل في ظل محدودية تقنيات تخزين الطاقة أو إرتفاع تكلفتها، الأمر الذي يتطلب تطوير بطاريات ذات سعات كبيرة وكفاءة عالية لضمان إستمرارية إمدادات الطاقة.

ومن ناحية أخرى، يتطلب إنشاء مشروعات الطاقة المُتجددة مراعاة الاعتبارات البيئية المتعلقة بإستخدام الأراضي، حيث يجب تحقيق التوازن بين تخصيص الأراضي لمشروعات الطاقة الشمسية أو مزارع الرياح وبين إستخداماتها الأخرى مثل الإسكان والزراعة والبنية التحتية. كما يجب مراعاة مسارات هجرة الطيور والأسماك عند إنشاء توربينات الرياح أو المحطات الكهرومائية لتجنب التأثيرات السلبية على التنوع البيولوجي (عبد الرؤوف، 2023).

كما تواجه البيئة المصرية تحديات أخرى مثل إرتفاع مستوى سطح البحر وتأثيره المحتمل على مناطق الدلتا، وزيادة ملوحة التربة الزراعية، وتدهور جودة الهواء في المناطق الصناعية ذات الكثافة السكانية المرتفعة، إضافة إلى محدودية الموارد الطبيعية .وتزداد حدة هذه التحديات مع إستمرار النمو السكاني والضغوط الإقتصادية والإجتماعية ، مما قد يؤثر على جهود تحقيق التنمية المستدامة (محمد، 2022).

4.4.3 التحديات التقنية

تمثل التحديات التقنية أحد العوائق المهمة أمام إنتشار الطاقة المُتجددة، حيث ترتبط هذه التحديات بإرتفاع تكلفة التكنولوجيا المستخدمة في إنتاج الطاقة النظيفة مقارنة ببعض مصادر الطاقة التقليدية، إضافة إلى إنخفاض كفاءة بعض التقنيات في مراحلها الأولى. كما أن معظم التقنيات المتقدمة في هذا المجال يتم إستيرادها من الخارج، وهو ما يزيد من التكلفة الإجمالية للمشروعات (كافي، 2016).

كما تعاني بعض الدول النامية، ومنها مصر، من نقص الكفاءات والخبرات الفنية المتخصصة في تصنيع وتطوير تقنيات الطاقة المُتجددة محلياً، الأمر الذي يؤدي إلى الإعتماد بدرجة كبيرة على التكنولوجيا المستوردة. إضافة إلى ذلك، لا تزال بعض تقنيات الطاقة المُتجددة في مرحلة البحث والتطوير ولم تصل بعد إلى مرحلة النضج التكنولوجي الكامل الذي يسمح بانتشارها على نطاق واسع.

ومن ناحية أخرى، لا يتم استغلال بعض مصادر الطاقة المُتجددة بالشكل الأمثل، مثل طاقة الكتلة الحيوية التي يمكن أن تمثل مصدراً مهماً للطاقة المستدامة في ظل توافر المخلفات الزراعية والحيوانية، إلا أن محدودية إنتشار التقنيات الخاصة بها يحد من إمكانية الإستفادة منها. كما أن ضعف أعمال الصيانة في بعض محطات الطاقة وإستخدام أنواع وقود غير مطابقة للمواصفات قد يؤدي في بعض الأحيان إلى خروج المحطات من الخدمة بشكل مؤقت (كافي، 2016).

5.4.3 التحديات المؤسسية والتشريعية والتنظيمية

تواجه مشروعات الطاقة المُتجددة أيضاً عدداً من التحديات المؤسسية والتشريعية المرتبطة بالإطار التنظيمي والسياسات الحكومية. فعلى الرغم من وجود عدد من القوانين المنظمة للقطاع البيئي والطاقة في مصر، فإن بعض هذه القوانين لا تزال بحاجة إلى تطوير لتواكب متطلبات التحول الطاقوي وتعزيز الإستثمار في الطاقة المُتجددة.

فعلى سبيل المثال، لا تزال بعض سياسات الطاقة تعتمد على دعم الوقود الأحفوري، وهو ما يمثل عائقاً أمام التوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة. كما أن غياب بعض الأطر التنظيمية الواضحة التي تنظم عمليات الإنتاج والإستهلاك للطاقة قد يؤدي إلى إبطاء عملية التحول نحو الطاقة النظيفة (كافي، 2016).

وعلى الرغم من وجود قانون البيئة رقم 4 لسنة 1994، فإنه لم يتم فرض ضرائب بيئية على الأنشطة التي تستخدم الوقود الأحفوري وتسبب تلوثاً بيئياً، وهو ما قد يؤدي إلى إستمرار الإعتماد على مصادر الطاقة الملوثة. وفي المقابل، قد يؤدي فرض مثل هذه الضرائب إلى إرتفاع أسعار بعض المنتجات المرتبطة بالأنشطة الصناعية، وهو ما قد يواجه بعض التحديات الإقتصادية والإجتماعية (محمد، 2022).

كما أن بعض السياسات المتعلقة بالطاقة المُتجددة لم تتناول بعض المصادر المهمة مثل الكتلة الحيوية والطاقة الحيوية، رغم الإمكانات الكبيرة المتوافرة في مصر لإنتاج الغاز الحيوي من المخلفات الزراعية أو إنتاج الوقود الحيوي من نبات الجاتروفا بإستخدام مياه الصرف المعالجة. كما لم تتضمن بعض الإستراتيجيات أهدافاً زمنية واضحة لتطوير هذا القطاع وإستخدامه في قطاع النقل (عشري وسويلم، 2023).

6.4.3 تحديات التحول الرقمي في قطاع الطاقة

مع التوسع في إستخدام التقنيات الرقمية في إدارة شبكات الطاقة، ظهرت مجموعة من التحديات المرتبطة بالتحول الرقمي، من أبرزها الهجمات السيبرانية التي قد تستهدف البنية التحتية للطاقة. فمع زيادة الإعتماد على الشبكات الذكية والأنظمة الرقمية مثل أنظمة SCADA المستخدمة في التحكم في محطات الطاقة وخطوط الأنابيب، تصبح هذه الأنظمة أكثر عرضة لمحاولات الإختراق الإلكتروني. وقد يؤدي ذلك في بعض الحالات إلى تعطيل إمدادات الطاقة أو التسبب في حوادث خطيرة مثل زيادة معدلات ضخ الغاز في الأنابيب بما قد يؤدي إلى انفجارها في أسوأ السيناريوهات (الطاقة، 2025).

كما تعاني بعض المؤسسات من تعقيد البنية التحتية التكنولوجية، حيث تعتمد بعض القطاعات على أنظمة قديمة لا تتوافق مع التقنيات الحديثة، مما يعيق تكامل البيانات ويزيد من تكاليف تحديث الأنظمة. ولذلك تتجه الدولة إلى تحديث البنية التحتية للطاقة بشكل تدريجي وإستبدال الأنظمة التقليدية بأنظمة حديثة تدعم التحول الرقمي والطاقة المُتجددة، غير أن هذا التحول يتطلب إستثمارات كبيرة وجهوداً تنظيمية وتقنية مستمرة (قنابر، 2023).

كما تعاني بعض المؤسسات من عدم وجود نظام بيانات للطاقة متكامل ففي كثير من المؤسسات تستخدم وتعمل الأقسام على منصات وأدوات مختلفة، مما يخلق جزراً رقمية منفصلة تعيق تدفق المعلومات وإتخاذ القرارات بشكل سريع وفعال.(اكاديمية مهارات التخطيط الاستراتيجي, 2025)

القسم الرابع

الطاقة المُتجددة كأداة لمواجهة التغيُّرات المُناخية : في ضوء التجارب الدولية

تمهيد:

في ظل التحديات البيئية العالمية المتزايدة، والتأثيرات السلبية للتغيُّرات المُناخية على النظم الإقتصادية والإجتماعية والطبيعية، أصبح البحث عن حلول مستدامة للطاقة ضرورة ملحة. ومن بين هذه الحلول، تبرز الطاقة المُتجددة كأداة رئيسية للحد من الإنبعاثات الكربونية، وتحقيق النمو الإقتصادي المستدام، وتحسين جودة الحياة.

يتناول هذا القسم أولاً التجارب الدولية في إستخدامات الطاقة المُتجددة، مع التركيز على تجارب دول رائدة مثل الصين وألمانيا والسويد، والتي تبنت سياسات وإستراتيجيات متعددة لتعزيز مصادر الطاقة النظيفة، مع مراعاة البعد الإقتصادي والاجتماعي والبيئي.

بعد دراسة هذه التجارب، سننتقل قسم تحليل دور الطاقة المُتجددة في مواجهة التغيُّرات المُناخية ، مستنداً إلى النتائج والدروس المستفادة من هذه التجارب. ويهدف هذا القسم إلى توضيح كيف يمكن لمصر الإستفادة من التجارب الدولية لتطوير سياساتها الوطنية في مجال الطاقة المُتجددة، وتقليل الإنبعاثات الكربونية، وزيادة كفاءة الطاقة، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة على المستويين الوطني والدولي.

1.4 التجربة الصينية في إستخدامات الطاقة المُتجددة

تشهد الصين منذ مطلع العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين انتقالاً كبيراً يُعظّم دورها على الساحة العالمية في مجال الطاقة المُتجددة. وقد تطلب تحقيق ذلك سياسات وإستراتيجيات صاعدة، فاختارت الصين النمو منخفض الكربون لتطوير مصادر الطاقة المُتجددة، حيث ارتفع إجمالي إستثمارها في معالجة التلوث البيئي بنحو 15٪ سنوياً، ما يمثل 1.33٪ من إجمالي الناتج المحلي لعام 2009. ويعد التوجه نحو مصادر الطاقة المُتجددة بالنسبة لقادة الصين ضرورة للنمو المستدام، حيث تحتل الصين المرتبة الأولى في معظم أنواع الطاقة المُتجددة مثل الكهرومائية، الشمسية، الرياح، تدفئة المياه بالطاقة الشمسية والديزل الحيوي، وتمثل إستثماراتها في هذا المجال نحو ثلث الإستثمارات العالمية (خطاب ,2020)

وتستهدف الصين إنتاج 80٪ من احتياجاتها من الطاقة المُتجددة بحلول عام 2050، وبلغ مجموع إستثماراتها في الطاقة المُتجددة منذ 2012 نحو 102.9 تريليون دولار أمريكي، أي ما يعادل 36٪ من الإستثمارات العالمية في البنية التحتية وتكنولوجيا الطاقة المُتجددة، موزعة بنسبة 46٪ للطاقة الشمسية، 43٪ لطاقة الرياح، و10٪ لمصادر أخرى. كما زاد حجم الإستثمارات في المنشآت الكهرومائية والشمسية والنووية وطاقة الرياح بنسبة 70٪ بين 2006 و2017، في حين إنخفضت الإستثمارات في مجالات الطاقة الأحفورية (خطاب, 2020, نقلا عن:Zhao ,2012)

كما التزمت الصين بخطة النمو الأخضر طويلة الأجل ضمن خطتها الخمسية الثانية عشر (2011–2015)، التي شملت الإستثمار في إدارة الموارد الطبيعية لخلق فرص عمل في قطاع الغابات والحد من الفقر الريفي، مع إعادة التوازن للإقتصاد والحد من الفوارق الإجتماعية وحماية البيئة. وقد استثمرت الصين في تخضير القطاعات الإقتصادية الأساسية، بما في ذلك تدوير النفايات، التكنولوجيات النظيفة، والطاقة المُتجددة، مع سن التشريعات لتحسين إستخدام الأراضي في المدن والريف وتطوير التخطيط الحضري (خطاب، 2020).

