مجلس الوزراء
مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

رؤى على طريق التنمية

خريطة طريق لتحفيز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر

مايو ٢٠٢٣

تصدر عن مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار التابع لمجلس الوزراء المصري

خريطة طريق
لتحفيز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر

عن المركـــز

شهد مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار التابع لمجلس الوزراء المصري -منذ نشأته عام ١٩٨٥- عدة تحوُّلات؛ ليُواكب التغيرات التي مرَّ بها المجتمع المصري، فقد اختص في مرحلته الأولى (١٩٨٥ - ١٩٩٩) بتطوير البنية المعلوماتية في مصر، ثم كان إنشاء وزارة الاتصالات وتكنولوجيا المعلومات عام (١٩٩٩) نقطة تحوُّل رئيسة في مسيرته؛ ليُؤدي دوره كمُؤسسة فكر (Think Tank) تدعم جهود مُتخذ القرار في مجالات التنمية المختلفة.

ومنذ ذلك الحين، أصبح المركز يتبنَّى رؤية مفادها أن يكون المركز هو الأكثر تميزًا في مجال دعم اتخاذ القرار في قضايا التنمية الشاملة، وإقامة حوار مجتمعي بنَّاء، وتعزيز قنوات التواصل مع المواطن المصري الذي يُعَدُّ غاية التنمية وهدفها الأسمى، الأمر الذي يؤهله للاضطلاع بدور أكبر في صنع السياسة العامة، وتعزيز كفاءة جهود التنمية وفاعليتها، وترسيخ مجتمع المعرفة.

رؤى على طريق التنمية

سلسلة رؤى على طريق التنمية، هي سلسلة غير دورية تتسم بالطابع البحثي التطبيقي، تساهم في تحقيق رسالة المركز في دعم متخذي القرار، من خلال تكامل الجهود البحثية بين الخبراء المتخصصين والباحثين بالمركز في المجالات الاقتصادية، والسياسية، والاجتماعية كافة؛ مما يُثري جهود الدولة المصرية في شتى مناحي التنمية، كما تستهدف الوصول لاستراتيجيات عمل متكاملة بناءة تستند على آليات عمل مبتكرة قابلة للتنفيذ من قبل مختلف مؤسسات الدولة.

رئيس المركز

السيد/ أسامة الجوهري

مساعد رئيس مجلس الوزراء

رئيس مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار

هيئة التحرير

أ. لبنى محمد منير

مدير الإدارة العامة لمتابعة وتقييم السياسات

د. مى محسن مبروك

مدير الإدارة العامة للمكتب الفني

أ.سالى أحمد عاشور

مدير تنفيذي بالإدارة العامة للدراسات المستقبلية والنمذجة

المحتويات

أولًا: مقدمة ٧

ثانيًا: تحديات وأهداف وحوافز تشجيع مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر ٩

التحدي الأول: ارتفاع تكلفة الإنتاج ١١

التحدي الثاني: محدودية الطلب ١٤

التحدي الثالث: البنية التحتية ١٩

التحدي الرابع: المعايير والشهادات ٢٢

التحدي الخامس: مرحلة التطور في تصنيع المحللات الكهربائية ٢٥

التحدي السادس: التكنولوجيا ٢٧

ثالثًا، جدول خريطة طريق لتحفيز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر – جهات التنفيذ – المدد الزمنية للتنفيذ ٢٩

فريق الإعداد

إعـــداد

د / أحمد قنديل

رئيس برنامج دراسات الطاقة

مركز الأهرام للدراسات السياسية والاستراتيجية

فريق عمل المركز

يسرا فرج
باحث اقتصادي بالإدارة العامة
لمتابعة وتقييم السياسات

التصميم الجرافيكي

م. أيمن الشريف

أ. فادى يوسف

الإدارة العامة للجودة

هبه أبو الوفا
نائب مدير الإدارة العامة للجودة

أ. مها عبدالفتاح
مراجع فني

أ. سمر فيصل
مراجع لغوي

المقدمة

رغم الاهتمام العالمي الكبير في السنوات الأخيرة بمشروعات الهيدروجين الأخضر، باعتبار أن لها دورًاحاسمًا في تحقيق الانتقال الطاقوي الذي يمكن أن يساهم بفعالية في مواجهة أزمة تغير المناخ العالمي، وما لها من تداعيات سلبية بالغة الخطورة على مستقبل البشرية والحياة على كوكب الأرض، فإن قليلًا من هذه المشروعات المعلن عنها وجد طريقه إلى النور (البعض يدعي أن عدد المشروعات المنفذة لم يتجاوز ٤ في المائة فقط من إجمالي المشروعات المعلنة). ولتفسير هذا الأمر، أشار العديد من الدراسات المتخصصة إلى استمرار وجود عدد من التحديات والعراقيل التي تمنع مشروعات الهيدروجين الأخضر التجريبية من الوصول إلى قرار الاستثمار النهائي (FID)، ولعل من أبرزها التحديات الستة التالية:

١- ارتفاع تكلفة مشروعات الهيدروجين الأخضر، بسبب قلة التمويل المتاح، وعدم ملائمة أوضاع السوق لتداول الهيدروجين الأخضر نتيجة استمرار رخص أسعار الوقود الأحفوري نسبيًّا، رغم الارتفاع القياسي الذي حدث لها بعد اندلاع الحرب الأوكرانية في فبراير ٢٠٢٢.

٢- محدودية الطلب على الهيدروجين الأخضر، نتيجة عوامل متعددة لعل من أهمها صعوبة التوصل إلى اتفاقيات لشراء الهيدروجين الأخضر. وهذا أمر بالغ الأهمية؛ لأن هذه العقود تمكّن مطوري هذه المشروعات (كثيفة رأس المال) من إثبات قابليتها للتمويل على المدى الطويل والعائد على الاستثمار منها.

٣- غياب البنية التحتية الملائمة لنقل وتوزيع الهيدروجين الأخضر.

٤- عدم انتشار المعايير والشهادات الخاصة بالهيدروجين الأخضر ومشتقاته. وتعد المعايير، وأطر إصدار الشهادات، وضمانات المنشأ القابلة للتداول ضرورية لكسب ثقة المستثمرين والسوق وتمكين التجارة العالمية في مجال الهيدروجين الأخضر.

٥- ضعف القدرات التصنيعية للمحللات الكهربائية المستخدمة في إنتاج الهيدروجين الأخضر على المستوى العالمي.

٦- تباطؤ التطور التكنولوجي على طول سلسلة القيمة الأساسية المرتبطة بالهيدروجين الأخضر مما يزيد من التكلفة والمخاطر.

وإذا كان من المتوقع أن تلعب الاستراتيجية الوطنية لإنتاج الهيدروجين الأخضر المتوقع أن تصدرها الحكومة المصرية قريبًا، دورًا حيويًّا في تقدم مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر من مرحلة "المشروعات التجريبية" إلى مرحلة "المشروعات التجارية الكبرى" التي تنبع من قرارات الاستثمار النهائي (FID)، إلا أن مجرد صدور هذه الاستراتيجية لن يكون، على الأرجح، بمثابة "المفتاح السحري" الذي يجعل مصر قادرة على تحقيق "قفزة كبرى" في مجال صناعة الهيدروجين الأخضر.

فمن الأهمية بمكان أن تقدم الحكومة المصرية أيضًا أكبر قدر ممكن من الحوافز والتيسيرات الضرورية لجذب الاستثمارات المحلية والأجنبية لمشروعات إنتاج الهيدروجين الأخضر من أجل تعظيم تنافسية الدولة المصرية في هذا المجال والاستفادة من الإمكانات الهائلة التي نمتلكها من مصادر الطاقة المتجددة والأراضي والخبرات والمهارات البشرية وغيرها .

وفي هذه الدراسة من "ملخص سياسات"، نلقي نظرة فاحصة على الأهداف المرغوبة من أجل التغلب على التحديات الستة المذكورة آنفا، ونستعرض معًا الحلول والإجراءات والسياسات العملية التي كشفتها التجارب العالمية من أجل تحقيق هذه الأهداف، بما يمثل تحفيزًا كبيرًا ودفعة قوية لجذب وتشجيع الاستثمارات في مشروعات الهيدروجين الأخضر. وفي نهاية الدراسة، يوجد جدول نلخص فيه خريطة طريق لتحفيز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر، مع الإشارة إلى جهات التنفيذ، والمدد الزمنية للتنفيذ.

ثانيًا:
تحديات وأهداف وحوافز تشجيع مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر

H_2
Hydrogen

التحدي الأول: ارتفاع تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر

الهدف ١: إزالة حواجز التكلفة والتنظيم لإنتاج الهيدروجين الأخضر بتكلفة ميسورة

أ - **دعم وتشجيع مشروعات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة** من أجل مساندة مطوري مشروعات الهيدروجين .

