كلية الحقوق

اقتصاديات الهيدروجين الاخضر

وقدرة مصر على الاستفادة منها

الباحث

محمد عادل حجازي

باحث دكتوراه

ضابط شرطة بوزارة الداخلية

Mohamed3adel183@gmail.com

المستخلص

نتيجة للآثار الاقتصادية الخطيرة المصاحبة للتغير المناخي الناتج عن التوسع في استخدام الوقود الأحفوري الذي يعتبر أساس الاقتصاد الريعي للدول الكبرى، لذا يعد استخدام الهيدروجين الأخضر أحد أهم الحلول الاقتصادية لتأمين مصادر إمدادات الطاقة للتحول نحو اقتصاد خالي من الكربون. وهو ما تم تناوله مع بيان السوق الحالية للهيدروجين منخفض الانبعاث سواء من جانب الطلب أو العرض، ومدى انعكاسات التوسع في استخدامه على الاقتصاد المصري والتحديات التي تواجهه في منظومة الطاقة العالمية، مع بيان التطبيقات الواعدة لقطاعات الهيدروجين الأخضر، والآفاق المستقبلية لتطبيقات الهيدروجين الأخضر و دوره في تأمين إمدادات الطاقة، والذي يختلف وفقا لمعيار مصالح الدولة أو وفقا لمعيار الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للدولة، مع بيان المبادرات والاستراتيجيات الوطنية للتحول الأخضر وذلك من خلال تحديث الإطار التشريعي والتنظيمي، وأثر ذلك على اقتصاديات الهيدروجين مع بيان إمكانيات مصر في صناعة وإنتاج الهيدروجين الأخضر.

ABSTRACT

As a result of the serious economic impacts associated with climate change resulting from the extensive use of fossil fuels, which is considered the basis of rent economy of major states , so it that use of green hydrogen is one of the most important economic solutions to secure energy sources for the transition towards a net-free economy. This was discussed with an explanation of the low-emission hydrogen market, whether from the demand or supply side, and the extent of the implications of the expansion of use in the Egyptian economy and the challenges it faces in the global energy system, with an explanation of the promising applications for the hydrogen sectors, and future prospects for producing green hydrogen and its role in securing energy supplies and Which varies according to the state's allocations or its allocation to economic, social and environmental goals on an ongoing basis, with an explanation of the activities and national researchers for the green transformation, through updating the legal and regulatory framework, and the contributors to this have contributed with an explanation of Egypt's capabilities in the hydrogen production industry.

مقدمة

تعكس أثار التغير المناخي، مشهداً عالمياً بالغ الخطورة، وما يصاحبه من انتهاك للتوازن البيئي واستدامته، ونظراً لاعتماد الدول على استغلال الموارد الطبيعية غير المتجددة، و على رأسها الوقود الأحفوري، حيث أنه أساس الاقتصاد الريعي و الذي يعود على اقتصاديات تلك الدول بكثير من المنافع كزيادة إيراداتها، إلا أن له بعض السلبيات كون أن هذا المورد غير متجدد من جهة، وله تأثير سلبي على البيئة من جهة أخرى، و هو ما يستلزم إجراء تخفيضات قوية ومستدامة في انبعاثات الغازات الدفيئة، المسؤولة عن ظاهرة الاحتباس الحراري.

تعد مصر من أوائل الدول العربية التي تعاطت بإيجابية مع ظاهرة التغير المناخي، ورغم المساهمة المحدودة في ظاهرة الاحترار العالمي والتي لا تتعدى الـ٠,٦% فإنها تتحمل فاتورة باهظة نتيجة تغيرات المناخ، بالرغم أن الجهود لتجنب عواقب تغير المناخ ما زالت تعاني من الضعف وعدم المرونة، إلا أنه هناك بعض النقاط المضيئة التي تبذلها الدولة نحو الاستثمار في الاقتصاد الأخضر وتكنولوجيا الطاقة المتجددة ومشاريع التنمية المستدامة ويأتي على رأسها استخدام الهيدروجين الأخضر، وتتجه الدولة للتوسع في استخدامه من خلال منح العديد من التسهيلات، والحوافز، في إطار المساعي الدولية الرامية إلى الحد من الانبعاثات الكربونية وصولا إلى حياد الكربون، مع التركيز على طبيعة المناخ السائد والجوانب القانونية والتنظيمية، إلا أن استخدام الهيدروجين ينطوي على جملة من التحديات لابد من تجاوزها للتوسع في استغلاله كمصدر مستقبلي للطاقة و إنشاء سلسلة قيمة للهيدروجين لها مرونة عالية وسهله التشغيل .

والدور الرئيسي للهيدروجين لا يزال منحصراً في استخدامه كمادة خام لكثير من الصناعات ولم يتم التوسع في استخدامه كحامل للطاقة في عدة قطاعات اقتصاديه الأمر الذي يساهم في تقليل الاعتماد على مصادر الوقود الاحفوري.

لذا ؛ تتمثل مشكله الدراسة في البحث في **اقتصاديات الهيدروجين الاخضر و مدى قدرة مصر على الاستفادة منه لتعزيز أمن الطاقة كأحدي آليات التحول نحو مستقبل للطاقة منخفض الكربون؟** خاصة بعد حدوث كل من أزمتي المناخ والطاقة التي ظهرت بشدة مع ازمه وباء (كوفيد ١٩) وكذا الغزو الروسي – الاوكراني في فبراير ٢٠٢٢، والذي ادى الارتفاع في أسواق الوقود الأحفوري العالمية، بسبب النقص في سلاسل الإمداد .

ترجع أهمية الدراسة لوجود ارتباط وثيق بين كل من مواجهة أزمة الطاقة، ومعالجة أزمة المناخ، فالاستثمار الكثيف في الطاقة النظيفة ومنتجاتها، هو أفضل ضمان لأمنها في المستقبل، وأبرز الحلول للحد من انبعاثاتها الضارة.

وفي هذا السياق، يتمتع الهيدروجين بإمكانيات هائلة تمكنه من احداث تحولات عالمية في سوق الطاقة حيث سيكون له دور مهم في تحقيق الانبعاثات الصفرية الصافية بحلول منتصف القرن الحالي.

ترتيباً على ما تقدم فقد تم تقسيم هذه الدراسة إلى ثلاثة مباحث، نتناول في **المبحث الأول** أنواع الهيدروجين وطرق إنتاجه، **والمبحث الثاني** دور الهيدروجين في عملية تحول الطاقة، **والمبحث الثالث** الجهود والمبادرات المصرية للتحول الأخضر.

المبحث الأول

أنواع الهيدروجين وطرق إنتاجه

أولاً: الإطار النظري للهيدروجين:

تعود معرفه الانسان للهيدروجين إلى قرابة ٢٥٠ سنة ويرجع ذلك لعام ١٧٦٦، حيث أن الهيدروجين الحر متواجد في الأجواء الشمسية والأرضية وفي الغازات البركانية بمقدار جزء من المليون، وبمقدار ٠,٩% من القشرة الأرضية[١].

لا ينتج عن استخدام الهيدروجين أية انبعاثات من غاز ثاني اكسيد الكربون، وتعد قابليه الاشتعال السمه الرئيسية المميزة للهيدروجين، فضلاً عن محتواه العالي من الطاقة، بباقي أنواع الوقود الأخرى إلا أنه يعد الأقل في كثافه الطاقة بالمقارنة بباقي أنواع الوقود والذي يمثل تحدياً كبيراً عملية نقله وتخزينه، وهناك طرق كثيره لإنتاج الهيدروجين يصل عددها إلى ١٧ طريقة، الأمر الذي ادى لاستخدام الالوان لتمييز الهيدروجين وفقا لطريقه الإنتاج المستخدمة والذي نحن بصدده بتلك الدراسة هو الهيدروجين الأخضر المنتج عن طريق استخدام الماء عبر التحليل الكهربائي electrolysis باستخدام الطاقة المتجددة[٢].

بناء على ذلك يقدر الإنتاج العالمي من الهيدروجين بنحو ٧٧ مليون طن/ سنة، ويستحوذ الهيدروجين الأخضر منها على نسبة لا تتجاوز ١% نظرا لارتفاع تكلفه إنتاج الهيدروجين باستخدام الطاقة المتجددة لتحليل الماء فتصل تكلفته نحو ٣ – ٧،٥ دولار/ كجم.

ثانياً: تخزين ونقل الهيدروجين:

١) خيارات تخزين الهيدروجين:

يعد التخزين من التحديات الكبرى للتوسع في استخدام الهيدروجين كمصدر للطاقة في المستقبل ولكن لكي يصبح الهيدروجين من مكونات نظام الطاقة العالمي و إنشاء سلسلة قيمة له ذات مرونة عالية وسهله التشغيل، فلابد من وجود عدة خيارات تسمح بالتخزين بسعات عالية، وتتلخص الطرق الرئيسية لتخزين الهيدروجين إلى ثلاثة خيارات:

---

(١) **عبد الغني جغباله – سكينه حملاوي، الهيدروجين الأخضر كبديل استراتيجي لموارد الطاقة غير المتجددة، مجلة التنمية الاقتصادية، مج ٨ ع١، ٢٠٢٣، ص ٣٢٠-٣٣٧**

(2) **Sjoerd B, et al (2020), "Economic feasibility of green hydrogen in transportation sector", University of Groningen, p. 2.**

أ)التخزين الجيولوجي عبر كهوف الملح salt caverns أو مكامن النفط أو الغاز الناضبة depleted reservoirs.

ب) التخزين في صهاريج عبر الهيدروجين المسال liquifed hydrogen أو هيدروجين غاز مضغوط compressed gaseous hydrogen أو هيدروجين مبرد مضغوط cryo-compressed hydrogen أو هيدروجين جيلي slush hydrogen.

ت) التحويل إلى مواد أخرى عبر مواد عضوية سائلة حاملة للهيدروجين liquid organic hydrogen carriers أو الامتصاص على اسطح صلبه surface absorption أو تخزين هيدريدات مع المعادن metal hydrogen.

٢) نقل وتوزيع الهيدروجين:[١]

تمثل عمليات نقل وتوزيع الهيدروجين تحدياً اقتصادياً كبيراً نظراً لارتفاع تكلفه نقله لأماكن بعيدة نتيجة للقيمة المتدنية لكثافه الطاقة عند مقارنته بأنواع الوقود الأخرى وفي الأغلب يتم تحويل الهيدروجين إلى أمونيا لنقله إلى الأسواق البعيدة.

وتتمثل خيارات نقل وتوزيع الهيدروجين في الطرق الآتية:

أ) النقل باستخدام خطوط الانابيب.

- عن طريق إنشاء شبكات جديدة لنقل الهيدروجين.
- باستخدام شبكات انابيب الغاز الطبيعي.

ب) النقل باستخدام المقطورات

- عن طريق استخدام الهيدروجين غاز مضغوط.
- هيدروجين مبرد مضغوط.

ت) النقل باستخدام الناقلات.

- نقل الأمونيا السائلة أو الهيدروجين المسال.

ثالثاً: التطبيقات الواعدة لقطاعات للهيدروجين:

يمكن استخدام الهيدروجين في[١]:

([1]) **World Integrated,Trade Solution, 2020. Ammonia; Anhydrous Exports by Country in 2019" Accessed April 12, 2024,**

https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/

١) الوقـود:

- في قطاع النقل باستخدام خلايا الوقود.
- في توليد الكهرباء باستخدام خلايا الوقود أو توربينات الهيدروجين.

٢) الحـرارة[٢]:

- في القطاع الصناعي مثل صناعات الاسمنت و الحديد و الألومنيوم
- في القطاع السكني إما باستخدام خليط الهيدروجين مع الغاز الطبيعي أو خلايا الوقود.

٣) مادة خـام:

- في الصناعات الكيميائية والبتروكيمياوية مثل الأمونيا الأسمدة والميثانول.
- في صناعه الغذاء و في هدرجه الزيوت وصناعه الزجاج

رابعاً: الآفاق المستقبلية لتطبيقات الهيدروجين الأخضر:

يمثل الإنتاج الحالي للهيدروجين الأخضر المنتج عن طريق التحليل الكهربائي للماء نسبة أقل من١،٠% من الإنتاج العالمي للهيدروجين، إلا أنه ونظراً لمجموعه عوامل من بينها ارتفاع اسعار الطاقة الأحفورية الناتجة عن الصراعات السياسية الدولية الحالية والتي أدت لمشاكل جامه في سلاسل الإمداد العالمية[٣]، والمبادرات والقوانين الدولية التي اتخذتها بعض الدول، كقانون خفض التضخم الأمريكي، وما يتضمنه من حوافز و إعانات جيده تعمل على تشجيع الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، كذلك المبادرات الأوروبية التي تستهدف زيادة الطلب على المعادن الضرورية المعروفة بأنها تشكل العناصر الاساسية للطاقة المتجددة، كالمركبات الكهربائية، وتوربينات الرياح، الالواح الشمسية، وذلك في ظل تقارير الوكالة الدولية للطاقة، والتي تتوقع أن الاقتصاد العالمي سينتقل من نظام عالي الاستهلاك في الوقود بمجال الطاقة إلى نظام طاقة عالمي كثيف الاستخدام للمعادن. الأمر الذي سيؤدي إلى انخفاض هذه التكلفة في الأعوام المقبلة في بعض الدول، بشرط

---

(1) **IEA: International Energy Agency (2022), Global Hydrogen Review 2022, pp.69–70.**

(2) **Altork L. N. & Busby J. R. (2010 Oct), "Hydrogen fuel cells: part of the solution", Technology & Engineering Teacher, 70 (2), pp. 22–27.**

(3) **Saudi Vision (SV) 2030. 2016. "Saudi Vision 2030", Government of Saudi Arabia,Accessed April 17, 2024, https://www.vision2030.gov.sa/sites/default/files/report/Saudi_Vision2030_AR_2017.pdf.**

تطور حجم الكفاءة والقدرة التكنولوجية التي تعمل على انخفاض التكلفة الاقتصادية للطاقة المتجددة، لا سيما تكنولوجيا المحلل الكهربائي المستخدمة في إنتاج الهيدروجين الأخضر، ووفقا لما سبق، سيصبح الهيدروجين الأخضر أحد أهم وأكثر الخيارات الأقل تكلفة استخداما، حيث سيمثل نحو ٦٠% من الهيدروجين منخفض الكربون بحلول ٢٠٣٠، وسوف تزداد تلك النسبة إلى ٦٥% بحلول عام ٢٠٥٠، وستكون النسبة المتبقية ٣٥% من نصيب الهيدروجين الازرق الذي سيعمل كمصدر طاقة منخفض الانبعاثات مكمل مع الهيدروجين الأخضر والتي سيتم توفيره من خلال مصادر إنتاجه[١].

