أثر إستخدام الهيدروجين الأخضر على تحقيق أهداف التنمية المستدامة

إعداد

أ/ مدحت أحمد حامد حموده

مدرس مساعد محاسبة "الجامعة العمالية"

أ.د/ علي مجاهد أحمد السيد

أستاذ التكاليف والمحاسبة الإدارية

وعميد كلية التجارة الأسبق جامعة كفر الشيخ

د/ تامر حماده الشيخ

مدرس المحاسبة كلية التجارة جامعة كفر الشيخ

٢٠٢٥م – ١٤٤٦هـ

قسم المحاسبة والمراجعة ... كلية التجارة ... جامعة مدينة السادات

ملخص البحث

يعتبر الهيدروجين الأخضرمصدراً من مصادر الطاقة النظيفة والمتجددة التي يمكنها أن تساعد في تقليل إنبعاثات الكربون وخفض الإعتماد على الوقود الأحفوري . تهدف الورقة البحثية إلى التعرف على أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة ، حيث إستخدم الباحث المنهج الوصفي من خلال عرض تعريف وأهمية الهيدروجين الأخضر إضافة إلى المنهج التحليلي في تفسير أثر الهيروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة ، تركزت مشكلة البحث حول كيفية الإستفادة من الهيدروجين الأخضر لتحقيق تلك الأهداف بجمهورية مصر العربية ، وتوصلت أهم النتائج إلى قدرة مصر على ضمان أمن الطاقة وأن لديها إمكانات كبيرة في التحول للإقتصاد الأخضر من خلال تحقيق اهداف التنمية المستدامة . كذلك فرصة مصر في الإستثمار في البنية التحتية مما يساعد في الإنتقال إلى نظام مستدام وتخفيض الإنبعاثات الضارة وتعزيز الإبتكار والنمو الإقتصادي المستدام

مقدمة

يحظى قطاع الطاقة النظيفة إهتمام الباحثين في السنوات الأخيرة نتيجة للتغيرات التي تفرضها الظروف الإقتصادية العالمية المعاصرة بهدف الحد من الإنبعاثات الكربونية والآثار البيئية السلبية خاصة بعد حدوث كل من أزمتي المناخ والطاقة حيث يشكل تغير المناخ الناجم عن الإنسان الدافع الأساسي لإنبعاثات غازات الإحتباس الحراري من إحتراق الوقود الأحفوري تهديداً واضح للنظم البيئية ، وهذا يستلزم تحولاً جذرياً في أنظمة الطاقة نحو مصادر متجددة للحد من الانبعاثات وتسعى الشركات إلى تقليل الإعتماد على الوقود الاحفوري التقليدي نتيجة لتقلبات أسعاره وآثاره السلبية الضخمة على البيئة والمناخ ، مما استدعى البحث عن موارد بديلة للطاقة من أجل تحقيق تنمية مستدامة شاملة تمكن من ازدهار اقتصاديات الدول وتراعي الجوانب المختلفة في حياة الإنسان (Shboul, et al., 2024)

ويعد الهيدروجين الأخضر أحد أبرز الحلول المتاحة لتحقيق هذا الهدف مما يجعله خياراً صديقاً للبيئة وخالياً من الانبعاثات الضارة ويلعب دوراً حيوياً في تحقيق إنتقال مستدام ومتجدد للطاقة نظراً لأن الهيدروجين الأخضر يتم انتاجه بإستخدام مصادرالطاقة المتجددة (عبد الستار ، ٢٠٢٣). وفي ظل التوجه العالمي نحو تعزيز الإستدامة وتقليل المخاطر البيئية والمالية . بدأ قطاع الصناعة في إستكشاف كيفية استخدام الهيدروجين الأخضر لتحسين الكفاءة وتقليل التكاليف على المدى الطويل. (Leszczyński et al., 2024)

وفي هذا السياق ، وتقديراً للدور الهام للطاقة في تحقيق إستدامة التنمية ، فقد تضمنت أهداف التنمية المستدامة (Sustainable Development Goals)(SDG) التي تم إعتمادها من الجمعية العامة للأمم المتحدة في سبتمبر ٢٠١٥ خطة التنمية المستدامة في القضاء على أو الحد من القضايا التي تهدد مستقبل البشر والبيئة ، وحرصاً على استخدام الموارد التي تفي بمتطلبات الحاضر دون تعريض الاجيال القادمة للخطر وعدم تلبية إحتياجاتها خاصة في البلدان النامية ، وبالتالي مهدت أهداف التنمية المستدامة الطريق لتحسين مستوى حياة البشر من خلال تنفيذ العديد من الأهداف الفعالة والتي منها أهمية ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة (Alzoubi, 2021) . وذلك من خلال تحقيق ثلاث غايات بحلول عام ٢٠٣٠ ، هي ضمان حصول الجميع بتكلفة ميسورة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة ، وتحقيق زيادة كبيرة في حصة الطاقة المتجددة ، وكذلك تعزيز التعاون الدولي في مجال إستثمارات وبحوث وتكنولوجيا الطاقة النظيفة (معهد التخطيط القومي، ٢٠٢٠).

بناء عليه ، شكلت مصادر الطاقة الخالية من الكربون (الطاقة المتجددة) بإهتمام متزايد خلال السنوات الماضية ، وذلك بإعتبارها بمثابة الحل الأمثل لمعظم التحديات الرئيسية التي تواجه العالم ، وعليه فإن طاقة الهيدروجين الأخضر واحدة من أهم المنتجات الواعدة نحو تحقيق مستقبل مستدام ومنخفض الكربون ، عبر عملية التحليل الكهربائي للماء مما يجعله نظيفاً وخالياً من انبعاثات الكربون متماشياً مع الإهتمام العالمي بالتغير المناخي والاحتباس الحراري و تبرز أهمية الهيدروجين الاخضر كبديل للطاقة التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري (Akhtar et al. , 2023)

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في أنه على الرغم من الإهتمام الدولي والاقليمي بضرورة التحول إلى الطاقة الخضراء خاصة بعد أزمات المناخ والطاقة التي اشتدت حدتهما مثل أزمة كوفيد -١٩ (Covid -19) وبعد الإغلاق التام الذي فرضته تلك الأزمة على المصانع والشركات العالمية وإنتهاء تلك الأزمة عادت الشركات تعمل بكامل بطاقتها وتعافى الإقتصاد العالمي وإزداد الإستهلاك العالمي للطاقة مما أدى إلى إرتفاع أسعار جميع أنواع الوقود الأحفوري من فحم ونفط وغاز طبيعي ، بالإضافة إلى الأزمة الروسية الأوكرانية في فبراير ٢٠٢٢ والعديد من الأزمات على الصعيد العالمي مما أى إلى سعى الدول إلى البحث على بدائل فورية وآمنه للوقود الأحفوري التقليدي فقط من أجل معالجة أزمة المناخ العالمية والمساهمة في معالجة التدهور البيئي ، إلا أنه لا يزال هناك تحديات تحول دون الإنتقال حيث الإفتقار إلى البنية التحتية اللازمة لإنتشار الهيدروجين الأخضر في الشركات المصرية ، بالإضافة إلى إرتفاع التكاليف اللازمة لإنشاءها وكذلك الجدوى الإقتصادية والإجتماعية والبيئية لإستخدام الهيدروجين الأخضر على المدى القريب وأهداف المناخ على المدى البعيد والتوقيت اللازم لحدوث هذا التحول نحو تحقيق أهداف التنمية المستدامة ، الأمر الذي يفرض التساؤل التالي

- ما أثر إستخدام الهيدروجين الاخضر في تحقيق أهداف التنمية المستدامة في البيئة المصرية؟

