دراسة عن :

الهيدروجين ...
وقود المستقبل

اعداد:
المهندس.راشد سعيد النعيمي

مقدمة

يمثل الهيدروجين مصدراً جديداً للطاقة النظيفة، حيث يعتبرمرشحاً لتغيير وجه صناعة الطاقة كونه لا ينتج أي انبعاثات كربونية، وقد بات استخدام الهيدروجين مصدراً بديلاً للطاقة على رأس اهتمام الكثير من الدول في الآونة الأخيرة، باعتباره أحد المصادر المهمة للطاقة النظيفة، وذلك نظراً لأهميته في خفض الانبعاثات الكربونيه والحد من ظاهرة تغير المناخ، إذ يمكن استخدام الهيدروجين كوقود في قطاعات عدة مثل الصناعة والمرافق والنقل، والذي يمكن إنتاجه من خلال عدة طرق، وأكثر الطرق شيوعاً اليوم هي إعادة تشكيل الغاز الطبيعي والتحليل الكهربائي، وتشمل الطرق الأخرى العمليات التي تعمل بالعمليات البيولوجية والطاقة الشمسية، وعادةً يتم الاستفادة من طاقة الهيدروجين في توليد الكهرباء أو حتى كوقود في السيارات الهجينة والكهربائية.

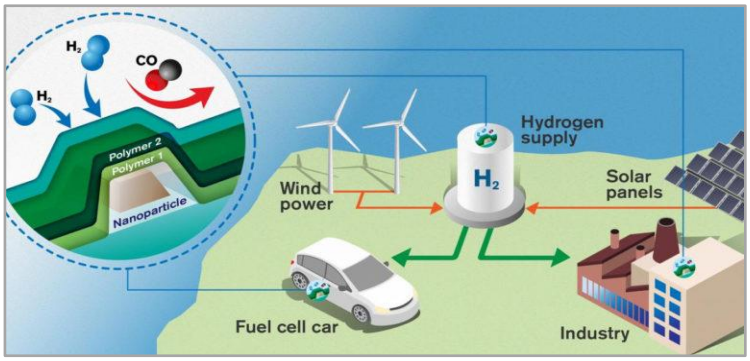
❖ **طاقة الهيدروجين وتحقيق التنمية المستدامة في الإمارات**

مع نجاح الإمارات في تنويع مصادر الطاقة، خلال العقود الماضية، لتشمل بجانب الغازوالنفط ، كلاً من الطاقة النووية والمتجددة، فضلاً عن توليد الطاقة من النفايات، تتواصل خطط الدولة لإضافة الهيدروجين إلى مزيج الطاقة، بما يدعم استراتيجيات التنمية المستدامة والتنويع الاقتصادي، وقد أكد خبراء إماراتيون متخصصون في مجال الطاقة بأن طاقة الهيدروجين يمكن أن تشكل إحدى روافد تحقيق التنمية المستدامة في الإمارات، والتي من الممكن أن يتم إنتاجها من المصادر المتوفرة والتقليدية مثل الغاز والنفط أو من المصادر المتجددة مثل طاقة الرياح والطاقة الشمسية، والطاقة الحرارية لباطن الأرض، والمصادر العضوية، فضلا عن تعدد القطاعات التي يمكن أن تستخدم طاقة الهيدروجين، فمن الممكن استخدامها في قطاعات اقتصادية متعددة كالقطاع العقاري، والنقل، وتوليد الطاقة باستخدام خلايا الوقود، كذلك تتمتع الطاقة الهيدروجينية بميزة كونها من مصادر الطاقة النظيفة والتي تحد من التأثيرات البيئية.[1]