لذا، فإن الهيدروجين الأخضر هو الهيدروجين المستدام الوحيد الذي يتوقع أن يكون قادرًا على المنافسة خلال الفترة القادمة، إلا أن ذلك سيتحدد وفقاً لكل من القدرة التنافسية لتكاليف الإنتاج ومدى التطور في البنيه التحتية اللازمة لصناعة و إنتاج الهيدروجين الأخضر على مستوى واسع في الأعوام المقبلة.

فوفقا لبيانات وكالة الطاقة الدولية لعام ٢٠٢٢ يتوقع أنه بحلول عام ٢٠٣٠ ستصل سعة الهيدروجين الأخضر في القطاعات الاقتصادية بما يمثل ما بين ٩ – ١٤ مليون طن، وذلك في حالة تنفيذ جميع مشاريعه المتفق عليها. وذلك بالإضافة للتقارير الصادرة من مجلس الهيدروجين لعام ٢٠١٧[٢]، والتي ذكرت، أنة إذا كانت تكاليف إنتاج الهيدروجين الأخضر تعد مرتفعة اكثر من مره إلى ثلاث مرات من الهيدروجين المنتج باستخدام الوقود الاحفوري في العصر الحالي، إلا أنه بفضل سياسات تسعير الكربون، والتقدم التكنولوجي واقتصاديات الحجم، من المتوقع أن تشهد هذه التكاليف انخفاضاً ملحوظاً وسيرتفع الطلب على الهيدروجين الأخضر بنحو١٤% من اجمالي الطلب العالمي المتوقع على أسواق الطاقة بحلول عام ٢٠٥٠، فضلا على سوق بقيمة ٢،٥ تريليون دولار على خلايا الوقود الهيدروجيني ومعداته، وتوفير فرص عمل مستدامه لأكثر من ٣٠ مليون شخص على مستوى العالم بحلول نفس العام.

---

(1) **International Monetary Fund (December 2022), Op.cit, p. 13.**

(2) **Shahid Hasan and Rami Shabaneh, The Economics and Resource Potential of Hydrogen Production in Saudi Arabia, King abdalla petroleum studies and research center,November 2021، p.22-27**

المبحث الثاني

دور الهيدروجين في عملية تحول الطاقة

أولاً: السوق الحالي للهيدروجين:

جانب الطلب: يقدر اجمالي الطلب العالمي على الهيدروجين في تطبيقات الاستخدام النهائي end-user applications نحو ١١٥ مليون طن/ سنة أو ما يمثل ٤% من الاستخدام النهائي من الطاقة[١].

يمثل الطلب على الهيدروجين النقي قرابة ثلثي إجمالي طلب الهيدروجين العالمي بإجمالي ٧٢ مليون طن/ السنة بينما يمثل الطلب على خليط الهيدروجين مع الغازات الأخرى قرابة ثلث الطلب العالمي بإجمالي ٤٣ مليون طن / السنة.

وتتسم نوعية الصناعات التي يساهم فيها الهيدروجين بأنها صناعات ذات استثمارات باهظة، والطلب على الهيدروجين فيها مرتفع وذو اقتصاديات ضخمة يمكن أن تصل إلى نحو ١٣٥،٥ مليار دولار[٢].

ويشهد الطلب على الهيدروجين في القطاع الصناعي نموا سريعا مستمرا حيث أنه في خلال الفترة من عام ١٩٧٥ حتى عام ٢٠١٨ ارتفع الطلب الاجمالي من ٢٧ مليون طن إلى ١١٥ مليون طن محققا نموا اجماليا بنسبة ٣٢٥%، وعليه يظهر أن السوق الحالي للهيدروجين هي سوق ضخمة متنامية وتقوم عليها العديد من الصناعات إلا أن دورها الرئيسي ينحصر في استخدامه كمادة خام لتلك الصناعات ولم يشهد نموا ملحوظا في مجال استخدامه كحامل للطاقة.[٣]

جانب العرض: يبلغ إجمالي الإنتاج العالمي من الهيدروجين (عن طريق استخدام الغاز الطبيعي والفحم الأحفوري) إلى أكثر من حوالي ٩ مليون طن، والتي تُمثل أكثر من ٩٥% من إنتاج

---

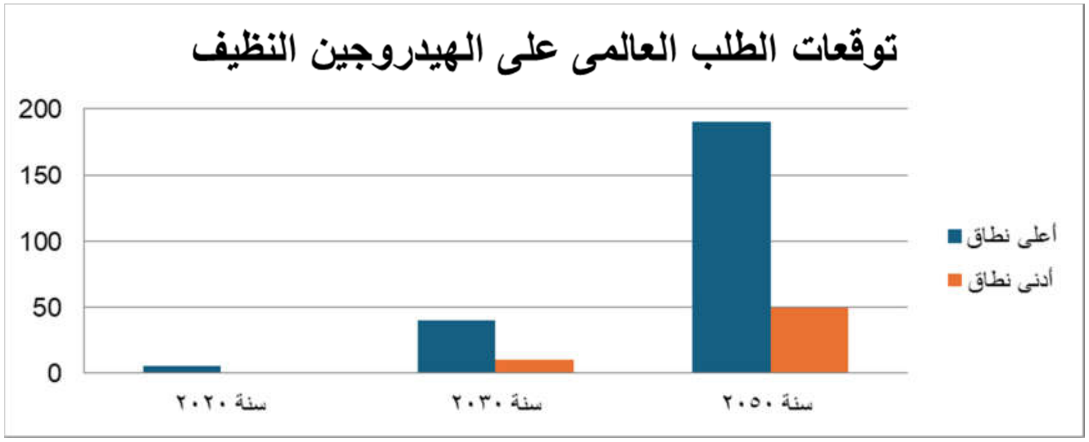
(1) **Cedigaz;" CLEAN HYDROGEN: Building Large-scale Supply Chains"; July 2020**

(2) **Baker Mackenzie; Shaping Tomorrow's Global Hydrogen Market ; 2020**

(3) **Yep, Eric, 2020, "South Korea Needs to Do More to Decarbonize Energy Supply: IEA." S&P Global Platts, December 2, 2020. https://www.spglobal.Com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/120220-south-korea-needs-to-do-more-to-decarbonize-energy-supply-iea**

الهيدروجين عالميًا، بينما يبلغ إنتاج الهيدروجين منخفض الانبعاثات (الهيدروجين الازرق) أقل من ١ طن فقط (٠،٧%)، فضلاً عن ذلك يتم إنتاج نحو ٣٥ كيلو طن من الهيدروجين الأخضر بما يمثل حوالي ١% من الهيدروجين النظيف، **ومن المتوقع** أن يصل الإنتاج التقديري من الهيدروجين النظيف إلى حوالي ٧٠٠ مليون طن وذلك بحلول عام **٢٠٥٠**، نظرا لأن السعة المركبة للمحللات الكهربائية المستخدمة في إنتاج الهيدروجين الأخضر قد ارتفعت ووصلت إلى ٥١٠ ميجاوات بنهاية عام ٢٠٢١، وبزيادة قدرت نحو ٢١٠ ميجاوات خلال عام ٢٠٢٠ الأمر الذي سيؤدى إلى زيادة إنتاجية الهيدروجين الأخضر خلال الفترة القادمة.

ولذلك نجد أن السعة العالمية لإنتاج الهيدروجين النظيف قد ارتفعت لأكثر من حوالي **١٠٩** كيلو طن سنويًا خلال العام ٢٠٢٢، محققة بذلك زيادة تقدر بحوالي **٤٤%** على أساس سنوي. وبالتالي ارتفع عدد الصفقات الموقعة خلال العام ٢٠٢٢، مما يساعد على الوصول إلى تحقيق هدف زيادة قدرة إنتاج الهيدروجين الأخضر لأكثر من حوالي ١١١ مليون طن سنويًا **وذلك** بحلول عام **٢٠٣٠، كما هو موضح في الشكل التالي**[١]:



المصدر: أحمد سلطان، الاستراتيجية الوطنية المصرية للهيدروجين: المحددات والأهداف، المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية، المنشور بتاريخ ٢٠٢٣/١٢/٩، ص.٥.

---

(١) **هبه الله مصطفى السيد علي، دور الادوات المالية الخضراء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، مجلة البحوث البيئية والطاقة، جامعه المنوفية، المجلد (١٣)، العدد (٢٢)، يناير ٢٠٢٤، ص ١٥.**

ثانياً: توقعات انعكاسات استغلال الهيدروجين الأخضر على الاقتصاد المصري و العالمي في عملية تحول الطاقة:

- التكامل مع مصادر الطاقة المتجددة لرفع حصتها في مزيج إنتاج الطاقة لحماية الاقتصاد المصري من حالة التذبذب والتقلب في **أسعار النفط العالمية.**[١]
- من المتوقع أن يتضاعف اقتصاد الهيدروجين بمقدار ٧ مرات بحلول عام **٢٠٥٠**، مما سيؤدي إلى الاستحواذ على نسبة ضخمة من الأسواق الدولية للهيدروجين **(حوالي٨%** وزيادة الناتج المحلي بحوالي ١٨ مليار دولار**)**.
- تساهم تنمية مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر في مصر إلى تعزيز الجهود الحكومية نحو جعل مصر مركز إقليمي لتجارة وتداول الطاقة في المنطقة.
- المشاركة في الوصول إلى حالة الاستقرار في منظومة الطاقة الداخلية داخل الدولة، **مما يساهم في** الحفاظ على احتياطيات الغاز الطبيعي من الاستنزاف الحاد.
- تنمية اقتصادات الهيدروجين الأخضر المتمثلة في الوصول إلى أمن الطاقة وخفض مستويات الانبعاثات الكربونية بواقع حوالي ٤٠ مليون طن سنويًا وذلك بحلول عام **٢٠٤٠**، وإتاحة حوالي ١٠٠ ألف فرصة عمل وزيادة الناتج المحلي الإجمالي بواقع ١٨ مليار دولار.[٢]
- يمكن أن يساهم التطور التكنولوجي وتطور نظم الابتكار والتقنيات الصناعية الدول في التغلب على ارتفاع التكلفة الإنتاجية للهيدروجين الأخضر، **ويشمل** ذلك تقنيات صناعة الصلب القائمة على الهيدروجين وأسواق تكنولوجيا خلايا الوقود، بالإضافة لاستخدام الوقود الاصطناعي باستخدام مجموعة من الحلول الرقمية.
- أن اعتماد مركبات تعمل بخلايا الوقود الهيدروجيني وإنشاء البنية التحتية[(١)] للتزوّد بالوقود الهيدروجيني يمكن أن يولّدا تغييرات إيجابية كبيرة في قطاع النقل مما سيساهم في تقليل تلوث

---

(1) **Katherine A. Collett, Camila Silva Ribeiro, Lukas Hayer, Leander A. Müller, Stephanie Hirmer ,GREEN HYDROGEN FOR DEVELOPMENT AN ALTERNATIVE TO NATURAL GAS, www.climatecompatiblegrowth.com**

(2) **How to evaluate the cost of the green hydrogen case? Busines Assessing green hydrogen production costs ,King abdalla petroleum studies and research center, june2022, p.5-10.**

الهواء ويقلل الضوضاء، ويحدّ من انبعاثات الكربون، ويخفّف من العواقب البيئية المترتّبة على زيادة استخراج النفط اللازم لقطاع النقل، ومن الممكن أن يؤدّي التحرك نحو النقل المستدام أيضًا إلى تحفيز الاستثمارات في مختلف القطاعات، وأبرزها صناعة السيارات. ومن شأن إنتاج الهيدروجين الأخضر أن يوفّر الوقود بشكل مباشر لقطاع صناعة مركبات تعمل بخلايا الوقود الهيدروجيني، ما يشجّع نمو الصناعة، ويمكن أن تعزّز الأسواق المحلية وأسواق التصدير لهذه المركبات.

ثالثاً: الهيدروجين الأخضر ودوره في أمن إمدادات الطاقة:

يعد توفير إمدادات طاقة كافية بتكلفة إنتاجية منخفضة أحد أهم الأبعاد الأمنية التي تستهدفها أي دولة ضمن سياستها الخارجية لتحقيق أمن الطاقة القومي المستدام للدولة، والوصول للنمو الاقتصادي المستدام، الأمر الذي يستلزم من الدولة الانتقال إلى نظام طاقة مرن يتوافق مع أسواق المنافسة العالمية ومدى القدرة على تحقيق الموازنة بين قوى الطلب (الدول المستوردة) من جانب وقوى العرض (الدول المنتجة) للطاقة في العالم[٢].

يبدو أن أزمات الطاقة ترتبط بنقص الإمدادات، لذا فإنه يجب تنويع مصادر الطاقة من أجل تنويع أمن العرض، الأمر الذي يتحقق من خلال توفير موارد للطاقة بصوره كافية وأمنة بأسعار في متناول الجميع، الأمر الذي تؤكد عليه معظم أنظمة الطاقة العالمية مدفوعة بعوامل الضغط المتزايد لإزالة الكربون[٣].