أهمية البحث

وضعت العديد من الدول خططاً واستراتيجيات وطنية لدعم التحول نحو الهيدروجين الاخضر كجزء من جهودها لتحقيق أهداف المناخ والطاقة المستدامة حيث أن السياسات الحكومية والتحفيزات المالية تعمل بشكل هام في دعم إقتصاديات الهيدروجين الاخضر ، وتعد أمن الطاقة أمراً بالغ الأهمية لنمو الإقتصاد الوطني والتنمية الإجتماعية فضلاً عن تحسين رفاهية المواطنين ونوعية نمط حياتهم ، وتعد مصر واحدة من الدول التي تمتلك إمكانيات كبيرة في مجال الطاقة المتجددة (الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) اللازمة لإنتاج الهيدروجين الأخضر فتنبثق أهمية الدراسة من أهمية البحث عن بدائل فورية ، وآمنه للوقود الاحفوري التقليدي من أجل معالجة أزمة المناخ والمساهمة في معالجة التدهور البيئي بالإضافة إلى عدم الوقوع مجدداً في دائرة انعدام أمن الطاقة ، فالإستثمار الكثيف في الهيدروجين الأخضر هو أفضل ضمان لأمنها في المستقبل وأبرز الحلول للحد من انبعاثتها الضارة .إستناداً إلى ما سبق تكمن أهمية البحث في جانبين هما الجانب العملي والجانب العلمي على النحو التالي

الأهمية العلمية :-

- تبرز أهمية موضوع البحث نظراً لقلة الدراسات العربية التي تناولت أثر إستخدام الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة – في حدود علم الباحثون – في البيئة المصرية
- تعد مشكلة البحث من الأبحاث العلمية الحديثة التي تشغل الفكر المحاسبي في الوقت الراهن وذلك من خلال محاولة التعرف على أثر استخدام احد التقنيات الحديثة في الطاقة المتجددة وهو الهيدروجين الأخضر من منظور أهداف التنمية المستدامة في البيئة المصرية.

الأهمية العملية :-

- يسهم البحث في تحليل استخدام الشركات للهيدروجين الاخضر من أجل خلق بيئة مستدامة لأجيال قادمة في البيئة المصرية
- أهمية بيان أثر إستخدام الهيدروجين الاخضر على الاستدامة دعماً لرؤية مصر ٢٠٣٠ ومحاولة إختيار استخدام الهيدروجين الاخضر كعنصر حاسم في الوصول لبيئة بدون انبعاثات كربونية (صفر كربون) في مصر

إن تبني الشركات المصرية لتقنية الهيدروجين الأخضر من شأنه أن يدعم القدرة التنافسية لتلك الشركات بما يضمن الإستمرارية والنجاح في ظل البيئة التنافسية العالمية المعاصرة ولعل توجيه إنتباه الشركات المصرية نحو استخدام الهيدروجين الاخضر يمكن أن يسهم في تعزيز أهداف التنمية المستدامة

أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى التعرف على أثر إستخدام الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة من خلال التعرف على الأهداف الفرعية الآتية

التعرف على طبيعة الهيدروجين الأخضر وأهميته وأسباب أستخدامه

التعرف على أثر الهيدروجين الأخضر على البيئة والمجتمع والإقتصاد

التعرف على أهداف التنمية المستدامة وسعي الدولة المصرية في تحقيق تلك الأهداف

منهج البحث المنهج الوصفي

اعتمد الباحثون على المنهج الوصفي لبناء الإطار النظري ، وذلك من خلال رصد ومتابعة دقيقة لظاهرة الهيدروجين الأخضر من خلال عرض عموميات حول الهيدروجين الاخضر في جمهورية مصر العربية والوصول إلى نتائج تساعد في فهم الواقع وتطويره

المنهج التحليلي

استخدم الباحثون المنهج التحليلي من خلال التطرق لموضوع الهيدروجين الأخضر وعلاقته بأهداف التنمية المستدامة والتي يمكن عن طريقها إجراء تعميمات تساعد في الحصول على معلومات وبيانات عن الهيدروجين الأخضر في مصر

فرضية البحث

في ضوء طبيعة مشكلة وأهداف الدراسة يمكن صياغة الفرض الرئيسي التالي " لا يوجد أثر لإستخدام الهيدروجين الاخضر على أهداف التنمية المستدامة

حدود البحث

تتمثل حدود البحث في التركيز على بعض أهداف التنمية المستدامة المتعلقة والمرتبطة بإستخدام الهيدروجين الأخضر بناء على التقرير الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة International Renewable Energy Agency (IRENA, 2022) فقد تم التركيز على الأهداف التالية الهدف السابع :- طاقة نظيفة وبأسعار معقولة (SDG7) ،الهدف الثامن :- التوظيف الفعال والنمو الإقتصادي (SDG8) ، الهدف التاسع :- الصناعة والابتكار (SDG9) . الهدف الحادي عشر :- مدن ومجتمعات محلية مستدامة (SDG11) ، الهدف الثاني عشر :- الاستهلاك والانتاج المسئولان(SDG12) ، الهدف الثالث عشر :- العمل المناخي (SDG13).

خطة البحث

يمكن تقسيم البحث إلى أجزاء البحث إلى الإقسام التالية

القسم الأول :- الإطار العام للبحث

القسم الثاني : - الدراسات السابقة المتعلقة بموضوع البحث

القسم الثالث :- الهيدروجين الأخضر (طبيعته ، أهميته ، إستخداماته)

القسم الرابع :- أهداف التنمية المستدامة

القسم الخامس :- أثرالهيدروجين الاخضر على أهداف الاستدامة

القسم السادس :- الخلاصة والنتائج والتوصيات والمراجع

القسم الثاني :- الدراسات السابقة

دراسات متعلقة بالهيدروجين الاخضر

دراسة عبد الجليل (٢٠٢٣) "اقتصاديات الهيدروجين الأخضر ودورها في تعزيز أمن الطاقة النقل المستدام" هدف البحث إلى تسليط الضوء على اقتصاديات الهيدروجين وانواعه ولا سيما الاخضر من حيث ابراز الدور الذي يمكن أن يلعبه في تعزيز امن الطاقة والتحول إلى اقتصاد خال البصمة الكربونية ولا سيما في قطاع النقل الذي ساهم في الناتج المحلى الاجمالي العالمي بنحو ٧% أو ما قدر بنحو ٦.٨ تريليون دولار ووظف نحو ١٩٣ مليون شخص او ما نسبته ٥.٦ من القوة العاملة خلال ٢٠٢١ ، وتوصلت الدراسة إلى أن أمن الطاقة هو أحد المتطلبات الأساسية لتحقيق النمو الإقتصادي في القطاعات الإقتصادية المختلفة وأن الهيدروجين الأخضر هو مصدر الطاقة الأنظف الذي يتمتع بالقدرة على تعزيزه بمعدلات كافية من أجل تلبية الطلب المستقبلي عليها وذلك من خلال زيادة إمدادات الطاقة المحلية وإمكانيات التخزين لفترة طويلة الأجل . هذا بالإضافة إلى قدرته على تحقيق النقل المستدام من خلال استخدام تقنية خلايا وقود الهيدروجين (HFC)(Hydrogen Fuel Cell التي تتمتع بإمكانيات هائلة لتحسين كفاءة الطاقة لذا أوصت الدراسة بضرورة إنشاء وتطوير البنية التحتية التمكينية لإنتشار التكنولوجيا المستخدمة في انتاج العناصر الأساسية للطاقة المتجددة كتوربينات الرياح والمركبات الكهربائية والالواح الشمسية بغرض انتاج الهيدروجين الاخضر على نطاق واسع لضمان مستقبل مستدام وأمن للمناخ

دراسة Blohm, Dattner (2023)Green Hydrogen Production: Integration environmental and social criteria to ensure sustainabilityهدف البحث إلى تعزيز المعرفة الحالية حول ابعاد استدامة للهيدروجين الاخضر لا سيما في انظمة الطاقة المتجددة والذكية وترتبط معايير الاستدامة لإنتاج الهيدروجين الاخضر بأنظمة الطاقة الذكية من خلال توافقها مع تكامل الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وتكامل الشبكة والنمذجة التقنية والاقتصادية وأطر السياسات ومن خلال مراعاة هذه المعايير يمكن لأنظمة الطاقة الذكية تحسين إستخدام الطاقة المتجددة وتعزيز الكفاءة ودمج انتاج الهيدروجين في الشبكة وتقييم الجدوى الإقتصادية ووضع سياسات داعمة

وتوصلت الدراسة إلى أن إعتماد معايير الاستدامة وتطبيقها العملي من خلال قائمة مرجعية للمشاريع يمكن أن يكون مفيداً لا عائقاً لإنتاج الهيدروجين الأخضر على المدى الطويل ويعزز هذا النهج قبولاً وشفافية أكبر بين الجهات المعنية مما يهيئ بيئة أكثر ملائمة لتطبيقه وتسهم نتائج هذا البحث في الجهود المبذولة لتعزيز إعتماد الهيدروجين الأخضر وتمهد الطريق لنظام طاقة أكثر استدامة .