ب- **خفض أسعار الكهرباء المستخدمة خصيصًا للتحليل الكهربائي للمياه**. ويمكن أيضًا إعفاء المحللات الكهربائية من الضرائب والرسوم، وبحث إمكانية استخدام الكهرباء في أوقات عدم الذروة وبالتالي خفض أسعارها.

ج- **تسهيل عمل رواد الأعمال من أجل زيادة قدرات توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة**، من خلال تقديم إعفاءات ضريبية وحوافز مالية لتقليل المخاطر في بداية الأعمال. وقد وضع كل من هولندا ، وولاية كاليفورنيا الأمريكية، حوافز مشجعة للغاية من أجل مطوري مشروعات الهيدروجين الأخضر في هذا الخصوص .

د- **خفض تكاليف الاستثمار في مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية من خلال توفير المنح والقروض الميسرة**، وذلك للتغلب على ارتفاع تكلفة هذه المحللات في الوقت الحالي. ويمكن أن يكون ذلك عن طريق:

١) إنشاء صناديق أو خطوط ائتمان مخصصة للهيدروجين الأخضر أو تحديد حصص صريحة للهيدروجين الأخضر من حزم اقتصادية وابتكارية أوسع.

٢) تقديم قروض ميسرة بشروط مواتية لتصنيع المحللات الكهربائية (فترة السماح، وسعر الفائدة، وفترة الاسترداد).

٣) النظر في استخدام المنح والقروض القابلة للتحويل للحد من مخاطر مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية.

٤) تقديم الدعم لخفض تكاليف بناء المشروعات.

٥) تعزيز تبادل المعرفة بين المؤسسات المالية لتسهيل فهم مخاطر المشروعات وتدابير التخفيف.

ومن التجارب المهمة في هذا الخصوص ما قدمته الحكومة الألمانية من دعم للمشروعات المهمة ذات المصلحة الأوروبية المشتركة (Important Project of Common European Interest, IPCEI)، والذي شمل مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية بقدرة ٢ جيجاوات ، وكذلك الدعم الذي قدمته الحكومة الهولندية لمثل هذه المشروعات أيضًا، والذي شمل مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية بقدرة ٢,٢ جيجاوات بحلول عام ٢٠٢٥ و٤,٦ جيجاوات بحلول عام ٢٠٣٠. كذلك، قامت إدارة الرئيس الأمريكي "جو بايدن" بتخصيص ٩,٥ مليارات دولار لهذه المشروعات في قانون البنية التحتية في الولايات المتحدة . ومن ناحية أخرى، يدعم برنامج مساعدات الطاقة في فنلندا ما يصل إلى ٤٠٪ من الاستثمارات في مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية. كذلك، يوفر البرنامج الوطني للابتكار في مجال تكنولوجيا خلايا الوقود والهيدروجين في ألمانيا تمويلًا يصل إلى ٤٥٪ من تكلفة هذه المشروعات. كذلك،

أطلقت الحكومة الألمانية مبادرة H2Global وهي عبارة عن مزاد مزدوج بأموال إجمالية قدرها ٩٠٠ مليون يورو . وتهدف هذه المبادرة إلى تشجيع مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية ذات الحجم الذي لا يقل عن ١٠٠ ميجاوات، مما سوف يسمح بإنتاج محللات كهربائية بما يصل إلى ٥٠٠ ميجاوات.

هـ- الحصول على دعم مالي من الدول المستوردة المحتملة لتمويل مشروعات تصنيع واستيراد المحللات الكهربائية والمشروعات الأساسية للمرافق التجارية: حيث تعد المشروعات التجارية الأولى للهيدروجين الأخضر أكثر خطورة بسبب عدم نضج التكنولوجيا المستخدمة، وعدم اليقين بشأن الطلب، وارتفاع تكاليف الإنشاء. وفي هذا الصدد، يمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تحديد فجوة التمويل للمرافق التجارية مع الأخذ في الاعتبار برنامج البحث والتطوير وتحسين التكنولوجيا بمرور الوقت.

٢) إنشاء صناديق خاصة لمشروعات الهيدروجين الأخضر أو خطوط ائتمان مخصصة للتسهيلات التجارية المتعلقة بالهيدروجين الأخضر.

٣) تلقي قروض ميسرة بشروط مواتية (مثل فترة السماح، وسعر الفائدة، وفترة السداد) للتسهيلات التجارية.

٤) النظر في استخدام المنح والقروض القابلة للتحويل للحد من مخاطر المشروع.

ومن اللافت للنظر في التجارب العالمية في هذا السياق، أن اليابان خصصت ٣ مليارات دولار لتمويل سلسلة توريد واسعة النطاق من الهيدروجين الأخضر . كما نص قانون الاستثمار في البنية التحتية والوظائف في الولايات المتحدة على تخصيص ٨ مليارات دولار لتمويل المراكز الإقليمية للهيدروجين النظيف، والتي يمكن أن تعمل كمراكز تجارية في المستقبل . كذلك من النماذج المضيئة في هذا السياق مشروع HySTRA (سلسلة توريد الهيدروجين السائل من أستراليا إلى اليابان)، والذي يتلقى تمويلًا من كلتا الحكومتين .

الهدف ٢: نشر آليات لتسريع الطلب على الهيدروجين الأخضر

أ- إنشاء منصة شاملة one-stop-shop لتمويل مشروعات الهيدروجين الأخضر، على أن تضم هذه المنصة كلًّا من مطوري هذه المشروعات، وممثلي مؤسسات التمويل العامة والخاصة والإنمائية. وسوف تكون هذه المنصة مفيدةً في تحقيق التواصل والتفاعل المستمر بين صانعي السياسات ومطوري المشروعات، بما يضمن جذب التمويل وتقديم المساعدة الفنية لتطوير المشروعات وإعداد الوثائق وغيرها.

ولعل من أهم التجارب العالمية لتكوين مثل هذه المنصات تلك التي أنشأها الاتحاد الأوروبي تحت اسم "بوصلة التمويل العام للهيدروجين" أو Hydrogen Public Funding Compass . وكذلك توجد منصة مهمة أخرى أنشأتها الوكالة الدولية للطاقة المتجددة تحت اسم Project Navigator لمشروعات الطاقة المتجددة .

ب- **تقديم الحوافز المالية لمستهلكي ومنتجي السلع الخضراء الأكثر تكلفة، مثل الصلب الأخضر والأسمدة الخضراء.** وفي هذا الصدد، يشار إلى أن الحكومة البريطانية تقدم حوافز ضريبية تصل إلى ١٠٠ في المائة لجميع أنواع الشركات التي تقوم بالاستثمار في معدات جديدة لتوفير الطاقة في السنة الضريبية نفسها التي يتم فيها الشراء . كذلك، توفر منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية تقييمًا مهمًّا عن أثر الضرائب على المنتجات النهائية، مشيرة إلى نصائح مهمة لصانعي القرار في هذا الصدد .

ج- **تنفيذ عقود الكربون مقابل الفروقات Carbon Contracts for Difference (CCfD).** وهذه العقود توفر قدرًا من اليقين بشأن استرداد التكاليف الإضافية التي ينفقها مستهلكو الهيدروجين الأخضر، من خلال دفع الفرق بين سعر سوق الكربون وسعر التنفيذ المتفق عليه . وفي هذا السياق، من الضروري ضمان وجود آلية تسعير مناسبة لثاني أكسيد الكربون أو وجود نظام تداول للانبعاثات للصناعات المستهدفة. ومن المهم أيضًا إشراك أصحاب المصلحة في الصناعة في تصميم هذه العقود CCfD.

ومن التجارب الدولية المهمة في هذا الصدد ما يلي: إعلان ألمانيا في استراتيجيتها للهيدروجين أنها ستطلق برنامجًا تجريبيًّا جديدًا لعقود الكربون مقابل الفروق (CCfD) لدعم استخدام الهيدروجين في صناعات الصلب والكيماويات . كذلك، يوفر مخطط دعم الطاقة المستدامة SDE ++ بهولندا دعمًا للهيدروجين الأخضر بشكل مماثل لعقد CCfD . وتتبع الحكومة البريطانية أيضًا ما يعرف بعقود الفروق Contracts for Difference (CfD) لتوليد الكهرباء منخفضة الكربون.

د- **توضيح استخدام الهيدروجين في الملصقات البيئية على المنتجات الخضراء.** وتشتمل هذه الملصقات على المعلومات البيئية المرتبطة بمراحل دورة حياة هذه المنتجات المختلفة من استخراج الموارد إلى التصنيع والتجميع والتوزيع والاستخدام والتخلص وإعادة التدوير. وقد طبق كل من ألمانيا والمملكة المتحدة هذا الأمر من أجل تشجيع الطلب على السلع الخضراء. كما قامت الحكومة اليابانية أيضًا بتنفيذ برنامج Ecoleaf في عام ٢٠٠٢ كوسيلة للترويج لنمط حياة واعٍ بالبيئة بين السكان اليابانيين من خلال السلع والخدمات الصديقة للبيئة. كذلك، تطبق الجمعية العالميَّة للصلب معايير بيئية مهمة في هذا الخصوص، كما توجد أيضًا معايير الأيزو ٢٠٩١٥ الخاصة بالانبعاثات المتسببة في ارتفاع درجة حرارة الأرض.