والجدير بالذكر ان دولة الإمارات تعمل على تعزيز تواجدها على خريطة السوق العالمي للهيدروجين حيث اعلنت وكالة الطاقة الدولية ان الطلب على الهيدروجين كمصدر للطاقة ازداد خلال الفترة الماضية بمعدل 3 أضعاف، كما وصل حجم الإنتاج العالمي إلى 70 مليون طن متري سنوياً الأمر الذي سيساهم بحلول 2040 في خفض كلفته الإنتاجية بنسبة تصل إلى 64%، وقد بدات دولة الامارات المراحل التجريبية في هذا المجال فقد دشنت هيئة كهرباء ومياه دبي مشروع "الهيدروجين الأخضر" والذي يعتبر الأول من نوعه في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لإنتاج الهيدروجين الأخضر باستخدام الطاقة الشمسية في مجمّع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية في دبي. وقد تم تصميم وبناء المحطة لتكون قادرة على استيعاب منصات اختبار الاستخدامات المختلفة والتطبيقات المستقبلية للهيدروجين بما في ذلك التنقل والاستخدامات الصناعية. كما أعلنت شركة أبوظبي لطاقة المستقبل «مصدر» عن انضمامها إلى شركة الاتحاد للطيران ودائرة الطاقة في أبوظبي ومجموعة «لوفتهانزا» وشركة «سيمنز» للطاقة وجامعة خليفة للعلوم والتكنولوجيا وشركة «ماروبيني» في مبادرة تساهم في تطوير اقتصاد الهيدروجين الأخضر في أبوظبي، وكذلك فان هذه المبادرة تهدف إلى تأسيس مشروع محطة تجريبية في مدينة مصدر لاستكشاف فرص تطوير الوقود المستدام والهيدروجين الأخضر وإنتاج الكيروسين الأخضر باستخدام الكهرباء لأغراض النقل والشحن والطيران.[2]

ومن ابرز مبادرات الدولة عالميا في مجال الطاقة الهيدروجينية قيام وزارة الطاقة والبنية التحتية ووزارة التجارة اليابانية بتوقيع اتفاقية تعاون لاستكشاف الفرص المتاحة في مجال تطوير الهيدروجين والتي كانت مع بداية عام 2021، الأمر الذي من شأنه توسيع قواعد الشراكة وتعزيز الاستثمار في قطاع الهيدروجين، حيث تهدف الاتفاقية إلى فتح آفاق رحبة للنمو والتطور ضمن جهود الدولتين في تنويع مزيج الطاقة والاعتماد على النظيفة منها بالاضافة لمتابعة التعاون لتبادل المعلومات المرتبطة بإنتاج الهيدروجين، وبناء سلسلة التوريد والنقل إلى اليابان، وتبادل المعلومات لتطوير اللوائح والسياسات، ومن خلال تنفيذ استراتيجية الطاقة 2050 فان دولة الإمارات تسعى إلى تخفيض البصمة الكربونية عن طريق خفض ثاني أكسيد الكربون في الدولة بواقع 70%، ورفع كفاءة الاستهلاك الفردي والمؤسسي بنسبة 40% بحلول العام 2050، كما تستهدف تنويع مزيج طاقة المستقبل، ورفع مساهمة الطاقة النظيفة في إجمالي مزيج الطاقة المنتجة في الدولة إلى 50%.[3]

❖ **طرق انتاج الهيدروجين**

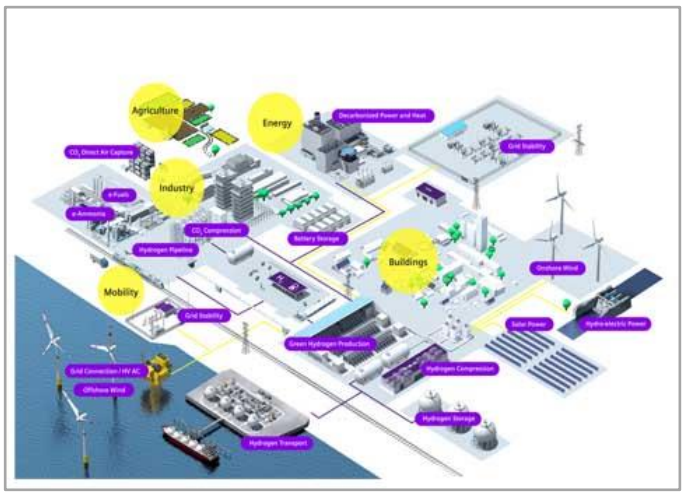


بسبب انبعاث غازات الاحتباس الحراري فان انتاج الهيدروجين بالطرق التقليدية اي من خلال الطاقة الاحفورية ليس له اهمية كبيره، كما انه يفضل استعمال الطاقة الاحفورية مباشرة دون المرور بالهيدروجين، وعليه فان انتاج الهيدروجين سيصبح ذو اهمية بالغة اذا تم انتاجه بطرق نظيفة اي من خلال ال الطاقات المتجددة (الطاقة الحرارية الجوفية، طاقة الرياح، الطاقة الشمسية،...) وذلك لانتاج الكهرباء الضرورية للتحليل الكهربائي.