دراسة (Shboul et al., 2024)
Comprehensive assessment of green hydrogen potential in Jordan: economic , environmental and social perspectiveهدف البحث إلى تقييم الآثار الإقتصادية والبيئية والسياسية والإجتماعية لإنتاج الهيدروجين الاخضر في الأردن وقد تم اجراء تحليل شامل تشمل التقييمات الإقتصادية والاثر البيئي وفحص السياسات والاعتبارات الاجتماعية وتشمل منهجية البحث تحليل الطلب على الطاقة والإمداد وتقييم مدى توفر موارد الطاقة المتجددة وتشير النتائج إلى فوائد إقتصادية كبيرة مرتبطة بإنتاج الهيدروجين الأخضر بما في ذلك خلق فرص العمل زيادة الإيرادات الضريبية والحد من واردات الطاقة بالإضافة إلى ذلك حددت الدراسة التأثيرات البيئية الايجابية مثل انخفاض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري وتلوث الهواء وتقترح الدراسة كتوصية ان تتخذ الأردن خاصة العقبة تدابير لتعزيز تطوير صناعة الهيدروجين الاخضر والتعاون مع الشركاء الدوليين لتبادل أفضل الممارسات وانشاء البنية التحتية اللازمة .

دراسة (الخربوطلي ؛ عبد اللطيف ، ٢٠٢٥)آفاق توطين صناعة الهيدروجين الاخضر لتعزيز انتاج الطاقة الجديدة والمتجددة في مصر : الفرص والتحديات هدف البحث إلى توضيح مفهوم واستخدامات الهيدروجين الاخضر وعرض بعض التجارب العالمية التي تبنت مجموعة من الاطر التشريعية التي من شأنها تعزيز مشروعات انتاج الهيدروجين الأخضر لتحديد أوجه الاستفاده من تلك التجارب واهم التحديات التي يمكن أن تكون عائقة وتحديد القدرة التنافسية لإنتاج وتصدير وجذب الاستثمارات في هذا المجال ومدى جاهزية مصر لجذب إستثمارات في مجال الهيدروجين الاخضر مع تحديد أهم نقاط الفرص والتحديات لإنتاج مشروعات الهيدروجين الاخضر بهدف توطين تلك الصناعة في مصر

وتوصلت نتائج البحث إلى أنه يمكن القول ان الهيدروجين الاخضر يمثل عنصراً حاسماً في تحول الطاقة العالمي نحو مستقبل مستدام ومنخفض الكربون بينما يواجه هذا القطاع بعض التحديات فإن الفوائد البيئية والاقتصادية المحتملة تستحق الجهود المبذولة والاستثمارات المستمرة في هذا المجال

دراسة (Abad; Dodds;2020) بعنوان Green hydrogen characterisation initiatives:Definitions, standards, guarantees of origin, and challengesهدفت الدراسة إلى إيضاح التحديات المرتبطة بتعريف وتصنيف الهيدروجين الأخضر وهو موضوع حيوي في سياق الإنتقال العالمي للطاقة كما قامت بتحليل المبادرات الحالية لتعريف وتصنيف اليدروجين الأخضر وتحدياته .

دراسة (جغبالة ومحلاوي، ٢٠٢٣) بعنوان الهيدوجين الأخضر كبديل استراتيجي لموارد الطاقة غير المتجددةهدفت الدراسة إلى تسليط الضوء على واقع الإستثمار في طاقة الهيدروجين الأخضرعلى المستوى العربي والدولي ووصلت الدراسة إلى ضرورة تشجيع الدولة للإستثمار في طاقة الهيدروجين الاخضر من خلال التحفيز الضريبي من طرف الدولة وتقديم الاعانات المادية والبشرية لتطوير الاستثمار في هذا المجال.

المجموعة الثانية :- دراسات تتعلق بأهداف التنمية المستدامة

دراسة (محمد ، آخرون ٢٠٢٣) دور استخدام أسلوب التكلفة والعائد لتحقيق القدرة التنافسية لمصادر الطاقة في الشركات المستخدمة للطاقة المتجددة بغرض تحقيق التنمية المستدامة ورؤية مصر ٢٠٣٠ هدف البحث إلى معرفة مدى أهمية استخدام أسلوب التكلفة والعائد لتحقيق القدرة التنافسية لمصادر الطاقة في الشركات المستخدمة للطاقة المتجددة بغرض تحقيق التنمية المستدامة ورؤية مصر ٢٠٣٠ فضلاً عن توضيح العلاقة بين استخدام اسلوب التكلفة والعائد وتحقيق القدرة التنافسية في الشركات المستخدمة للطاقة المتجددة ولتحقيق أهداف البحث تم تصميم استمارة استبيان وزعت على شركة جهينة للعصائر ولقد استخدم الباحثون المنهج الوصفي التحليلي لإتمام الدراسة

وتوصلت الدراسة إلى وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام اسلوب التكلفة والعائد وتحسين القدرة التنافسية كما تبين وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين استخدام الطاقة المتجددة وتحقيق التنمية المستامة ورؤية مصر ٢٠٣٠ وفي ضوء ما توصلت إليه الدراسة من نتائج خلصت لعدة توصيات أهمها مراجعة النظم المحاسبية الراهنة داخل الشركة وتضمين استخدام اسلوب التكلفة والعائد لتحقيق أقصى حد ممكن وإستخدام هذا الاسلوب في استخدامات الطاقة الشمسيه بالشركة لمعرفة المزايا المتحققة والوفرة الاقتصادية.

دراسة (ربيع وآخرون ، 2024) دور الطاقة المتجددة والطاقة الشمسية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة هدف البحث إلى رفع الوعي البيئي بالطاقة المتجددة واهميتها في تحقيق التنمية المستدامة والحفاظ على البيئة ورفع المستوى الإقتصادي وتحسين المستوى المعيشي والصحي بالإضافة إلى إيضاح أهمية الطاقة الشمسية وإبراز دورها في الحفاظ عل البيئة وتحقيق التنمية المستدامة

وقد توصلت الدراسة إلى أن مصر تولي إهتماماً حقيقياً لقطاع الطاقة المتجددة من أجل الحصول على عدد من الفوائد ومن أهمها الطاقة الشمسية باعتبارها أحد مصادر الطاقة المتجددة وهو الحل الأمثل الحقيقي لتزويد الطاقة للعالم بشكل فعال ونظيف غير مضر بالبيئة ولتوسيع دور الإقتصاد المحلي وتنويع مصادر الدخل فضلاً عن الحد من ظاهرة تغير المناخ وتم اقتراح في هذه الدراسة رفع الوعي البيئي للمواطن المصري والاهتمام بالبحث والتطوير في مجال الطاقة المتجددة وخاصة الطاقة الشمسية وتقديم الدعم المالي والمعنوي للمواطنين لاستخدام الطاقة الشمسية .

دراسة (مصطفى ، ٢٠٢٤)دور الهيدروجين الاخضر في تحقيق التنمية الاقتصادية هدف البحث إلى تسليط الضوء على مدى أهمية طاقة الهيدروجين الأخضر على المستوى العربي والدولي انطلاقاً من الطاقات المتجددة بشكل عام والتوجه العربي والعالمي نحو استغلال طاقة الهيدروجين ، توضيح الرؤية الإستراتيجية للهيدروجين الأخضر عربياً وعالمياً وضرورة تشجيع الدولة للاستثمار في طاقة الهيدروجين من خلال تقديم الإعانات المادية والبشرية لتطوير الاستثمار في هذا المجال ، بالإضافة إلى تسليط الضوء إلى اهمية دمج الهيدروجين الاخضر في مزيج الطاقة المحلي لتنويعه ولضمان امناً للطاقة وتسليط الضوء على اهمية أمن الطاقة المستدام واظهار دور الهيدروجين الاخضر في تحقيق الطاقة المستدامة بجمهورية مصر العربية .