ويختلف معيار مفهوم أمن الطاقة من دولة إلى أخرى وذلك وفقا لقدرة تلك الدولة و ما إذا كانت منتجة أم مستهلكة لمصادر الطاقة:

مفهوم أمن الطاقة وفقا لمعيار مصالح الدولة:

تهتم الدول المصدرة للطاقة بأمن الطلب على مصادر الطاقة لديها مع دعم كفاءة قطاعات الطاقة الأحفورية في قطاعتها الاقتصادية المختلفة بغرض استخدام عوائدها الاقتصادية العالية داخل

---

(١) **ابتهاج اسماعيل يعقوب، عبد الرحمن محمد رشوان، زينه خضر عباس، استدامة القطاع المصرفي الاسلامي بالاستعانة بالأدوات المالية الخضراء (دراسة مقارنة في البيئتين العراقية والفلسطينية)، المؤتمر العلمي الدولي الثالث والسنوي الثالث عشر، الجامعة المستنصرية، كليه الإدارة والاقتصاد، ٢٠٢٢، ص١٩.**

(٢) **خديجة عرفة محمد، أمن الطاقة وآثاره الاستراتيجية، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض، ٢٠١٤، ص٥٢.**

(٣) **سوزي رشاد، أمن الطاقة ومحاولات روسيا لفرض النفوذ الدولي، مجلة كلية السياسة والاقتصاد، العدد الثالث عشر، ٢٠٢٢.**

هيكلها الاقتصادي، بينما تهتم الدول المستوردة للطاقة بمدى خطورة نقص الإمدادات المختلفة لمصادر الطاقة مع مراعاتها ضرورة تنويع مصادر العرض والإنتاج و أهمية الوصول الآمن إلى مصادر الطاقة طويله الأجل بأسعار وتكلفه اقتصاديه منخفضة.

مفهوم أمن الطاقة وفقا لمعيار الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للدولة:

يهتم أمن الطاقة بضرورة حماية قطاعات الدولة المختلفة ومؤسساتها خاصة في حالات العجز في قطاع الطاقة مع ضرورة توفير موارد للطاقة عالية الجودة ومستدامة، ومدى قدرة النظام في الدولة لتحمل التهديدات الداخلية والخارجية سواء من الناحية السياسية أو الاقتصادية أو البيئية، وذلك من خلال العمل على خلق و تنمية موارد الطاقة المتجددة داخلياً ومحاولة تقليل الاعتماد على الاستيراد النفطي الأجنبي[١].

لعل ما يعزز الاهتمام بتقنيات الطاقة المتجددة، هي أن الآثار الاقتصادية الإيجابية لتطبيق هذه التقنيات تفوق الآثار السلبية، حيث يساهم النمو الاقتصادي القائم على تقنيات الطاقة المتجددة الخضراء في تحسين عمليات تجارية قائمة وإنشاء أخرى جديدة من خلال التركيز على عمليات تحسين الابتكار التكنولوجي التي تشجع على التطور التدريجي للتغيرات التقنية في هياكل السوق الجديدة، مما يؤدي إلى تعزيز فرص العمل الجديدة والمؤهلة لمواكبة هذا التطور مدفوعا بزياده كفاءة الطاقة وتنويع مواردها وتحقيق الاكتفاء الذاتي منها، ومن ثم نمو الصناعة وزياده الإنتاجية والكفاءة الفنية والاقتصادية،مما يساعد في خفض التكاليف وتحقيق النمو الاقتصادي والتنمية[٢].

و قد تحقق ما تنبأ به تقرير وكاله الطاقة الدولية لعام ٢٠٢٣ أنه من المتوقع أن يرتفع حجم الاستثمار السنوي في الطاقة النظيفة بنسبة ٢٤% بين عامي ٢٠٢١ و٢٠٢٤ مع العلم أن اكثر من ٩٠% من هذه الزيادة تعود إلى من الاقتصادات المتقدمة والصين مما يمثل خطراً جديداً يتمثل في ظهور خطوط فاصله جديدة في الطاقة العالمية اذا لم تنتقل التحولات في مجال الطاقة النظيفة في أي مكان اخر على مستوى العالم.

---

(1) **Harris S. (2010) ,Global and regional orders and the changing geopolitics of energy. "Australian Journal of International Affairs", 64(2), 166 – 185.**

(2) **IRENA (2015). Renewable energy options for the industry sector: Global and regional potential until 2030 – A Background paper to "Renewable energy in manufacturing". IRENA, Abu Dhabi. Retrieved from http://www.irena.org/remap/**

يلاحظ وجود مجموعة من القيود التي يجب الالتفات إليها عند تطبيق تقنيات الطاقة المتجددة، كموثوقية إمدادات الطاقة المتجددة التي تمثل أحد القيود الرئيسية للاستخدام اليومي لهذه التقنيات وذلك بسبب خصائصها الطبيعية المتغيرة، بالإضافة لارتفاع تكاليف البحث والتطوير المتعلقة بالتطبيقات النهائية الخاصة بها، بالإضافة لزياده الطلب على استخدام بعض المحاصيل الزراعية الأساسية في إنتاج الوقود الحيوي كمورد من موارد الطاقة المتجددة الأمر الذي يؤدي إلى اشكالية في نقص إمدادات الغذاء ويؤدي إلى ارتفاع أسعاره[١].

وقد أشارت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة إلى تصاعد الاتجاه الدولي للتوسع في استخدام الهيدروجين الأخضر، وذلك لما يتمتع به من قدرة على تعزيز أمن الطاقة و تأمين مصادرها بمعدلات كافية من أجل تلبية الطلب العالمي المستقبلي على مصادر الطاقة، من خلال زياده إمدادات الطاقة المحلية وإمكانية تخزينه لفترات طويلة خاصة في الفترات المرتبطة بنقص الإمدادات، فضلاً عن إمكانية استخدامها في إنتاج الهيدروجين الأخضر والتي يمكن دمجها في أنظمة الطاقة محلياً، مما يساعد في حل مشكلات تأمين وصول إمدادات الطاقة لكافة أنحاء البلاد[٢].

تعتمد النتيجة الإجمالية لجهود مصر في قطاع الهيدروجين على قرارات الحكومة بشأن تخصيص الهيدروجين الأخضر للاستخدام المحلي أو التصدير. ويُعدّ التغلّب على العوائق المالية والتنظيمية والإدارية الكبيرة ضروريًا لنجاح هذا القطاع. إذا قرّرت الحكومة إعطاء الأولوية للسوق المحلية، فإن استبدال المواد الهيدروكربونية التقليدية بالهيدروجين الأخضر يمكن أن يقلّل بشكل كبير من

---

(1) **Zhou P., Jin R. Y., & Fan L. W. (2016). Reliability and economic evaluation of power system with renewables: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58, 537–547. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.344**

(2) **Pflugmann F., De Blasio N. (2020). "Geopolitical and Market Implications of Renewable Hydrogen": New Dependencies in a Low-Carbon Energy World,. Environment and Natural Resources Program, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School**

انبعاثات الغازات الدفيئة. وقد يحسّن ذلك وضع الانبعاثات الصناعية في مصر ويعزّز قدرتها التنافسية في الأسواق ذات معايير الانبعاثات الصارمة وأهداف إزالة الكربون العالمية[١].

لكن، لجعل التحوّل من الوقود الأحفوري إلى الهيدروجين ومصادر الطاقة المتجدّدة قابلًا للتطبيق في مصر، يجب تحديث شبكتها الكهربائية. فمن شأن تحسين كفاءة عملية التحويل من الكهرباء (المولّدة من مصادر الطاقة الغير متجدّدة) إلى الهيدروجين ثم العودة إلى الكهرباء، والتي تتراوح حاليًا بين ١٨% و٤٦%، أن يعزّز الفائدة المرجوة. ولن تسهم الكفاءة الأعلى لعملية التحويل هذه في استقرار الشبكة فحسب، بل ستزيد أيضًا من كفاءة استخدام الطاقة بشكل عام، مما يتيح توزيع إنتاج الطاقة المتجدّدة على نحو أكثر فعالية، ويتماشى هذا التحوّل المخطّط له مع أهداف مصر في مجال الطاقة المتجدّدة، إذ يمكنه المساهمة بشكل كبير في تحقيق هدفها الأوسع المتمثّل في إزالة الكربون من إمدادها الكهربائي، مع تحصين البلاد ضد الصدمات المحتملة في أسعار الطاقة العالمية. ويُمكن لتقليل الاعتماد على إنتاج المواد الهيدروكربونية أن يضمن أيضًا إرساء قطاع طاقة أكثر مراعاةً للبيئة وأكثر استدامة من الناحية البيئية، و هو ما يقلّص انبعاثات الغازات الدفيئة، ويعزّز مؤهلات مصر البيئية، ويفي بتعهداتها المقدّمة في إطار اتفاق باريس. لكن، يجب أن يتم الإشراف على المؤهلات البيئية للهيدروجين الأخضر من خلال فهم التعقيدات البيئية المرتبطة بإنتاجه[٢].

رابعاً: مقومات مصر في صناعة وإنتاج الهيدروجين الأخضر:

- موقع مصر الاستراتيجي المتميز، **بالإضافة** لقربها من الأسواق العالمية الكبرى كالاتحاد الأوروبي ودول الشرق الأوسط والتي من المتوقع أن تشهد طلبًا مرتفعا على الهيدروجين في

---

(١) وائل حامد عبد العاطي، إنتاج الهيدروجين ودوره في عملية تحول الطاقة، مجلة النفط والتعاون العربي، منظمه الاقطار العربية المصدرة للبترول- الأمانة العامة، المجلد ٤٧، العدد ١٧٩، ٢٠٢١ صفحه ٧٠ – ١٢١، mamdumah.com/record/1325625Http://search.

(٢) جاستن دارغن، الارتقاء بمصر لتصبح دولة رائده عالميا في مجال الهيدروجين الاخضر، مركز مالكوم كير- كارينغي للشرق الاوسط، ٢٠٢٣/١٢/٥

https://carnegie-mec.org/2023/12/05/ar-pub-90728

الفترة المقبلة، **حيث** متوقع أن يرتفع الطلب الأوروبي على الهيدروجين الأخضر من حوالي **٣%** إلى حوالي **٢٠%**.[١]

- تحسن المبادرات الحكومية والذي يظهر في شكل تقديم الحوافز الضريبية والتسهيلات الإجرائية للمستثمرين في مجال الهيدروجين الأخضر، والذي يظهر من خلال الحصول على **التصريح الواحد فقط**، و الذي يمكن المستثمر من إنشاء وتشغيل وإدارة مشروعات الهيدروجين الأخضر.
- اهتمام الدولة في الآونة الاخيرة بتحسين البنية التحتية للغاز الطبيعي ومحطات الإسالة والموانئ البحرية.
- الميزة الاقتصادية التنافسية نظرا لامتلاك مصر قناة السويس والتي تستحوذ على نحو حوالي **١٢%** من اجمالي الشحنات المنقولة بحرًا.
- إنشاء المجلس الوطني للهيدروجين الأخضر ومشتقاته، **حيث يهدف** المجلس إلى توحيد جهود الدولة لتحفيز الاستثمار في مجال الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، **بما** يتماشى مع متطلبات التنمية المستدامة وخطط الدولة للتنمية الاقتصادية والاجتماعية، **ويضمن** تنافسيتها على المستويين الدولي والإقليمي.
- فرض قيود فيما يتعلق بالانبعاثات الكربونية المرتبطة بالطاقة التقليدية في الصناعة **وذلك** لتشجيع زيادة الطلب على الهيدروجين.
- تقليص مخاطر الاستثمارات **بهدف** تحفيز استيعاب السوق ودعم البنية التحتية وإنتاج الهيدروجين الأخضر[٢].

خامساً: تحديات تطوير قطاع الهيدروجين:

١) الجدوى الاقتصادية والاستثمار:

يعد العامل الاقتصادي العائق الأبرز أمام التوسع في صناعة الهيدروجين نظراً للتكلفة الاقتصادية العالية سواء من ناحية التكلفة الإنتاجية أو تطبيقات الاستخدام النهائي للهيدرجين

([1])**International trade and green hydrogen Supporting the global transition to a low-carbon economy , Intemational Renewable Energy Agency IRENA, p.40-51.**

[٢] **أحمد سلطان، الاستراتيجية الوطنية المصرية للهيدروجين: المحددات والأهداف، المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية، ٢٠٢٣/١٢/٩، https://ecss.com.eg/38903**

بالمقارنة بأنواع الوقود الاحفوري الأخرى فعند المقارنة مع الغاز الطبيعي على أساس القيمة الحرارية (٨،٨ كجم هيدروجين = مليون وحده حرارية بريطانية)[١].

نرى أنه يمكن أن تصل تكلفه الإنتاج إلى ما يقارب ٣٠ دولار / مليون وحده حرارية بريطانية في حاله الهيدروجين الأخضر، وهي بذلك تشكل أضعاف التكلفة عن أسعار الغاز الطبيعي ولكن في ظل وجود استراتيجيات وخطط حكومية يمكن تجاوز ذلك العائق.

في المقابل يعد الهيدروجين من الخيارات التنافسية في مجال الطاقة منزوعة الكربون في حال التصدير إلى أسواق الطاقة ذات السياسة الواضحة مثل السوق الاوروبي بالإضافة إلى أن السوق المصرية يعتبر من الأسواق الواعدة حيث تقل تكلفة الإنتاج عن نظيرتها العالمية.