فيما يخص الطاقة الحيوية، استخدمت الصين الغاز الحيوي منذ عام 2005 كوقود رئيسي لأكثر من 20 مليون أسرة ريفية، مع إنتاج أكثر من 400 منشأة تنتج نحو 8 مليارات لتر مكعب سنويًا، ويشكل الغاز الحيوي حوالي 1.2٪ من إجمالي إستخدام الطاقة في البلاد. كما فرضت الصين ضرائب بيئية على الملوثات الهوائية والمائية ضمن قانون ضريبة حماية البيئة عام 2018، لتصل نسبة الضرائب البيئية نحو 2.1٪ من إجمالي الضرائب الصينية .

كما اعتمدت الصين مجموعة من السياسات الإقتصادية والتنظيمية الفعّالة لدعم قطاع الطاقة المُتجددة، من أبرزها:

سياسة تعريفة التغذية (Feed–in Tariff): حيث تضمن الحكومة أسعاراً محفزة لشراء الكهرباء المنتجة من مصادر متجددة، بما يشجع المستثمرين على الدخول في هذا القطاع.

سياسة المناقصات التنافسية: التي تقوم على طرح مشروعات الطاقة المُتجددة أمام المستثمرين وفق آليات تنافسية لاختيار أقل تكلفة إنتاج.

تشجيع التصنيع المحلي: من خلال فرض نسب محددة للمكون المحلي في مشروعات الطاقة، مما ساهم في توطين التكنولوجيا وتقليل التكاليف.

الدعم الحكومي: سواء لدعم إنتاج المعدات أو دعم أسعار الكهرباء المنتجة من الطاقة المُتجددة.

فرض قيود على الواردات: من خلال فرض ضرائب على المعدات المستوردة، بهدف حماية الصناعة المحلية.

وقد أسهمت هذه السياسات مجتمعة في تحقيق طفرة كبيرة في قطاع الطاقة المُتجددة في الصين، حيث أصبحت نموذجاً عالمياً يُحتذى به في كيفية إدارة التحول الطاقي بشكل متكامل يجمع بين الأبعاد الإقتصادية والبيئية والتكنولوجية.

وبناءً على ما سبق، يمكن القول إن التجربة الصينية تمثل نموذجًا ناجحًا للتحول نحو الطاقة المُتجددة، حيث استطاعت من خلال التخطيط الإستراتيجي طويل الأجل، وتكامل السياسات، وتوافر الإرادة السياسية، تحقيق تقدم كبير في هذا المجال. كما توفر هذه التجربة دروساً مهمة يمكن الإستفادة منها في الدول النامية، ومن بينها مصر، خاصة فيما يتعلق بتبني سياسات داعمة للإستثمار، وتعزيز التصنيع المحلي، وتطوير الأطر التشريعية والتنظيمية لقطاع الطاقة المُتجددة.

2.4 التجربة الالمانية في إستخدامات الطاقة المُتجددة

تُعد ألمانيا من أوائل الدول التي اهتمت بتحقيق الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة من خلال التركيز على تطوير مصادر الطاقة المُتجددة. تحتل ألمانيا المركز الرابع عالمياً من حيث الإقتصاد، وهي عضو مؤسس للاتحاد الأوروبي ومنطقة اليورو، كما تُعد من أكبر الدول الأوروبية من حيث عدد السكان ومن أبرز الدول الصناعية في العالم. هذا الوضع ساهم في ظهور تحديات بيئية كبيرة، دفعت الحكومة الألمانية إلى مواجهة هذه المشكلات من خلال إعتماد سياسات طاقة مستدامة ترتكز على الطاقة المُتجددة.

اتبعت ألمانيا إستراتيجية شاملة ترتكز على رفع كفاءة إستخدام الطاقة والموارد الطبيعية، مع التوسع في الإعتماد على مصادر الطاقة المُتجددة. وقد شملت سياساتها فرض ضرائب صارمة على الوقود الأحفوري الضار بالبيئة، ودعم التطور التكنولوجي، إلى جانب منح إعفاءات ضريبية وتخفيضات خاصة بقطاع الطاقة المُتجددة بهدف تشجيع الشركات والأفراد وجذب الإستثمارات. ومن خلال هذه السياسات، أصبحت ألمانيا واحدة من الدول الرائدة عالمياً في مجال الطاقة المُتجددة، حيث تمتلك ثالث أكبر قطاع لطاقة الرياح في العالم.

بلغت نسبة مصادر الطاقة المُتجددة من إجمالي إنتاج الطاقة في ألمانيا 20٪ في عام 2011 بعد أن كانت 6٪ فقط في عام 2000، وقد وضعت البلاد خطة طموحة للوصول إلى توليد 50٪ من الطاقة من مصادر متجددة بحلول عام 2050. كما رفعت ألمانيا ميزانية البحث والتطوير في مجال الطاقة المُتجددة منذ دخول (حزب الخضر) في الائتلاف الحكومي عام 1998، وشهدت البلاد تغييراً كبيراً بعد حادثة محطة فوكوشيما النووية في اليابان عام 2011، حيث قرر البرلمان في 2012 التخلي عن الطاقة النووية قبل عام 2022 والتحول بشكل أكبر نحو الطاقة المُتجددة.

الطاقة الشمسية: وعلى صعيد صناعة التقنيات الشمسية أسست ألمانيا قطاعاً جديداً حقق نمواً هائلاً في مجال الطاقة المُتجددة. فقد ارتفع حجم أعمال تقنيات الطاقة الشمسية من حوالي 450 مليون يورو عام 2004 إلى نحو 4.9 مليار يورو عام 2010، كما امتلكت أكبر سوق للطاقة الشمسية بقدرة إجمالية أكثر من 17,000 ميجاوات، وعدد العاملين في هذا القطاع تجاوز 50,000 عامل. كما شهدت زيادة إستخدام المجمعات الشمسية في المنازل، حيث بلغ عددها 800,000 مجمع في 2006، لتغطية تدفئة نحو 5٪ من المنازل الألمانية. وتحتل ألمانيا المرتبة الأولى عالمياً من حيث نمو محطات الطاقة الشمسية، مع إنتاج ثلث خلايا الطاقة الشمسية في العالم موسومة بـــ "صنع في ألمانيا". كما تضم ألمانيا أكبر محطة

طاقة شمسية تعتمد على المرايا (محطة ليبروزه) في ولاية براندنبورج بمساحة تعادل 210 ملاعب كرة قدم وتنتج نحو 53 ميجاوات تكفي 50,000 منزل، بالإضافة إلى محطة (برج يوليش) التي تعتمد على البرج المركزي وتركيز أشعة الشمس بالمرايا. وقد أدى التوسع في إستخدام الخلايا الشمسية إلى إنخفاض تكلفة الخلية الكهروضوئية من 25.3 دولار عام 1979 إلى أقل من 1.5 دولار حالياً، نتيجة التطوير والإبتكار وتحسين كفاءة الإنتاج وخفض الهالك (الصورى، 2020).

طاقة الرياح: وتعد ألمانيا أكبر سوق عالمي لها، حيث وصلت القدرة الإنتاجية لمحطات الرياح عام 2010 إلى 21,000 ميجاوات، ووصلت طاقة الرياح الإجمالية إلى أكثر من 27,000 ميجاوات في وقت لاحق، مع وجود 12,250 عنفة هوائية في 2020. وتمثل ألمانيا ثالث أكبر قطاع لطاقة الرياح عالمياً، ويعتمد نصف توربينات الرياح حول العالم على تكنولوجيا ألمانية.

طاقة الكتلة الحيوية: وفيما يتعلق بطاقة الكتلة الحيوية فقد أنتجت ألمانيا 17 مليار ك.وات من الكهرباء إعتمادا على الكتلة الحيوية عام 2006، منها 10 مليارات ك.وات من الخشب، و5 مليارات من الغاز العضوي، ومليار من الزيوت النباتية، أي ما يعادل نحو 3٪ من الإنتاج الكلي للكهرباء، وزادت هذه الكمية إلى 2.8 مليار ك.وات مع إدخال الغاز العضوي عام 2010.

الطاقة الجوفية: كما لعبت الطاقة الجوفية دوراً محدوداً في توليد الطاقة والتدفئة، حيث شكّلت نحو 1٪ من مصادر الطاقة المُتجددة في 2006، مع تزويد نحو 6,000 أسرة بالكهرباء و300 أسرة بالطاقة الحرارية، مع خطط مستقبلية لإضافة محطات جديدة للشبكة.

أهم سياسات إستخدام الطاقة في ألمانيا

يمكن تلخيص السياسات الرئيسية التي إتبعتها ألمانيا لتعزيز إستخدام الطاقة المُتجددة فيما يلي:

سياسة تعريفة التغذية الطاقة المُتجددة وتطويرها التدريجي:

بدأت ألمانيا في عام 1979 بوضع تعريفة تغذية للطاقة المُتجددة لتشجيع إنتاج الكهرباء محلياً من مصادر متجددة، إلا أن السعر الأولي كان منخفضاً مقارنة بالتكاليف الفعلية للإنتاج. لذلك، قامت الحكومة بتمويل مؤسسات بحثية لتطوير توربينات الرياح الصغيرة والمتوسطة خلال الفترة من 1977 إلى 1989. وفي عام 2000، وبعد حادثة تشيرنوبل، تم تعديل التعريفة لتصبح أكثر فعالية، مما أدى إلى نمو إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المُتجددة ليصل إلى 883 جيجاوات/ساعة بحلول عام 2007.