التعليق على الدراسات السابقة

- قلة الدراسات السابقة – في حدود علم الباحثون – التي تناولت علاقة أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة ، وهذا ما يحاول الباحثون إبرازه في هذا البحث
- ركزت معظم الدراسات السابقة على تناول أثر الطاقة المتجددة على أحد جوانب وأبعاد الإستدامة ، وبالتالي تركز الدراسة الحالية على أثر أحد حلول الطاقة المتجددة وهو الهيدروجين الأخضر على أبعاد الإستدامة الثلاثة

الهيدروجين الأخضر

شهد العالم اليوم تحولاً كبيراً نحواستخدام الطاقات النظيفة والمستدامة بهدف الحد من الانبعاثات الكربونية والآثار البيئية السلبية الناتجة عن الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري وفي ظل التحديات المتزايدة التي تواجه القطاعات الصناعية حول العالم . وتسعى المصانع إلى تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري التقليدي نتيجة للتقلبات الحادة في اسعاره وتأثيره السلبي على البيئة ، ويمثل الهيدروجين الأخضر أحد الحلول الواعدة في السعي نحو تحقيق مستقبل ومنخفض الكربون ، وينتج الهيدروجين الأخضر بإستخدام مصادر الطاقة المتجددة ، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح عبر عملية التحليل الكهربائي للماء مما يجعله نظيفاً وخالياً من انبعاثات الكربون مع تزايد الإهتمام العالمي بالتغير المناخي والاحتباس الحراري ، تبرز أهمية الهيدروجين الأخضر كبديل للطاقة التقليدية التي تعتمد على الوقود الأحفوري (Perna et al., 2023)

فالهيدروجين الأخضر هو وقود نظيف يتم انتاجه عن طريق التحليل الكهربائي للماء بإستخدام طاقة كهربائية متجددة مثل الطاقة الشمسية أو الرياح أو الطاقة الكهرومائية حيث يتم فصل جزيئات الماء (H_2O) إلى عنصري الهيدروجين (H_2) والأكسجين (O_2) بإستخدام تيار كهربائي نظيف الهيدروجن الناتج عن هذه العملية يعرف بالهيدروجين الأخضر لانه لا ينتج عنه اي انبعاثات كربونية (Howarth & Jacobson, 2021)

مصر والهيدروجين الأخضر

تتميزمصر بموقع استراتيجي لقربها من اسواق الطاقة العالمية في افريقيا وآسيا وأوروبا ووفره في مصادر الطاقة المتجددة والمستدامة مثل (الطاقة المائية ، الشمسية ، الرياح) بما يؤهلها لكفاءة الطاقة المتجددة المستدامة وفعاليتها التي تعتمد على العوامل المناخية والموقع الجغرافي ، وتعتبرمصر من ضمن ١٨ دولة تعلن عن استراتيجياتها الوطنية للطاقة

المتجددة باستثمارات أكثر من ٤٠ مليار دولار (مركز المعلومات ودعم إتخاذ القرار – آفاق الطاقة ، ٢٠٢٣)

وفي ظل التغيرات المناخية العالمية والإتجاه المتزايد نحو مصادر الطاقة النظيفة برز الهيدروجين الأخضر كأحد الحلول الواعدة لحقيق الحول في نظم الطاقة التقليدية وتعد مصر من الدول التي تبنت هذا التوجه الاستراتيجي في إطار رؤيتها للتنمية المستدامة ٢٠٣٠ تسعي الدولة للإستفاده من موقعها الجغرافي ومواردها الطبيعية وبنيتها التحتية في الطاقة المتجددة لتصبح مركزاً إقليمياً لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر(Breuning, et al,2024)

وأصبح الهيدروجين الأخضر محوراً رئيسياً في استراتيجيات التحول للطاقة في العديد من الدول . فهو يساهم في تحقيق الحياد الكربوني ، وخفض الاعتماد على الوقود الأحفوري وفتح آفاق جديدة في قطاعات النقل والصناعة والطاقة وتشير التقديرات إلى أن سوق الهيدروجين الأخضر قد يصل إلى تريليونات الدولارات خلال العقود المقبلة (El sheikh, et al.,2024)

كما حققت مصر تقدماً ملحوظاً في مشروعات الطاقة المتجددة حيث إفتتحت محطة بنبان للطاقة الشمسية في أسوان والتي تعد من أكبر المحطات في العالم بالإضافة إلى التوسع في مزارع الرياح في منطقة خليج السويس وتبلغ مساهمة الطاقة المتجددة حالياً نحو ٢٠% من إجمالي مزيج الطاقة الكهربائية مع طموحات لزيادتها إلى ٤٢% بحلول ٢٠٣٥ هذه البنية التحتية تعد أساساً قوياً لتطوير صناعة الهيدروجين الأخضر (وزارة الكهرباء ، ٢٠٢٣)

في عام ٢٠٢٢ أطلقت الحكومة المصرية الاستراتيجية الوطنية للهيدروجين بالتعاون مع عدد من الشركاء الدوليين مثل الاتحاد الأوروبي، وألمانيا، والنرويج. وتهدف هذه الاستراتيجية إلى تحويل مصر إلى مركز إقليمي لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر ومشتقاته، مثل الأمونيا الخضراء. وتم توقيع عدد من مذكرات التفاهم مع شركات عالمية لتطوير مشروعات باستثمارات تُقدّر بعشرات المليارات من الدولارات في مناطق مثل "المنطقة الاقتصادية لقناة السويس ".

ومن مشروعات القائمة وقيد التطوير مشروع إنتاج الامونيا الخضراء بالتعاون مع شركة "سكاتك" النرويجية بطاقة إنتاجية تصل إلى ١٠٠ ميغاواط ، مذكرة تفاهم مع شركة "فرتيغلوب" لإنتاج الأمونيا الخضراء في العين السخنة ، مع بعض إتفاقيات مع تحالفات أوروبية وصينية لإنشاء مصانع لإنتاج الهيدروجين والأمونيا بإستخدام الطاقة المتجددة في مناطق مختلفة . (IEA, 2024)

وبرغم الإمكانيات الكبيرة تواجه مصر عدداً من التحديات منها الحاجة إلى إستثمارات ضخمة في البنية التحتية لنقل وتخزين الهيدروجين ، مع ضرورة تطوير الكوادر البشرية الفنية المؤهلة لهذا القطاع الجديد ، وكذلك تواجه مصر تحدي كبير في التنافسية العالمية في سوق الهيدروجين الأخضر خاصة من قبل الدول الأوروبية والخليجية كما تتطلب الحاجه إلى تنظيم تشريعي واضح لتسهيل الاستثمارات وحماية البيئة (عبد الهادي ، أبو بكر ، ٢٠٢٥).

أما عن الفرص الإقتصادية والتنموية فتشكل الهيدروجين الأخضر فرصة لتعزيز الإقتصاد المصري من خلال جذب الإستثمارات الأجنبية المباشرة ، خلق وظائف جديدة في مجالات الهندسة والطاقة والبحث والتطوير مع تقليل فاتورة إستيراد الوقود والتصدير للأسواق الأوروبية والأسيوية التي تضع معايير صارمة للإنبعاثات الكربونية

ونتيجية لأهميته الكبرى في مجال الطاقة وقضايا المناخ نجحت مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر خلال عام ٢٠٢٢في استقطاب استثمارات ضخمة وضعتها في المرتبة الثانية عالمياً والأولى إقليمياً من حيث الإستثمارات الأجنبية التأسيسية المباشرة بحسب شركة الأبحاث (FDI Insight) وبلغ حجم استثمارات الهيدروجين في مصر المعلنة نحو ١٠٧ مليارات دولار مستحوذه على نحو ٤٠% من اجمالي الاستثمارات المعلنة في الشرق الأوسط وشمال إفريقيا (UNESCWA, 2024)