٢) متطلبات التكنولوجيا:

في مجال الهيدروجين الأخضر لا تزال قدرات أجهزة التحليل الكهربائي منخفضة ولا تصل بعد إلى المقياس التجاري الضخم Mega Scale ففي الوضع الراهن يصل أعلى جهاز للتحليل الكهربائي إلى ١٠ ميجاوات في حين أن المشاريع التجارية الضخمة تتطلب بناء قدرات تصل إلى ٢ جيجاوات، ومن الأمور الهامة في اختيار أجهزة التحليل الكهربائي تكلفة إنتاج الهيدروجين مقسومة على طول العمر الافتراضي Levelized Cost of Hydrogen وهي تأخذ في الاعتبار عدة عوامل قد هي:

- سعر الكهرباء المستخدمة.
- كفاءة التشغيل والتي ترتفع كلما زادت طاقة المنشاة وهي تتراوح بين ٦٣٪ إلى ٧٧% حسب نوع الجهاز.
- التكلفة الرأسمالية المطلوبة التي تقل كلما زادت اقتصاديات الحجم Economics of Scale.
- معامل القدرة Capacity Factor حيث كلما زاد فترة تشغيل الجهاز كلما كان العائد منه أعلى وفترة استرداد التكاليف أسرع.

ولتحقيق ذلك يجب إلا يقل معامل القدرة عن ٦٠٪- ٧٠%، إلا أن ذلك يشكل تحدياً كبيراً عندما يكون مصدر الكهرباء من محطات الطاقة المتجددة، نظراً لانخفاض معامل القدرة والتي تتراوح بين ١٠ – ٢١% للخلايا الكهروضوئية و٢٣ – ٤٤% لتوربينات الرياح المقامة على البر.

---

[١] **سحر محمد الهادي الطحلاوي، فرص وتحديات التنمية المستدامة في أفريقيا من خلال الهدفين السابع والسابع عشر من أهداف سنة ٢٠٣٠، المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة، جامعه عين شمس- كلية التجارة، ع٣، أكتوبر ٢٠٢٣، ص١٢٤٩-١٢٥٥.**

علاوة على ذلك، فإن متطلبات المياه لأجهزة التحليل الكهربائي تشكل عائقاً إضافياً. حيث يستلزم إنتاج ١ كجم من الهيدروجين إلى ١٩ لتر من المياه النقية،والدولة المصرية في الأساس تعاني من مشكلة الشح المائي[١]، ولو تم استخدام مياه البحر لإنتاج الهيدروجين الأخضر لتطلب ذلك تنقيتها قبل الاستخدام وهو بذلك يشكل زياده في تكلفه الإنتاج.

٣) الثقافة والوعي:

يتطلب ذلك نشر المعلومات عن مدى أهمية استخدام الطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر لتعزيز الوعي العام عن فوائده ومجالات استخدامه إما على الصعيد المهني يجب العمل على الاستثمار في رأس المال البشرى واعداد الكوادر العلمية القادرة على تطوير مراكز الابحاث المتخصصة لتناول هذا النوع من الطاقات.[٢]

٤) ندرة المياه[٣]:

هناك ثمة أخطار حقيقية من وجود ندرة في الموارد المائية المصرية، وتتزايد تلك الندرة مع زياده الطلب على المياه المصاحب للزيادة السكانية المستمرة وارتفاع المستوى المعيشي والتطور الاقتصادي مع الإسراف في استخدام المياه وبناء سد النهضة الاثيوبي وأثر ذلك على المجتمع المصري، ويظهر ذلك في صورة انخفاض نصيب الفرد من المياه إلى أقل من ١٠٠٠ م٣/ سنة وهو حد الفقر المائي المتعارف عليه دوليا بالإضافة إلى تدهور نوعيه المياه وزيادة نسبة التلوث مما يجعلها غير صالحة للاستعمال في مجالات عديده ومن ناحيه أخرى نجد أن هناك العديد من الاعتبارات التي قد تؤثر تأثيراً بالغاً في كمية الموارد المائية الممكن تدبيرها مستقبلا الأمر الذي ظهر في شكل عجز مائي قدرة ٥٤ مليار م^{٣}، لذا فإن معالجة ندرة المياه أمرٌ بالغ الأهمية ليس فقط لإرساء التوازن البيئي ولكن أيضًا لتحقيق رفاهية سكان مصر والاستقرار الاجتماعي. وتُعدّ تدابير الإدارة المتكاملة للموارد المائية والاستثمارات في تقنيات إنتاج الهيدروجين الموفّرة للمياه ضروريةً للتخفيف من ندرة الموارد المائية على مختلف القطاعات.

---

(١) محمد عادل حجازي، اقتصاديات الموارد المائية ودورها في عملية التنمية الامكانيات والافاق المستقبلية (دراسة تطبيقيه مقارنة)، رسالة دكتوراه بقسم الاقتصاد كليه الحقوق، جامعه المنوفية، ٢٠٢٣، ص٥٥.

(٢) Shell,2021, "Global Energy Resources Database" Accessed April 17, 2024, https://www.shell.com/energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/shell-scenarios-energy-models/energy-resource- database.html

(٣) المرجع السابق، ص٥٦.

لقد تم طرح التحليل الكهربائي لمياه البحر كحلّ لإنتاج الهيدروجين الأخضر لمواجهه ندرة الموارد المائية، ولكن هذه التكنولوجيا لم تحقّق بعد وفورات الحجم المطلوبة، وقد تطلق مزيدًا من العمليات ذات الاستهلاك الكثيف للطاقة والكربون، وتؤدي إلى زيادة تكاليف الإنتاج، و هو من شأنه أن يؤثّر على طموح البلاد في أن تصبح منتجًا للهيدروجين المنخفض التكلفة، لذا سيكون عليها إرساء التوازن بين الطلب المرتفع على المياه، وتنفيذ استراتيجيات الحفاظ على مصادر الموارد المائية المحدودة ومحاولتها استكشاف مصادر مياه بديلة من أجل إنتاج الهيدروجين الأخضر، للتغلّب على مشكلة ندرة المياه ومعالجة تداعياتها بعيدة المدى، وذلك في إطار سعيها إلى دفع عجلة النمو على مستوى الاقتصاد الكلّي.

٥) بيئة السياسات[١]:

ينبغي على مصر أيضًا معالجة مسألة غياب اللوائح المحلية وهيئات إصدار الشهادات القادرة على التحقق من أصل الهيدروجين الأخضر وجودته. ويثير غياب عمليات إصدار الشهادات الموحدة مخاوف بشأن موثوقية وأصالة منتجات الهيدروجين الأخضر. ومن دون آليات يُعتدّ بها لإصدار الشهادات، مما يجعل قبول السوق وضمان المصداقية للهيدروجين الأخضر مهمة صعبة. فسوف تعوق حالة عدم الموثوقية بشأن إصدار شهادات الهيدروجين الأخضر في مدى نمو هذه الصناعة وتحدّ أيضا من إمكاناتها التصديرية.

لذلك، يتّسم إنشاء إطار تنظيمي وقانوني شامل بالأهمية الكبرى بشأن إرساء بيئة تمكينية وتعزز من الثقة لدى المستثمرين على المستويين المحلي والدولي. وينبغي لهذه اللوائح أن توفّر الوضوح والتخصيص للجهات الفاعلة في هذا القطاع، فضلًا عن تسهيل تنفيذ عمليات إصدار الشهادات الصارمة التي تضمن موثوقية إنتاج الهيدروجين الأخضر واستدامته.

---

[١] احمد صابر علي سليمان، النمو العالمي المتسارع لمصادر الطاقة البديلة، مجلة العلوم التجارية والبيئية، الجمعية العلمية للدراسات والبحوث التطبيقية، م ١،ع ١،ص١٥-١٩

المبحث الثالث

الجهود والمبادرات الوطنية للتحول الأخضر

أولاً: الإطار التشريعي للهيدروجين الأخضر في مصر:

وافق مجلس النواب على إصدار قانون جديد بشأن الحوافز الممنوحة لمشاريع إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته بالقانون **رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤**[١].

يتضمن القانون رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤ عدد ثمانية مواد تتناول نطاق الحوافز الممنوحة ومتطلباتها وشروطها وأنواعها، حيث يهدف قانون رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤ إلى إقرار عدد من الحوافز والضمانات والإعفاءات الضريبية للحفاظ على المستثمرين الحاليين الموقعين على الاتفاقيات الإطارية ومذكرات التفاهم في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته لخلق مناخ جاذب للاستثمار لهم تمكنهم من الإسراع من وتيرة تنفيذ مشروعاتهم داخل مصر؛ لتصبح مركزاً دولياً لمشروعات الهيدروجين الأخضر ومشتقاته لاعتماده بصفة الأساس على الطاقات المتجددة " كالطاقة الشمسية والرياح".

ويأتي القانون رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤ تماشياً مع أهداف الدستور المصري فيما يخص المقومات الاقتصادية، ومن ضمنها: زيادة فرص العمل وتحقيق التنمية المستدامة ودعم محاور التنافسية، وتقليل معدلات البطالة، وتوفير المناخ الجاذب للاستثمار، وتحفيز القطاع الخاص لأداء مسؤوليته الاجتماعية في خدمة الاقتصاد الوطني والمجتمع، وزيادة الإنتاج، وتشجيع التصدير، والعمل على الاستغلال الأمثل لمصادر الطاقة المتجددة، وتحفيز الاستثمار فيها. وحول أهم الأحكام العامة للقانون رقم ٢ لسنة ٢٠٢٤، أحتوت المادة الأولى على التعاريف القانونية لأهم الكلمات والعبارات المستخدمة في القانون. فيما حددت المادة الثانية نطاق سريان القانون المذكور، والتي نصت يسرى أحكام ذلك القانون على مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته التي تبرم اتفاقيات المشروع الخاصة بها خلال خمس سنوات من تاريخ العمل به والتي تتمثل في: مصانع إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، ومحطات إنتاج الطاقة الكهربائية من مصادر الطاقات المتجددة، ومحطات تحلية المياه، والمشروعات التي يقتصر نشاطها على تخزين أو نقل أو توزيع

---

[١] **نص القانون رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤، (بشأن حوافز مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته)، العدد (٤)، السنة (٦٧)، الصادر بتاريخ ٢٧ يناير ٢٠٢٤، ص ٢-٨.**

الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، والمشروعات التي يقتصر نشاطها بشكل مباشر على تصنيع مدخلات الإنتاج أو المستلزمات اللازمة لمصانع إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته.

وأوضحت المادة الثالثة بعض الضوابط الخاصة بتأسيس شركة المشروع والقوانين الحاكمة وأقصى مدة لاتفاقيات المشروع، كما تضمنت المادة شرطاً وهو إبرام اتفاقيات التوسع في المشروعات خلال سبع سنوات من تاريخ بدء التشغيل التجاري للمشروع، وذلك لكي تتمتع مشروعات الهيدروجين الأخضر ومشتقاته وتوسعاتها المستقبلية بالحوافز المقررة في القانون.

حيث نص القانون على مجموعة من الحوافز الضريبية وغير الضريبية، وذلك على النحو التالي[١]:

١) الحوافز الضريبية: (المادة الرابعة)

- حافز استثماري نقدى المعروف يسمى حافز الهيدروجين الأخضر ويعادل ٣٣% إلى ٥٥% من الضريبة المدفوعة عند الإقرار بالدخل الناتج عن مباشرة النشاط في المشروع أو توسعاته.
- الإعفاء من ضريبة القيمة المضافة على الأدوات والمعدات والإمدادات والأجهزة والآلات والمواد الخام و وسائل النقل عدا سيارات الركوب اللازمة لبدء المشروع.
- فرض ضريبة بنسبة(صفر%) كضريبة القيمة المضافة لصادرات مشاريع الهيدروجين الأخضر ومشتقاته.
- كما تضمنت المادة الرابعة النص على إصدار الوزير المختص بعد موافقة رئيس مجلس الوزراء، إعفاء لمشروعات الهيدروجين الأخضر ومشتقاته من الضريبة المستحقة على العقارات المستخدمة فعلياً في تلك المشروعات، وضريبة الدمغة والشهر ورسوم التوثيق المستحقة على عقود تأسيس المنشئات والشركات وعقود الرهن والتسهيلات الائتمانية المرتبطة بها وعقود تسجيل الأراضي اللازمة لإقامة مشروعات الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، وقيمة الضريبة الجمركية التي تستحق عن جميع الواردات اللازمة لإقامة مشروعات الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، عدا سيارات الركوب.

---

[١] **النواب يوافق نهائيا على مشروع قانون حوافز إنتاج الهيدروجين الأخضر، الهيئة العامة للاستعلامات، تاريخ الزيارة، تاريخ الزيارة ٥فبراير ٢٠٢٤،"https://www.sis.gov.eg/Story/26963**

٢) الحوافز غير الضريبية: (المادة الخامسة)

١. الحصول على الموافقة الوحيدة (أي الرخصة الذهبية) للشركات العاملة في مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر.
٢. السماح لشركة المشروع باستيراد أية مستلزمات لازمة لإنشاء المشروع أو توسعته أو تشغيله من مواد أولية ومستلزمات إنتاج وآلات وقطع غيار ووسائل نقل مناسبة لطبيعة النشاط، دون الحاجة إلى تسجيل شركة المشروع في سجل المستوردين. كما يحق لها تصدير منتجاتها دون ترخيص ودون الحاجة لتسجيل شركة المشروع في سجل المصدرين.
٣. يحق لشركة المشروع الاستعانة بالعمالة الأجنبية في حدود ٣٠% من إجمالي عدد العاملين في المشروع خلال السنوات العشر الأولى التي تبدأ من تاريخ توقيع اتفاقيات المشروع.
٤. إنشاء منافذ جمركية خاصة لواردات ولصادرات المشروع.
٥. خصم ٣٠% من رسوم القيمة والفئات مقابل النقل البحري واستخدام الموانئ البحرية ورسوم الخدمات المقدمة للسفن في الموانئ البحرية المصرية.
٦. خصم ٢٥% من قيمة حق الانتفاع بالأراضي الصناعية المخصصة لإنشاء مصانع إنتاج الهيدروجين ومشتقاته. بالإضافة إلى خصم ٢٠% على حق الانتفاع بأراضي المستودعات بالموانئ.
٧. منح فترة سماح لسداد حق الانتفاع بالأراضي الصناعية والتخزينية للمشروع، حيث يبدأ السداد من تاريخ التشغيل التجاري للمشروع، دون فرض أي غرامات و/أو فوائد.
٨. تحديد شروط التراخيص الممنوحة لمشاريع إنتاج الهيدروجين الأخضر بذات المدة الممنوحة بحق الانتفاع بأرض المشروع.