التحدي الثاني: محدودية الطلب:

الهدف ٣: خلق طلب كافٍ على الهيدروجين الأخضر من أجل تحقيق جدوى المشروعات

أ- **تحديد التطبيقات عالية القيمة / الكفاءة، وتحديد أهداف استخدام الهيدروجين الأخضر فيها، بما يتماشى مع هدف تحقيق صافي صفر انبعاثات كربونية.** وذلك من خلال مقارنة جدوى تكنولوجيا الهيدروجين الأخضر مقارنة بالتكنولوجيات المنافسة الأخرى (الكهرباء على سبيل المثال) للتوصل إلى الخيار التكنولوجي الكفء، على أن يتبع ذلك تحديد أهداف واضحة للتنفيذ.

ويشار إلى أن التجارب العالمية في هذا الصدد تبرز أن الاستراتيجيات الوطنية في إسبانيا وألمانيا والبرتغال قد أكدت أن قطاع الصناعة هو القطاع الأهم بالنسبة لنشر مشروعات الهيدروجين الأخضر. واعتبر الاتحاد الأوروبي الهيدروجين ضروريًا لقطاعي النقل الثقيل والنقل الطويل . كما طور المنتدى الاقتصادي العالمي إطارًا كليًا يقيم النتائج الاقتصادية والبيئية والاجتماعية والتقنية لحلول الطاقة المحتملة، ومنها الهيدروجين، فيما يعرف بـــ "تحليل قيمة النظام" System Value Analysis.

ب- **تحفيز تنمية وديان الهيدروجين hydrogen valleys، والتي تتميز بالقرب الجغرافي بين مواقع الإنتاج والاستهلاك.** ويمكن تحقيق ذلك عن طريق تحديد المجموعات أو القطاعات الصناعية المستهدفة من أجل خفض انبعاثاتها الكربونية من خلال استخدام الهيدروجين الأخضر، وتحديد الأهداف والإجراءات الخاصة بهذه الوديان.

ومن التجارب العالمية الملهمة في هذا الصدد، قيام هولندا بتحديد مسار صافي صفر انبعاثات باستخدام الهيدروجين الأخضر لستة تجمعات صناعية . وإصدار الحكومة البريطانية في مارس ٢٠٢١ استراتيجية إزالة الكربون من القطاع الصناعي من خلال الهيدروجين الأخضر . ومن جهتها، خصصت الإدارة الأمريكية للرئيس جو بايدن ٨ مليارات دولار من قانون الاستثمار والوظائف في البنية التحتية لمشروعات نزع الكربون باستخدام الهيدروجين الأخضر لأربعة محاور صناعية . وتوفر منصة Mission Innovation's Hydrogen Valley نظرة ثاقبة على أودية الهيدروجين الأكثر تطورًا وطموحًا في العالم .

ج- **زيادة المشتريات الحكومية والعامة من المنتجات التي تستخدم الهيدروجين الأخضر.** ويتطلب ذلك وضع حد أدنى من متطلبات شراء المنتجات الخضراء في عمليات شراء الهيئات الحكومية والعامة.

ويعد برنامج One Planet Network للمشتريات العامة المستدامة SPP، والتابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة ، وقانون كاليفورنيا للشراء النظيف (BCCA) من أهم التجارب الدولية الملهمة في هذا الخصوص.

د- تسريع استخدام الهيدروجين الأخضر في التطبيقات الصناعية. ويكون ذلك من خلال عدة طرق، لعل من أبرزها: فرض الإدخال التدريجي للهيدروجين الأخضر في مزيج الوقود المستخدم في الصناعة مع مرور الوقت، وتوفير القروض الميسرة والمنح لهذا الغرض، وفرض ضرائب الكربون.

ومن أهم التجارب العالمية في هذا الخصوص تلك المرتبطة بهدف الاتحاد الأوروبي إنشاء ١٠٠ واد للهيدروجين بحلول عام ٢٠٣٠ للوصول إلى سعر ٢ دولار/كجم من الهيدروجين الأخضر . كذلك قامت الحكومة البريطانية بإنشاء صندوق خاص بقيمة ٢٢٠ مليون جنيه إسترليني لتحويل الطاقة في القطاع الصناعي . كما تم تخصيص ٨ مليارات دولار من جانب قانون الاستثمار والوظائف في البنية التحتية في الولايات المتحدة لإقامة أربعة محاور هيدروجين حتى عام ٢٠٢٦ .

هـ – تحديد أهداف واضحة بشأن التسهيلات المطلوبة لتداول الهيدروجين الأخضر على الصعيد الدولي. ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

١) تحديد حجم الإنتاج الأمثل لمشروعات الهيدروجين الأخضر (التي تحقق وفورات الحجم).

٢) تقييم الحد الأقصى للحجم التجاري في كل مرحلة من مراحل سلسلة إمداد الهيدروجين الأخضر (التحويل، والتخزين، والسفن المستخدمة في النقل، وإعادة التحول).

٣) تحديد الأهداف المحتملة لتجارة الهيدروجين (لإعطاء اليقين للمستثمرين من إمكانات السوق).

٤) العمل عن كثب مع الشركات المصنعة معدات لمشروعات الهيدروجين الأخضر للوصول إلى تصميم موحد للمشروعات الكبرى.

٥) المشاركة في المبادرات العالمية التي توفر فرصة اللقاء بين المنتجين والمستهلكين، مما يسهم في إنجاح المشروعات التجريبية وعملية التوسع المستقبلية لمشروعات الهيدروجين الأخضر.

وفي هذا السياق، يعد مشروع استيراد الهيدروجين إلى هولندا باستخدام حاملات الهيدروجين السائل العضوي liquid organic hydrogen carrier (LOHC)، والذي يهدف إلى شراء ما بين ١٠٠ إلى ٢٠٠ ألف طن سنويًا بحلول ٢٠٢٥ و٣٠٠–٤٠٠ ألف طن سنويًا بحلول عام ٢٠٣٠، إحدى التجارب المهمة في هذا السياق . كذلك، يهدف مشروع Hystra في اليابان لاستيراد الهيدروجين الأخضر على نطاق تجاري بحلول عام ٢٠٣٠ . كما تستهدف روسيا تصدير ٢٠٠ ألف طن سنويًا بحلول عام ٢٠٢٤ و٢ مليون طن بحلول عام ٢٠٣٥ .

و– تحديد قواعد السوق والتشغيل لتداول الهيدروجين الأخضر (بما في ذلك مشتقات الهيدروجين الأخضر).

ومن التجارب الدولية المهمة في هذا الصدد، إنشاء بورصة دويتش Deutsche Boerse مؤشرًا خاصًا تحت اسم مجموعة عمل تبادل الطاقة الأوروبية European Energy Exchange AG (EEX)، وذلك من أجل تداول الهيدروجين الأخضر. ويشار إلى أن هذه المجموعة تهدف إلى تسريع تداول الهيدروجين الأخضر ومشتقاته من خلال التركيز على الشفافية والمؤشرات والمعايير . كما توفر قاعدة بياناتS&P Platts الخاصة بأسعار الهيدروجين الأخضر والأزرق في عدة دول مؤشرًا جيدًا أيضًا في هذا الخصوص .

ز– توقيع مذكرات تفاهم مع دول الاستيراد المحتملة للهيدروجين الأخضر إما لجذب التمويل لإقامة المشروعات التجريبية، أو لبدء مشروعات محددة لتجارة الهيدروجين، أو لنقل التكنولوجيا وتبادل المعرفة. وفي هذا السياق، يمكن اتباع الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تحديد الدول المستوردة المحتملة، والتي يمكنها استيراد الهيدروجين الأخضر على نحو مستدام.

٢) طلب التعاون مع الدول المستوردة في مشروعات الهيدروجين الأخضر، من خلال التمويل وتبادل البحث والتطوير.

٣) توقيع مذكرات تفاهم مع شركات الاستيراد والموانئ في الدول المستوردة المحتملة.

الهدف ٤: تقليل استهلاك الوقود الأحفوري

أ- **التخلص التدريجي من التقنيات القائمة على الوقود الأحفوري في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، والتي يصعب التخفيف فيها (مثل صناعة الصلب، والأسمدة والكيماويات وغيرها)**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال:

١) وضع خريطة طريق وطنية للتخلص التدريجي من كل تقنيات الوقود الأحفوري.

٢) تقييم التقنيات البديلة لتحل محل تلك التي سيتم التخلص منها في القطاع الصناعي لاعتمادها على الوقود الأحفوري.