وعليه ، فقد قامت الحكومة المصرية على الفور بعمل خطوات جادة وسريعة لتشجيع توطين صناعة الهيدروجين الأخضر في مصر وكذلك تحفيز الشركات على إستخدامه والإعتماد عليه من خلال الخطوات الآتيه :-

- عمل مبادرة مركز الهيدروجين Hydrogen Hub من خلالها يتم إنشاء مركز للهيدروجين الاخضر وتمويله من خلال عدد من المنح وعمل مجموعات تعاون صناعية في هذا المركز ومنصة تعاون رقمية لتسهيل الإتصالات بين شركاء سلسلة التوريد الدولية والمحلية والإستفادة من البنية التحتية للمركز وتبادل المعرفة والإبتكارات التكنولوجية
- عمل فريق بحثي للهيدروجين الاخضر :- الهدف منه هو إرساء المعايير الوطنية لإنتاج الهيدروجين الآمن وتخزينه ومعالجته وتوزيعه واستخدامه وتحديد أفضل الممارسات التي تمكن من الوصول إلى سلاسل التوريد الفعالة من حيث التكلفة
- إنشاء المجلس الوطني الأخضر للهيدروجين :- تحت مظلة وزارة الكهرباء وهيئة الطاقة المتجددة وتخصيص موارد لدعم برنامج للأعمال المتعلقة بالمهرات والتدريب والمعايير وتطوير السياسة التنظيمية الفنية والترخيص الإجتماعيويكون مسئولاً عن مراقبة استراتيجية توطين صناعة الهيدروجين الأخضر والتنسيق بين القطاعين العام والخاص لربط الصناعة مع الجهات البحثية ومنظمات المجتمع المدني .

كما ذكر تقرير مراجعة قطاع الهيدروجين العالمي ٢٠٢٢ الصادر عن الوكالة الدولية للطاقة أن هناك بعض التوصيات التي يجب على الدول ومن بينها مصر تبنيها لإستخدام الهيدروجين الاخضر ومن أهمها

- الإنتقال إلى مرحلة تنفيذ السياسات ووضع أهداف وسياسات طويلة الأجل في إطار سياسة تنويع الطاقة لتزويد المساهمين (Stakeholders) باليقين بانه ستكون هناك سوق مستقبلية للهيدورجين
- تكثيف التعاون الدولي لتجارة الهيدروجين في عدة مجالات تتضمن وضع معيار لكثافة إنبعاثات إنتاج الهيدروجين ونقله وتحديد معايير ولوائح قابلة للتطبيق وتخفيف الحواجز التجارية والعمل على تعزيز التعاون في البحث والتطوير والإبتكار وتبادل المعرفة التي تعد ضرورية لخفض التكاليف وزيادة القدرة التنافسية لتقنيات الهيدروجين .
- ومن حوافز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر فتتمثل في حوافز ضريبية من إعفاء بنسبة ٣٣%-٥٥% من ضريبة الدخل الناتج عن المشروع ، مع إعفاء المعدات والمواد الخام ووسائل النقل من ضريبة القيمة المضافة ، بالإضافة إلى إعفاءات ضريبية لعقود تأسيس الشركات والعقارات المستعملة في المشروعات ، مع غعفاء ضريبي للواردات اللازمة لإقامة المشروعات

وتقدم الحكومة المصرية حوافز غير ضريبية وتتمثل في استيراد الإحتياجات دون القيد في سجل المستوردين ، تصدير المنتجات دون القيد في سجل المصدرين والسماح بتوظيف عاملين أجانب بنسبة ٣٠% في أول ١٠ سنوات من المشروع ، تقديم تخفيضات في الرسوم المستحقة مقابل الإنتفاع بالموانيء البحرية والأراضي المخصصة للمشروع.

((SIS)State Information Service (2024) (الهيئة العامة للاستعلامات

إستناداً إلى ما سبق ، يتضح بأن الهيدروجين الاخضر أحد الأولويات في تحول الطاقة فرصة استراتيجية لمصر لتعزيز مكانتها الإقليمية والعالمية في مجال الطاقة النظيفة . وبفضل إمكانياتها الطبيعية والتوجهات الحكومية الجادة ودعم المجتمع الدولي ، تبدو مصر على الطريق الصحيح نحو أن تصبح مركزاً إقليمياً لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر إلا أن تحقيق هذا الهدف يتطلب معالجة التحديات الهيكلية وتسريع تنفيذ المشروعات وتطوير الإطار التشريعي والتنظيمي.

التنمية المستدامة

تم تعريف التنمية المستدامة من قبل اللجنة العالمية المعنية بالبيئة والتنمية (Commission Brundtland) عام ١٩٨٧ على أنها التنمية التي تلبي إحتياجات الحاضر دون المساس بقدرة الأجيال المقبلة على تلبية إحتياجاتها والتنمية المستدامة ثلاثة أبعاد الإستدامة البيئية ، الإجتماعية ، الإقتصادية ولتحقيق الموازنة يجب الموازنة بين العوامل البيئية والإقتصادية والاجتماعية بشكل متناغم ويمكن توضيح ذلك بالشكل التالي

شكل رقم (١) أبعاد التنمية المستدامة

المصدر : United Nations Sustainable Development Goals (UN SDGs)

أبعاد التنمية المستدامة

التنمية البيئية :- وتعني التعامل مع البيئة لتجنب استنفاذ أو تدهور الموارد الطبيعية والحفاظ على البيئة على المدى الطويل حيث أن ممارسة الاستدامة البيئية تساعد على ضمان تلبية إحتياجات سكان العالم اليوم دون المساس بقدرة الاجيال المقبلة على تلبية احتياجاتها وذلك بالعمل على الحد من الآثار الضارة للأنشطة الإنتاجية على البيئة والاستهلاك الرشيد للموارد غير المتجددة وإعادة تدوير المخلفات والتقليل من أثر الإحتباس الحراري من خلال السعي إلى تطوير استعمال مصادر الطاقة المتجددة

قسم المحاسبة والمراجعة ... كلية التجارة ... جامعة مدينة السادات

التنمية الإقتصادية :- وتعني قدرة النظام الإقتصادي على تلبية احتياجات الانسان وتحسين مستوى رفاهيته وتحسين معيشته وهذا يستدعي تطوير القدرات الإنتاجية والتقنيات المتاحة ودعم البحث العلمي وتبني أساليب الإنتاج والإدارة الحديثة من أجل مضاعفة الإنتاجية
التنمية الإجتماعية :- وتعني قدرة النظام الإجتماعي على الرفاهية الإجتماعية على المدى الطويل ويتحقق ذلك من خلال التوزيع العادل للثروة وللموارد وإرساء نظام حماية إجتماعية يوفر الحق لجميع أفراد المجتمع بدون تمييز في الحصول على الخدمات الصحية وتأمينهم ضد أخطار الحياة . (ابو النصر، ٢٠٢٤)
فالتنمية المستدامة تهدف إلى تحقيق التوازن بين مختلف الإحتياجات من جهة وبين الوعي بالمحدودية البيئية والمجتمعة والإقتصادية التي تواجهها كمجتمع من جهة أخرى فهي أسلوب للتغيير يكون فيه العمل لإستغلال الموارد وتوجيه الإستثمارات وتوجيه التطور التكنولوجي والتغيير في استراتيجيات المؤسسات في انسجام لتعزيز الإمكانيات الحالية والمستقبلية لتلبية الإحتياجات. فالتنمية المستدامة تجيب عن كيفية الموازنة بين الاهداف الإقتصادية والاجتماعية والبيئية عند اتخاذ القرار دون الإضرار بالاجيال القادمة لتلبية إحتياجاتها .(ربيع وآخرون، ٢٠٢٤)