٣) شروط الحصول على الحوافز: (المادة السادسة)[١]

١. يجب أن يبدأ التشغيل التجاري للمشروع خلال خمس سنوات من تاريخ إبرام اتفاقيات المشروع.
٢. أن يعتمد المشروع في تمويله على تدفقات تمويلية خارجية بما لا يقل عن ٧٠% من تكلفة استثماره.

([١]) المرجع السابق

٣. يجب أن يلتزم المشروع باستخدام المكون المحلي من مدخلات الإنتاج اللازمة لتنفيذ المشروع متى توفرت في السوق المحلية وبنسبة لا تقل عن ٢٠% من مكونات المشروع.
٤. يساهم المشروع في نقل وتوطين التكنولوجيا والتقنيات المتقدمة والحديثة إلى مصر، مع الالتزام بتطوير وتنفيذ برامج تدريبية للعمالة المصرية.
٥. يجب أن تلتزم شركة المشروع بوضع خطة لتنمية مناطق التشغيل المحلية من خلال تطبيق قواعد المسؤولية الاجتماعية للشركات بموجب قانون الاستثمار المصري رقم ٧٢ لسنة ٢٠١٧.
٦. ونص القانون في(مادته السابعة) على أن يصدر الوزير المختص أو من يفوضه الشهادة اللازمة للتمتع بالحوافز المنصوص عليها في هذا القانون.

وتعتبر هذه الشهادة نهائية ونافذة بذاتها دون حاجة إلى موافقة جهات أخرى ويتعين على جميع الجهات العمل بموجبها والالتزام بما ورد بها من بيانات.

ومن خلال استعراضنا لنصوص قانون الحوافز الممنوحة لمشاريع إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤، نري مجموعة من الملاحظات كالآتي:

أ) مخالفة القانون المذكور لمبدأ قانونية الضريبة الذي ينص عليه الدستور الحالي، و ذلك بأن جعل للسلطة التنفيذية الحق في فرض الضرائب و الإعفاء منها على خلاف نص المادة (٣٨) من الفصل الثاني من الدستور، الذي يخص "**المقومات الاقتصادية**" و الذي مؤداه ألا يكون إنشاء الضرائب العامة أو تعديلها، أو إلغاؤها، إلا بقانون، كما لا يجوز الإعفاء منها إلا في الأحوال المبينة في القانون.

ب) كان حرياً بالمشرع النص علي ضرورة إصدار اللائحة التنفيذية للقانون خلال ٩٠ يوم من تاريخ الأصدار اقتضاء بما تم العمل بة في المادة (٩) من الباب التمهيدي لقانون الاستثمار رقم ٧٢ لسنة ٢٠١٧ .

ت) نرى أنه كان من الواجب علي المشرع تخفيض نسبة الاستعانة بالعمالة الأجنبية و تخفيضها من نسبة ال ٣٠٪ كما هو وارد في نص المادة(٥) و تخفيضها علي أن تتراوح النسبة من ١٠٪ – ٢٠٪ اقتضاء بما تم النص علية في المادة (٨) من الباب الثاني من قانون الاستثمار رقم ٧٢

لسنة ٢٠١٧[١] نظراً لما تعانيه الدولة من ارتفاع معدلات البطالة ورغباً في تحسين جودة الأيدي العاملة المصرية.

ث) كل من الواجب علي المشرع النص مثل ما تم النص علية في المادة (١٣) من الفصل الثاني من الباب الثاني الخاص بضمانات الاستثمار وحوافزه من قانون الاستثمار رقم٧٢ لسنة ٢٠١٧:

- حيث تتحمل الدولة قيمة ما يتكفله المستثمر لتوصيل المرافق إلى العقار المخصص للمشروع بنسبة لا تجاوز (٥٠٪).
- كما يجوز أن تتحمل الخزانة العامة نسبة لا تزيد على (٥٠%) من مقابل استهلاك المشروع للمرافق الأساسية لمدة عشر سنوات كحد أقصى.
- بالإضافة إلى تحمل الدولة جزءاً من تكلفة التدريب الفني للعاملين و رد نصف قيمة الأرض المخصصة للمشروعات الصناعية في حالة بدء الإنتاج خلال عامين من تاريخ تسليم الأرض.
- كذلك تخصيص أراض بالمجان لتلك الأنشطة الاستراتيجية.
- الإعفاء من مقابل الانتفاع بالأراضي المخصصة لإقامة المشروع لمدة عشر سنوات كحد أقصى تبدأ من بداية التشغيل.

ثانياً: الإطار التنظيمي والقانوني:

اتخذت مصر خطوات جادة على الصعيد القانوني والتنظيمي للتأكيد على أولوية التصدي للتغيرات المناخية، منها إعادة تشكيل المجلس الوطني للتغيرات المناخية ليصبح برئاسة رئيس مجلس الوزراء، ويضم في عضويته القطاعات الاقتصادية الأخرى. ويتولى المجلس الإشراف على أنشطة مواجهة التغير المناخي وضمان إدماجها في خطط التنمية الوطنية[٢]، وتحديد تطوير الاستراتيجيات والسياسات ذات الصلة، وتعميمها مع الخطط القطاعية واستراتيجيات التنمية المستدامة الوطنية.

كما أعدت مصر استراتيجيتها الوطنية الأولي للتكيف مع تغير المناخ والحد من مخاطر الكوارث في عام ٢٠١١، ثم أعقبتها باستراتيجية التنمية منخفضة الانبعاثات عام ٢٠١٨، لتتماشى

---

(١) قانون الاستثمار رقم ٧٢ لسنة ٢٠١٧، الهيئة العامة للاستثمار و المناطق الحرة،

https://www.investinegypt.gov.eg

[٢] مصطفى عبد الجواد، أبرز التجارب العربية في مواجهه تغير المناخ الامارات / السعودية / مصر، دورية آفاق عربية وإقليمية، العدد الحادي عشر، الهيئة العامة للاستعلامات، ص٩٦-١١٤.

مع استراتيجية التنمية المستدامة رؤية مصر ٢٠٣٠ وصولا إلى الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ ٢٠٥٠ والتي تعتبر التحرك المصري الأكثر شمولاً.

كذلك فقد وقعت مصر على اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ عام ١٩٩٢، فيما تم إنشاء وحدة التغيرات المناخية بجهاز شؤون البيئة عام ١٩٩٦، ثم وقعت مصر عام ١٩٩٩ على بروتوكول كيوتو المنبثق عن اتفاقية تغير المناخ، والذي يهدف إلى فرض التزامات على الدول الصناعية لخفض انبعاثاتها من غازات الاحتباس الحراري، وعلى إثر ذلك جرى إصدار استراتيجية آلية التنمية النظيفة عام ٢٠٠١.

وفي عام ٢٠٠٧ جرى تشكيل اللجنة الوطنية للتغيرات المناخية، من أجل وضع السياسات والاستراتيجيات اللازمة للتعامل مع التغيرات المناخية، كما جرى إصدار القانون رقم ٢٠٣ لسنة ٢٠١٤ بشأن تحفيز إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة، والذي تضمن العديد من الحوافز لجذب الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة والنظيفة، مع إتاحة عدة أنظمة مرنة لإنشاء وإدارة محطات الطاقة المتجددة المملوكة للقطاع الخاص[١].

وانضمت مصر لاتفاقية باريس للمناخ عام ٢٠١٧، كما أعلنت مصر في أغسطس ٢٠١٩، الانضمام لميثاق **(ميتز)** للحفاظ على التنوع البيولوجي، كعنصر أساسي لتحقيق التنمية المستدامة. وفي يونيو ٢٠٢٢، انضمّت مصر إلى التعهد العالمي بشأن الميثان الهادف إلى خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بمعدل ٣٠% بحلول عام ٢٠٣٠ قياسا بمستواها في ٢٠٢٠، وتتضمن استراتيجية مصر في مجال خفض انبعاثات الميثان استثمارات مخططة بقيمة ٢١١ مليار دولار للتخفيف و١١٢ مليار دولار للتكيّف.

كما دشنت مصر العديد من الاستراتيجيات الخلاقة في المجال البيئي، مثل الاستراتيجية الوطنية لكربون أقل، واستراتيجية التعافي الأخضر التي تستهدف توجيه جزء من استثمارات الدولة في القطاعات المختلفة لمعالجة آثار تغير المناخ كبعد إنساني يعكس أهمية التلاحم العالمي في مواجهة خطر تغير المناخ والاحتباس الحراري، كما تم الانتهاء من المرحلة الأولى من مشروع الخريطة التفاعلية لمخاطر ظاهرة التغيرات المناخية على مصر.

---

(1) **Water & Electricity Regulatory Authority, 2019, "Annual Statistical Booklet for Electricity and Seawater Desalinat'on Industries" Accessed January 21, 2024 https://www.ecra.gov.sa/enus/MediaCenter/doclib2/Pages/SubCategoryList. Aspx"categoryID=5.**

في الوقت نفسه، تقدّمت مصر في يونيو ٢٠٢٢ بأهداف مناخية مُحدّثة إلى الأمم المتحدة في إطار جهودها للمساهمة في إبطاء وتيرة تغير المناخ، تتضمن خفض الزيادة المتوقعة في انبعاثات الطاقة بمقدار ٣٣% بحلول ٢٠٣٠، مع مضاعفة حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة إلي٤٢% بحلول عام ٢٠٣٥.

كذلك تواصل مصر إعداد الخطة الوطنية للتكيف مع التغيرات المناخية، بدعم من صندوق المناخ الأخضر، بهدف تيسير دمج خطط التكيف مع آثار تغير المناخ في السياسات والبرامج والأنشطة الجديدة والقائمة، خاصة عمليات واستراتيجيات تخطيط التنمية، ويتولى المجلس الوطني للتغيرات المناخية الإشراف على إعداد الخطة.

ثالثاً: الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ ٢٠٥٠[١]:

تمثل الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ ٢٠٥٠ الخطوة المصرية الأهم لما تطمح إليه البلاد خلال العقود الثالثة المقبلة لتحقيق الهدف الفرعي الثالث من رؤية مصر ٢٠٣٠ المحدثة وهو مواجهة تحديات تغير المناخ. وتتضمن الاستراتيجية خمس أهداف رئيسية، يندرج تحت كل منها عدد من الأهداف الفرعية، وذلك على النحو الآتي:

- **الهدف الأول: تحقيق نمو اقتصادي منخفض الانبعاثات في مختلف القطاعات:** عن طريق زيادة حصة جميع مصادر الطاقة المتجددة والبديلة في مزيج الطاقة، وخفض الانبعاثات الناتجة عن استخدام الوقود الأحفوري، وتعظيم كفاءة الطاقة، وتبني اتجاهات الاستهلاك والإنتاج المستدامة للحد من انبعاثات الأنشطة غير المتعلقة بالطاقة[٢].
- **الهدف الثاني: بناء المرونة والقدرة على التكيف مع تغير المناخ وتخفيف الآثار المرتبطة به:** والتي تشمل حماية المواطنين من الآثار الصحية السلبية لتغير المناخ، وتقليل الخسائر والأضرار التي يمكن أن تحدث لأصول الدولة والنظم الإيكولوجية، والحفاظ على موارد الدولة من تأثيرات تغير المناخ، ووجود بنية تحتية وخدمات مرنة لمواجهة تأثيرات تغير المناخ، وتنفيذ مفاهيم الحد

---

(١) **أيمن محمد اسماعيل، فاعلية الاقتصاد الأخضر ودوره في تحقيق التنمية المستدامة، مجلة البحوث الإدارية، أكاديمية السادات للعلوم الإدارية – مركز الاستشارات والبحوث والتطوير، المجلد الحادي والاربعون، العدد الثالث، يوليو ٢٠٢٤ ص٣٥.**

(2) **Green hydrogen in developing countries, world bank group, ESMAP, 2020 ,p76-90.**

من مخاطر الكوارث، والحفاظ على المساحات الخضراء والتوسع فيها، وتعزيز اعتبارات الاستجابة الخاصة بالمرأة لمساعدتها على التكيف مع تغير المناخ.

- **الهدف الثالث: تحسين حوكمة وإدارة العمل في مجال تغير المناخ:** عن طريق تحديد مسؤوليات أصحاب المصلحة من أجل تحقيق الأهداف الاستراتيجية، وتحسين مكانة مصر في الترتيب الدولي الخاص بإجراءات تغير المناخ لجذب المزيد من الاستثمارات وفرص التمويل المناخي، وإصلاح السياسات القطاعية اللازمة لاستيعاب التدخلات المطلوبة للتخفيف من آثار تغير المناخ والتكيف معه، وتعزيز الترتيبات المؤسسية والإجرائية والقانونية.
- **الهدف الرابع: تحسين البنية التحتية لتمويل الأنشطة المناخية:** عن طريق الترويج للأعمال المصرفية الخضراء المحلية وخطوط الائتمان الخضراء، والترويج لآليات التمويل المبتكرة التي تعطي الأولوية لإجراءات التكيف، ومشاركة القطاع الخاص في تمويل الأنشطة المناخية والترويج للوظائف الخضراء، والتوافق مع الخطوط التوجيهية لبنوك التنمية متعددة الأطراف لتمويل الأنشطة المناخية، والبناء على نجاح برامج تمويل الأنشطة المناخية الحالية.
- **الهدف الخامس: تعزيز البحث العلمي ونقل التكنولوجيا وإدارة المعرفة ورفع الوعي لمكافحة تغير المناخ:** عن طريق تسهيل نشر المعلومات المتعلقة بالمناخ وإدارة المعرفة بين المؤسسات الحكومية والمواطنين، وزيادة الوعي بشأن تغير المناخ بين مختلف أصحاب المصلحة صانعي السياسيات.