سياسة المناقصات التنافسية:

ومع حلول عام 2014، شهدت سياسة التعريفة تحولاً واضحاً نحو المناقصات التنافسية في مجال الطاقة الشمسية، كإستجابة سريعة لتراجع الإستثمارات بسبب إرتفاع تكاليف الطاقة الشمسية، مع التركيز على الوصول لأدنى تكلفة ممكنة للإنتاج .

برامج البحث والتطوير لدعم طاقة الرياح البحرية:

خصصت ألمانيا تمويلاً حكومياً كاملاً لبرامج البحث والتطوير بهدف نشر طاقة الرياح البحرية، رغم أن البلاد لم تنتج أي كيلووات منها حتى عام 2008. كما تم تنفيذ برامج لتطوير البنية التحتية لربط مشاريع الرياح البحرية بالشبكة الكهربائية الوطنية، لضمان الإستفادة القصوى من هذه المصادر الجديدة .

برنامج التخلص التدريجي من الطاقة النووية:

وضعت ألمانيا خطة زمنية محددة للتخلص من الطاقة النووية تدريجيًا، مع إستبدالها تدريجيًا بمشاريع للطاقة المُتجددة. وقد عززت هذه السياسة التزام البلاد بالتحول نحو نموذج طاقة مستدام يحقق التوازن بين الأمان البيئي وتأمين الطاقة للمستقبل.

3.4 التجربة السويد في إستخدامات الطاقة المُتجددة

تعد السويد من الدول الأوروبية الرائدة في مجال الطاقة المُتجددة، وتولي اهتماماً كبيراً بتحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة الهدف السابع الذي يركز على الطاقة النظيفة وبأسعار معقولة. تتميز السويد بمزيج طاقة متنوع، يعتمد على الطاقة الكهرومائية، طاقة الرياح، الطاقة الحيوية، والطاقة الشمسية، بالإضافة إلى جهود كبيرة لتحسين كفاءة إستخدام الطاقة وخفض الإنبعاثات الكربونية.

السياسات الحكومية والإستراتيجية الوطنية

اعتمدت السويد إستراتيجية وطنية طويلة الأجل لتعزيز الطاقة المُتجددة منذ بداية التسعينيات، وتتمثل هذه الإستراتيجية في عدة محاور رئيسية:

التحول نحو الإقتصاد منخفض الكربون:

تهدف السويد إلى تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري تدريجيًا، مع التركيز على تعزيز إستخدام المصادر المُتجددة للطاقة، بما في ذلك الطاقة الكهرومائية وطاقة الرياح والطاقة الحيوية .

تشريعات ملزمة للحد من الانبعاثات:

طبقت السويد قوانين صارمة لتقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة، بما في ذلك الضرائب البيئية على الفحم والنفط، والتي شجعت الصناعات على التحول إلى مصادر أكثر نظافة.(Ministry of the Environment and Energy (Sweden), 2021).

خطة الطاقة الوطنية 2030 و2050 :

تهدف السويد إلى تحقيق توليد طاقة متجددة بنسبة 100% بحلول عام 2040 وتقليل إنبعاثات الغازات الدفيئة إلى 0% بحلول عام 2045 ومن المرجح أن تكون هذه الأهداف بمثابة فرصة لسوق الطاقة المُتجددة السويدي في المستقبل (Mordor intelligence ,2025)

فهي تهدف إلى الوصول إلى إعتماد كامل على مصادر الطاقة المُتجددة بحلول عام 2040، وتقليل إنبعاثات الكربون إلى مستويات شبه صفرية بحلول منتصف القرن، مع التركيز على الإبتكار في البنية التحتية للطاقة المُتجددة.

دعم البحث والتطوير والإبتكار:

تضع السويد البحث العلمي والتكنولوجيا المتقدمة في صميم إستراتيجيتها للطاقة المُتجددة، حيث تمثل الإبتكارات التقنية الركيزة الأساسية لزيادة إنتاج الطاقة وتحسين كفاءتها:

- أنشأت السويد مراكز بحثية متخصصة في الطاقة الحيوية، طاقة الرياح، والطاقة الشمسية، وتستثمر مبالغ كبيرة في تطوير تقنيات خلايا الوقود والتوربينات الكهرومائية .
- تشجع الحكومة السويدية الشراكات بين الجامعات والشركات الصناعية لتسريع تطوير التكنولوجيا النظيفة، وتقديم حلول متقدمة لتخزين الطاقة وتحسين شبكات الكهرباء الذكية .
- خصصت السويد منذ عام 2000، نسبة كبيرة من ميزانيتها الوطنية للإبتكار في مجال الطاقة المُتجددة، بما في ذلك دعم الشركات الناشئة التي تعمل في قطاع الطاقة النظيفة .

طاقة الرياح

تمثل طاقة الرياح أحد أهم مصادر الطاقة المُتجددة في السويد:

- في عام 2020، بلغ إجمالي القدرة المركبة لمحطات طاقة الرياح أكثر من 10 جيجاوات، مع مشاريع بحرية وبرية موزعة على مختلف مناطق البلاد .
- وضعت السويد برامج تمويلية حكومية لدعم إنشاء توربينات الرياح وتطوير التكنولوجيا البحرية، بما في ذلك شبكات الربط مع الشبكات الكهربائية الوطنية .
- يشجع البرنامج الحكومي السويدي المستثمرين المحليين والأجانب على إقامة مشروعات طاقة الرياح، مع توفير إعفاءات ضريبية وحوافز للإستثمار طويل الأجل .

الطاقة الكهرومائية والطاقة الحيوية

تتمتع السويد بموارد طبيعية وفيرة للطاقة الكهرومائية، وتعتبر الطاقة الكهرومائية العمود الفقري لنظام الكهرباء الوطني:

- تشكل الطاقة الكهرومائية حوالي 40% من إجمالي إنتاج الكهرباء في السويد، مع مشاريع كبيرة في الأنهار الشمالية مثل نهر لابي وبلتيريا .
- الطاقة الحيوية أيضًا لها دور مهم، حيث تعتمد السويد على الخشب ومخلفات الغابات والمزارع لإنتاج الوقود الحيوي، مما يقلل الإعتماد على النفط والفحم، ويخلق فرص عمل في المناطق الريفية .

كفاءة الطاقة وإدارة الطلب

تولي السويد أهمية كبيرة لإستخدام الطاقة بكفاءة عالية، مع سياسات صارمة لتحسين إستهلاك الكهرباء والوقود:

- برامج حكومية لتشجيع المباني الخضراء والعزل الحراري وتحسين كفاءة التدفئة والتبريد .
- إعتماد نظم ذكية لإدارة الطاقة في المدن الصناعية، مما يقلل من الفاقد الطاقي ويخفض التكاليف على المستهلكين .
- دعم النقل النظيف من خلال السيارات الكهربائية والحافلات الهجينة، وتحفيز الأفراد على التحول إلى وسائل نقل منخفضة الانبعاثات.(Swedish Energy Agency, 2022)

التعاون الدولي والإستثمار الأجنبي

أظهرت السويد قدرة عالية على جذب الإستثمارات الأجنبية في قطاع الطاقة المُتجددة:

- تشجع الحكومة السويدية الشراكات الدولية، وتقدم حوافز للإستثمارات في مشاريع طاقة الرياح والطاقة الشمسية والطاقة الحيوية .
- التعاون مع مؤسسات دولية لتمويل البحث العلمي، وتحسين بنية الشبكة الكهربائية الوطنية، ونقل التكنولوجيا الحديثة من الدول الرائدة في الطاقة النظيفة .

أهم نتائج تجربة السويد:

- إنخفاض الإنبعاثات الكربونية بنسبة كبيرة خلال العقدين الماضيين، مع تحقيق نمو إقتصادي مستدام .
- توفير آلاف فرص العمل في قطاعات الطاقة المُتجددة والإبتكار التكنولوجي .
- جعل السويد نموذجاً يُحتذى به في التوازن بين التنمية الإقتصادية والحفاظ على البيئة، مع قدرة عالية على تحقيق أهداف الطاقة المستدامة.

4.4 الدروس المستفادة من التجارب الدولية لدور الطاقة المُتجددة في مواجهة التغيُّرات المُناخية

بعد إستعراض التجارب الدولية في إستخدام الطاقة المُتجددة في كل من الصين، ألمانيا، والسويد، يتضح أن الطاقة المُتجددة ليست مجرد بديل للطاقة التقليدية، بل أداة إستراتيجية لمواجهة التحديات البيئية والإجتماعية والإقتصادية ، وتقليص فجوة الإنبعاثات الكربونية، وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة الهدف السابع: طاقة نظيفة وبأسعار معقولة.

تجارب هذه الدول أظهرت أن دمج السياسات الملزمة، التشريعات، الإبتكار التكنولوجي، والإستثمارات، والشراكات الدولية يخلق إطاراً متكاملاً يمكن لأي دولة مثل مصر الإستفادة منه لتطوير قطاع الطاقة المُتجددة وتحقيق إستدامة بيئية وإقتصادية وإجتماعية.

الطاقة المُتجددة وخفض الإنبعاثات الكربونية:

أحد أهم أدوار الطاقة المُتجددة يتمثل في خفض الإنبعاثات الكربونية الناتجة عن الإعتماد على الوقود الأحفوري.

- في الصين، أدى الإستثمار المكثف في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية إلى خفض الإعتماد على الفحم، مع تقليل الإنبعاثات الضارة بنسبة ملموسة على الصعيد الوطني .
- في ألمانيا، أسهمت سياسات تعريفة التغذية والمناقصات التنافسية في خفض إنبعاثات الكربون الصناعي، خاصة بعد التخلي التدريجي عن الطاقة النووية، مع تعزيز الطاقة النظيفة من الرياح والشمس .
- في السويد، ساعدت الضرائب البيئية على الكربون والتشجيع على الطاقة الحيوية في جعل الإقتصاد أكثر مراعاة للبيئة وتقليل الإنبعاثات الضارة بشكل مستدام .

الاستنتاج الرئيس أن الطاقة المُتجددة توفر أدوات عملية للحد من التغيُّرات المُناخية من خلال تقليل إعتماد الصناعات والمنازل على الوقود الأحفوري، وبالتالي تقليل الإنبعاثات الضارة وتحسين جودة الهواء والمياه.