أهداف التنمية المستدامة

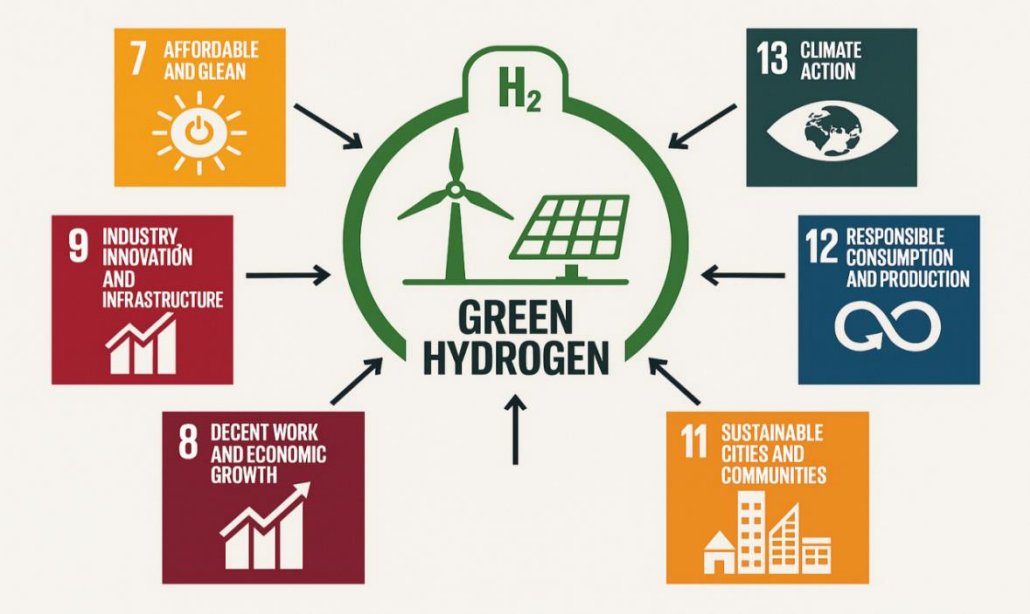
في عام ٢٠١٥ اعتمدت قمة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة قراراً بعنوان " تحويل عالمنا جدول أعمال ٢٠٣٠ للتنمية المستدامة " يشتمل على ١٧ هدف للقضاء على الفقر وعدم المساواة وتحسين الصحة والتعليم وتحقيق النمو الإقتصادي من خلال تهيئة فرص عمل مناسبة وتوفير طاقة نظيفة ومياه وبنية تحتية وإنشاء مدن مستدامة وحماية البيئة الطبيعية والتنوع الحيوي والتصدي لتغيير المناخ في أجواء تتسم بالسلام والعدل .

شكل رقم (٣) أهداف التنمية المستدامة

المصدر الموقع الإلكتروني للأمم المتحدة www.un.org

وكما هو موضح بالشكل فإن أهداف التنمية المستدامة تتكون من سبعة عشر هدفاً تتلخص في الآتي الهدف الأول وهو القضاء على الفقر بجميع أشكاله في كل مكان ، والهدف الثاني فيهتم بالقضاء على الجوع وتوفير الأمن الغذائي وتعزيز الزراعة المستدامة ، والهدف الثالث فيشير إلى الصحة الجيدة والرفاه ، فيما يعتبر الهدف الرابع هو الإهتمام بضمان التعليم الجيد المنصف والشامل للجميع وتعزيز فرص التعلم مدى الحياة للجميع ، والهدف الخامس هو تحقيق المساواه بين الجنسين وتمكين النساء والفتيات ، وعن الهدف السادس فهو ضمان توافر المياه وخدمات الصرف الصحي للجميع وإدارتها إدارة مستدامة ، ويدافع الهدف السابع على ضمان حصول الجميع بتكلفة معقولة على خدمات الطاقة الحديثة الموثوقة والمستدامة ، والهدف الثامن فيعني تعزيز النمو الإقتصادي الشامل والمستدام للجميع والعمالة الكاملة والمنتجة وتوفير العمل اللائق للجميع ، والتاسع فيشمل إقامة بنية تحتية قادرة على الصمود وتحفيز التصنيع الشامل المستدام للجميع وتشجيع الإبتكار ، أما الهدف العاشر فيهتم بضرورة الحد من إنعدام المساواة داخل البلدان ، والحادي عشر إقامة المدن والمجتمعات السكانية بشكل آمن وقادرة على الصمود والاستدامة ، والثاني عشر فيقوم على الإستهلاك والإنتاج المسؤولين ، وعن الهدف الثالث عشر فيهدف إلى إتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره ، والرابع عشر فيتمحور حول حماية المحيطات والبحار والموارد البحرية واستخدامها على نحو مستدام لتحقيق التنمية المستدامة ، وعن الهدف الخامس عشر فهي حماية النظم الأيكولوجية البرية وصيانتها وتعزيز استخدامها على نحو مستدام وادارة الغابات ومكافحة التصحر ووقف تدهور الأراضي ووقف فقدان التنوع البيولوجي ، والسلام والعدل فهو الهدف السادس عشر ، أما عن الهدف الأخير فيشمل تعزيز وسائل التنفيذ وتنشيط الشراكة العالمية من أجل التنمية المستدامة .

أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة



أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة

IRENA 2022

قسم المحاسبة والمراجعة ... كلية التجارة ... جامعة مدينة السادات

في هذا القسم من البحث فيدور حول أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة في ظل التغيرات المناخية المتسارعة والحاجة الملحّة لإزالة الكربون من أنظمة الطاقة العالمية، برز الهيدروجين الأخضر كحل واعد لتحقيق انتقال عادل نحو مصادر طاقة نظيفة. يتم إنتاج الهيدروجين الأخضر باستخدام التحليل الكهربائي للماء بالاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح، ما يجعله بديلاً خاليًا من الانبعاثات للوقود الأحفوري. وتتجاوز فوائد الهيدروجين الأخضر البعد البيئي والتقني، إذ يسهم بشكل مباشر في تحقيق عدد من أهداف التنمية المستدامة التي وضعتها الأمم المتحدة.

- **الهيدروجين الأخضر والهدف السابع – طاقة نظيفة وبأسعار معقولة (SDG 7)**

Affordable&cleanEnergy

يشير الهدف السابع إلى مسألة مركزية في كل التحديات الماثلة والفرص المتاحة من خلال تنويع مزيج الطاقة بعيداً عن أنواع الوقود الأحفوري المختلفة ويؤثر الهيدروجين الأخضر قليل الكربون على المدى الطويل مصادر جديدة للطاقة النظيفة عن طريق ضمان القاعدة العالمية لخدمات الطاقة وتعزيز الإستدامة ومشاركة الطاقة المتجددة في خليط الطاقة العالمي ومشاركة الهيدروجين الأخضر عن استبعاد الغازات الدفيئة خلال التطبيق والإنتاج مع تعزيز البحث والتطوير في طرق إنتاج الهيدروجين وتأثيره على التكلفة والبيئة وضمان الإلتزام بإتفاقية باريس التي تعزز التكنولوجيا ومنها تطوير المدن .

ويسهم الهيدروجين الأخضر في تسريع التحول نحو الطاقة المستدامة، من خلال توفير وقود نظيف ومتعدد الاستخدامات. كما يساعد في دمج الطاقة المتجددة بشكل أعمق في شبكات الطاقة، خاصة في القطاعات التي يصعب خفض انبعاثاتها مثل الصناعات الثقيلة والنقل البري والبحري. ومن خلال تخزين الطاقة الزائدة وتثبيت الشبكات الكهربائية، يُسهم الهيدروجين الأخضر في تحسين الوصول إلى الطاقة وتقليل التكاليف. (IRENA, 2022)

- **الهيدروجين الأخضر والهدف الثامن :- التوظيف الفعال والنمو الإقتصادي (SDG8)**

Decent Work & Economic Growth

يعد الهدف الثامن من أهداف التنمية المستدامة يركز على إعادة النظر في الأفكار السائدة في إقتصادنا وأدواته والسياسات الإجتماعية الرامية إلى القضاء على الفقر من خلال توفير طاقة نظيفة ومستدامة وكفاءة استخدامها مما يعزز النشاط الإقتصادي ويعد أثر الهيدروجين الأخضر على هذا الهدف يتمثل في تطوير صناعات قليلة الكربون طويل الاجل على نمو الإقتصاد وتوفير فرص العمل اللائقة بالإضافة إلى التركيز على القيمة المضافة في الصناعات كثيفة العمالة ، والمنافع المستهدفة من خلال تحسين فرص التدريب والتعليم والتوظيف للشباب مع خفض نسبة البطالة مما يعزز من النمو الإقتصادي في البيئة المصرية . ويُعد قطاع الهيدروجين الأخضر من القطاعات كثيفة العمالة، حيث يوفر فرص عمل واسعة في مجالات الهندسة والبناء والبحث والتطوير والتشغيل. وتشير تقديرات IRENA (2022)إلى أن قطاع الهيدروجين قد يوفر أكثر من ٥ ملايين فرصة عمل حول العالم بحلول عام ٢٠٥٠، خصوصًا في الدول النامية.