رابعاً: الجهود المصرية في مجال الوقود الأخضر (الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء)

قامت الحكومة المصرية بإنشاء مركز إقليمي للطاقة الخضراء بالمنطقة الصناعية بالعين السخنة التابعة للمنطقة الاقتصادية لقناه السويس وشرق بورسعيد **والتي تُعد أمل الدولة المصرية في توطين صناعة وإنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته في السنوات القليلة المقبلة** بميزانيه أولية قدرت بنحو ٥،٥ مليارات دولار حيث تم إطلاق التشغيل التجريبي للمرحلة الأولى من مصنع الهيدروجين الأخضر بقدره ١٠٠ ميجاوات بالمنطقة لإنتاج ١٥٠٠٠ طن من الهيدروجين الأخضر كمادة وسيطة لإنتاج ما يصل إلى ٩٠٠٠٠ طن من الأمونيا الخضراء سنوياً وصولا لحجم إنتاج

سنوي يقدر بحوالي مليون طن/السنة مما يخلق فرص عمل تقدر ب ١٠٦٠٠ فرصة عمل[١]، وقد تم اختيار ذلك الموقع الاستراتيجي **وذلك للعديد من الأسباب وهي:**

- قربها من ميناء السخنة، الأمر الذي يؤهلها لاستقطاب العديد من الاستثمارات وتسهيل عمليات[٢] التصدير والاستيراد.
- جاهزية المنطقة الاقتصادية بالعين السخنة بصفتها منطقة صناعية، بالإضافة للحوافز الاستثمارية التي يتم تقدمها المنطقة لمستثمريها ضمن استراتيجية خلق الفرصة.
- المنطقة الاقتصادية تضم ٦ موانئ محورية بالإضافة لأربع مناطق صناعية في خدمة التجارة العالمية وذلك نظرا لما يتميز به موقعها على البحرين الاحمر والمتوسط.
- تستحوذ المنطقة الاقتصادية لقناة السويس على نحو **٨٥%** من مشروعات الهيدروجين الأخضر ومشتقاته في مصر، بسعة إجمالية تقدر بنحو ١٠،٧جيجاوات الأمر الذي **يعني** إنتاجا مستقبليًا لمصر يقدر بحوالي ١،٧ مليون طن من الهيدروجين الأخضر.

لكل ما سبق، أدركت الدولة المصرية الدور الحيوي الذي يمكن أن يلعبه الهيدروجين في قطاع الطاقة، **وذلك** من أجل إبطاء التغير المناخي وخفض الأثر البيئي. وفي عام ٢٠٢١، تم الاتفاق مع شركة **(إيني)** الإيطالية ومع شركة **(ديمي)** البلجيكية للبدء في دراسات إنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر. وفي يوليو ٢٠٢٢، وقعت المنطقة الاقتصادية لقناة السويس مذكرة تفاهم مع شركة **(رنيو باور)** الهندية الرائدة في مجال الطاقة المتجددة، لتنفيذ مصنع إنتاج الهيدروجين الأخضر باستثمارات تصل إلى ٨ مليارات دولار، وبطاقة تشغيلية تقدر ب ٢٢٠ ألف طن/ سنويًا، ووقعت مصر كذلك على سبعة اتفاقيات تجارية مع مطورين عالميين لتنفيذ مشروعات هيدروجين أخضر وطاقة متجددة بالمنطقة الاقتصادية لقناة السويس، بإجمالي استثمارات تتجاوز ٤٠ مليار دولار خلال ١٠ سنوات المقبلة، وتم التوقيع بين "باش جلوبال"، و"سمارت إنرجي"، وتحالف "جاما كونستركشن وميريديام" وتحالف "إس كي إيكو بلانت – سي سك شمال إفريقيا"، و"التوكل جيلا"،

---

(1) **Egypt approves $5.5 bln green hydrogen project in Ain Sokhna, https://www.reuters.com/business/sustainable-business/egypt-approves-55-bln-green-hydrogen-project-ain-sokhna-2022-12-14**

(٢) **هدايا عبد الستار عبد المنعم عبد الجليل، اقتصاديات الهيدروجين الأخضر ودورها في تعزيز أمن الطاقة وتحقيق النقل المستدام، المجلة العلمية للبحوث التجارية، جامعه المنوفية – كليه التجارة، س ١٠، ع٤، أكتوبر ٢٠٢٣، ص٣٦٣-٣٩٧.**

و"إيه إم إم باور"، و"يونايتد إنرجي جروب" مع "صندوق مصر السيادي"، و"الهيئة العامة للمنطقة الاقتصادية لقناة السويس" و"هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة" و"الشركة المصرية لنقل الكهرباء"[١]، بإجمالي قدرات طاقة متجدده يصل إلى ٩٥ جيجاوات نتيجة لما تملكه مصر من بنيه تحتيه تدعم تواجد هذه المشروعات يضاف إلى ذلك ما قامت به مصر من تبنيها استراتيجية توطين صناعه الهيدروجين الأخضر وتعتمد هذه الاستراتيجية على ثلاث محاور رئيسية وهم:[٢]

١. تصنيع الوقود الأخضر من الهيدروجين الأخضر والامونيا الخضراء – إيميثانول.
٢. توفير الصناعات المكملة لصناعات الهيدروجين الأخضر من (محللات كهربائية- الواح شمسيه- توربينات).
٣. خدمات تموين السفن بالوقود الأخضر عن طريق الموانئ التابعة للهيئة الاقتصادية لقناه السويس[٣]، مستهدفه بذلك أن تكون مصر من بين المراكز الأساسية لتصدير الهيدروجين الأخضر ومشتقاته لكافه الدول العالم ولا سيما اوروبا وان تكون دولة جاذبه للاستثمارات في هذا المجال من جانب اخر، لذا فاحتلت مصر المرتبة الأولى كأكثر الدول تنفيذا لمشروعات الهيدروجين الأخضر في المنطقة[٤] وذلك في الربع الثالث من ٢٠٢٣ حيث بلغ عدد مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر ٢٤ مشروعا من إجمالي ٧٦ مشروعا تم تنفيذهم بالمنطقة.

واستكمالًا لما سبق، نجحت شركة فيرتيجلوب في تصدير أول شحنة أمونيا في العالم تم إنتاجها في منشآت الشركة في مصر، عن طريق الهيدروجين المُصنع بالمحلل الكهربائي التجريبي الخاص بمشروع الشركة في مصر لإنتاج الهيدروجين الأخضر كمادة وسيطة تكميلية لإنتاج الأمونيا

---

(١) اتفاقيات تعاون جديدة في مجالي الهيدروجين الأخضر والطاقة المتجددة، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، رئاسة مجلس الوزراء، ٠٥ مارس ٢٠٢٤،

https://www.idsc.gov.eg/InfoGraph/details/1549

[2])World Energy Council (WEC), 2021 "Working Paper National Hydrogen Strategies. Hydrogen on the Horizon: Ready, Almost Set, Go?",

https://www.worldenergy.org/assets/downloads/Working_Paper_-_National_Hydrogen_Strategies_-_ September_2021.pdf

(٣) هيئه الطاقة الجديدة والمتجددة ٢٠٢٢، التقرير الثانوي، ص٢٤.

(٤) مصر في المرتبة الأولى حصيلة مشروعات الهيدروجين الأخضر بالمنطقة، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، رئاسة مجلس الوزراء، تاريخ الزيارة ٢٣ مارس ٢٠٢٤، https://www.idsc.gov.eg/Search

الخضراء، في المنطقة الصناعية بالعين السخنة التابعة للمنطقة الاقتصادية لقناة السويس وذلك بالشراكة مع صندوق مصر السيادي.

خامساً: المبادرات الحكومية للتحول الأخضر:

شكلت مشروعات الاقتصاد الأخضر نحو١٥% من الخطة الاستثمارية للدولة المصرية في العام المالي٢٠٢٠/٢٠٢١ كما استهدفت الحكومة المصرية الوصول إلى نسبة ٢٠% من مشروعات الاقتصاد الأخضر خلال العام المالي٢٠٢١-٢٠٢٢، ومن المستهدف أن تصل تكلفة المشروعات الخضراء في خطة(٢٠٢٢/٢٠٢٣) إلى ٣٣٦ مليار جنيه لتبلغ نسبة الاستثمارات العامة الخضراء ٤٠% من جُملة الاستثمارات العامة، مع استهداف الوصول لنسبة٥٠% بنهاية عام٢٠٢٤/٢٠٢٥.

ويأتي ذلك بعدما وافقت الحكومة المصرية عام ٢٠٢٠ على تنفيذ ٦٩١ مشروعًا صديقا للبيئة في قطاعات الطاقة الجديدة والمتجددة. وعملت وزارة التعاون الدولي على مطابقة التمويلات التنموية مع أهداف التنمية المستدامة لعام ٢٠٢١، والتي تضم ٣٧٢ مشروعًا في مختلف قطاعات الدولة والقطاع الخاص، بقيمة٢٦،٥ مليار دولار، وأن أكثر أهداف التنمية المستدامة استحواذًا على التمويلات التنموية هو المتعلق بالبنية التحتية: الصناعة والابتكار والهياكل الأساسية، حيث تبلغ تمويلاته٥،٩ مليار دولار تشكل٢٢،٣% من إجمالي المحفظة الجارية

سادساً: الجهود الوطنية على الصعيد الدولي لمواجهة التغييرات المناخية وأثره على اقتصاديات الهيدروجين[1]:

تشارك مصر بفاعلية في الجهود الدولية لمواجهة مخاطر تغير المناخ، وهو ما يعكس إدراكا والتزاما مصريا بخطورة هذا الملف، والمسؤولية التضامنية لكافة دول العالم تجاه الحفاظ على استقرار مناخ الأرض والحد من تقلباته، وهو ما توج بدعم دولي واسع لاستضافة القاهرة لقمة المناخ ال(٢٧) التي عقدت في ٢٠٢٢، بالإنابة عن القارة الأفريقية.

كما تولت مصر رئاسة وزراء البيئة الأفارقة خلال قمة المناخ التي عقدت في باريس عام ٢٠١٥، وشهدت إطلاق (اتفاق باريس) للمناخ، والذي يشكل حجر زاوية العمل الدولي المشترك لمواجهة تغير المناخ، كما وافقت مصر في سبتمبر ٢٠٢٠ على الانضمام إلى مبادرة قبرص الهادفة إلى تنسيق العمل المناخي المشترك في منطقة الشرق الأوسط وشرق المتوسط، مع مناقشة سبل إنشاء منظمة إقليمية معنية بتغير المناخ تضم عددا من دول المنطقة.

---

[1] **مصطفى عبد الجواد، مرجع سابق، ص٩٦-١١٤.**

وهو ما يعكس وجهه النظر المصرية التي تنطلق من ركيزتين أساسيتين: الأولي ضرورة التمسك بمبدأ المسئولية المشتركة متباينة الأعباء في التعامل مع ظاهرة تغير المناخ، مراعاة لتفاوت قدرات الدول، وأهمية التوازن بين جهود خفض الانبعاثات، وبين جهود التكيف مع آثار المناخ، مع احترام الملكية الوطنية للإجراءات، حتى لا يشكل الأمر عبئا على الدول النامية والفقيرة يعوق خططها التنموية.

إما الركيزة الثانية فهي التأكيد على ضرورة توفير التمويل المستدام والمناسب للدول النامية لمواجهة تلك الظاهرة، وهو التمويل الذي لا يزال قاصراً عن الوفاء بالاحتياجات، وهذا جنباً إلى جنب مع توفير وسائل التنفيذ من التكنولوجيا وبناء القدرات، مع ضمان عدم فرض أعباء إضافية على الدول الفقيرة والنامية.

وتتخذ مصر من استضافتها لقمة المناخ، منطلقا لتنال الدول النامية بما لديها من احتياجات وتحديات الاهتمام الدولي خاصة أنها تتحمل العبء الأكبر من فاتورة التغير المناخي، بينما الدول المتقدمة والغنية هي الأكثر تسببا في الاحترار العالمي.

في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغير المناخ (COP27) في شرم الشيخ، اتخذ الاتحاد الأوروبي ومصر مبادرة لإقامة شراكة استراتيجية بشأن الهيدروجين المتجدد وتمهيد الطريق لانتقال عادل للطاقة في مصر. كما وقعت الحكومة المصرية بيانًا مشتركًا مع البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير (EBRD)، يعلنون فيه مساهمة المفوضية بمبلغ يصل إلى ٣٥ مليون يورو لدعم مبادرة الطاقة المصرية[١].

كما تم توقيع مذكرة تفاهم لوضع إطار عمل لدعم الظروف طويلة الأجل لتطوير صناعة الهيدروجين المتجدد والتجارة عبر الاتحاد الأوروبي ومصر، بما في ذلك البنية التحتية والتمويل. وسوف يدعم طموح الاتحاد الأوروبي للوصول إلى ٢٠ مليون طن من استهلاك الهيدروجين المتجدد في عام ٢٠٣٠، على النحو المبين في خطة REPowerEU، وبالتالي يساعد في تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري الروسي. وستعمل مذكرة التفاهم أيضًا على تسهيل الاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة وتعزيز عملية إزالة الكربون في مصر. وعلى نطاق أوسع، ستساهم في إنشاء إطار

---

[1] Jinyue Cui", Muhammad Aziz, Economic Assessment of Green Hydrogen Infrastructure: A Case Study in China, The Italian Association of Chemical Engineering Online at www.cetjournal.it , VOL. 103, 2023, p.38-50.

لسوق عالمية قائمة على القواعد للحلول القائمة على الهيدروجين، بما في ذلك معايير السلامة والبيئة.