دور الطاقة المُتجددة في تحسين كفاءة الطاقة:

تجارب الدول الرائدة أظهرت أن إستخدام الطاقة المُتجددة يؤدي إلى تحسين كفاءة إستهلاك الطاقة:

- توظيف التقنيات الحديثة في محطات الرياح والطاقة الشمسية، مثل توربينات الرياح المتقدمة والخلايا الشمسية عالية الكفاءة، أدى إلى زيادة إنتاج الطاقة بأقل تكلفة ممكنة .
- ركزت السويد وألمانيا على دمج أنظمة تخزين الطاقة الذكية وشبكات الكهرباء الحديثة، مما قلل الهدر وحسن التوزيع والإستخدام الأمثل للطاقة المنتجة .
- تطوير التكنولوجيا والتوسع في البحث والإبتكار يؤدي إلى زيادة كفاءة الطاقة لكل وحدة إنتاجية، وهو ما ينعكس إيجابياً على الإقتصاد الوطني والقطاع الصناعي .

مساهمة الطاقة المُتجددة في تحقيق التنمية المستدامة:

البعد البيئي

- إعتماد الطاقة المُتجددة يقلل من التلوث البيئي ويعزز إستدامة الموارد الطبيعية .
- يساهم في الحد من ظاهرة الإحتباس الحراري والتغيُّر المُناخي، من خلال إستبدال الوقود الأحفوري بمصادر نظيفة مثل الرياح والشمس والكتلة الحيوية .
- يتيح تنويع مصادر الطاقة تقليل الضغط على النظم البيئية، مع دعم إعادة تدوير المخلفات الزراعية والصناعية وتحويلها إلى طاقة نظيفة، كما هو الحال في مشاريع الغاز الحيوي الصينية والالمانية والسويدية .

البعد الإقتصادي

- توسع مشاريع الطاقة المُتجددة يخلق فرص عمل جديدة، ويعزز الإقتصاد المحلي من خلال جذب الإستثمارات الأجنبية والمحلية .
- يعزز الإبتكار الصناعي والتكنولوجي ويخفض تكاليف إنتاج الطاقة على المدى الطويل، كما ظهر في إنخفاض تكلفة الخلايا الشمسية في ألمانيا بعد زيادة الإبتكار والبحث والتطوير .
- يوفر الأمن الطاقي للدولة ويقلل الإعتماد على الواردات من الوقود الأحفوري، ما يعزز الإستقرار الإقتصادي .

البعد الاجتماعي

- تساهم الطاقة المُتجددة في تحسين جودة الحياة من خلال توفير طاقة نظيفة وصحية للمجتمعات، خاصة في المناطق الريفية .
- تشجع على توظيف الكفاءات المحلية وبناء مهارات جديدة في قطاع الطاقة المستدامة .
- تدعم العدالة الإجتماعية من خلال توفير طاقة بأسعار معقولة وتقليل التأثير السلبي للتلوث على الفئات الهشة .

من خلال إستعراض التجارب الدولية، يتضح أن الطاقة المُتجددة ليست خياراً تقنياً فحسب، بل أداة إستراتيجية لمواجهة التغيُّرات المُناخية وتحقيق التنمية المستدامة .التجارب الصينية، الألمانية، والسويدية أظهرت أن السياسات الملزمة، الدعم المالي والتكنولوجي، الإبتكار، والشراكات الدولية هي العناصر الأساسية لنجاح الانتقال للطاقة النظيفة.

لذلك، يمكن لمصر الإستفادة من هذه الدروس في تصميم سياسات متكاملة لتعزيز الطاقة المُتجددة، بما يضمن تحقيق خفض الإنبعاثات الكربونية، تحسين كفاءة الطاقة، وتعزيز التنمية الإقتصادية والإجتماعية والبيئية.

القسم الخامس

السياسات المقترحة لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر

تمهيد:

تشهد مصر في السنوات الأخيرة اهتماماً متزايداً بقطاع الطاقة المُتجددة، نظراً للإمكانات الهائلة التي تتمتع بها من حيث الإشعاع الشمسي القوي، وموارد الرياح الوفيرة، والمخلفات الزراعية والصناعية التي يمكن استغلالها في إنتاج الطاقة الحيوية. ومع التحديات البيئية العالمية وإرتفاع الطلب على الطاقة، أصبح من الضروري وضع سياسات طاقة متكاملة تهدف إلى تعزيز إستخدام المصادر المُتجددة، وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري، بما يساهم في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وخاصة الهدف السابع: "طاقة نظيفة وبأسعار معقولة".

أظهرت التجارب الدولية أن تعزيز الطاقة المُتجددة يتطلب تنسيق سياسات متعددة المستويات تشمل السياسات الإقتصادية ، التشريعية والتنظيمية، تطوير التكنولوجيا والإستثمار، وتعزيز الشراكات الدولية. على سبيل المثال:

- **السياسات الإقتصادية :** نجحت ألمانيا والصين والسويد في تعزيز الإستثمار في الطاقة المُتجددة من خلال أدوات مالية محفزة، مثل تعريفة التغذية، المنح والقروض، الحوافز الضريبية، والدعم لمراكز البحث والإبتكار. وقد ساعدت هذه السياسات على زيادة قدرة الإنتاج، وخلق فرص عمل، وتحقيق نمو إقتصادي مستدام.
- **السياسات التشريعية والتنظيمية:** أظهرت السويد والصين أهمية وجود إطار قانوني وتشريعي واضح لتنظيم إستخدام الطاقة المُتجددة، بما يشمل قوانين حماية البيئة، تنظيم إستخدام الأراضي، وإصدار تشريعات تحفز على الإستثمار في الطاقة النظيفة، مثل قانون ضريبة البيئة في الصين وسياسات الإنبعاثات الكربونية في ألمانيا والسويد.
- **تطوير التكنولوجيا والإستثمار في الطاقة المُتجددة:** اعتمدت الدول الرائدة مثل ألمانيا والسويد على دعم البحث والتطوير في مجالات الطاقة الشمسية، الرياح، والطاقة الحيوية، وإنشاء مراكز تعليمية وبحثية متخصصة، ما ساعد على خفض تكاليف الإنتاج، ورفع كفاءة تقنيات الطاقة المُتجددة، وتمكينها من المنافسة عالمياً.
- **تعزيز الشراكات الدولية:** أظهرت التجارب الدولية، كما في الصين وألمانيا، أن فتح المجال أمام المستثمرين الأجانب والشراكات الدولية يسهم في نقل التكنولوجيا، وتوسيع الإستثمارات، وتحقيق إنتشار أوسع للطاقة المُتجددة. يمكن لمصر الإستفادة من موقعها الجغرافي المتميز وإشراق الشمس الوفير لتطوير مشاريع الطاقة الشمسية والرياح، مع الإستفادة من الخبرات والتقنيات العالمية.

يهدف هذا القسم إلى تقديم مجموعة من السياسات المقترحة التي يمكن لمصر تبنيها لتعزيز إستخدام الطاقة المُتجددة، مع التركيز على المحاور الأربعة الرئيسية: السياسات الإقتصادية ، التشريعية والتنظيمية، تطوير التكنولوجيا والإستثمار، وتعزيز الشراكات الدولية، مستفيدين من التجارب الدولية الناجحة كمرجعية لتطوير السياسات المحلية بشكل مستدام وفعال.

1.5 السياسات الإقتصادية المقترحة لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر

تُعد السياسات الإقتصادية أحد الركائز الأساسية لتعزيز الطاقة المُتجددة، حيث تعمل كأداة مباشرة لجذب الإستثمارات، وتشجيع القطاع الخاص، وضمان إستدامة مشاريع الطاقة النظيفة.

ولتحقيق هذا الهدف، يمكن لمصر الإستفادة من التجارب الدولية التي أظهرت فعالية سياسات مالية متنوعة في زيادة إنتاج الطاقة المُتجددة، وخفض التكاليف، وخلق فرص عمل، ودعم التنمية المستدامة.

تعريفة التغذية:

تُعد تعريفة التغذية أداة مالية فعالة لدعم إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المُتجددة، حيث يتم تحديد سعر ثابت لكل وحدة كهرباء تنتج من مشروع طاقة متجددة، أعلى من سعر الكهرباء المنتجة من المصادر التقليدية، لضمان عائد مناسب للمستثمرين.

التجربة الألمانية أظهرت نجاح تعريفة التغذية في زيادة إنتاج الكهرباء المُتجددة، خاصة بعد حادثة تشيرنوبل، حيث أدى تحسين التعريفة إلى نمو إنتاج الكهرباء من مصادر متجددة من نحو 6% في 2000 إلى 20% في 2011، مع توسع كبير في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.

الصين استخدمت التعرفة لدعم مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مع تحديد المسؤوليات بين المشاريع التجارية والمستهلك النهائي لتحمل التكاليف الإضافية، ما ساهم في جذب إستثمارات محلية وأجنبية على حد سواء.

يُقترح لمصر إعتماد نظام تعريفة تغذية مستدامة يوازن بين حماية المستثمر وضمان عدم تحميل المستهلكين النهائيين تكلفة مرتفعة، مع وضع آليات مراجعة دورية للتعريفة بما يتناسب مع تكاليف الإنتاج وتطور التكنولوجيا.

المناقصات التنافسية:

يمكن لمصر الإستفادة من التحول الذي شهدته ألمانيا والصين، من الإعتماد الكامل على تعريفة التغذية إلى إستخدام المناقصات التنافسية لمشاريع الطاقة الشمسية والرياح، بهدف خفض تكلفة الإنتاج وضمان فعالية الإستثمار.

يتم الإعلان عن مناقصات لمشاريع محددة بقدرات إنتاجية معينة، وتُمنح العقود لأقل تكلفة إنتاج، مع مراعاة جودة الأداء ومعايير الإستدامة .

يمكن أن تشمل المناقصات نسبة مشاركة التصنيع المحلي، كما في الصين، لتوطين التكنولوجيا وخفض الإعتماد على المعدات المستوردة.

الحوافز الضريبية والمالية:

تعتبر الحوافز الضريبية والمالية من أهم الأدوات لجذب الإستثمارات في قطاع الطاقة المُتجددة:

- الإعفاءات الضريبية على المعدات المستخدمة في مشروعات الطاقة المُتجددة، كما طبقتها ألمانيا والصين لتشجيع تصنيع محلي للمعدات وتقنيات الطاقة النظيفة.
- خصومات ضريبية للشركات والمستثمرين الذين يلتزمون بالمعايير البيئية ويطورون مشاريع متجددة.
- منح وقروض ميسرة لدعم إنشاء محطات للطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مع التركيز على المناطق ذات الموارد العالية للطاقة المُتجددة في مصر، مثل سيناء وساحل البحر الأحمر.