– **الهيدروجين الأخضر والهدف التاسع :- الصناعة والابتكار (SDG9)**

Industry Innovation and Infrastructure

يهتم الهدف التاسع من أهداف التنمية المستدامة على ابتكار الصناعة والبنية التحتية من خلال زيادة الباحثين المهتمين بالإستدامة والاستثمار في الهياكل الذي يمثل شأن حاسم في تحقيق التنمية المستدامة عن طريق التفكير في طرق مبتكرة وجديدة لإعادة استخدام المواد القديمة من خلال الإسهام في تطوير وتنويع مصادر الطاقة الخضراء وتطوير التكنولوجيا الحديثة في صناعة الهيدروجين الأخضر مثل المحللات الكهربائية . لقد فتح الهيدروجين الأخضر الإبتكار في سلسلته ومن المرجح أن يؤدي على المدى الطويل إلى تطوير بنية تحتية مرنة له خاصة في مراكز انتاجه واستهلاكه الرائدة . كما يتطلب تطوير اقتصاد الهيدروجين الأخضر استثمارات ضخمة في البنية التحتية مثل أجهزة التحليل الكهربائي، وخطوط الأنابيب، ومحطات التخزين. وهذا من شأنه أن يدفع الابتكار الصناعي ويُحدث نقلة نوعية في شبكات الطاقة التقليدية، ويحفّز البحث والتطوير في تقنيات الطاقة المستقبلية. (IEA, 2021)

– **الهيدروجين الأخضر والهدف الحادي عشر :- مدن ومجتمعات محلية مستدامة (SDG11)**

Sustainable Cities and Communities

يهتم الهدف الحادي عشر على إستدامة المدن وجعل المدن والمستوطنات البشرية شاملة للجميع وآمنة ويساهم الهيدروجين الأخضر في الإستخدام الطويل الأجل في أنه سيحد من تلوث الهواء على مستوى قطاع النقل في أنه يحسن البيئات المحلية في المدن ، والتغلب على التحديات التي تواجهها المدن بطرق تتيح لتلك المدن مواصلة الإنتعاش والنمو بإمكانية إستخدام الدراجات الهوائية أو المشي أو وسائل النقل العامة للحفاظ على هواء المدن كما تساعد مركبات خلايا الوقود المصنوعة من الهيدروجين الأخضر (Fuel Cells) في عدم الإعتماد على نوع واحد من الوقود وسيسهم الهيدروجين النظيف في الحد من تلوث الهواء جراء وسائل النقل الحالي . كما يمكن للهيدروجين الأخضر أن يلعب دورًا مهمًا في جعل المدن أكثر استدامة، من خلال تقنيات النقل النظيف كالحافلات والقطارات العاملة بخلايا الوقود، إضافة إلى استخدامه في تزويد المباني بالطاقة وتقنيات التدفئة والتبريد، مما يحسّن جودة الهواء ويقلل من التلوث الحضري. (IRENA, 2022)

– **الهيدروجين الأخضر والهدف الثاني عشر :- الاستهلاك والانتاج المسؤولان (SDG12)**

Responsible Consumption and Production

تستهدف الإستهلاك والإنتاج المستدامة إنتاج المزيد بشكل أفضل وبتكلفة أقل مثل إعادة تدوير الورق والبلاستيك والزجاج والألمونيوم ويؤثر الهيدروجين الأخضر في ذلك عن طريق تبديل الوقود الأحفوري في صناعة النقل وخلافه بالطاقة المتجددة مما يضع في الإعتبار الأجيال القادمة في مستقبل الطاقة والمسئولية الملقاة على الجيل الحالي من تطوير وامتداد سلسلة قيمة الهيدروجين قليل الكربون مما يضمن كفاءة وترشيد إستخدام أشكال الطاقة لضمان الإنتاج المستدام كما يدعم الهيدروجين الأخضر الأنماط المسؤولة للإنتاج من خلال تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة الملوثة. فهو يوفر بديلًا نظيفًا في عمليات الإنتاج الصناعي، ويُحفّز الابتكار في تقنيات كفاءة استخدام الموارد، مما يعزز من تطبيق مبادئ الاقتصاد الدائري.(IEA, 2021)

- **الهيـــدروجين الأخضـــر والهـــدف الثالـــث عشـــر :- العمـــل المنـــاخي (SDG13) Climate Change**

يستهدف الهدف الثالث عشر التوصل إلى حلول لتغير المناخ واتخاذ إجراءات عاجلة للتصدي لتغير المناخ وآثاره من خلال تمتع إقتصادات الدول بالصحة والقدرة على التكيف لكل المدن وتكامل مقاييس تغيرات المناخ والاستراتيجيات والتخطيط لتثقيف الشباب عن تغير المناخ لوضعهم مبكراً في مسار مستدام من خلال إستخدام الهيدروجين الأخضر الذي يعد من الحلول النظيفة خاصة في القطاعات الصعبة التخفيف مثل الحديد والصلب والبتروكيماويات والنقل ولكن عند استخدام الطاقة المتجددة لإنتاجه يجب تحقيق توازن بين الكهرباء النظيفة وانتاج الهيدروجين للحد من انتشار التلوث والحد من انتشار الكربون . كما يمثل الهيدروجين الأخضر ركيزة أساسية للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. وعلى عكس الهيدروجين الرمادي أو الأزرق المنتج من الوقود الأحفوري، فإن الهيدروجين الأخضر يتمتع ببصمة كربونية شبه معدومة عند إنتاجه من مصادر متجددة. ووفقًا لتقرير الوكالة الدولية للطاقة المتجددة(IRENA, 2022) ، يمكن للهيدروجين الأخضر أن يساهم في خفض ما يصل إلى ١٠% من الانبعاثات العالمية بحلول عام ٢٠٥٠.

ويمكن للباحثون أن يلخصوا نتائج أثر الهيدروجين الأخضر على تحقيق أهداف الإستدامة من خلال الجدول التالي

أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة

رقم الهدف	هدف الإستدامة	أثر الهيدروجين الأخضر على أهداف التنمية المستدامة
٧	طاقة نظيفة وبأسعار معقولة	- يساهم في تنويع مصادر الطاقة النظيفة - يعزز أمن الطاقة من خلال الإعتماد على مصادر محلية متجددة - يقلل من الاعتماد على الوقود الأحفوري المستورد
٨	التوظيف الفعال والنمو الإقتصادي	- يخلق وظائف جديدة في مجالات البحث ، الإنتاج ، النقل والصيانة - يشجع الصناعات المحلية المرتبطة بالطاقة المتجددة والتقنيات النظيفة
٩	الصناعة والابتكار	- يدعم تطوير بنية تحتية جديدة (أنابيب، محطات تعبئة ، خزانات) - يحفز الابتكار في تكنولوجيا التحليل الكهربائي وتخزين الطاقة - يخلق فرصاً استثمارية في التكنولوجيا الخضراء
١١	مدن ومجتمعات محلية مستدامة	- يستخدم في تزويد الحافلات والقطارات بالطاقة النظيفة - يقلل من التلوث الهوائي في المناطق الحضرية - يحسن جودة الحياة والصحة العامة
١٢	الاستهلاك والانتاج المسؤولان	- يدفع الصناعات نحو إنتاج اقل إستهلاكا للكربون - يشجع على استخدام الطاقة بطرق أكثر كفاءة واستدامة
١٣	العمل المناخي	- يقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة - يمكن استخدامه لتقليل الكربون في القطاعات التي يصعب تخفيضها مثل الصناعة والنقل الثقيل - يعزز الانتقال إلى إقتصاد منخفض الكربون