أطلقت الحكومة المصرية والبنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية مبادرة ثروة الطاقة لتنفيذ ركيزة الطاقة في مبادرة الترابط بين الطاقة والمياه والغذاء المصممة لتسريع تنفيذ الاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ لعام ٢٠٥٠ التي تم إطلاقها في مايو ٢٠٢٢. وتهدف مبادرة الطاقة إلى إيقاف ٥٠٠٠ ميجاوات من قدرات توليد الطاقة القائمة وغير الفعالة المعتمدة على الغاز (أي ما يعادل حوالي ٥% من إجمالي إمدادات الكهرباء في مصر) وتسهيل الاستثمارات لدعم تركيب ١٠٠٠٠ ميجاوات من قدرات الطاقة المتجددة الجديدة، كما أعلنت المفوضية عن نيتها المساهمة من خلال منحة بقيمة ٣٥ مليون يورو لهذه المبادرة.

كما قامت الحكومة المصرية والاتحاد الأوروبي بتعزيز تعاونهما في مجال الطاقة والمناخ على مدى السنوات الماضية. وكلاهما ملتزمان بتحقيق أهداف اتفاق باريس وهو الحفاظ على حد ١،٥ درجة مئوية لارتفاع درجة الحرارة في متناول اليد.[١]

وستساعد مذكرة التفاهم هذه الاتحاد الأوروبي على استبدال الهيدروجين المنتج باستخدام الغاز الطبيعي وزيادة الاستخدام المباشر للهيدروجين كمواد خام صناعية ومصدر للطاقة، وبالتالي خفض الانبعاثات. حيث يستهلك الاتحاد الأوروبي حاليًا حوالي ٨ ملايين طن من الهيدروجين سنويًا، ٩٨% منها مشتق من الغاز الطبيعي. وبموجب خطة REPowerEU، وضع الاتحاد الأوروبي خطة طموحة للوصول إلى الإنتاج المحلي للاتحاد الأوروبي بمقدار ١٠ ملايين طن من الهيدروجين المتجدد واستيراد ١٠ ملايين طن أخرى بحلول عام ٢٠٣٠. وفيما يتعلق بأمن الإمدادات، يهدف هذا إلى تقليل اعتماد الاتحاد الأوروبي بشأن واردات الغاز الروسي. وتشير التقديرات إلى أن هذا يمكن أن يحل محل ٢٧ مليار م٣ من الغاز الطبيعي الروسي المستورد، و٤،٧ مليار م٣ من النفط الروسي المستورد، و١٥٦ ألف طن من فحم الكوك.

سابعاً: الجهود الحكومية في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر:

تتمتع مصر بإمكانات كبيرة في مجال إنتاج الطاقة المتجددة، والتي تظهر من خلال الجهود الحكومية في تولي مصر منذ عدة سنوات اهتماما كبيرا بالاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة، في إطار تنفيد استراتيجية الدولة التي تستهدف إلى التوسع في مجالات الطاقة النظيفة الخضراء وزيادة

---

(1) **COP27: EU and Egypt step up cooperation on the clean energy transition, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6925**

مساهمة نسبة الطاقة المتجددة في مزيج توليد الكهرباء. وعلى إثر ذلك نجحت في تنفيذ العديد من المشروعات الكبرى في مجالي طاقة الرياح والطاقة الشمسية وذلك على النحو التالي:

في مجال الطاقة الشمسية: منها على سبيل المثال مشروع **محطة الكريمات،** أول مشروع للطاقة الشمسية المركزة (Concentrated Solar Power, CSP) في مصر، وهي تقع على بعد ٩٠ كم جنوب القاهرة، وتضم حقل شمسي يمتد على مساحة ١٩٠٠ م٣.[١] وتتميز تلك المنطقة، بارتفاع كثافه الإشعاع الشمسي التي تصل إلى ٢٤٠٠ كيلوواط ساعة/م٣ / السنة. وتم التشغيل التجاري للمحطة في يونيو ٢٠١١، وبلغت التكلفة الإجمالية ما يقارب ال ٢٩٠ مليون دولار، والذي قام بتمويلها البنك الدولي، ومرفق البيئة العالمي، وبنك اليابان للتعاون الدولي[٢].

و**من أهم المشروعات محطة بنبان** للطاقة الشمسية والتي أحدثت ثورة في إمدادات الطاقة، ويضم المشروع نحو حوالي **٣١** محطة للطاقة الشمسية بقدرة تصل إلى حوالي **١٤٦٥** ميجاوات، أو ما يعادل نحو[٣] حوالي **٩٠%** من الطاقة المنتجة من السد العالي، ويوفر نحو حوالي ١٠ آلاف فرصة عمل مباشرة وغير مباشرة، بإجمالي استثمارات يبلغ ملياري دولار.

في مجال طاقة الرياح: تعد **مصر من أولى الدول إنشاء لمحطات طاقة الرياح منذ عام ٢٠٠٠، إذ تأتي في مقدمة الدول العربية في مجال الطاقة النظيفة والمتجددة، ونتيجة لذلك قام الاتحاد الأوروبي، بالتعاون مع الحكومة المصرية متمثلة في وزارة الكهرباء والطاقة، بتدشين أضخم مزرعة رياح في أفريقيا بمحطة الزعفرانة، وخليج السويس، وجبل الزيت، حيث تُعد مزارع الرياح جزءًا مهمًا من استراتيجية الطاقة طويلة الأمد والتي استهدفتها الحكومة المصرية مستغلة في ذلك توافر مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة بكثرة بالبلاد لمصر.**

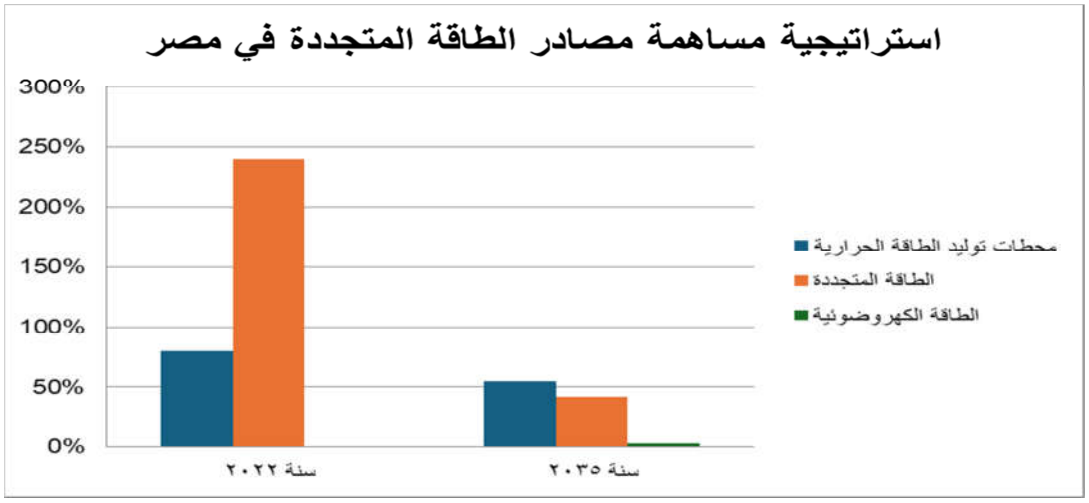
---

(١) **وائل حامد عبد العاطي، دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية – الجزء الثاني، مجلة النفط والتعاون العربي، المجلد الحادي والاربعون، ٢٠١٥، العدد ١٥٥**

(2) **RENEWAFRICA;" Siemens signs agreement to produce green hydrogen in Egypt, January 19, 2021.**
https://renewafrica.biz/2021/01/19/siemens-signs-agreement-to-produce-green-hydrogen-in-egypt/

(3) **Sadik-Zada, Political Economy of Green Hydrogen Rollout: A Global Perspective. Sustainability , 2021, https://doi.org/ 10.3390/su132313464**

ولذلك، جاءت مصر في المرتبة الأولى في المنطقة العربية إنتاجا للكهرباء من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، بمعدلات إنتاج تبلغ حوالي ٣،٥ جيجاوات[١]، والتي مستهدف وصولها إلى ٦،٨ جيجاوات بحلول عام ٢٠٢٤، ومقسمة بين ١،٦جيجاوات من طاقة الرياح وحوالي ١،٩ جيجاوات من محطات الطاقة الشمسية. حيث تدخل مشروعات الهيدروجين الأخضر ضمن استراتيجية مصر للطاقة المتكاملة والمستدامة **٢٠٣٥ كما هو موضح في الشكل التالي، والتي** تعكس التزام الدولة المصرية تجاه توفير قطاع طاقة نظيف ومستدام، **وذلك** عن طريق تنويع مصادر الطاقة، **حيث** بلغت نسبة الطاقة البديلة ضمن مزيج الطاقة الكهربائية حوالي **٢٠%** في عام ٢٠٢٢، والمستهدف حوالي **٣٧%** بحلول عام **٢٠٣٠**، والعمل على الوصول إلى نسبة حوالي **٤٢% وذلك** بحلول عام **٢٠٣٥** [٢].



المصدر: أحمد سلطان، الاستراتيجية الوطنية المصرية للهيدروجين: المحددات والأهداف، المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية،المنشور بتاريخ ٢٠٢٣/١٢/٩، ص.٧.

---

(١) **أحمد سلطان، مرجع سابق.**

(٢) **المجلس الأعلى للطاقة يعتمد الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين مُنخفض الكربون، الهيئة العامة للاستعلامات، ٢٠٢٤/٤/١٧، https://www.sis.gov.eg/Story/?lang=ar**

الخاتمــة

تم تناول الإطار النظري للهيدروجين من حيث خيارات تخزين الهيدروجين والتي تتلخص ثلاث خيارات وهى: التخزين الجيولوجي، التخزين في صهاريج، والتحويل إلى مواد أخرى، كما تم تناول طرق نقل وتوزيع الهيدروجين: عن طريق النقل باستخدام خطوط الانابيب، والنقل باستخدام المقطورات، والنقل باستخدام الناقلات.

كما تم تناول دور الهيدروجين في عملية تحول الطاقة، عن طريق بيان السوق الحالي للهيدروجين سواء من جانب الطلب أو من جانب العرض. كما تم بيان توقعات انعكاسات استغلال الهيدروجين الأخضر على الاقتصاد المصري وفي عملية تحول الطاقة والتحديات التي يجب تجاوزها للتوسع في استخدام الهيدروجين في منظومة الطاقة العالمية مع بيان التطبيقات الواعدة لقطاعات للهيدروجين، كما تم إيضاح الآفاق المستقبلية لتطبيقات الهيدروجين الأخضر ودوره في أمن إمدادات الطاقة والذي يختلف وفقا لمعيار مصالح الدولة أو وفقا لمعيار الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للدولة، كما تم بيان مقومات نجاح مشاريع إنتاج الهيدروجين والخطط الحالية والمستقبلية وتحديات تطوير قطاع الهيدروجين الأخضر.

وأخيراً تم تناول الجهود والمبادرات المصرية للتحول الأخضر من خلال عرض الإطار التشريعي للهيدروجين الأخضر و إصدار قانون بشأن الحوافز الممنوحة لذلك النوع من المشروعات و ذلك بالقانون رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤، والإطار التنظيمي والقانوني والاستراتيجية الوطنية لتغير المناخ ٢٠٥٠، مع بيان الجهود المصرية في مجال الوقود الأخضر (الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء) والمبادرات الحكومية الجهود الدولية لمواجهة التغييرات المناخية وأثره على اقتصاديات الهيدروجين مع بيان مقومات مصر في صناعة وإنتاج الهيدروجين الأخضر.

النتائـــج

- الهيدروجين الأخضر يعد أحد أهم مقومات أمن الطاقة التي يتم توليدها من مصادر الطاقة المتجددة.
- تعد مصر من أوائل الدول العربية التي تعاطت بإيجابية مع ظاهرة التغير المناخي.
- ارتفاع التكلفة الإنتاجية للهيدروجين الأخضر.
- يعتبر النقل والتخزين والتوزيع من أهم التحديات أمام التوسع في استخدام الهيدروجين الأخضر.
- السوق الحالي للهيدروجين هي سوق ضخم متنام وتقوم عليه العديد من الصناعات إلا أن دورها الرئيسي ينحصر في استخدامه كمادة خام لتلك الصناعات ولم يشهد نموا ملحوظا في مجال استخدامه كحامل للطاقة.
- هناك الكثير من التطبيقات الواعدة التي يمكن أن يتم استخدام الهيدروجين الأخضر بها كمصدر للوقود والحرارة وكمادة خام بكثير من الصناعات مما يساهم بشكل بناء في تحول شكل الاقتصاد المصري.
- في مجال الهيدروجين الأخضر لا تزال قدرات أجهزة التحليل الكهربائي منخفضة ولا تصل بعد إلى المقياس التجاري الضخم.
- امتلاك الدولة المصرية لاحتياطيات هائلة من الغاز الطبيعي يؤهلها لتحقق تقدمًا كبيراً أيضاً في إنتاج الهيدروجين الأزرق، والذي يُعد مهماً على المدى القصير والمتوسط لإنتاج الهيدروجين الأخضر.
- الشح المائي الذي تعاني منه مصر يشكل عائقاً أمام التوسع في استخدام المحللات الكهربائية المستخدمة في توليد الهيدروجين الأخضر.
- تشارك مصر بفاعلية علي الصعيد الدولي لمواجهة مخاطر تغير المناخ، وهو ما يعكس إدراكاً والتزاماً مصرياً بخطورة هذا الملف.