دعم البحث والتطوير والإبتكار:

إن الإستثمار في البحث العلمي والتكنولوجيا يعتبر من الإستراتيجيات الإقتصادية الحيوية لتعزيز الطاقة المُتجددة:

- السويد وألمانيا خصصتا مبالغ كبيرة للبحث والتطوير في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية، مما خفض تكلفة إنتاج الكهرباء وجعل المشاريع أكثر إستدامة .
- يقترح لمصر إنشاء مراكز بحثية متخصصة، وبرامج تدريبية لتطوير الكفاءات المحلية في تقنيات الطاقة المُتجددة، وربطها بالقطاع الصناعي لتوطين التصنيع وتحقيق ميزة تنافسية في السوق المحلي والإقليمي.

إنشاء صناديق دعم للطاقة المُتجددة:

يمكن لمصر الإستفادة من إنشاء صناديق وطنية لدعم مشاريع الطاقة المُتجددة، تساهم في:

- تمويل مشاريع صغيرة ومتوسطة للطاقة الشمسية والرياح والطاقة الحيوية في القرى والمناطق النائية.
- توفير ضمانات مالية للمستثمرين المحليين والأجانب لتقليل المخاطر المرتبطة بالإستثمار في الطاقة النظيفة.
- دعم مشروعات الطاقة المُتجددة في القطاعات الصناعية والزراعية، بما يسهم في خفض إستهلاك الوقود الأحفوري وتحسين الكفاءة الطاقية.

تنويع مصادر التمويل:

ينبغي على مصر الإستفادة من مصادر التمويل المختلفة لتعزيز مشاريع الطاقة المُتجددة:

- الشراكات بين القطاعين العام والخاص (PPP)، كما نفذت ألمانيا والصين لتطوير مشاريع الرياح والطاقة الشمسية.
- التمويل الدولي من خلال مؤسسات التنمية، والبنوك الإقليمية، والصناديق المناخية العالمية، للاستفادة من الخبرات والتقنيات الحديثة.
- تشجيع الإستثمار المباشر من الشركات متعددة الجنسيات، خاصة في مجالات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، مع ضمان نقل التكنولوجيا وبناء القدرات المحلية.

تحفيز المستهلك النهائي:

يمكن تطبيق سياسات إقتصادية تشجع المستهلكين على تبني الطاقة المُتجددة، مثل:

- تقديم دعم مالي لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية على الأسطح والمنازل.
- توفير قروض منخفضة الفائدة لمشروعات الطاقة الصغيرة والمتوسطة.
- إنشاء برامج توعية حول فوائد الطاقة المُتجددة وخفض التكاليف على المدى الطويل.

2.5 السياسات التشريعية والتنظيمية لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر

تُعد السياسات التشريعية والتنظيمية العمود الفقري لنجاح إستراتيجيات الطاقة المُتجددة، حيث توفر إطاراً قانونياً واضحاً ينظم الإستثمار والإنتاج والتوزيع، ويضمن حماية البيئة وحقوق المستثمرين والمستهلكين على حد سواء. ومن خلال النظر في التجارب الدولية، مثل الصين وألمانيا والسويد، يمكن استخلاص مجموعة من الإجراءات التشريعية والتنظيمية الفعالة التي يمكن تطبيقها في مصر لتعزيز قطاع الطاقة المُتجددة.

سن قوانين وتشريعات واضحة للطاقة المُتجددة:

التجربة الألمانية أظهرت أن وجود قوانين محددة للطاقة المُتجددة منذ عام 2000 (قانون الطاقة المُتجددة – EEG) ساعد على تنظيم السوق، وتحديد التعريفات، وتشجيع المستثمرين على دخول القطاع بثقة.

الصين اعتمدت مجموعة من القوانين البيئية وضرائب الطاقة لتحفيز الإنتاج النظيف وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري.

يُقترح لمصر سن قانون شامل للطاقة المُتجددة يشمل:

- تعريف أنواع الطاقة المُتجددة ومجالات إستخدامها.
- تحديد حقوق والتزامات المستثمرين المحليين والأجانب.
- وضع معايير للجودة والأداء للمعدات والمشاريع.
- حماية البيئة من خلال تحديد الإنبعاثات المسموح بها لمشاريع الطاقة.

تسهيل إجراءات الترخيص والتصاريح:

- تعتبر تبسيط الإجراءات من أهم عوامل جذب الإستثمارات. التجربة السويدية أوضحت أن وضع آليات إلكترونية لتقديم طلبات الترخيص وتقليص الوقت اللازم للموافقات ساهم في زيادة عدد المشاريع الإستثمارية في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح.
- يُقترح لمصر إنشاء منصة موحدة للتراخيص، بحيث يتم منح الموافقات بسرعة، مع وضع حد أقصى زمني لإتمامها، وتقليل البيروقراطية والمعوقات الإدارية.

وضع معايير بيئية صارمة:

التجربة السويدية تركز على دمج الطاقة المُتجددة مع حماية البيئة، حيث يتم تقييم تأثير كل مشروع على البيئة قبل الموافقة عليه، مع وضع معايير للتقليل من الأثر البيئي.

يُقترح لمصر إصدار لائحة معايير بيئية لمشاريع الطاقة المُتجددة، تشمل:

- تقييم أثر المشروع على الأراضي والمياه والهواء.
- اشتراط إستخدام تقنيات صديقة للبيئة وفعالة.

- إلزام المشاريع بتقديم تقارير دورية عن الأثر البيئي.

تحفيز الإستثمار الخاص والأجنبي:

التجربة الصينية والألمانية أوضحت أهمية سن تشريعات تتيح حرية دخول القطاع الخاص والأجنبي مع ضمان حقوقهم.

يمكن لمصر:

- سن قوانين حماية المستثمرين الأجانب.
- تحديد نسبة مشاركة محلية للتصنيع كما في الصين، لضمان نقل التكنولوجيا.
- منح تسهيلات ضريبية أو إعفاءات للشركات المستثمرة في مشاريع الطاقة المُتجددة.

تطوير التشريعات المالية والضرائبية:

فرض ضرائب على الإنبعاثات والتلوث كما فعلت الصين ضمن قانون ضريبة حماية البيئة 2018 ساعد على تحويل الإستثمارات نحو الطاقة النظيفة.

يُقترح لمصر وضع نظام تحفيزي للضرائب:

- خصم ضريبي للمستثمرين في الطاقة المُتجددة.
- فرض رسوم على إستهلاك الوقود الأحفوري لتشجيع إستخدام الطاقة النظيفة.
- تقديم حوافز للمستهلكين لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية.

تنظيم شبكات الكهرباء والتوزيع:

التجربة الألمانية أكدت ضرورة تعديل التشريعات المتعلقة بالشبكات لتسهيل دمج الطاقة المُتجددة:

- وضع معايير لتوصيل الكهرباء المنتجة من مشاريع الطاقة المُتجددة إلى الشبكة الوطنية.
- تسهيل الربط بين المشاريع الصغيرة والمتوسطة والشبكات المحلية.
- ضمان دفع التعريفات للمستثمرين من الشبكة الوطنية بطريقة شفافة وسريعة

آليات المراقبة والالتزام:

لضمان نجاح التشريعات، يجب وضع آليات رقابية فعالة:

- إنشاء هيئة مستقلة لمراقبة التزام المشاريع بالمعايير البيئية والقوانين.
- متابعة الأداء الفني والمالي للمشاريع.
- فرض عقوبات على المخالفين من المستثمرين أو المطورين.

تعزيز الشفافية والمساءلة:

تُعد الشفافية من أهم عوامل جذب الإستثمارات، حيث يمكن للمستثمرين الاطلاع على القرارات والمعايير والإجراءات بشكل واضح.

يمكن لمصر: نشر جميع القوانين واللوائح على الإنترنت. تنظيم ورش عمل وندوات للمستثمرين حول التحديثات التشريعية. ضمان آليات لتقديم الشكاوى والمقترحات بشأن المشاريع والإستثمارات.

3.5 تطوير التكنولوجيا والإستثمار في الطاقة المُتجددة في مصر

يعتبر تطوير التكنولوجيا والإستثمار في قطاع الطاقة المُتجددة أحد الركائز الأساسية لتحقيق الأمن الطاقي، وتعزيز التنمية المستدامة، وتحفيز النمو الإقتصادي في مصر. التجارب الدولية، مثل ألمانيا والصين والسويد، أظهرت أن الجمع بين الإبتكار التكنولوجي والإستثمار المستدام يوفر قاعدة قوية لتوسيع إنتاج الطاقة النظيفة، وزيادة كفاءة إستخدامها، وتخفيض التكاليف. وبناءً على هذه التجارب، يمكن لمصر اتباع سياسات وإستراتيجيات محددة لتحقيق هذا الهدف.

تطوير البنية التحتية التكنولوجية للطاقة المُتجددة:

التجربة الألمانية أظهرت أن الإستثمار في البنية التحتية للشبكات الكهربائية والربط بين المشاريع المختلفة للطاقة المُتجددة، خاصة الشمسية وطاقة الرياح، ساهم في دمج الطاقة النظيفة بكفاءة مع الشبكة الوطنية، يمكن لمصر:

- تحديث شبكات الكهرباء لتصبح قادرة على إستيعاب الإنتاج المتغير للطاقة الشمسية وطاقة الرياح .
- بناء محطات تخزين كهرباء متقدمة (بطاريات تخزين عالية السعة) لضمان استقرار الشبكة .
- تطوير محطات الطاقة الكهروضوئية العائمة والمزارع الشمسية على نطاق واسع، مع مراعاة توظيف أحدث تقنيات تتبع الشمس والرياح .

تشجيع البحث والإبتكار التكنولوجي:

التجربة السويدية وألمانيا بينت أهمية إنشاء مراكز بحثية متخصصة لدعم تطوير تقنيات الطاقة المُتجددة .يُقترح لمصر :

- تأسيس مراكز بحثية جامعية ومستقلة متخصصة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والكتلة الحيوية والطاقة الحرارية الأرضية .
- دعم برامج الماجستير والدكتوراه في مجالات الطاقة المُتجددة والتكنولوجيا النظيفة .
- تمويل الأبحاث التي تركز على رفع كفاءة الألواح الشمسية وتوربينات الرياح، وتقنيات إنتاج الهيدروجين الأخضر .