٣) اشتراك اللاعبين الرئيسين في الصناعة وواضعي السياسات في تطوير استراتيجية التخلص التدريجي من الكربون في قطاعات الاستهلاك المختلفة.

ومن التجارب العالمية الملهمة في هذا السياق ما أعلنته الحكومة البريطانية، على سبيل المثال، أنه بحلول عام ٢٠٢٥، سيتم حظر تركيب غلايات الغاز والنفط في جميع المنازل الجديدة ، وبدلًا من ذلك سيتم تسخينها ببدائل منخفضة الكربون . وهو الأمر الذي حدث من قبل في هولندا، والتي بدأت في عدم السماح للمنازل الجديدة باستخدام غلايات الغاز منذ عام ٢٠١٧، وتخطط الحكومة الهولندية للتخلص الكامل من استخدام الغاز في المنازل بالتدريج حتى حلول عام ٢٠٥٠. ويشار إلى أنه بحلول يونيو ٢٠٢١، أعلنت العديد من الدول عن حظر صريح لكل المركبات التي تعمل بالاحتراق الداخلي ICE أو وضعت أهدافًا للوصول إلى نسبة ١٠٠٪ من المركبات عديمة الانبعاثات في الفترة من عامي ٢٠٣٠ و٢٠٥٠ .

ب- **وضع أهداف محددة لاستخدام الهيدروجين الأخضر في القطاعات الاستهلاكية الكبيرة (على سبيل المثال، في إنتاج الأسمدة الخضراء، والصلب الأخضر)**.

ومن الأمثلة المهمة في هذا السياق، إعلان إسبانيا في استراتيجية الهيدروجين الخاصة بها أن الهيدروجين الأخضر سوف يمثل نسبة لا تقل عن ٢٥ في المائة في كل القطاعات الصناعية من إجمالي إنتاج الهيدروجين فيها بحلول عام ٢٠٣٠ . وفي قطاع النقل، اقترح قانون الطيران الجديد في الاتحاد الأوروبي أن يتم وضع أهداف محددة لاستخدام وقود الطيران المستدام، وخاصة الهيدروجين، في الفترة بين عامي ٢٠٢٥ و٢٠٥٠ .

ج- **تطبيق ضريبة الكربون لتعزيز نشر السلع الخضراء (خاصة الصلب والأسمدة والكيماويات)**. ومن التجارب المهمة في هذا الصدد، تجربة الاتحاد الأوروبي في فرض ضريبة Carbon Border Adjustment وتجربة كاليفورنيا في قطاع الكهرباء.

الهدف ٥: التركيز على استخدام الهيدروجين الأخضر في الشاحنات الثقيلة

أ- **توسيع نطاق الشراكة بين القطاعين العام والخاص لتشمل استخدام الهيدروجين الأخضر في الشاحنات الثقيلة والتوسع في محطات إمداد وتوزيع الهيدروجين الأخضر**، على أن تشمل هذه الشراكة أصحاب المصلحة المعنيين (مثل مصنعي الشاحنات الثقيلة).

ومن التجارب العالمية البارزة في هذا المجال: نقل اليابان الهيدروجيني Japan Hydrogen Mobility وشراكة خلايا الوقود في كاليفورنيا California Fuel Cell Partnership وشراكة الهيدروجين لدول الشمال Nordic Hydrogen Partnership ، ومبادرات النقل الهيدروجيني Hydrogen Mobility في المملكة المتحدة وهولندا وسويسرا ، ومبادرة HyNet في كوريا الجنوبية، وشراكة الطاقة النظيفة Clean Energy Partnership في ألمانيا ، وتحالف شاحنات المليون ميل خلية وقود Million Mile Fuel Cell Truck في الولايات المتحدة ، والتحالف الأوروبي للشاحنات النظيفة European Clean Trucking Alliance في الاتحاد الأوروبي.

ب- **تحديد أهداف لشاحنات النقل الثقيل خالية الانبعاثات ZEV، مما يساهم في زيادة استخدامها**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تحديد واحد على الأقل من الإجراءات الثلاثة التالية: (أ) موعد واضح ومحدد لمنع استخدام الوقود الأحفوري في الشاحنات الثقيلة والحافلات. (ب) فرض معايير خفض ثاني أكسيد الكربون حتى تصل إلى الصفر. (ج) إعلان حصة المبيعات المستهدفة للشاحنات خالية الانبعاثات.

٢) تقديم حوافز مالية إلى موفري البنية التحتية، وإمدادات الوقود، ومحطات التوزيع وغيرها.

٣) تحسين أداء خلايا الوقود بما يتماشى مع الجدول الزمني للتوسع في استخدام شاحنات النقل الثقيل خالية الانبعاثات.

٤) إنشاء منصة لتجميع مصنعي الشاحنات، وموردي الوقود، ومحطات التزود بالوقود.

ولعل من أهم التجارب العالمية في هذا الخصوص، ما يلي:

- لائحة تنظيم الشاحنات النظيفة في كاليفورنيا، والتي تستهدف التخلص التدريجي من الشاحنات الملوثة للبيئة .
- الخطة الرئيسة للتنقل ٢٠٣٠ في النمسا، والتي تستهدف أن تكون مبيعات المركبات خالية الانبعاثات ZEV في الشاحنات الثقيلة بنسبة ١٠٠٪ بحلول عام ٢٠٣٥ .
- ميثاق سياسة التنقل الكهربائي في الرأس الأخضر، والذي يستهدف أن تصل مبيعات الشاحنات المتوسطة والثقيلة الخالية من الانبعاثات إلى نسبة ١٠٠٪ بحلول عام ٢٠٣٥ .
- مذكرة تفاهم (خلال COP26) لـ ١٥ دولة تعمل معًا على ١٠٠٪ مبيعات المركبات خالية الانبعاثات ZEV بحلول عام ٢٠٤٠ .

ج- **تقليل التكلفة الرأسمالية للشاحنات / الحافلات التي تعمل بخلايا الوقود، من خلال الحوافز المتعددة مثل الخصومات، والإعانات، والإعفاءات الضريبية والجمركية على خلايا الوقود ومبيعات الشاحنات والحافلات**. وتعد هذه الحوافز ضرورية للغاية بسبب قلة أحجام التصنيع الحالية لخلايا الوقود.

ومن أهم التجارب العالمية في هذا الصدد ما يلي:

- دعم شراء الحافلات والشاحنات التي تعمل بخلايا الوقود في ١٢ دولة أوروبية .
- تقدم المملكة المتحدة دعمًا بنسبة ٧٥٪ من فرق التكلفة الاستثمارية للحافلات التي تعمل بخلايا الوقود FCEV والحافلات التي تعمل بالديزل EuroV1.
- توفر فرنسا دعمًا قيمته ٥٠ ألف يورو للمركبات الثقيلة و٣٠ ألف يورو للحافلات.
- تقدم السويد دعمًا للهيدروجين الأخضر قيمته ١٠٪ للحافلات و٢٠٪ للشاحنات الثقيلة.

التحدي الثالث: البنية التحتية:

الهدف ٦: ضمان وجود مرافق البنية التحتية، بما في ذلك مرافق النقل والتخزين والتحويل والتجارة

أ- **توضيح حوكمة شبكة نقل الهيدروجين**. حيث سيتطلب إدخال الهيدروجين في شبكات الغاز الحالية إحداث تغييرات في اللوائح التنظيمية الحالية لهذه الشبكات. ولذلك من الضروري القيام بالإجراءات التالية:

١) وضح المبادئ التنظيمية لنقل الهيدروجين في أسرع وقت ممكن لتوضيح ما الجهة المنوط بها تنظيم عمل شبكة النقل، وكيف سينظم الوصول إلى الشبكة.

٢) تنفيذ قواعد التدرج في تنظيم البنية التحتية لنقل الهيدروجين بعد تطور السوق.

٣) مراقبة تطور السوق للحفاظ على الوصول العادل لشبكة النقل، وتجنب إساءة استخدام الشبكة.

ومن التجارب العالمية المهمة في هذا الصدد، ما تقوم به الوكالة الأوروبية لتعاون منظمي الطاقة ACER، والتي تقدم إرشادات حول كيفية إدارة شبكات الكهرباء والغاز ، فضلًا عن كيفية إدارة شبكة الهيدروجين . كذلك، وافقت الحكومة الألمانية، في أوائل عام ٢٠٢١، على تشريع ينظم البنية التحتية للهيدروجين، مشيرة إلى أنه سيتم تنظيم البنية التحتية للغاز والهيدروجين بشكل منفصل .

ب- **وضع إطار تنظيمي مرن قابل للتعديل التدريجي مع مرور الزمن Regulatory Sandboxes بناءً على نضوج سوق الهيدروجين الأخضر، بدلًا من وضع نظام صارم من البداية قد يكون من شأنه عرقلة تطور هذه السوق في مصر**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال التعاون بين مطوري الأعمال وصانعي السياسات. وتسمح مثل هذه الاطر التنظيمية المرنة بإنشاء مشروعات الهيدروجين التجريبية فضلًا عن المساعدة في تطوير اللوائح التنظيمية في المستقبل. كما تسمح أيضًا بإنشاء صناديق لتمويل مشروعات الهيدروجين التجريبية المبكرة وجذب الاستثمارات من جانب القطاع الخاص.