❖ **من طرق اعداد الهيدروجين الكيمياء و الفيزياء او البيولوجيا ويمكن تلخيص طرق الانتاج فيما يلي:**

- **التحليل الكهربائي :** من اكثر الطرق شيوعا حيث يتم من خلالها تمرير تيار كهربائي في الماء يؤدي الى تحليل الماء الى عنصريه، لتصل نسبة الكفاءه الى 80% تنخفض الى 30% بحساب كفاءه عملية توليد الكهرباء من مصدر اخر.
- **التحليل الحراري:** والذي يتم عن طريق تسخين بخار الماء الى 2500 درجة مئويه والذي يؤدي الى تحلل الماء الى اكسجين و هيدروجين، يتم التخلص من الاول والحصول على الثاني، ويعتبر الحصول على الحرارة اللازمه لهذه العملية من المشاكل التى تواجهة هذه العملية والتي لا تتوفر حتى في المفاعلات النووية وكذلك فان الطاقة الشمسية وغيرها لا توفر هذا القدر من الطاقة.
- **الطريقة الكيميائية الحرارية:** ان هذه الطريقة تعتمد على تفاعل الماء مع بعض المركبات الكيميائية في درجات حرارة عالية والتي تصل الى 800 درجة مئوية والذي يؤدي بعد سلسله من التفاعلات الى تحلل الماء، وتواجهه هذه الطريقة مشكلة الحرارة العالية من ناحية اجراء سلسلة من التفاعلات بعد الحصول على الهيدروجين لاعادة المواد والمركبات المستخدمة الى طبيعتها.
- **التركيب الضوئي للطحالب:** تتم عملية التركيب الضوئي بطريقة عكسية في الماء عما يحدث في الهواء حيث ان الطحالب تطلق الهيدروجين بدلا من الاكسجين اي الحصول على الهيدروجين دون مصادر طاقة اخري غير الشمسية ولكن من عيوب هذه الطريقة انها تحتاج لمساحات كبيره جدا من المناطق المزودة بالطحالب لتوفير كميات كبيره من الهيدروجين.

من هنا نجد ان انتاج الهيدروجين عن طريق التحلل الكهربائي للماء افضل لان هذا الانتاج يهدف الى خزن الطاقة من اصل متجدد وغير منتظم في الامداد، حيث يستعمل الفائض من الطاقة المنتجة فيه بشكل وفير وغير منتظم في الزمان في انتاج الهيدروجين ونقله الى مكان الطلب اوتخزينه الى حين الحاجة اليه.[4]



تخزين الهيدروجين ونقله:

هناك ثلاث طرق سائدة لخزن الهيدروجين:

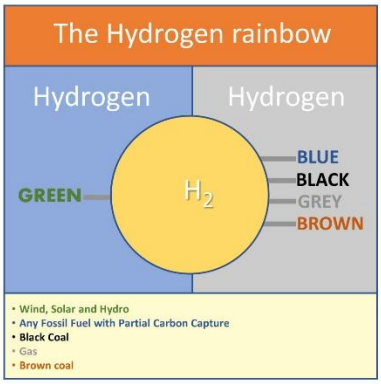
- كغاز هيدروجين في خزانات ذات ضغط عالي وهذه الطريقة الافضل
- كسائل مبرد جدا
- التخزين من خلال امتصاصه في مادة سائلة او صلبه

ان الطريقتين الاولى والثانية تستخدمان حاليا الا انهما تحتاجان لظروف محكمه ، حيث ان ضغط الخزان يكون عادة بين 5.34 الى 69 ضغط جوي.