تحفيز الإستثمار الخاص والأجنبي:

التجربة الصينية والألمانية أظهرت أن الإستثمار الخاص والأجنبي يزيد من معدل الإبتكار ويخفض تكاليف الإنتاج . ويمكن لمصر :

- تقديم حوافز ضريبية للمستثمرين المحليين والأجانب في مشاريع الطاقة المُتجددة.
- تسهيل إجراءات تأسيس الشركات والشراكات مع مراكز الإبتكار العالمية.
- إدماج المستثمرين في تطوير تقنيات تصنيع المعدات محلياً، لضمان توطين التكنولوجيا.

الإستفادة من التمويل الدولي والمبادرات العالمية:

تتيح المبادرات الدولية، مثل التمويل الأخضر وصناديق الطاقة النظيفة، فرصة لدعم المشاريع الوطنية للطاقة المُتجددة . ويمكن لمصر :

- الحصول على تمويل من مؤسسات دولية مثل البنك الدولي، وصندوق المناخ الأخضر، والاتحاد الأوروبي .
- توقيع اتفاقيات تعاون فني مع الدول الرائدة في مجال الطاقة المُتجددة لنقل المعرفة والتكنولوجيا .
- ربط التمويل الدولي بمتطلبات الإستدامة البيئية والإجتماعية لضمان تحقيق الأهداف طويلة المدى .

تشجيع التصنيع المحلي للمعدات التكنولوجية:

التجربة الصينية بينت أن تشجيع التصنيع المحلي للمعدات المستخدمة في مشاريع الطاقة المُتجددة يقلل التكاليف ويزيد فرص العمل يمكن لمصر :

- وضع سياسات لدعم إنشاء مصانع لإنتاج الألواح الشمسية وتوربينات الرياح والبطاريات المحلية .
- تقديم حوافز للشركات المحلية لتطوير تقنيات مبتكرة وفعالة .
- إقامة شراكات بين الشركات المحلية والعالمية لتوطين المعرفة والتقنيات الحديثة .

تعزيز القدرات البشرية والتدريب المهني:

الخبرات البشرية هي العمود الفقري للنجاح التكنولوجي، ويمكن لمصر:

- إطلاق برامج تدريبية متخصصة في الطاقة المُتجددة لمهندسين وفنيين وإداريين .
- عقد ورش عمل ودورات تدريبية بالتعاون مع مراكز البحث العالمية .
- تشجيع الطلاب والشباب على الانخراط في المشاريع الريادية والإبتكارات في الطاقة المُتجددة .

تنويع مصادر الإستثمار:

الإستثمار لا يقتصر على الطاقة الشمسية وطاقة الرياح فقط، بل يجب توسيعه ليشمل :

- الطاقة الحرارية الأرضية .
- الطاقة الكهرومائية الصغيرة والمتوسطة .
- إنتاج الهيدروجين الأخضر من الطاقة الشمسية والرياح .
- تطوير مشاريع الغاز الحيوي والديزل الحيوي من المخلفات الزراعية والصناعية.

خلق منظومة مستدامة للتطوير والإبتكار:

الهدف هو بناء منظومة متكاملة تربط بين الإبتكار، والإستثمار، والتنظيم، والتدريب، لتصبح مصر مركزاً إقليمياً للطاقة المُتجددة.يشمل ذلك :

- دعم التعاون بين الجامعات، ومراكز البحث، والشركات الخاصة، والحكومة .

- وضع مؤشرات تقييم مستمرة لنجاح المشاريع وكفاءة الإستثمار التكنولوجي .
- إنشاء حوافز مستمرة للإبتكار في مجالات الإنتاج، والتخزين، وإدارة الطاقة.

4.5 تعزيز الشراكات الدولية لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر

تعتبر الشراكات الدولية ركيزة أساسية لتسريع إنتشار الطاقة المُتجددة في مصر، حيث تتيح الإستفادة من الخبرات التقنية، والتمويل، والإبتكار، والتجارب الرائدة من الدول المتقدمة في هذا المجال. وقد أثبتت التجارب الدولية لدول مثل ألمانيا والصين والسويد أن التعاون الدولي يمثل أداة فعّالة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، وتطوير البنية التحتية للطاقة النظيفة، وزيادة الإنتاجية وتحسين الكفاءة. وفي هذا الإطار، يمكن لمصر إعتماد مجموعة من السياسات والإستراتيجيات لتعزيز الشراكات الدولية:

تبادل المعرفة والخبرات التكنولوجية:

التعاون مع الدول الرائدة في الطاقة المُتجددة يتيح لمصر الإستفادة من الإبتكارات الحديثة في تقنيات الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح، والطاقة الحرارية الأرضية، والكتلة الحيوية. يمكن لمصر:

- توقيع اتفاقيات تبادل معرفي وفني مع مراكز البحث والمؤسسات الصناعية في ألمانيا، والسويد، والصين، والدول الأوروبية الأخرى .
- استقدام خبراء دوليين للمساعدة في تصميم وتطوير المشاريع الوطنية للطاقة المُتجددة .
- تنظيم برامج تدريبية مشتركة للمهندسين والفنيين المصريين في الخارج، بهدف نقل الخبرات العملية والتقنية المتقدمة .

الإستثمار الدولي والشراكات بين القطاعين العام والخاص:

التجربة الصينية والألمانية أظهرت أن الشراكات مع الشركات الدولية تزيد من الإستثمارات الأجنبية المباشرة، وتحفز تطوير صناعات محلية متقدمة يمكن لمصر:

- جذب الشركات العالمية للإستثمار في مشاريع الطاقة المُتجددة، خاصة في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والهيدروجين الأخضر .
- تشجيع الشراكات بين الشركات المحلية والدولية لإنتاج المعدات التكنولوجية وتوطين المعرفة .
- توفير حوافز مالية وقانونية للمستثمرين الأجانب، مثل الإعفاءات الضريبية أو تسهيلات التمويل .

التمويل الدولي للمشاريع الخضراء:

الإستفادة من الصناديق الدولية المخصصة للطاقة النظيفة تتيح تمويل مشاريع الطاقة المُتجددة الكبيرة، خاصة المشاريع التي تتطلب إستثمارات مرتفعة مثل مزارع الرياح البحرية والطاقة الشمسية المركزة، يمكن لمصر:

- التقديم للحصول على تمويل من البنك الدولي، وصندوق المناخ الأخضر، وصناديق التنمية الأوروبية، وبرامج التعاون الإقليمي .
- ربط التمويل الدولي بمتطلبات تحقيق الأهداف البيئية والإجتماعية ، لضمان إستدامة المشاريع .
- إنشاء آليات مشتركة لإدارة التمويل والمراقبة لضمان شفافية وكفاءة إستخدام الموارد .

تطوير البنية التحتية الإقليمية للطاقة المُتجددة:

التعاون مع دول الجوار يمكن أن يخلق سوقًا للطاقة إقليميًا مستداماً ومتكاملاً، و يمكن لمصر :

- ربط شبكات الكهرباء مع الدول المجاورة للاستفادة من الطاقة المُتجددة المتاحة في مناطق معينة .
- إنشاء مشاريع مشتركة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح عبر الحدود لتقليل التكاليف وتحقيق الجدوى الإقتصادية .
- تبادل البيانات والخبرات بشأن إدارة الشبكات الذكية وتخزين الطاقة .

الإبتكار المشترك في التكنولوجيا النظيفة:

الشراكات الدولية تشجع على الإبتكار المشترك في مجالات الطاقة المُتجددة وتخزين الطاقة وإنتاج الهيدروجين الأخضر،ويمكن لمصر:

- إطلاق مشاريع بحث وتطوير مشتركة بين الجامعات ومراكز البحث المحلية والدولية .
- تطوير تقنيات مستدامة منخفضة التكلفة مناسبة للظروف المصرية مثل الطاقة الشمسية المركزة والألواح الشمسية عالية الكفاءة .
- المشاركة في برامج الإبتكار العالمية لتبادل المعرفة والتجارب العملية .

تعزيز مكانة مصر كمركز إقليمي للطاقة المُتجددة:

من خلال الشراكات الدولية، يمكن لمصر أن تصبح مركزًا إقليميًا لتصدير الخبرات، والتقنيات، والطاقة النظيفة إلى الدول المجاورة، ويمكن لمصر :

- إنشاء مناطق صناعية متخصصة في تصنيع معدات الطاقة المُتجددة بالتعاون مع شركات دولية .
- تنظيم مؤتمرات وفعاليات دولية للطاقة المُتجددة لتعزيز التواصل مع المستثمرين والخبراء العالميين .
- تطوير منصات للتجارة والتبادل التكنولوجي للطاقة النظيفة على مستوى الشرق الأوسط وأفريقيا.

الملخص وأهم النتائج

استهدف القسم الثاني عرض للإطار المفاهيمي للطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية العلاقة الوثيقة بين أنماط إنتاج الطاقة التقليدية والتحديات البيئية المعاصرة، حيث أدى الإعتماد المكثف على الوقود الأحفوري منذ الثورة الصناعية إلى زيادة إنبعاثات الغازات الدفيئة وتفاقم ظاهرة الإحتباس الحراري، مما أسهم في تسارع التغيُّرات المُناخية وما يرتبط بها من آثار بيئية وإقتصادية واجتماعية خطيرة، مثل إرتفاع درجات الحرارة، وذوبان الجليد، وتدهور النظم البيئية، وتهديد الأمن

الغذائي والمائي. وفي هذا السياق، برزت الطاقة المُتجددة كبديل إستراتيجي مستدام يعتمد على مصادر طبيعية متجددة مثل الطاقة الشمسية والرياح والمياه والكتلة الحيوية والطاقة الجيوحرارية، وتمتاز بإنخفاض انبعاثاتها الكربونية وقدرتها على تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية وحماية البيئة. كما تلعب دوراً محورياً في دعم التنمية المستدامة عبر أبعادها الثلاثة؛ إذ تسهم بيئياً في تقليل التلوث، وإقتصادياً في تنويع مصادر الطاقة وجذب الإستثمارات وخلق فرص العمل، واجتماعياً في تحسين جودة الحياة وتوسيع الوصول إلى الطاقة خاصة في المناطق النائية. وتُعد العلاقة بين الطاقة المُتجددة والتغيُّرات المُناخية علاقة تكاملية، حيث تمثل الطاقة النظيفة أداة رئيسة للتخفيف من آثار التغيُّر المُناخي من خلال خفض الإنبعاثات وتعزيز التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون، بما يدعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة ويضمن إستدامة الموارد للأجيال القادمة.وبصفة عامة توصل القسم إلى أهم النتائج التالية:(1) الإعتماد الكبير على الوقود الأحفوري يُعد السبب الرئيس في زيادة إنبعاثات الغازات الدفيئة وتفاقم التغيُّرات المُناخية .(2)التغيُّرات المُناخية لها آثار متعددة الأبعاد تشمل الجوانب البيئية والإقتصادية والإجتماعية . (3) الطاقة المُتجددة تمثل بديلاً مستداماً ونظيفاً لمصادر الطاقة التقليدية، لما تتميز به من إنخفاض الإنبعاثات الكربونية .(4) هناك علاقة تكاملية بين الطاقة المُتجددة والتنمية المستدامة، حيث تسهم في تحقيق التوازن بين النمو الإقتصادي وحماية البيئة . (5) التوسع في إستخدام الطاقة المُتجددة يساهم في تقليل التلوث وتعزيز أمن الطاقة وتنويع مصادرها. (6) الطاقة المُتجددة تدعم تحقيق التنمية المستدامة من خلال خلق فرص عمل وتحسين جودة الحياة وتوسيع الوصول إلى الطاقة .(7) التحول إلى الطاقة المُتجددة يُعد أداة أساسية لمواجهة التغيُّرات المُناخية والانتقال إلى إقتصاد منخفض الكربون.