التوصيـات

- **ضرورة دمج عنصر الهيدروجين الأخضر في استراتيجية تنمية الاقتصاد الكلّي في مصر لتحقيق التوازن الفعّال بين العوامل البيئية الخارجية وضمان النمو المستدام في قطاع الهيدروجين.**
- تجب زيادة الاعتماد على القطاع الخاص في إنتاج الهيدروجين الأخضر، **وذلك** بعد الوصول إلى معادلة التكلفة الإنتاجية المقبولة، **بما** يضمن تحقيق مكاسب للمستثمرين.
- تعزيز الشراكة بين القطاعين العام والخاص والشركاء الدوليين وذلك لتحسين البنية التحتية لمشروعات الهيدروجين الأخضر وتحسين سلاسل القيمة، بالإضافة لتسهيل نقل المعرفة وتقاسم التكنولوجيا وتوسيع نطاق السوق.
- ضرورة إنشاء مركز بحثي مصري متخصص لتطوير تقنيات إنتاج الهيدروجين وتطبيقاته، والاستفادة من الخبرات والتجارب الدولية في هذا الشأن، بالإضافة إلى ضرورة بناء قاعدة بيانات للمشروعات الخضراء في مصر وتوفيرها للباحثين.
- ضرورة وضع الأطر التنظيمية والتشريعية **بما** يساعد على تذليل العقبات تجاه إنتاج واستخدام الهيدروجين الأخضر، **وهنا تجب الإشارة إلى** أن الهيدروجين يخضع حاليًا لقانون الغاز، **والذي** يعمل على تنظيم نقل وتوزيع الغاز فقط وليس إنتاجه.
- الاستثمار في رأس المال البشري ومدخلات الإنتاج المحلية وتطوير القدرات التكنولوجية والتجمعات الصناعية لتصنيع أجزاء من المعدات المطلوبة وتطوير الابتكارات ذات الصلة والتي تعرف **بلوائح المحتوي المحلي** في صناعة الهيدروجين الأخضر لأضافه ميزة نسبية للمكون المحلي مما يسهم في النمو الاقتصادي الشامل وتنمية المجتمع.
- مصر بالفعل **مصدر عالمي كبير للأسمدة، لذا** يجب أن يكون تحويل العملاء الحاليين إلى الأمونيا الخضراء.
- ضرورة عقد مؤتمر دولي سنوي لعرض وتبادل التجارب العالمية في صناعة الهيدروجين.
- العمل على زيادة الحوافز المالية للصناعة والتي تعتمد على مصادر الطاقة الأحفورية و**بهدف** تشجيعها على التحول الأخضر.
- إنشاء مناطق اقتصادية خاصة لتعزيز الصناعات الخضراء.
- ضرورة العمل على كيفية تقليل الأخطار البيئية لأنواع الهيدروجين المختلفة الأخرى، **وذلك** بهدف توسيع دائرة استخدامها.

- يجب على مصر أن تتبنّى نهجاً شاملاً واستباقياً لإدارة ندرة المياه ومعالجتها ويمكن اللجوء لتحلية مياه البحر وممارسات الري الذكية لضمان إلا يتم تحويل المياه بعيداً عن إنتاج الهيدروجين.
- وينبغي على خبراء التخطيط المدني والخبراء البيئيين والمجتمعات المحلية أن يتعاونوا لتحديد المواقع المناسبة للمرافق المرتبطة بالهيدروجين.
- تأهيل ودعم البنية التحتية اللازمة لصناعة الهيدروجين المصرية.
- سيكون اعتماد شهادة الهيدروجين الأخضر وامتثال البلاد للمعايير المعترف بها دوليًا في غاية الأهمية.

قائمـة المراجـع

أولاً: مراجع اللغة العربية:

الرسائل والأطروحات:

١. محمد عادل حجازي، **اقتصاديات الموارد المائية ودورها في عملية التنمية الامكانيات والافاق المستقبلية** (دراسة تطبيقيه مقارنة)، رسالة دكتوراه بقسم الاقتصاد كليه الحقوق، جامعه المنوفية، ٢٠٢٣.

الابحاث والمؤتمرات:

١. عبد الغني جغباله – سكينه حملاوي، **الهيدروجين الأخضر كبديل استراتيجي لموارد الطاقة غير المتجددة**، مجله التنمية الاقتصادية، مج ٨ ع ١، ٢٠٢٣

٢. هبه الله مصطفى السيد علي، **دور الادوات المالية الخضراء في تحقيق اهداف التنمية المستدامة**، مجله البحوث البيئيه والطاقة، جامعه المنوفية، المجلد (١٣)،العدد (٢٢)، يناير ٢٠٢٤، ص ١٥.

٣. ابتهاج اسماعيل يعقوب– عبد الرحمن محمد رشوان – زينه خضر عباس، **استدامه القطاع المصرفي الاسلامي بالاستعانة بالأدوات المالية الخضراء (دراسة مقارنة في البيئتين العراقية والفلسطينية)**، المؤتمر العلمي الدولي الثالث والسنوي الثالث عشر، الجامعة المستنصرية –كليه الإدارة والاقتصاد،٢٠٢٢.

٤. خديجة عرفة محمد، أمن **الطاقة وآثاره الاستراتيجية**، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، الرياض،٢٠١٤.

٥. سوزي رشاد، **أمن الطاقة ومحاولات روسيا لفرض النفوذ الدولي**، مجلة كلية السياسة والاقتصاد، العدد الثالث عشر،٢٠٢٢.

٦. سحر محمد الهادي الطحلاوي، **فرص وتحديات التنمية المستدامة في افريقيا من خلال الهدفين السابع والسابع عشر من اهداف سنة ٢٠٣٠**، المجلة العلمية للاقتصاد والتجارة، جامعه عين شمس– كليه التجارة، ع ٣، اكتوبر ٢٠٢٣،

٧. أحمد صابر على سليمان، **النمو العالمي المتسارع لمصادر الطاقة البديلة**، مجله العلوم التجارية والبيئية، الجمعية العلمية للدراسات والبحوث التطبيقية، م ١،ع ١.

٨. نص القانون رقم (٢) لسنة ٢٠٢٤، **(بشان حوافز مشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر ومشتقاته)**، العدد (٤)، السنة (٦٧)، الصادر بتاريخ ٢٧ يناير ٢٠٢٤.

٩. أيمن محمد اسماعيل، **فاعلية الاقتصاد الأخضر ودوره في تحقيق التنمية المستدامة،** مجله البحوث الإدارية، أكاديمية السادات للعلوم الإدارية – مركز الاستشارات والبحوث والتطوير، المجلد الحادي والاربعون، العدد الثالث، يوليو ٢٠٢٤.
١٠. مصطفى عبد الجواد، **ابرز التجارب العربية في مواجهه تغير المناخ الامارات / السعودية / مصر،** دورية افاق عربيه وإقليمية، العدد الحادي عشر، الهيئة العامة للاستعلامات.
١١. هدايا عبد الستار عبد المنعم عبد الجليل، **اقتصاديات الهيدروجين الأخضر ودورها في تعزيز أمن الطاقة وتحقيق النقل المستدام،** المجلة العلمية للبحوث التجارية، جامعه المنوفية – كليه التجارة، س ١٠، ع٤، اكتوبر ٢٠٢٣
١٢. وائل حامد عبد العاطي، **دور الغاز الطبيعي في تحقيق التنمية المستدامة في الدول العربية** – الجزء الثاني، مجله النفط والتعاون العربي، المجلد الحادي والاربعون، ٢٠١٥، العدد ١٥٥
١٣. **هيئه الطاقة الجديدة والمتجددة ٢٠٢٢،** التقرير الثانوي.

ثانيا: المراجع الاجنبيه:

1. Sjoerd B, et al (2020)**, "Economic feasibility of green hydrogen in transportation sector",** University of Groningen.
2. IEA: International Energy Agency (2022), **Global Hydrogen Review 2022.**
3. Altork L. N. & Busby J. R. (2010 Oct), **"Hydrogen fuel cells: part of the solution",** Technology & Engineering Teacher.
4. **International Monetary Fund** (December 2022), Op.cit.
5. **Hydrogen council (2017)**, Op.cit.
6. Cedigaz;" CLEAN HYDROGEN: Building Large-scale Supply Chains"; July 2020
7. Baker Mackenzie; **Shaping Tomorrow's Global Hydrogen Market** ; 2020
8. Harris S. (2010) ,**Global and regional orders and the changing geopolitics of energy.** "Australian Journal of International Affairs", 64(2)
9. Pflugmann F., De Blasio N. (2020). "**Geopolitical and Market Implications of Renewable Hydrogen"**: New
10. **Dependencies in a Low-Carbon Energy World**, Environment and Natural Resources Program, Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School
11. Shahid Hasan and Rami Shabaneh, The Economics and Resource Potential of Hydrogen Production in Saudi Arabia, King abdalla petroleum studies and research center,November 2021، p.22-27
12. International trade and green hydrogen Supporting the global transition to a low-carbon economy, Intemational Renewable Energy Agency IRENA, p.40-51.
13. Green hydrogen in developing countries, world bank group, ESMAP , 2020 ,p76 -90.

ثالثاً: المواقع الانترنت:

١. وائل حامد عبد العاطي، **إنتاج الهيدروجين ودوره في عملية تحول الطاقة**، مجله النفط والتعاون العربي، منظمه الاقطار العربية المصدرة للبترول- الأمانة العامة، المجلد ٤٧، العدد ١٧٩، ٢٠٢١ Http://search**.mamdumah.com/record/1325625**.

٢. جاستن دارغن، **الارتقاء بمصر لتصبح دولة رائده عالميا في مجال الهيدروجين الأخضر**، مركز مالكوم كير- كارينغي للشرق الاوسط،،-**https://carnegie-mec.org/2023/12/05/ar-pub-90728**

٣. أحمد سلطان، **الاستراتيجية الوطنية المصرية للهيدروجين: المحددات والأهداف**، المركز المصري للفكر والدراسات الاستراتيجية، ٩/١٢/٢٠٢٣،

https://ecss.com.eg/38903

٤. **النواب يوافق نهائيا على مشروع قانون حوافز إنتاج الهيدروجين الأخضر**، الهيئة العامة للاستعلامات، تاريخ الزيارة، تاريخ الزيارة ٥فبراير ٢٠٢٤،

https://www.sis.gov.eg/Story/26963"

٥. **اتفاقيات تعاون جديدة في مجالي الهيدروجين الأخضر والطاقة المتجددة**، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، رئاسة مجلس الوزراء ٠٥ مارس ٢٠٢٤،

https://www.idsc.gov.eg/InfoGraph/details/1549

٦. **مصر في المرتبة الأولى..حصيلة مشروعات الهيدروجين الأخضر بالمنطقة**، مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار، رئاسة مجلس الوزراء، تاريخ الزيارة ٢٣مارس ٢٠٢٤،

https://www.idsc.gov.eg/Search

٧. **المجلس الأعلى للطاقة يعتمد الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين مُنخفض الكربون**، الهيئة العامة للاستعلامات، https://www.sis.gov.eg/Story/?lang=ar

8. IRENA (2015). **Renewable energy options for the industry sector**: Global and regional potential until 2030 – A Background paper to "Renewable energy in manufacturing". IRENA, Abu Dhabi. Retrieved from http://www.irena.org/remap/
9. Zhou P., Jin R. Y., & Fan L. W. (2016). **Reliability and economic evaluation of power system with renewables:** A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 58, 537-547. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.344
10. **Egypt approves $5.5 bln green hydrogen project in Ain Sokhna,** https://www.reuters.com/business/sustainable-business/egypt-approves-55-bln-green-hydrogen-project-ain-sokhna

11. **COP27: EU and Egypt step up cooperation on the clean energy transition,** https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6925
12. RENEWAFRICA;" Siemens signs agreement to produce green hydrogen in egypt https://renewafrica.biz/2021/01/19/siemens-signs-agreement-to-produce-green-hydrogen-in-egypt/
13. Saudi Vision (SV) 2030. 2016. "Saudi Vision 2030", Government of Saudi Arabia,Accessed April 17, 2024, https://www.vision2030.gov.sa/sites/default/ files/report/Saudi_Vision2030_AR_2017.pdf.
14. Shell,2021, "Global Energy Resources Database" Accessed April 17, 2024, https://www.shell.com/ energy-and-innovation/the-energy-future/scenarios/ shell-scenarios-energy-models/energy-resource- database.html.
15. Water & Electricity Regulatory Authority, 2019, "Annual Statistical Booklet for Electricity and Seawater Desalination Industries" Accessed January 21, 2024 https://www.ecra.gov.sa/en-us/MediaCenter/doclib2/Pages/SubCategoryList. Aspx?categoryID=5.
16. World Energy Council (WEC), 2021 "Working Paper National Hydrogen Strategies. Hydrogen on the Horizon: Ready, Almost Set, Go?", Septermber 2021.https://www.worldenergy.org/assets/downloads/ Working_Paper_-_National_Hydrogen_Strategies_-_ September_2021.pdf
17. World Integrated,Trade Solution, 2020. Ammonia; Anhydrous Exports by Country in 2019" Accessed April 12, 2024, https://wits.worldbank.org/trade/comtrade/en/country/
18. Yep, Eric, 2020, "South Korea Needs to Do More to Decarbonize Energy Supply: IEA." S&P Global Platts, December 2, 2020. https://www.spglobal. Com/platts/en/market-insights/latest-news/electric- power/120220-south-korea-needs-to-do-more-to- decarbonize-energy-supply-iea
19. How to evaluate the cost of the green hydrogen case? Busines Assessing green hydrogen production costs ,King abdalla petroleum studies and research center, june2022, p.5-10.
20. Katherine A. Collett, Camila Silva Ribeiro, Lukas Hayer, Leander A. Müller, Stephanie Hirmer ,GREEN HYDROGEN FOR DEVELOPMENT AN ALTERNATIVE TO NATURAL GAS, www.climatecompatiblegrowth.com
21. Jinyue Cui", Muhammad Aziz, Economic Assessment of Green Hydrogen Infrastructure: A Case Study in China, The Italian Association of Chemical Engineering Online at www.cetjournal.it , VOL. 103, 2023, p.38-50.
22. Sadik-Zada, Political Economy of Green Hydrogen Rollout: A Global Perspective. Sustainability, 2021, https://doi.org/ 10.3390/su132313464