❖ **الدور المتوقع للهيدروجين:**

يعتبر «الهيدروجين الأخضر» وقود المستقبل حيث يتم التركيز عليه الآن، وهذا يعني أننا بصدد مرحلة هجينة من وقود الطاقة المتوائم مع نظم وقوانين البيئة الجديدة: النفط والغاز (من دون ثاني أكسيد الكربون) والهيدروجين الأخضر والطاقة الهيدروكهربائية، كما تشير دراسة صادرة مؤخراً في دورية «ذي إيكونوميك تايمز» الهندية، إلى أن هناك خططاً مرسومة لتشييد نحو 228 مشروعاً ضخماً لإنتاج الهيدروجين الأخضر في 30 دولة بحلول عام 2030، والتي تتجاوز قيمتها 300 مليار دولار، وذلك في وسائل المواصلات، قطاعات الصناعات الضخمة، ، الاقتصاد الهيدروجيني الجديد والبنى التحتية. لكن بينما يعتبر الهيدروجين الوقود المناسب لمعالجة مشكلة التغير المناخي، هناك تحديات عدة يتوجب تخطيها لإنجاح حظوظ الهيدروجين المستقبلي ولربما أهمها هي الحصول على الهيدروجين نفسه بالرغم وفرة الهيدروجين في المياه والوقود الأحفوري.

❖ **وتجدر الاشارة الى ان هناك نوعان من الهيدروجين الأخضر والأزرق**



- **الهيدروجين الأخضر** :

يتم انتاجه من خلال التحليل الكهربائي للمياه، حيث تستخدم هذه الطريقة تياراً كهربائياً لفصل الهيدروجين عن الأوكسجين في الماء، وتغذية الكهرباء من المصادر المتجددة (الرياح والشمس)، بينما يتم إنتاج الأوكسجين، المكون الثاني للماء، وإطلاقه في الهواء، حيث يشكل عاملاً إيجابياً للغلاف الجوي.

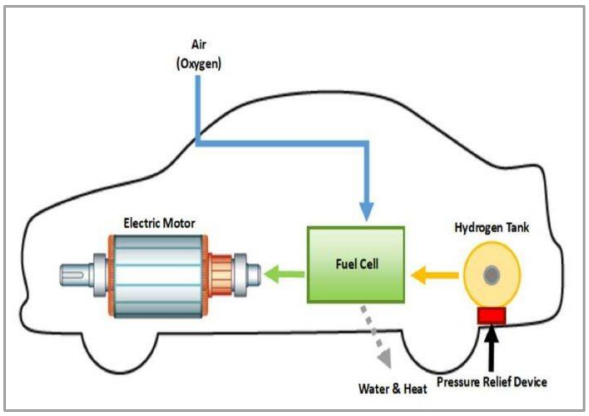
- **الهيدروجين الأزرق**: بوجود محفز يتم انتاج الهيدروجين بخلط الغاز الطبيعي مع بخار شديد السخونة، حيث يتم تفاعل كيمائي بين الهيدروجين وأول أوكسيد الكربون. ومن ثم يضاف أول أوكسيد الكربون إلى ثاني أوكسيد الكربون لخلق المزيد من الهيدروجين، حيث يتم التقاط وتجميع ثاني أوكسيد الكربون لتخزينه تحت الأرض في آبار فارغة.[5]

❖ **الهيدروجين الأخضر عضوٌ جديد في أسرة الطاقة المتجددة**

هناك مشروعات مماثلة يجري العمل عليها في كلٍّ من النرويج وكوريا الجنوبية والولايات المتحدة الأمريكية، حيث تُبذل في ولاية كاليفورنيا جهود كبيره من أجل استبعاد الحافلات التي تُدار بالوقود الأحفوري بحلول عام 2040. ومن جهتها نشرت المفوضية الأوروبية مؤخرًا خطة إنتاج الهيدروجين لعام 2030، التي تدعو فيها إلى زيادة قدرات إنتاج الهيدروجين لتصل إلى 500 جيجاوات بحلول عام 2050 (علمًا بأن القدرات الحالية لا تزيد على 0.1 جيجاوات). والذي دفع مؤسسة الخدمات المالية العالمية "غولدمان ساكس" Goldman Sachs، في أوائل العام الجاري، إلى التنبؤ بأنه بحلول عام 2050 فان قيمة الاستثمارات السوقية في إنتاج الهيدروجين الأخضر سوف تبلغ 12 تريليون دولار.[6]