ج- **دمج التخطيط طويل المدى للبنية التحتية للهيدروجين والكهرباء والغاز** لضمان إنشاء نظام طاقة شامل فعال. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الإجراءات التالية:

١) تخطيط ونمذجة متطلبات الطاقة والهيدروجين في المستقبل.

٢) التعرف على الحد الأدنى اللازم من البنية التحتية للهيدروجين لتلبية متطلبات الطاقة والهيدروجين في المستقبل.

٣) التخطيط للبنية التحتية اللازمة والضرورية 'no-regret' infrastructure بما يحقق الاستراتيجية الوطنية للطاقة والهيدروجين (خاصة فيما يتعلق بالموانى، ومحطات التحويل، وخطوط الأنابيب، وما إلى ذلك).

ويمكن تنفيذ ذلك من خلال التعاون بين الجهات الحكومية المختصة ومنظمي الطاقة ورجال الصناعة.

ومن التجارب العالمية الملهمة في هذا الخصوص ما يقوم به كل من ميناء روتردام الهولندي وميناء هامبورغ الألماني في مجالي تطوير محاور ومحطات الهيدروجين.

د- **تحديد معايير الجودة والتعاريف التي تسمح للبنية التحتية للهيدروجين أن تكون قابلة للتشغيل بين الدول**. ويمكن أن يتحقق ذلك عن طريق الإجراءات التالية:

١) الانخراط مع المستهلكين النهائيين لوضع معايير الهيدروجين ومعايير البنية التحتية للهيدروجين على طول سلسلة القيمة بما في ذلك النقل والاستخدام النهائي. (على سبيل المثال: تحديد الحد الأدنى لحجم خط الأنابيب الفولاذي، وضغوط التشغيل لنقل الهيدروجين، وضغوط التشغيل لتخزين الهيدروجين، ودرجة حرارة تشغيل الهيدروجين، إلخ).

٢) شمول معايير الجودة والتعاريف احتمالات مزج الهيدروجين.

٣) العمل مع هيئات وضع المقاييس من أجل تشكيل اللجان الفنية ولوضع المعايير الفنية، والتأكد من أن هذه المعايير متوافقة وقابلة للتشغيل المتبادل على مستوى مصر والاتحاد الأوروبي والمستوى الدولي.

ومن التجارب العالمية الرائدة في هذا المجال ما تقوم به جمعية الغاز والمياه الألمانية (DVGW)، التي تقود عدة مشروعات بحثية من أجل ضمان معايير الجودة عند استخدام الهيدروجين في شبكة الغاز الألمانية . كذلك، فإن مبادرة مجموعة الهيدروجين الأوروبية The European Hydrogen Backbone (EHB) initiative، والتي تتكون من ٣٢ شركة، تلعب أيضًا دورًا مهمًّا ورائدًا في مسألة وضع معايير البنية التحتية لنقل الهيدروجين .

هـ- **إنشاء حجم أكبر من البنية التحتية لإنتاج ونقل الهيدروجين اليوم للتأكد من أنها مناسبة للطلب والاستخدام في المستقبل**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تقييم التكلفة المتوقعة للبنية التحتية للهيدروجين، مع الأخذ في الاعتبار تكاليف رأس المال والتمويل في ظل افتراضات مختلفة.

٢) تصميم آليات لتمويل البنية التحتية للهيدروجين بحيث يتم التأكد من وجود بنية تحتية كافية لتلبية التجارة المستقبلية للهيدروجين بشكل موثوق.

٣) تقييم الخسائر المترتبة عن عدم وجود البنية التحتية اللازمة عند الحاجة.

٤) وضع المعايير المناسبة لتحديد كفاية الاستثمارات الضرورية للبنية التحتية للهيدروجين.

ومن التجارب الملهمة في هذا الخصوص ما قام به الاتحاد الأوروبي في مجال إنشاء البنية التحتية للطاقة، والتي تشتمل على العديد من الدروس المهمة بشأن تحديد حجم وقدرات هذه البنية بناءً على سيناريوهات العرض والطلب المستقبلية.

و- **المشاركة في تطوير ومواءمة البنية التحتية دوليًّا، وذلك لضمان أن تتناسب قدرات هذه البنية التحتية مع تنمية صناعة الهيدروجين الأخضر في مصر، وبالتالي استمرار التصدير مستقبلًا دون توقف**. ويمكن تحقيق ذلك باتباع الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تقسيم فرص التصدير على المدى الطويل إلى أهداف واضحة على المدى القصير.

٢) تطوير خطط البنية التحتية المصرية بما يتناسب مع نواقل الهيدروجين المختلفة.

٣) إدراج تمويل مشروعات تطوير البنية التحتية لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر كعنصر رئيس في اتفاقيات التعاون الدولي وبرامج تبادل المعرفة مع الدول الصديقة والشقيقة. (مثل اليابان وكوريا الجنوبية وألمانيا وهولندا والمغرب والإمارات العربية والسعودية وعمان وجنوب إفريقيا وغيرها). ويشار في هذا السياق إلى أن اليابان وكوريا الجنوبية وهولندا لديها أهداف محددة وواضحة لاستيراد الهيدروجين الأخضر، مما يسمح لشركاء التصدير المحتملين في مصر بالتخطيط وفقًا لذلك. فعلى سبيل المثال، تهدف اليابان إلى استيراد الهيدروجين بقدرة ٠,٣ مليون طن متري بحلول عام ٢٠٣٠ . كما تخطط كوريا الجنوبية للحصول على كمية من الهيدروجين تبلغ ٥,٣ ملايين طن متري بحلول عام ٢٠٤٠ . ويستهدف ميناء روتردام الهولندي استقبال تدفقات هيدروجين تبلغ ١,٢ مليون طن متري بحلول عام ٢٠٣٠ و٢٠ مليون طن متري بحلول عام ٢٠٥٠ (الثلث للاستخدام المحلي والثلثان للعبور إلى ألمانيا) .

٤) ضمان مشاركة القطاعين العام والخاص من مصر والعالم في المشروعات التجارية للهيدروجين الأخضر في مصر.

ومن التجارب الدولية المهمة والرائدة في هذا المجال منصة التحالف العالمي لموانئ الهيدروجين CEM Global Ports Hydrogen Coalition، والتي تعمل على تبادل المعرفة حول الأهداف والرؤى لتجارة الهيدروجين .

التحدي الرابع: المعايير والشهادات:

الهدف ٧: ضمان الوضوح بشأن كثافة الكربون في الهيدروجين الأخضر المنتج (وفي مشتقاته المتعددة) وتعزيز إجراءات السلامة والمعايير الفنية لمشروعات الهيدروجين عبر سلسلة القيمة

أ- تحديد المعايير الفنية للأجزاء الأخرى من سلسلة القيمة خارج مرحلة الإنتاج للهيدروجين الأخضر (أي تلك التي تتعلق بالنقل والتخزين والتحويل). ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) الاشتراك مع المستخدمين النهائيين لوضع معايير للهيدروجين الأخضر في حالات الاستخدام الصناعي على طول سلسلة القيمة. (مثل ضغوط التشغيل لنقل الهيدروجين، وظروف التشغيل لتخزين الهيدروجين وغيرها).

٢) العمل مع هيئات المقاييس والمعايير لتشكيل اللجان الفنية ووضع المعايير الفنية للهيدروجين الأخضر، والتأكد من أن هذه المعايير متوافقة مع الدول المستوردة، وقابلة للتشغيل البيني على المستوى الدولي.

ومن التجارب المهمة على الصعيد العالمي في هذا الخصوص ما يلي:

- فريق العمل المعني باللوائح والقواعد والمعايير والسلامة التابع للشراكة الدولية من أجل الهيدروجين وخلايا الوقود في الاقتصاد International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy .
- قاعدة بيانات المعايير التي أصدرها مرصد خلايا الوقود والهيدروجين Fuel Cells and Hydrogen Observatory.
- مجموعة العمل المعنية بالهيدروجين التابعة للجان الأوروبية لتوحيد المعايير CEN / CENELEC.
- لجان الهيدروجين التابعة للمنظمات التالية :

المنظمة الدولية للتوحيد القياسي International Organization for Standardization (ISO)

اللجنة الكهرتقنية الدولية International Electrotechnical Commission (IEC)

الجمعية الأوروبية للمقاييس European Committee for Standardization (CEN)

اللجنة الأوروبية للتقييس الكهروتقني European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC)

المنظمة الدولية للقياس القانوني International Organization of Legal Metrology (OIML)

الرابطة الوطنية للحماية من الحرائق National Fire Protection Association (NFPA)

- قواعد بيانات الرموز والمعايير الصادرة من وزارة الطاقة الأمريكية (EERE) وجمعية خلايا الوقود وطاقة الهيدروجين (FCHEA) في الولايات المتحدة .