ركز القسم الثالث على الوضع الراهن لقطاع الطاقة في مصر والذي شهد تطوراً ملحوظاً في إطار سعي الدولة لتحقيق التنمية المستدامة ومواجهة التحديات المرتبطة بزيادة الطلب على الطاقة والتغيُّرات المُناخية ، حيث تبنت سياسات تهدف إلى تنويع مزيج الطاقة وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري والتوسع في إستخدام مصادر الطاقة المُتجددة. وقد ساعدت الإصلاحات الإقتصادية وتطوير البنية التحتية وتحسين كفاءة الشبكة الكهربائية على تهيئة بيئة مناسبة للإستثمار في هذا القطاع. وتمتلك مصر إمكانات كبيرة في مجالات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية، وهو ما انعكس في تنفيذ مشروعات كبرى مثل مجمع بنبان ومحطات الرياح في الزعفرانة وجبل الزيت، إلى جانب إستمرار دور الطاقة المائية عبر السد العالي. ورغم هذا التقدم، لا تزال مساهمة الطاقة المُتجددة في مزيج الطاقة محدودة نسبياً مقارنة بالوقود الأحفوري، حيث بلغت نحو 11.6% في عام 2024، مع إستمرار هيمنة الغاز الطبيعي كمصدر رئيس للطاقة. وتسعى الدولة إلى زيادة هذه النسبة مستقبلًا وفق إستراتيجيات طموحة قد تصل إلى 42% أو أكثر، بل وتستهدف نسباً أعلى ضمن التوجه نحو إقتصاد منخفض الكربون. ومع ذلك، يواجه القطاع عدداً من التحديات الإقتصادية والتقنية والإجتماعية والمؤسسية، مثل إرتفاع تكاليف الإستثمار، وضعف التمويل، ومحدودية الكفاءات المحلية، وصعوبات دمج الطاقة المُتجددة في الشبكة، إلى جانب بعض القيود التشريعية والبيئية، مما يستدعي تطوير سياسات أكثر دعماً لتعزيز دور الطاقة المُتجددة في مصر. وبصفة عامة توصل القسم إلى أهم النتائج التالية:(1) قطاع الطاقة في مصر يشهد تحولًا نحو التنوع والإستدامة .(2) تمتلك مصر إمكانات كبيرة في الطاقة الشمسية والرياح والمياه.(3)تنفيذ مشروعات كبرى عزز من نمو الطاقة المُتجددة.(4) لا يزال الوقود الأحفوري يهيمن على مزيج الطاقة.(5) مساهمة الطاقة المُتجددة ما زالت محدودة لكنها في

تزايد. (6) وجود إستراتيجيات طموحة لرفع نسبة الطاقة النظيفة مستقبلاً.(7) يواجه القطاع تحديات إقتصادية وتقنية وتشريعية تعيق التوسع السريع.

أوضح القسم الرابع التجارب الدولية في إستخدام الطاقة المُتجددة، خاصة في الصين وألمانيا والسويد، أن الطاقة المُتجددة تمثل أداة إستراتيجية فعالة لمواجهة التغيُّرات المُناخية وتحقيق التنمية المستدامة، حيث اعتمدت هذه الدول على سياسات متكاملة تشمل دعم الإستثمار، والتشريعات البيئية، والتطوير التكنولوجي، وتعزيز البحث العلمي، مما أدى إلى التوسع الكبير في إستخدام مصادر الطاقة النظيفة وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري. وقد ساهم ذلك في خفض الإنبعاثات الكربونية، وتحسين كفاءة الطاقة، وتعزيز النمو الإقتصادي وخلق فرص العمل، مع تحقيق توازن بين الأبعاد البيئية والإقتصادية والإجتماعية . كما أبرزت هذه التجارب أهمية التخطيط طويل الأجل وتكامل السياسات والشراكات الدولية في نجاح التحول نحو الطاقة المُتجددة، وهو ما يوفر نموذجًا يمكن الإستفادة منه في تطوير سياسات الطاقة في مصر لمواجهة التغيُّرات المُناخية . وبصفة عامة توصل القسم إلى أهم النتائج التالية:(1) الطاقة المُتجددة أداة فعالة للحد من التغيُّرات المُناخية .(2) السياسات الحكومية والدعم المالي عنصران حاسمان لنجاح التحول الطاقي.(3) الإبتكار والتكنولوجيا يسهمان في خفض التكاليف وتحسين الكفاءة.(4) التجارب الدولية تؤكد أهمية التخطيط طويل الأجل.(5) الطاقة المُتجددة تساهم في خفض الإنبعاثات وتحقيق النمو الإقتصادي.(6) تحقق توازنًا بين الأبعاد البيئية والإقتصادية والإجتماعية .(7) يمكن لمصر الإستفادة من هذه التجارب لتطوير قطاع الطاقة لديها.

ركز القسم الأخير على السياسات المقترحة لتعزيز الطاقة المُتجددة في مصر على بناء إطار متكامل يجمع بين الأدوات الإقتصادية ، والتشريعات المنظمة، والتطوير التكنولوجي، والشراكات الدولية، مستفيدة من تجارب دول رائدة. إقتصاديًا، تُوصى مصر بتطبيق تعريفة تغذية مرنة، والمناقصات التنافسية، وتقديم حوافز ضريبية وتمويلية، وإنشاء صناديق دعم، مع تشجيع المستهلكين على إستخدام الطاقة النظيفة. تشريعيًا، تؤكد السياسات على ضرورة سن قوانين واضحة، وتبسيط إجراءات التراخيص، وفرض معايير بيئية صارمة، وتنظيم شبكات الكهرباء، وتعزيز الشفافية. تكنولوجيًا، يتم التركيز على تطوير البنية التحتية، ودعم البحث والإبتكار، وتوطين التصنيع، وتنمية الكوادر البشرية. أما دوليًا، فتبرز أهمية الشراكات في نقل التكنولوجيا، وجذب الإستثمارات، والحصول على التمويل، وتعزيز موقع مصر كمركز إقليمي للطاقة المُتجددة. وبصفة عامة توصل القسم إلى أهم النتائج التالية:(1) السياسات الإقتصادية المحفزة (تعريفة التغذية، الحوافز، التمويل) هي المحرك الأساسي لجذب الإستثمار.(2) وجود إطار تشريعي واضح ومرن يساهم في استقرار السوق وزيادة ثقة المستثمرين.(3) الإستثمار في التكنولوجيا والبحث العلمي يقلل التكاليف ويرفع كفاءة الطاقة.(4) توطين الصناعة وبناء القدرات البشرية عنصر حاسم للإستدامة .(5) الشراكات الدولية توفر التمويل والخبرة وتسرّع التحول للطاقة النظيفة.(6) تكامل هذه السياسات يمكن أن يجعل مصر مركزًا إقليميًا للطاقة المُتجددة ويعزز التنمية المستدامة.

أهم التوصيات

1) تسريع التحول إلى الطاقة المُتجددة وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري.
2) زيادة مساهمة الطاقة النظيفة في مزيج الطاقة في مصر.
3) تبني سياسات إقتصادية وتشريعية داعمة لجذب الإستثمارات (مثل الحوافز وتعريفة التغذية).
4) تطوير البنية التحتية وشبكات الكهرباء لإستيعاب الطاقة المُتجددة.
5) دعم البحث العلمي والإبتكار وتوطين صناعة تكنولوجيا الطاقة المُتجددة.
6) تأهيل وتدريب الكوادر البشرية في قطاع الطاقة النظيفة.
7) الإستفادة من التجارب الدولية الناجحة في مجال الطاقة المُتجددة.
8) تعزيز الشراكات الدولية لجذب التمويل ونقل التكنولوجيا.
9) تعزيز دور الطاقة المُتجددة في تحقيق التنمية المستدامة وخفض الانبعاثات.
10) دعم التحول نحو إقتصاد منخفض الكربون وتحويل مصر إلى مركز إقليمي للطاقة المُتجددة.

المراجع

مراجع باللغة العربية:

❖ الكتب:

- اللبدي، نزار عونى, (2015), *التنمية المستدامة إستغلال الموارد الطبيعية والطاقة المُتجددة*, الاردن ,عمان , دار دجلة.
- سياما، إيف، (2015)، *التغُّير المُناخي*, ترجمة زينب منعم, المملكة العربية السعودية, الرياض, إصدارات المجلة العربية.