❖ **المركبات الكهربائية العادية مقارنة بالمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود :**

المركبات الكهربائية هي المركبات التي تعمل بالكهرباء التي يتم تخزينها في بطارية داخل المركبة، في حين أن تقنية هذه السيارات تطورت تطوراً ملحوظاً في العقد الماضي الى أن التحديات الرئيسية التي تواجهها لا تزال قائمة وتشمل المسافة المحدودة التي تقطعها، ووزن البطاريات، والوقت الطويل لشحن البطارية (يتراوح بين ساعة إلى 14 ساعة بحسب طاقة الشاحن المستخدم)، كما تشمل المشكلات الاضافية المرتبطة بالسيارات الكهربائية، التأثيرات البيئية لانتاج البطاريات، على عكس مما سبق، فإن المركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود تعتمد على الهيدروجين الذي يتم تحويله في خلية وقود إلى طاقة كهربائية. ولهذا فإن المركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود لا تحتاج إلى بطاريات بنفس الحجم الذي تحتاجه المركبات الكهربائية. حيث يتم تخزين الهيدروجين في خزان مشابه للخزان المستخدم للديزل/البنزين في السيارات التقليدية، وعملية إعادة التعبئة بالوقود تتسم بالسرعة، كما تتماثل المسافة التي تقطعها السيارات التقليدية مع تلك التي تقطعها المركبات الكهربائية التي تسير بخلايا الوقود. ومن التحديات التي تواجه سيارات الهيدروجين في الوقت الحاضر أنها لا تزال مكلفة للغاية بسبب عدم إنتاجها على نطاق تجاري، وكذلك عدم الانتهاء من محطات وقود الهيدروجين والتي تعتبر من اهم منشآت البنية التحتية المطلوبة لها.[7]



❖ **هل ثورة الهيدروجين حتمية؟**

قال مركز البحوث البيئية إي 3 جي في بيان: "إن التحول إلى الهيدروجين يستلزم إنفاق ضخم على البنية التحتية وفي العديد من الحالات، تجعل التكاليف الإضافية الفكرة غير جذابة مقارنة بالبدائل الأخرى (مثل مصادر الطاقة المتجددة). وقال ريتشارد بلاك من وحدة الطاقة والمعلومات المناخية (إي سي آي يو) لبي بي سي: "سنستخدم، بل ويجب، أن نستخدم الهيدروجين في خيارات مزج الطاقة، لكنه ليس الحل السحري لكل شيء، كما توحي لنا بعض الخطابات أحيانا، ثمة أمل، ولكن ثمة أيضا الكثير من المبالغة".[8]

❖ **أمثلة على مبادرات / برامج الهيدروجين السياسية في بعض الدول الرئيسية :**

- **الامارات:** مع بداية عام 2021 أعلنت مبادلة للاستثمار «مبادلة»، وشركة بترول أبوظبي الوطنية «أدنوك» وشركة ADQ القابضة - توقيع مذكرة تفاهم لتأسيس «ائتلاف أبوظبي للهيدروجين»، بهدف ترسيخ مكانة أبوظبي مُصدِّراً موثوقاً للهيدروجين الأخضر، ولعمليات التكرير والبتروكيماويات فان أدنوك تنتج حالياً حوالي 300 ألف طن سنوياً من الهيدروجين ، كما تخطط لرفع إنتاجها إلى 500 ألف طن سنوياً. وفي فبراير 2019 بدات دبي إنشاء أول محطة للتحليل الكهربائي للمياه بالطاقة الشمسية في الشرق الاوسط ، والتي تشغلها هيئة كهرباء ومياه دبي وبطاقة سنوية قدرها 250 طناً، والتي تعتمد على تكنولوجيا من إنتاج شركة سيمنس الالمانية، وسوف يستخدم معرض