ب- **تحديد المواصفات الفنية لمشتقات الهيدروجين (مثل الأمونيا والوقود الاصطناعي)**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) اشتراك الجهات الحكومية المعنية مع المستخدمين النهائيين لوضع مواصفات الهيدروجين ومشتقات الهيدروجين من أجل الاستخدام الصناعي (مثل جودة مشتقات الهيدروجين، إلخ).

٢) العمل مع هيئات المواصفات لتشكيل اللجان الفنية ووضع المعايير الفنية، والتأكد من أن هذه المعايير متوافقة وقابلة للتشغيل البيني على المستوى الدولي.

ومن أبرز التجارب العالمية الملهمة في هذا الصدد ما يلي:

- مجموعة عمل ISO / TC 47 التي تعمل على التوحيد القياسي في مجال الصناعة الكيميائية، حيث يمكن توسيع نشاط هذه المجموعة لتشمل مشتقات الهيدروجين الأخضر.
- تشمل مجموعة ISO 71.060.99 - فئة مواد كيميائية غير عضوية أخرى، وهي تغطي الأمونيا اللامائية المسالة للاستخدام الصناعي.
- إطار الإيكاو ICAO العالمي للطيران وأنواع الوقود البديلة ICAO Global Framework for Aviation and Alternative Fuels (GFAAF).

ج- **وضع معايير السلامة لمشتقات الهيدروجين الجديدة مثل الأمونيا والميثانول**. ويمكن تنفيذ ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تمويل البحث والتطوير لمعايير السلامة بشأن ناقلات الهيدروجين الجديدة.

٢) نشر الدروس المستفادة ومعايير السلامة الموجودة مسبقًا من صناعات الأمونيا والميثانول.

٣) تكييف معايير السلامة الحالية المختصة بنقل وتخزين الغاز الطبيعي لتلائم سلسلة قيمة الهيدروجين الأخضر.

٤) إنشاء مستودعات وأدوات لتسجيل وتتبع حوادث السلامة للتعلم منها.

ويمكن تنفيذ هذه الإجراءات بالتعاون بين هيئات المواصفات والمعايير المصرية والدولية.

ومن التجارب العالمية المهمة في هذا الصدد تجربة H2Tools، التي تدعمها وزارة الطاقة الأمريكية، والتي تعد بوابة رئيسة لدعم وضمان السلامة عند التعامل مع الهيدروجين الأخضر.

د- **وضع تعريفات واضحة لكثافة الكربون وحدودها لإنتاج الهيدروجين الأخضر في مصر**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) مواءمة مبادئ تصميم مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر مع المعايير الدولية.

٢) تطوير تعريف متوافق عليه للهيدروجين الأخضر.

٣) التمييز بشكل واضح بين معايير الاستدامة (الكمية) والتسميات (النوعية) لضمان الشفافية.

٤) السماح باعتماد الشحنات الأولى من الهيدروجين الأخضر في مصر حتى في حالة عدم استيفاء نظام الاعتماد الكامل.

ومن التجارب العالمية المهمة في هذا الصدد ما قامت به مبادرة الشراكة الدولية من أجل الهيدروجين وخلايا الوقود في الاقتصاد IPHE التي وضعت المعايير الدولية لمسارات إنتاج ونقل الهيدروجين . كذلك، حرصت الاستراتيجيات الوطنية في عدة دول مثل أستراليا ، والمملكة المتحدة ، على ضرورة إصدار شهادات منشأ للهيدروجين الأخضر. كما يسعى بعض المنظمات الخاصة أيضًا للعمل في مجال هذه الشهادات، ومنها على سبيل المثال مشروع سلسلة H2 من Acciona.

هـ- **التأكد من أن المشاركين في سوق الهيدروجين الأخضر العالمية يستخدمون نفس المنهجية والمعايير**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) التعاون مع هيئات ومنظمات المعايير الدولية للالتزام بالمعايير التقنية نفسها للهيدروجين الأخضر.

٢) توضيح القواعد المطلوبة للاعتراف بالهيدروجين الأخضر.

ومن التجارب المهمة في هذا السياق، منهجية IPHE لتحديد انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المصاحب لإنتاج الهيدروجين .

و- **تحديد معايير كثافة الكربون لمشتقات الهيدروجين (الأمونيا) والهيدروجين السائل.**

ومن التجارب المهمة في هذا الصدد ما تناولته مبادرة IPHE المذكورة في البند السابق، كما اقترحت أستراليا أيضًا نظامًا مبتكرًا في هذا الصدد .

ز- **تمديد عملية إصدار الشهادات لتشمل فئات التأثير البيئي على المياه، والكهرباء واستخدام الأراضي وغيرها من عوامل إضافية غير إنتاج الهيدروجين**. ويمكن أن يتحقق ذلك من خلال تحديد المعايير لقياس مثل هذه التأثيرات، وضمان قابليتها للتطبيق وقابليتها للمقارنة عبر جميع أشكال إنتاج الهيدروجين.

ومن التجارب العالمية الملموسة في هذا الخصوص ما قامت به مبادرة IPHE بشأن المعايير الدولية لإنتاج ونقل الهيدروجين ، والمقترح الأسترالي بشأن ضمانات المنشأ بشأن الهيدروجين الأخضر، ومعيار الهيدروجين الأخضر الذي قدمته منظمة الهيدروجين الأخضر Green Hydrogen Organisation، ويشتمل على التأثيرات البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG) والتوافق مع أهداف التنمية المستدامة (SDG) .

التحدي الخامس: مرحلة التطور في تصنيع المحللات الكهربائية:

الهدف ٨: تسريع عملية توسيع نطاق تصنيع المحللات الكهربائية لدفع وفورات الحجم

أ- **تحديد أهداف تصنيع المحللات الكهربائية لضمان توفر الثقة في السوق**. ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) وضع وتحديد هذه الأهداف ضمن استراتيجية الهيدروجين الوطنية، بعد التشاور مع رجال الصناعة.

٢) النص على أهداف طويلة الأجل في السياسة الصناعية الرئيسة لزيادة تصنيع المحللات الكهربائية من جانب المصانع العملاقة.

٣) رصد التقدم المحرز في تصنيع المحللات الكهربائية ومشاركة الدروس المستفادة من مواجهة التحديات التي تواجه هذا التصنيع.

٤) توفير خرائط طريق واضحة لمشروعات تصنيع المحللات الكهربائية لتوفير الثقة لمطوري هذه المشروعات.

ومن التجارب الملهمة في هذا الخصوص، إعلان شركة Thyssenkrupp في عام ٢٠٢٠ عن خطة لزيادة قدرتها الإنتاجية من المحللات الكهربائية لتصل إلى ١ جيجاوات / سنويًا . كذلك، استثمرت شركة Haldor Topsoe في مصنع لإنتاج المحللات الكهربائية من طراز SOEC بسعة إجمالية تبلغ ٥٠٠ ميجاوات / سنويًا، مع إمكانية زيادة هذه السعة إلى ٥ جيجاوات / سنويًا . كذلك، قد يكون من المفيد الاطلاع على دليل صنع السياسات الخاصة بإمدادات الهيدروجين الأخضر، والصادر عن الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (إيرينا)، وخاصة الصفحة ٢٧ .

ب- **تأمين سلاسل توريد مكونات المحللات الكهربائية (مثل الأغشية والأقطاب الكهربائية وما إلى ذلك)**، حيث يدخل في تصنيع وتشغيل المحللات الكهربائية العديد من المكونات المتخصصة والدقيقة، ويمكن أن يؤدي الاضطراب في سلسلة التوريد لأي من هذه المكونات إلى تعريض عمل المحللات الكهربائية للخطر والتوقف. ويمكن تحقيق ذلك من خلال عدد من الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تحديد مكونات المحلل الكهربائي الحرجة، أي ذات أحجام الإنتاج المنخفضة أو تلك التي لديها عدد محدود من الموردين.

٢) وضع استراتيجية للتعامل مع الاضطرابات المحتملة في سلسلة التوريد الخاصة بأي من هذه المكونات.

٣) إجراء تحليل التكلفة والعائد لزيادة القدرة المصرية على امتلاك هذه المكونات الحرجة.

٤) إنشاء منصة للتنسيق بين المصنعين والموردين لضمان التواصل الفعال بينهم.

٥) تحديد أهداف إنتاج محددة لمكونات المحللات الكهربائية الحرجة، بما يتماشى مع أهداف تصنيع هذه المحللات على المستوى المصري والاتحاد الأوروبي والعالم.