❖ الدوريات العلمية:

- إبراهيم، نيفين فرج, (2021) ، التغيُّرات المُناخية والآمن الغذائي في مصر ,المجلة العلمية للإقتصاد والتجارة المجلد 52 ,العدد 1, ص221-262.
- الأمير، نيللي كمال, (2018), مستقبل الطاقة الجديدة في أفريقيا, قراءات أفريقية, العدد 38 المجلد 14, ص40- 49.
- الجوجري, محمد ايمن سعد ,(2023), الطاقة لمُتجددة ودورها في حل أزمة الطاقة (ملخص رسالة دكتوراه), مجلة راية الدولية للعلوم التجارية, العدد 4, المجلد 2.
- الحمادي، يوسف, (2019), دور الطاقة المُتجددة في تحقيق أبعاد التنمية المُستدامة , المجلة المغربية للإدارة المحلية والتنمية , العدد 146, ص417- 429.
- الدسوقي، صابر أمين، وأمين، هبة صابر, (2024), التغيُّرات المُناخية وتأثيرها على السواحل المصرية مع التطبيق على دلتا النيل التحليل والمواجهة, المجلة المصرية للتغيُّر البيئي, المجلد 16.
- الصُوري ، السيد على أحمد, (2020), تجارب الطاقة الشمسية دولياً, المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية, العدد 4, المجلد 11, ص 101- 124.
- السيد, مني ربيع عبد الفتاح, (2023), أثرالتغيُّرات المُناخية علي النمو الإقتصادي في جمهورية مصر العربية "دراسة قياسية", المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والتجارية, كلية التجارة, جامعة دمياط, العدد 4, المجلد 2, ص127-159.
- أيوب، أماني عبده السيد, (2023), التخطيط لتنمية الوعي المجتمعي بإستخدام الطاقة المُتجددة للحد من التغيُّرات المُناخية , مجلة الخدمة الإجتماعية , العدد 76, ج4 , ص287- 307.
- جُمعة، محمد علي حسن، وأمين إسماعيل بركة, (2024), أثر التغيُّر المُناخي في الموازنة المائية المُناخية في إقليم البطحاء – نشاد, مجلة البحوث الجغرافية والكارتوجرافية, العدد 38, ص66- 117.
- دهشان، أحمد إبراهيم , (2023), دور الطاقة المُتجددة للحد من تغيُّر المُناخ لتوفير مستقبل أكثر أماناً "دراسة تحليلية" مجلة البحوث القانونية والإقتصادية , العدد 1, المجلد 13, ص1-64.
- زهدي، حسين, (2009), طاقة الرياح في مصر, مجلة الارصاد الجوية, العدد 18, المجلد 18, ص6-9.

- زينى، خديجة, وسامية بن يحيي, (2023), مقاربة الطاقة النظيفة كإطار مؤسسي لتحفيز الإستثمار في الإقتصاد الأخضر عربياً, مجلة إبحاث ودراسات البترول, العدد 38 , ص1-27.
- سيد، حوراء أحمد , (2019), التغيُّر المُناخي أسبابه ونتائجه, المجلة الأكاديمية للأبحاث والنشر العلمي, الإصدار الخامس.
- عبد الرؤوف، محمد سمير, (2023), التوجهات العالمية للانتقال الي الطاقة المُتجددة:الدوافع والتحديات, المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية, العدد 1, المجلد 14, ص461- 437.
- عبد الظاهر، ندى عاشور, (2015), التغيُّرات المُناخية وآثارها على مصر, مجلة أسيوط للدراسات البيئية, العدد الحادى والأربعون (يناير ٢٠١٥).
- عبد المقصُود، دعاء, ديسمبر (2024), دور التحول لمصادر الطاقة المُتجددة للحد من التغيُّرات المُناخية بالتطبيق على مصر, المجلة العلمية للدراسات والبحوث المالية والإدارية – المجلد السادس عشر- العدد الرابع عدد خاص).
- عشري، منال ، وسويلم، جهاد, (2023), بعض التجارب الدولية الرائدة في مجال إنتاج وإستخدام الطاقة المُتجددة في التنمية المُستدامة والدروس المُستفادة منها لمصر, مجلة الدراسات القانونية والإقتصادية , المجلد9 ,العدد 4, ص215-305.
- علام ، نجلاء صبحي خالد, (2019), الإبتكار وتنافسية تكنولوجيات الطاقة المُتجددة في مصر في إطار التنمية المُستدامة من التجارب الدولية, المجلة العلمية للإقتصاد والتجارة ،العدد 4, ص41-201.
- قنابر, ريم بكر عبد الفتاح، (2023)، التحول الرقمي وتحقيق التنيمية المستدامة في قطاع الطاقة المُتجددة بالتطبيق على مصر: فرص وتحديات، مجلة روح القوانين، العدد 35، المجلد 102، ص 583-626.
- قنديل، أحمد, (2023), مستقبل تصنيع وتوطين تكنولوجيات الطاقة المُتجددة في الدول العربية, مجلة آفاق عربية وإقليمية, العدد الثانى عشر(ملف العدد) .
- كافي، فريدة, (2016), الطاقات المُتجددة بين تحديات الواقع ومأمول المستقبل التجربة الالمانية نموذجا, مجلة بحوث إقتصادية عربية ,المجلد 22،23, العدد 74،75, ص 139- 157.
- محمد، عمرو محمد يوسف, (2022), مساهمة السياسات والتشريعات الضريبية في تحقيق التنمية الإقتصادية في مصر, المجلة العلمية لكلية الدراسات الإقتصادية والعلوم السياسية, المجلد 7, العدد 14, ص221-268.
- يوسف، زينب محمد زكي محمد, (2023), تأثيرات التغيُّر المُناخي ودورها في تسريع التحول نحو مصادر الطاقة المُتجددة والنظيفة بالتطبيق على الحالة المِصرية, الجمعية العلمية للدراسات والبحوث التطبيقية مجلة العلوم التجارية والبيئية, المجلد12, العدد 1, مارس ٢٠٢٣.
- يوسف، سحر أحمد حسن, (2020), الطاقة المُتجددة بين الواقع والمأمول خارطة الطريق, المجلة العلمية للإقتصاد والتجارة,المجلد 50, العدد 4, ص243-292.

❖ التقارير:

- الامم المتحدة ,إتفاقية باريس, 2015.
- البنك الدولي, (2021), إصلاحات قطاع الطاقة في مصر وآفاق التحول نحو الطاقة النظيفة. البنك الدولي.
- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء, (2022), النشرة السنوية لإحصاءات الكهرباء والطاقة في مصر. القاهرة: الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء.
- الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء, مستقبل الطاقة الشمسية في مصر, 16 اغسطس2015.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المُناخ IPCC, 2021.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المُناخ IPCC, 2011.
- الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغيُّر المُناخ IPCC, 2008.
- الهيئة العامة للاستعلامات, (2022), الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ في مصر 2050. القاهرة: الهيئة العامة للاستعلامات.
- دور الطاقة المُتجددة في الحد من تغيُّر المُناخ في منطقة الإسكوا، 2012.
- مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار – برئاسة مجلس الوزراء , 2023 , إتجاهات أفريقية,(1) الطاقة المُتجددة.
- وزارة البيئة ,الإستراتيجية الوطنية لتغيُّر المُناخ 2050.
- وزارة البيئة , تقرير حالة البيئة جمهورية مصر العربية , 2022
- وزارة التخطيط والتنمية الإقتصادية , (2023), رؤية مصر 2030 للتنمية المستدامة. القاهرة: وزارة التخطيط والتنمية الإقتصادية .
- وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة, (2023), التقرير السنوي لقطاع الكهرباء والطاقة المُتجددة. القاهرة: وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة.
- وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة, (2023), إستراتيجية الطاقة المتكاملة والمستدامة في مصر حتى عام 2035. القاهرة: وزارة الكهرباء والطاقة المُتجددة.

❖ رسائل الدكتوراه والماجستير:

- شُقطر، محمد سعد عبد الفتاح ,(2023), المقومات الطبيعية للتنمية المُستدامة في محافظة البحر الأحمر دراسة تطبيقية بإستخدام تقنيات الجيوماتكس, رسالة ماجستير , قسم جغرافيا , كلية الآداب, جامعة كفر الشيخ.

- مراجع باللغة الانجليزية :

❖ Books

- Söderholm, P., & Klaassen, G, (2007), Wind Power in Europe: Policy and Planning. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing. كتاب يوضّح السياسات الأوروبية للطاقة المُتجددة، ويشمل حالات السويد ودول أخرى

❖ Scientific journals:

- Jacobsson, S., & Lauber, V. (2006). The politics and policy of energy system transformation—explaining the German diffusion of renewable energy technology. Energy Policy, 34(3), 256–276.
- Salahuddeen, A. I. and Ismaeel, W. M, 2025, The role of renewable energy in supporting economic growth in North Africa from 2000 to 2023, Scientific Journal for Financial and Commercial Studies and Research, Faculty of Commerce, Damietta University, 6(1)1, 687-712.

❖ Reports:

- American Chamber of Commerce in Egypt, (2024), Egypt's Transition to Clean Energy, Cairo: AmCham Egypt.
- European Environment Agency (EEA), (2020), Trends and Projections in Europe 2020 – Energy and Climate, Copenhagen, Denmark: EEA.
- IEA, (2022), National Climate Resilience Assessment for Egypt. Paris: International Energy Agency.
- International Energy Agency (IEA), (2022), Renewables 2022 – Analysis and Forecasts to 2025, Paris, France: IEA.
- IPCC, (2014), Climate Change 2014: Synthesis Report, Cambridge University Press.
- IRENA, (2023), Renewable Energy Outlook for the Middle East and North Africa, Abu Dhabi: IRENA.
- IRENA, (2021), Renewable Energy Statistics 2021, International Renewable Energy Agency.
- Ministry of the Environment and Energy (Sweden), (2021), Sweden's Climate Policy Framework and Long-Term Strategy, Stockholm, Sweden.
- REN21, (2022), Renewables Global Status Report, Paris.
- Swedish Energy Agency, (2022), Energy in Sweden 2022 – Facts and Figures, Eskilstuna, Sweden: Swedish Energy Agency.
- UNEP, (2021), Making Peace with Nature: A Scientific Blueprint to Tackle the Climate, Biodiversity and Pollution Emergencies, United Nations Environment Programme.
- United Nations, (2020), The Sustainable Development Goals Report 2020, United Nations.
- World Bank, (2020), World Development Report 2020, Washington, DC: World Bank.
- U.S. International Trade Administration, (2025), Egypt Electricity and Renewable Energy Sector Guide, Washington, DC.

- المواقع الإلكترونية:

- https://www.un.org .اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://www.arabiaweather.com .اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://www.eea.europa.eu/en.اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://science.nasa.gov/climate-change .اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://attaqa.net/2025/8/10 .اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://spskills.com/articles. . اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://www.almasryalyoum.com/news/details/3548566 .اخر زيارة للموقع ,2026/4/19
- https://www.moee.gov(2015,2016,2017,2018,2019,2020,2021,2022,2023,2024) اخر زيارة ,2026/4/19 .
- https://www.mordorintelligence.com/ar/industry-reports/sweden-renewable-energy-market ,2026/4/19
- https://sis.gov.eg/en/media-center/news. اخر زيارة للموقع ,2026/4/19