اكسبو 2020 مركبات تعمل بخلايا الوقود باستخدام الهيدروجين الناتج من هذه المحطة، ففي اكتوبر 2017 تم افتتاح أول محطة لتعبئة الهيدروجين في الشرق الأوسط في دبي، بالاضافة لعدد 55 سيارة تويوتا Mirai من المركبات التي تعمل بخلايا الوقود على الطرق في دولة الامارات، وتشير تقديرات Air Liquide وآخرين إلى أن 12 محطة لتعبئة الهيدروجين تكفي لتغطية طلب الدولة على وقود الهيدوجين. كما أعلنت شرطة أبو ظبي عن خطط لتحويل أسطول مركباتها إلى المركبات التي تعمل بخلايا الوقود بحلول 2050.[8]

- **مصر:** خلال الربع الثاني من عام 2021 كشف تقرير تطورات الغاز الطبيعي المسال والهيدروجين أن الحكومة المصرية تلقت في شهر مايو عرضا من شركة ThyssenKrupp الألمانية لإنشاء مصنع لإنتاج وتصدير الهيدروجين والأمونيا الخضراء من مصر إلى ألمانيا، حيث تم الاتفاق على السير قدما في إجراءات توقيع مذكرة تفاهم حتى يتسنى تنفيذ المشروع المقترح في مجال إنتاج الهيدروجين الأخضر
- **الاتحاد الاوربي**: هناك مشروع بقيمة 170 مليون يورو للسيارات التي تعمل بالهيدروجين في مرحلته الثانية حالياً، لاثبات الجدوى العملية للسيارات التي تسير بخلايا الوقود وتوسيع شبكة محطات وقود الهيدروجين في الاتحاد الاوربي.
- .**الصين**: من اجل تقليل التلوث البيئي فان الصين تسعى إلى تحويل السيارات بعيداً عن الوقود الاحفوري بسرعة، والذي يعتبر أحد التحديات السياسية الرئيسية للحكومة، وبعد التحويل الناجح إلى الكهرباء للمركبات التي تسير مسافات قصيرة، ومنها 250 مليون من المركبات ذات العجلتين و4.0 مليون من حافالت المدن الموجودة حالياً على الطرق الصينية، بالاضافة لدراسة إدخال الحافلات والشاحنات التي تعمل بخلايا الوقود لاستخدامها في التنقل لمسافات طويل.
- **اليابان**: من خلال أنشطة الابحاث والتطوير على مدار السنوات الماضية استثمرت اليابان مبلغاً وقدره 5.1 مليار دولارأمريكي ، ففي ألعاب الأولومبياد في طوكيو 2020، تم إنفاق 380 مليون دولار أمريكي على 35 محطة لوقود الهيدروجين و6000 مركبة من المركبات التي تعمل بخلايا الوقود، والهدف على الصعيد الوطني انتشار المركبات التي تعمل بخلايا الوقود لعام 2030 هو ان يصل الى العدد الى 8.0 مليون مركبة.[9]

❖ **مزايا طاقة الهيدروجين؟**

- **قوية وفعالة:** أقوى بثلاث مرات من البنزين ومصادر الوقود الأحفوري الأخرى، مما يعني أنه لديه القدرة على إنجاز المزيد من الطاقة بتكلفة أقل.
- **كفاءة عالية:** يمكن لخلايا الوقود المستخدمة لتوليد طاقة الهيدروجين عند استخدامها في نظام الحرارة والطاقة المشترك أن يكون لها مستوى كفاءة أكبر بحوالي 80٪.
- **تخلق فرص عمل طويلة الأجل:** محطات الهيدروجين ملتزمة بالفعل باستثمار 1.4 مليار يورو سنوياً في تسويق قطاعي خلايا الوقود والهيدروجين، ومن خلال الاستثمارات المستمرة ينتج لدينا الكثير من فرص العمل الخالية من تقلبات أسواق النفط الخارجية.
- **لها تطبيق حيوي في صناعة النفط الخام والغاز الطبيعي:** فعلى سبيل المثال يتم نشر الهيدروجين لمعالجة النفط الخام وتحويله إلى وقود مكرر مثل البنزين والديزل، كما قد يستخدم الهيدروجين للتخلص من الملوثات مثل الكبريت من هذه الوقود، وأيضاً تستفيد معظم الصناعات الأخرى من وقود الهيدروجين في الإنتاج الكيميائي وتصنيع الإلكترونيات وتكرير المعادن ومعالجة الأغذية.[10]