جدول رقم (١)
إعداد الباحثون

الخلاصة

يمثل الهيدروجين الأخضر خياراً واعداً لتحقيق التحول نحو مستقبل طاقة أكثر إستدامة ونظافة فهو ينتج من مصادر متجددة دون انبعاثات كربونية ، مما يجعله أداة فعالة في مواجهة تحديات التغير المناخي وتقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري، وتكمن أهمية الهيدروجين الأخضر في قدرته على الإسهام المباشر في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة خاصة تلك المتعلقة بالطاقة والبيئة والاقتصاد، وعلى رأسها الهدف السابع المتعلق " بالطاقة النظيفة وبأسعار معقولة " والهدف الثالث عشر المعني بمكافحة التغير المناخي إلى جانب دعم لنمو الإقتصادي والصناعي المستدام" الهدف التاسع" وتحقيق الإبتكار وتحسين البنية التحتية

ومع أن مسار تطوير الهيدروجين الأخضر لا يخلو من التحديات لا سيما من حيث التكلفة العالية والتقنيات المتقدمة المطلوبة ، إلا أن الإستثمارات المتزايدة والدعم السياسي والتعاون الدولي تمثل عوامل محفزة لتسريع إعتماده .إن دمج الهيدروجين الأخضر في الإستراتيجيات الوطنية للطاقة يضع الأساس لنظام طاقة مستقبلي أكثر مرونة وكفاءة ، يدعم التنمية المستدامة على المدى الطويل ويحافظ على البيئة للأجيال القادمة .

التوصيات

إستناداً إلى أهمية الهيدروجين الأخضر ودوره في حقيق أهداف التنمية المستدامة يمكن تقديم مجموعة من التوصيات التي تسهم في تعزيز تبنيه وتوسيع نطاق استخدامه ومنها

- وضع سياسات وطنية داعمة :- ينبغي على الحكومات إعداد استراتيجيات واضحة للهيدروجين الأخضر تتضمن أهدافاً زمنية وإطاراً تنظيمياً مشجعاً وآليات دعم للاستثمار في البنية التحتية والتكنولوجيا
- دعم البحث والتطوير :- تشجيع الجامعات والمراكز البحثية على تطوير تقنيات إنتاج الهيدروجين الأخضر وتخزينه ونقله بكفاءة وبتكلفة منخفضة مع التركيز على الإبتكار المحلي
- تعزيز الشراكات الدولية :- بناء تحالفات إقليمية ودولية لتبادل المعرفة ونقل التكنولوجيا وتمويل المشاريع المشتركة في مجال الهيدروجين الأخضر
- رفع الوعي المجتمعي :- إطلاق حملات توعية بأهمية الهيدروجين الأخضر ودوره في الحفاظ على البيئة وتحقيق التنمية المستدامة لتعزيز القبول المجتمعي لمشروعاته

تطبيق هذه التوصيات من شأنه أن يعزز مساهمة الهيدروجين الأخضر في بناء مستقبل طاقة مستدام يدعم النمو الإقتصادي ويحافظ على البيئة ويعزز من مكانة الدول الساعية إلى التحول نحو الإقتصاد الأخضر .

References

Abad, Anthony Velazquez & Paul E. Dodds. (2020). Green hydrogen characterisation initiatives:Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges,*Energy Policy*, Vol. 138, March, 111300. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111300.

Agaton, C., Batac , K., & Reyes, E. (2022). Prospects and challenges for green hydrogen production and utilization in the Philippines. International Journal of Hydrogen Energy, 47(41), 17859-17870.

Akhtar, Malik; Khan , Hafsa; Liu, Jay; Na, Jonggeol;. (2023). Green hydrogen and sustainable development – A social LCA perspective highlighting social hotspots and geopolitical implications of the futur hydrogen economy. Journal of Cleaner Production, 395.

Alzoubi, A. (2021). Renewable Green hydrogen energy impact on sustainability performance. International Journal of computations Informattion Manufacturing (IJCIM), 1(1).

ELsheikh,Tamer;Almaqtari,Faozi;Farhan,Najib;Mishra,Nandita; Ettish, Abdou, (2024), Governance and sustainability the role of environmental disclosures and board characteristics in environmental social and governance reporting, Journal of governance and regulation, vol(13) issue,3.

Howarth, R., & Jacobson, M. (2021). How green is blue hydrogen? Energy Science & Engineering, 9(10).

IEA, (2021) Global Hydrogen Review . International Energy Agency

IRENA. (2022). Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor. Abu Dhabi.

Leszczyński, G. &.-L. (2024). Sustainable energy supply transition: the value of hydrogen for business customers. Journal of Business & Industrial Marketing,, 39(11), 2478-2496.

Mneimneh, F., Ghazzawi, H., Abu Hejjeh, M., Mnganelli, M., & Ramkrishna, S. (2023). Roadmap to Acchieving Sustainable Development Via Green Hydrogen . Energies, 1-25.

Perna, A., Jenelli, E., Micco, S., Romano, F., & Minutillo, M. (2023). Designing, sizing and economic feasibility of a green hydrogen supply chain for maritime transportation. Energy Conversion and Management, 1-14.

Shboul, B., Zayed, M., Marshdeh, H., AlSmad, S., Al Bourini, A., Amer, B., et al. (2024). Comprehensive assessment of green hydrogen potential in Jordan :economic, environmental and social perspectives . International Journal of energy sector management , 2212-2233.

UNESCWA. (2024). Green Hydrogen Production in Egypt .

المراجع العربية

ابو النصر، مدحت .(2024) .الاستدامة الإجتماعية :التعريف والاهداف والأبعاد والمباديء والمؤشرات .المجلة العربية للآداب والدراسات الإنسانية.373-392 ,30 ,

الخربوطلي ، ماجد ؛ عبد اللطيف ، محمد .(2025) .آفاق توطين صناعة الهيدروجين الاخضر لتعزيز انتاج الطاقة الجديدة والمتجدة في مصر :الفرص -التحديات .مجلة العلوم القانونية والاقتصادي .2575-2639 ,67(1) .

جغبالة ، عبد الغني ؛ محلاوي ، سكينة .(٢٠٢٣) الهيدوجين الأخضر كبديل استراتيجي لموارد الطاقة غير المتجددة ، مجلة التنمية الإقتصادية ، مج (٨) عدد(١) جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

ربيع، دنيا ؛ بشير ، أحمد ؛ غانم ، عصام .(2024) .دور الطاقة المتجددة والطاقة الشمسية في تحقيق أهداف التنمية المستدامة . Journal of Environmental Studies and Researches,, 14(1), 17-44.

عبد الستار ,هدايا .(2023) .;إقتصاديات الهيدروجين الاخضر ودورها في تعزيز أمن الطاقة وتحقيق النقل المستدام .المحلة العلمية للبحوث التجارية.363-398 ,51(4) .

عبد الهادي ، محمد ؛ أبو بكر ، وليد (٢٠٢٥) " أثر إستخدام الهيدروجين الأخضر كبديل للوقود الأحفوري في العمليات الصناعية للحد من المخاطر المالية دراسة تطبيقية على قطاع الأسمدة في جمهورية مصر العربية ، المجلة العربية للإدارة ، مجلد ٤٥، عدد ٦ .

محمد ،علي ؛ ابو طالب، يحيى؛ ابو العلا ،سلامة؛ الزيادي ، بسنت، (٢٠٢٣) دور استخدام اسلوب التكلفة والعائد لتحقيق القدرة التافسية لمصادر الطاقة في الشركات المستخدمة للطاقة المتجددة بغرض تحقيق التنمية المستدامة ورؤية 2030. مجلة العلوم البيئية كلية الدراسات العليا والبحوث البيئية -جامعة عين الشمس.73-97 ,

مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار -مجلس الوزراء .(2022) .الهيدروجين الأخضر ... قاطرة الطاقة للتنمية المستدامة .آفاق مستقبلية.(2)

مصطفى ، جيهان .(2024). دور الهيدروجين الأخضر في تحقيق التنمية الإقتصادية . المجلة العلمية للدراسات التجارية والبيئية.344-291 ,15(4) ,

معهد التخطيط القومي .(2020). المؤتمر الدولي لمعهد التخطيط القومي الطاقة والتنمية المستدامة .القاهرة :معهد التخطيط القومي.