ومن التجارب العالمية المهمة في هذا الصدد خطة العمل المشتركة للابتكار في مجال تكنولوجيا التحليل الكهربائي HySpeedInnovation، والتي تهدف إلى تنسيق عمل منظمات البحث والتكنولوجيا في أوروبا لتسريع نشر المحللات الكهربائية ، وتحالف الهيدروجين النظيف Clean Hydrogen Alliance في أوروبا، والذي يعد منصة لتنسيق جهود الشركات ومصنعي المحللات الكهربائية .

ج- **تشجيع أتمتة (التشغيل الآلي) عمليات إنتاج المحللات الكهربائية، وزيادة كفاءة استخدام المواد الخام في عمليات الإنتاج (من خلال إعادة التدوير)**. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تحديد فرص أتمتة مكونات المحللات الكهربائية.

٢) وضع أهداف واضحة لاستخدام المواد الخام الحرجة في المحللات الكهربائية مع الانتباه إلى معادن مجموعة البلاتين (PGM) في المحلل الكهربائي لغشاء البوليمر polymer electrolyte membrane electrolysers.

٣) إعادة تدوير المعادن النبيلة من المحللات الكهربائية القديمة.

ومن التجارب العالمية الرائدة التي يمكن الاستفادة منها في هذا المجال:

- خطة عمل الاتحاد الأوروبي بشأن المواد الخام الحرجة، والتحالف الأوروبي للمواد الخام، والذي يتضمن مجموعة البلاتين PGM.
- معهد المواد الحرجة Critical Materials Institute في الولايات المتحدة، والذي يركز بشكل أكبر على العناصر الأرضية النادرة أكثر من مجموعة البلاتين PGM .
- تحالف H2NEW في الولايات المتحدة لتوسيع نطاق تصنيع المحللات الكهربائية .
- مشروع Gigastack في المملكة المتحدة .
- خريطة طريق HyTech لاستراتيجيات تفكيك المحللات الكهربائية وإعادة التدوير.

د- **تحديد وتوفير المهارات الأساسية للعمالة المطلوبة في مشروعات الهيدروجين الأخضر**، وذلك من أجل تجنب تعطل هذه المشروعات نتيجة نقص المواهب المتاحة.

ومن أهم التجارب العالمية في هذا الصدد "صفقة قطاع الرياح البحرية لعام ٢٠١٩ في المملكة المتحدة"، وهي استراتيجية لتحديد احتياجات المهارات الأساسية المطلوبة في جميع أنحاء القطاع، وتطوير المناهج الضرورية لبناء وتطوير هذه المهارات . ويوجد أيضًا مشروع الاتحاد الأوروبي NET-Tools، والذي يركز على تطوير أساليب جديدة للتعليم الإلكتروني حول موضوع الهيدروجين الأخضر . كذلك من المشروعات الرائدة في هذا المجال برنامج الاتحاد الأوروبي المعروف باسم TeachHy لتطوير قدرات العاملين في تكنولوجيا خلايا الوقود والهيدروجين .

التحدي السادس: التكنولوجيا:

الهدف ٩: التركيز على الابتكار والبحث والتطوير لتحسين التكنولوجيا المستخدمة في مشروعات الهيدروجين الأخضر

أ- التركيز على عمليات الابتكار والبحث والتطوير لتحسين الأداء التكنولوجي للمحللات الكهربائية.

ومن التجارب العالمية المهمة في هذا الصدد، تجربة التعهد المشترك لخلايا الوقود والهيدروجين FCH JU في الاتحاد الأوروبي ، وتحالف H2NEW الذي ترعاه وزارة الطاقة الأمريكية ، والأهداف التي وضعتها اليابان لرفع كفاءة المحللات الكهربائية ، والتمييز الذي وضعته وزارة الطاقة الأمريكية بين كفاءة المكدس مقابل كفاءة النظام، وبين الإنتاج اللامركزي مقابل الإنتاج المركزي.

ب- **نشر المشروعات التجريبية لبناء الخبرة وضمان جدوى المشروعات التجارية العملاقة.** ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تطوير مشروعات تجريبية للهيدروجين عبر سلسلة القيمة من خلال اتحادات الابتكار innovation consortia.

٢) تقديم الدعم المالي والفني لهذه الاتحادات.

٣) دعوة مؤسسات التمويل لرصد التقدم المحرز في المشروعات التجريبية، وبالتالي التأكد من خفض المخاطر المرتبطة بتمويل المرافق التجارية العملاقة للهيدروجين الأخضر.

ومن التجارب العالمية المهمة في هذه الصدد تجربة مجموعة أعضاء الابتكار Mission Innovation، وأسبوع الهيدروجين الأوروبي، والذي يلتقي خلاله ممثلو الصناعة الأوروبية وصانعو السياسات بالإضافة إلى العلماء والباحثين لمناقشة كل الأبعاد المرتبطة بمشروعات الهيدروجين الأخضر . كذلك، تعقد وزارة الطاقة الأمريكية سنويًا مؤتمر (AMR)، والذي من خلاله يتم تقديم ومناقشة مشروعات الهيدروجين الأخضر وخلايا الوقود التي تمولها وزارة الطاقة .

ج- **تحديد الاختناقات المحتملة طويلة الأجل في سلسلة التوريد لمشروعات الهيدروجين الأخضر، ووضع الحلول الممكنة لتجنبها عند الضرورة.** ويمكن تحقيق ذلك من خلال الإجراءات الرئيسة التالية:

١) تحديد العناصر الأساسية في سلسلة التوريد المرتبطة بمشروعات الهيدروجين الأخضر.

٢) العمل مع الهيئات الصناعية عبر سلسلة القيمة لتقييم متطلبات التصنيع والمهارات والمواد المطلوبة.

٣) تحديد أصحاب المصلحة أو الجهات الفاعلة في الصناعة الذين لديهم المال والخبرة المعرفية الطويلة.

٤) وضع سيناريوهات للقدرة التنافسية التصنيعية والاختناقات المحتملة في سلسلة التوريد ذات العلاقة بالهيدروجين الأخضر.

٥) إنشاء مجموعة عمل لتقييم التحديات التي تواجه مشروعات الهيدروجين الأخضر باستمرار مع نضوج سوق الهيدروجين الأخضر في مصر والعالم، مع تنفيذ التوصيات الصادرة عن هذه المجموعة.

ومن أبرز النماذج الرائدة عالميًّا في هذا المجال، تجربة الاتحاد الأوروبي، والذي قام، عن طريق التحالف الأوروبي للهيدروجين النظيف، بتحديد الجهات الفاعلة الرئيسة في صناعة الهيدروجين الأخضر، ومراكز المعرفة، وذلك من أجل تنسيق الجهود على المستوى الأوروبي، لضمان التنافسية، وتطوير القدرات الصناعية المحلية، وضمان الريادة التكنولوجية .

ثالثًا:

جدول خريطة طريق لتحفيز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر - جهات التنفيذ - المدد الزمنية للتنفيذ:

معالم أساسية.. خريطة طريق لتحفيز مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر

أهداف وحوافز تشجيع مشروعات الهيدروجين الأخضر في مصر

التحدي الأول: ارتفاع تكلفة الإنتاج:		
الهدف ١: إزالة حواجز التكلفة والتنظيم لإنتاج الهيدروجين		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ – دعم وتشجيع مشروعات إنتاج الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة الهيئة العامة للاستثمار والمناطق الحرة	في أقرب وقت ممكن
ب- خفض أسعار الكهرباء المستخدمة خصيصًا للتحليل الكهربائي للمياه	وزارة المالية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة	في المدى المتوسط
ج- تسهيل عمل رواد الأعمال من أجل زيادة قدرات توليد الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة الهيئة العامة للاستثمار والمناطق الحرة	في أقرب وقت ممكن
د- خفض تكاليف الاستثمار في مشروعات إنتاج المحللات الكهربائية من خلال توفير المنح والقروض الميسرة	وزارة الخارجية وزارة التعاون الدولي	في المدى القصير
هـ- الحصول على دعم مالي من الدول المستوردة المحتملة لتمويل مشروعات تصنيع واستيراد المحللات الكهربائية والمشروعات الأساسية للمرافق التجارية	وزارة الخارجية وزارة التعاون الدولي	في أقرب وقت ممكن

التحدي الأول: ارتفاع تكلفة الإنتاج:		
الهدف ٢: نشر آليات لتسريع الطلب على الهيدروجين الأخضر		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- إنشاء منصة شاملة لتمويل مشروعات الهيدروجين الأخضر	وزارة الخارجية وزارة التعاون الدولي	في أقرب وقت ممكن
ب- تقديم الحوافز المالية لمستهلكي ومنتجي السلع الخضراء الأكثر تكلفة	وزارة المالية	في المدى القصير
ج- تنفيذ عقود الكربون مقابل الفروقات	وزارة المالية وزارة الصناعة	في المدى القصير
د- توضيح استخدام الهيدروجين في الملصقات البيئية على المنتجات الخضراء	وزارة البيئة	في المدى المتوسط