❖ **فوائد الهيدروجين الأخضر الثورة العالمية فى الطاقة النظيفة:**

- **أحد مصادر الطاقة المتجددة** : تسعى العديد من دول العالم للاستفادة منه.
- **دعم مستقبل الطاقة النظيفة:** الاسهام في توفير مستقبل لطاقة نظيفة وامنه وغير مكلفة.
- **كفاءه عالية:** كل كيلوجرام من وقود الهيدروجين يمكن السياره من قطع مسافة 100 كم.
- **سهولة انتاجه:** يتم الحصول على الهيدروجين الأخضر من التحليل الكهربائي للمياه بطريقة بسيطة.
- **سهولة التخزين والنقل:** امكانية تخزينه لفترات أطول، ويمكن نقله لأماكن لا يوجد بها إمكانية توليد طاقة متجددة.
- **خفض اسعار بيع الكهرباء:** يساهم في خفض أسعار بيع الكهرباء والتصدي للتغير المناخي وتحديات المناخ العالمية.
- **لا توجد اي نواتج ثانوية:** يتميز بفصل عنصري الماء وهما الأكسجين والهيدروجين وكلاهما يمكن الاستفادة منه.
- **السرعة في تزويد المركبات :** امكانية تزويد المركبات بالوقود في 5 دقائق بخلاف المركبات الكهربائية التي تحتاج الى ساعة.
- **صديقة للبيئة:** يساهم إنتاج الهيدروجين الأخضر في الوصول لمجتمع خال من الكربون ويمكن إنتاجه بطاقة منخفضة ويمكن أن يصبح وقود المستقبل.
- **الطاقة اللازمة من مصادر الطاقة المتجددة:** يمكن الحصول على الطاقة اللازمة لاستخراجه من مصادر الطاقة المتجددة كالرياح ، الطاقة الشمسية، تدوير النفايات، المد والجزر ، الأمواج والطاقة الحرارية الأرضية.[11]

❖ **الاستنتاجات والتوصيات:**

- تبين كافة الابحاث التي تتم في معظم دول العالم ان النسبة الاكبر من الغازات السامة المنطلقة في الجو تسببها السيارات العاملة بالبنزين والديزيل.
- ان استخدام الهيدروجين كوقود للسيارات سوف يؤدي الى التخلص من الغازات السامة المنطلقة من عوادم السيارات الحالية وبنسبة تقدرب بحوالي 60% من اجمالي الملوثات العامة.
- يعتبر استخدام الهيدروجين كوقود لسيارات المستقبل مشروعا استراتيجيا وحيويا لابد من اخذه بعين الاعتبار والاستفادة من تجارب الدول الاخرى التي تبحث في هذا المجال.
- وضع خطة مستقبلية لانشاء محطات تزويد بالهيدروجين بشكل يؤمن سهولة الحصول عليه وبسرعه، بالاضافة لانشاء مجمعات فنية تتولى تحويل السيارات الحالية الى سيارات تعمل بالطاقة الهيدروجينية.
- بالمقارنه مع الفوائد الايجابية بالنسبة للصحة العامة والبيئة المحيطة مع الكلفة التاسيسية للمشروع الكبيره فانها لا تقدر بثمن.
- لتحقيق هذا المشروع يجب تضافر الجهود والتنسيق بين كافة الهيئات الحكومية والاتحادية ليكون موضع الاستثمار مستقبلا وبالشكل المطلوب.

الخاتمة

وفي النهاية يمككنا القول ان هناك تحديات لا تزال تواجه الطموح العالمي لزيادة تمثيل الهيدروجين الأخضر في هيكل الطاقة العالمي في المستقبل، ولعل أبرزها يتمثل في تكاليف الانتاج المرتفعة التي تعتمد بنهاية المطاف على أسعار توليد الكهرباء من خلال مصادر الطاقة المتجددة والتكلفة الاستثمارية للمحلل الكهربائي، كما تجدر الاشاره الى ان الرهان على تعزيز الجدوى الاقتصادية لاستخدام الهيدروجين الأخضر عالميًا، يتوقف على مساندة منظومة الابتكار العالمية الداعمة لخفض التكلفة الاستثمارية والتشغيلية لإنتاج ذلك الوقود النظيف، وعلى نحو يجعله مستقبلًا أكثر جذبا بالنسبة للمستخدمين النهائيين في مختلف الأنشطة الاقتصادية.

المراجع

1- مجدي عبيد, (14 يوليو 2010), البيان الاقتصادي, لتعدد مصادر إنتاجها وتنوع مجالات استخداماتها طاقة الهيدروجين تحقق التنمية المستدامة في الإمارات, متوفر: https://www.albayan.ae/economy/2010-07-14-1.264793

2- مؤمن بني مصطفى, (11 يناير 2021), اي عربي, العلوم, مزايا طاقة الهيدروجين, متوفر:https://e3arabi.com

3- البيان الاقتصادي, (10 ابريل 2021), الامارات واليابان توسعان الشراكة والاستثمار في الهيدروجين, متوفر: https://www.albayan.ae/economy/uae/2021-04-10-1.4136940

4- وليد خدوري, (20 يوليو 2021), وقود المستقبل - الدور المتوقع للهيدروجين, الشرق الاوسط, العدد 15575, متوفر: https://aawsat.com/home/article/3088841/

5- جيف كاربك, (11 ديسمبر 2020), ساينتيفيك أمريكان, الهيدروجين الأخضر - عضوٌ جديد في أسرة الطاقة المتجددة, متوفر : https://www.scientificamerican.com/arabic/articles/features/green-hydrogen-could-fill-big-gaps-in-renewable-energy/,

6- الدكتور أكسل مايكلوهوفا, (سبتمبر 2019), اكاديمية الامارات الدبلوماسية, التطورات في تقنيات الهيدروجين حتى 2030- الفرص المتاحة والمخاطر أمام دول الخليج وتداعيات السياسات الدولية, متوفر:https://www.agda.ac.ae/docs/default-source/Publications/eda-insight_hydrogen-economy_ar_final.pdf?sfvrsn=2

7- روجر هارابين, (3 يناير 2020), بي بي سي, تغير المناخ هل يصبح الهيدروجين وقود المستقبل؟, متوفر: https://www.bbc.com/arabic/science-and-tech-50976452

8- سيد الحجار, (21 فبراير 2021), الاتحاد الاقتصادي, الهيدروجين مستقبل الطاقة النظيفة, متوفر: https://www.alittihad.ae/news

9- على شهاب, (18يونيو 2019), مجلة مكة, 5 فوائد لتزود المركبات بوقود الهيدروجين, متوفر:

https://makkahnewspaper.com/article/1105377/

10- يوسف مهاجر, (27 مايو 2017), دراسة انتاج الهيدروجين الشمسي, متوفر:http://dspace.univ-eloued.dz/bitstream/123456789/1922/1/660-065.pdf

11- 11عربي.سبتنيوز, (14 فبراير 2021), الهيدروجين الأخضر يخفض أسعار الكهرباءفي مصر, متوفر: https://arabic.sputniknews.com/mosaic/202102141048112987

12- حنان الصاوي, (16 يناير 2021ا), أخبار اليوم, 5 فوائد للهيدروجين الأخضر.. ثورة العالم فى الطاقة النظيفة, متوفر: https://m.akhbarelyom.com/news/newdetails/3229164/

13- مروة الغول, (17 اغسطس 2021), اليوم السابع, أوابك - مصر تلقت 3 عروض جديدة لمشروعات إنتاج الهيدروجين والأمونيا الخضراء, متوفر: https://www.youm7.com/story/2021/8/17//5427839