التحدي الثاني: محدودية الطلب:		
الهدف ٣: خلق طلب كافٍ على الهيدروجين الأخضر من أجل تحقيق جدوى المشروعات		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- تحديد التطبيقات عالية القيمة / الكفاءة، ووضع أهداف معينة لاستخدام الهيدروجين فيها، بما يتماشى مع هدف تحقيق صافي صفر انبعاثات كربونية	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وزارة البترول والثروة المعدنية	في المدى القصير
ب- تحفيز تنمية وديان الهيدروجين hydrogen valleys	وزارة الصناعة الهيئة العامة للاستثمار والمناطق الحرة، الهيئة العامة للمنطقة الاقتصادية لقناة السويس	في المدى القصير
ج- زيادة المشتريات العامة للمنتجات الخضراء التي تستخدم الهيدروجين الأخضر	وزارة المالية	في المدى المتوسط
د- تسريع استخدام الهيدروجين الأخضر في التطبيقات الصناعية	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية وزارة التجارة والصناعة	في المدى المتوسط
هـ- تحديد أهداف واضحة بشأن التسهيلات المطلوبة لتداول الهيدروجين الأخضر على الصعيد الدولي	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وزارة البترول والثروة المعدنية وزارة الخارجية	في المدى القصير
و- تحديد قواعد السوق والتشغيل لتداول الهيدروجين (بما في ذلك المشتقات).	وزارة التجارة والصناعة	في المدى المتوسط
ز- توقيع مذكرات تفاهم مع دول الاستيراد المحتملة للهيدروجين الأخضر	وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وزارة البترول والثروة المعدنية وزارة الخارجية وزارة التجارة والصناعة	في أقرب وقت ممكن

التحدي الثاني: محدودية الطلب:		
الهدف ٤: تقليل استهلاك الوقود الأحفوري		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- التخلص التدريجي من التقنيات الصناعية القائمة على الوقود الأحفوري في القطاعات التي يصعب التخفيف فيها (مثل صناعة الصلب، وغيرها)	وزارة البيئة وزارة التجارة والصناعة	في المدى المتوسط
ب- وضع أهداف محددة لاستخدام الهيدروجين الأخضر في القطاعات الاستهلاكية الكبيرة (على سبيل المثال، في إنتاج الأسمدة الخضراء، والصلب الأخضر)	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية وزارة التجارة والصناعة	في المدى المتوسط
ج- تطبيق ضريبة الكربون	وزارة المالية	في المدى الطويل

التحدي الثاني: محدودية الطلب:		
الهدف ٥: التركيز على استخدام الهيدروجين الأخضر في الشاحنات الثقيلة		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- توسيع نطاق الشراكة بين القطاعين العام والخاص لتغطية الشاحنات الثقيلة وعمليات إمداد وتوزيع الهيدروجين	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية صندوق مصر السيادي الهيئة العامة للاستثمار والمناطق الحرة	في المدى المتوسط
ب- تحديد أهداف لشاحنات النقل الثقيل خالية الانبعاثات ZEV، مما يساهم في زيادة استخدامها	وزارة البترول والثروة المعدنية وزارة النقل	في المدى المتوسط
ج- تقليل التكلفة الرأسمالية للشاحنات / الحافلات التي تعمل بخلايا الوقود	وزارة المالية	في المدى المتوسط

التحدي الثالث: البنية التحتية:		
الهدف ٦: ضمان وجود مرافق البنية التحتية، بما في ذلك مرافق النقل والتخزين والتحويل والتجارة		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- توضيح حوكمة شبكة نقل الهيدروجين	جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز	في المدى القصير
ب- وضع إطار تنظيمي مرن قابل للتعديل التدريجي مع مرور الزمن	جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز	في المدى القصير
ج- دمج التخطيط طويل المدى للبنية التحتية للهيدروجين والكهرباء والغاز	جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز	في المدى القصير
د- تحديد معايير الجودة والتعاريف التي تسمح للبنية التحتية للهيدروجين بأن تكون قابلة للتشغيل بين الدول	جهاز تنظيم أنشطة سوق الغاز	في المدى القصير
هـ- إنشاء حجم أكبر من البنية التحتية لإنتاج ونقل الهيدروجين اليوم للتأكد من أنها مناسبة للطلب والاستخدام في المستقبل	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية صندوق مصر السيادي الهيئة العامة للاستثمار والمناطق الحرة	في المدى المتوسط
و- المشاركة في تطوير ومواءمة البنية التحتية دوليًا، خاصة بالنسبة للموانئ على سبيل المثال.	وزارة النقل وزارة الخارجية	في المدى المتوسط

التحدي الرابع: المعايير والشهادات:		
الهدف ٧:ضمان الوضوح بشأن كثافة الكربون في الهيدروجين الأخضر المنتج (وفي مشتقاته المتعددة) وتعزيز إجراءات السلامة والمعايير الفنية لمشروعات الهيدروجين عبر سلسلة القيمة		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- تحديد المعايير الفنية للأجزاء الأخرى من سلسلة القيمة خارج الإنتاج (النقل والتخزين والتحويل)	وزارة الصناعة وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وزارة البترول والثروة المعدنية	في المدى القصير
ب- تحديد المواصفات الفنية لمشتقات الهيدروجين (مثل الأمونيا والوقود الاصطناعي)	وزارة الصناعة وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وزارة البترول والثروة المعدنية	في المدى القصير
ج- وضع معايير السلامة لمشتقات الهيدروجين الجديدة مثل الأمونيا والميثانول	وزارة الصناعة وزارة الكهرباء والطاقة المتجددة وزارة البترول والثروة المعدنية	في المدى القصير
د- وضع تعريفات واضحة لكثافة الكربون وحدودها لإنتاج الهيدروجين الأخضر	وزارة البيئة	في المدى القصير
هـ- التأكد من أن المشاركين في سوق الهيدروجين الأخضر العالمية يستخدمون نفس المنهجية والمعايير.	وزارة البيئة	في المدى القصير
و- تحديد معايير كثافة الكربون لمشتقات الهيدروجين (الأمونيا) والهيدروجين السائل	وزارة البيئة	في المدى القصير
ز- تمديد عملية إصدار الشهادات لتشمل فئات التأثير البيئي على المياه، والكهرباء واستخدام الأراضي وغيرها من عوامل إضافية غير إنتاج الهيدروجين	وزارة البيئة	في المدى المتوسط

التحدي الخامس: مرحلة التطور في تصنيع المحللات الكهربائية:		
الهدف ٨: تسريع عملية توسيع نطاق تصنيع المحللات الكهربائية لدفع وفورات الحجم		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- تحديد أهداف تصنيع المحللات الكهربائية لضمان توفر الثقة في السوق	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية وزارة التجارة والصناعة	في المدى القصير
ب- تأمين سلاسل توريد مكونات المحللات الكهربائية (مثل الأغشية والأقطاب الكهربائية وما إلى ذلك)	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية وزارة التجارة والصناعة	في المدى المتوسط
ج- تشجيع أتمتة (التشغيل الآلي) إنتاج المحللات الكهربائية وزيادة كفاءة استخدام المواد الخام في عمليات الانتاج (من خلال إعادة التدوير).	وزارة التخطيط والتنمية الاقتصادية وزارة التجارة والصناعة	في المدى المتوسط
د- تحديد وتوفير المهارات الأساسية للعمالة المطلوبة في مشروعات الهيدروجين الأخضر	مراكز التدريب المراكز البحثية المتخصصة	في أقرب وقت ممكن

التحدي السادس: التكنولوجيا:		
الهدف ٩: التركيز على الابتكار والبحث والتطوير لتحسين التكنولوجيا المستخدمة في مشروعات الهيدروجين الأخضر		
	جهات التنفيذ	**المدى الزمني**
أ- التركيز على عمليات الابتكار والبحث والتطوير لتحسين الأداء التكنولوجي للمحللات الكهربائية	المراكز البحثية المتخصصة	في أقرب وقت ممكن
ب- نشر المشروعات التجريبية لبناء الخبرة وضمان جدوى المشروعات التجارية العملاقة	المراكز البحثية المتخصصة	في أقرب وقت ممكن
ج- تحديد الاختناقات المحتملة طويلة الأجل في سلسلة التوريد لمشروعات الهيدروجين الأخضر، ووضع الحلول الممكنة لتجنبها عند الضرورة	المراكز البحثية المتخصصة	في أقرب وقت ممكن

EFQM

١ شارع مجلس الشعب - قصر العيني - القاهرة - مصـــر
رقم بريدي: ١١٥٨٢ ص.ب: ١٩١ مجلس الشعـب
تليفون: ٢٧٩٢٩٢٩٢(٠٢) فاكس: ٢٧٩٢٩٢٢٢(٠٢)
info@idsc.net.eg www.idsc.gov.eg

www.idsc.gov.eg