- **هدف المشروع: المشاركة بتسليط الضوء على أهمية مواكبة مستجدات العالم بخصوص التغير المناخي**
- **موضوع البحث: المستجدات الحديثة في هدرجة القطارات**
- **هدف البحث: تقديم محتوى منوع مختصر وملخص لعدة جوانب تخص النقل السككي الهيدروجيني**
- **الشريحة المستهدفة: أصحاب القرار (وزراء، مستثمرين) غير أكاديميين**
- **محتوى البحث: منوع (سياسي، اقتصادي، معرفي وعلمي)**

المستجدات الحديثة في هدرجة القطارات

بقلم الدكتور المهندس محمد فادي نقرش[1]

مدير فرع دمشق للمؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية

محاضر في جامعة دمشق

١-تمهيد:

كان العام الماضي عاماً قوياً بالنسبة للهيدروجين الأخضر- على الأقل من حيث اهتمام وسائل الإعلام- رغم أنّ إنتاجه لم يتغير بشكل كبير لارتفاع تكلفته، ومن جانب أخر لم تنقص كمية الهيدروجين الأخضر ليس لأن الاتحاد الأوروبي استطاع توليد ٤٠ جيجا وات من القدرة على إنتاج مصدر الطاقة النظيفة هذا، ولكن بسبب قطارات الهيدروجين الجديدة.

[1] دكتوراه في الهندسة المدنية، مدير فرع دمشق للمؤسسة العامة للخطوط الحديدية السورية، محاضر في جامعة دمشق

كشفت شركة ألستوم الفرنسية النقاب عن قطار الهيدروجين Cordia iLint في عام ٢٠١٦، وبعد ذلك بعامين، بدأ أول قطار iLint في ألمانيا العمل. أعلنت ألستوم العام الماضي أنها ستطلق ١٤ قطاراً من طراز iLint اعتباراً من العام المقبل لتحل محل قطارات الديزل. لا تقول ألستوم حالياً أن الهيدروجين المستخدم في خلايا الوقود في قطارات iLint أخضر، لكن حقيقة تشغيل قطارات الهيدروجين تثير الآمال في أن إنتاج الهيدروجين الأخضر سيكون يوماً ما قابلاً للتطبيق تجارياً بما يتجاوز التوقعات المتفائلة لشركات استشارات الطاقة المختلفة.

يبدو أن النقل بالسكك الحديدية يمثل أرضية اختبار جيدة لتكنولوجيا الهيدروجين. ووفقاً لتقرير صدر مؤخراً في صحيفة وول ستريت جورنال، فإن تكلفة صيانة قطارات الهيدروجين لشركة ألستوم يمكن مقارنتها حالياً بقطارات الديزل أوالكهرباء. لم يذكر التقرير خضرة الهيدروجين المستخدم، لكنها البداية.

يواجه الهيدروجين حواجز كبيرة أمام الانضمام إلى تدفق الوقود الحالي، أحدها التكلفة والآخر هو الافتقار إلى البنية التحتية. يظهر هذا بوضوح في صناعة السيارات الهيدروجينية، فهناك عدد قليل من طرازات سيارات الركاب التي تعمل بالهيدروجين وعلى الرغم من ميزاتها الجذابة، إلا أنها ظلت غير مرغوبة، والسبب الأول يعود لسعرها المرتفع، ثم عدم وجود شبكة إمداد بالوقود، حتى السيارات الكهربائية لديها نفس المشكلة. على الرغم من أن الولايات المتحدة، والاتحاد الأوروبي يسعون وراء خطط لبناء شبكات الوقود هذه، فقد تم التخلي عن الهيدروجين بشكل أو بآخر. تعد الحاجة إلى محطات الوقود سبباً آخر يجعل النقل بالسكك الحديدية ساحة اختبار مثالية لاستخدام الهيدروجين. لا تحتاج القطارات للتزود بالوقود في كلتا المحطتين وتحتاج إلى عدة مراكز إستراتيجية للتزود بالوقود.

القطارات الكهربائية مفيدة للبيئة، لكنها ليست أرخص وسيلة للنقل. لولا المساعدة الحكومية، ربما تم نسيان القطارات الكهربائية تحت ضغط المشاركين في السوق. لكن قطارات الهيدروجين أرخص من القطارات الكهربائية. في هذا القطاع، يبدو أن تقنية خلايا وقود الهيدروجين جاهزة للتألق، وفي مرحلة ما من المحتمل أن تثير اهتمام المستثمرين باستخدام الهيدروجين في أجزاء أخرى من قطاع النقل.

من الصعب التنبؤ بالوقت الذي سيستغرقه الهيدروجين الأخضر ليصبح اقتصادياً للقطارات وفقاً لـ Oil Price. على الرغم من أن الهيدروجين الأخضر هو نقطة النهاية في ثورة الهيدروجين، إلا أنه ليس الخطوة الأولى. فتتمثل الخطوة الأولى في العثور على مكان يمكن أن يلمع فيه الهيدروجين، ويبدو أن النقل بالسكك الحديدية قد وجد مثل هذا المكان.

الشكل ١ أهمية هدرجة قطارات الديزل

٢-<u>أكثر الأماكن جاذبية من حيث الطاقة الخضراء</u>

اجتذب الهيدروجين الكثير من الاهتمام في السنوات الأخيرة، كما ذكرنا في الفقرة السابقة، ويُنظر إليه الآن ضمن استراتيجية شركات النفط الكبرى والعديد من الحكومات لإزالة الكربون من الصناعات. لا تستطيع الألواح الشمسية وتوربينات الرياح تنظيف كل شيء، حيث يتطلب إنتاج الصلب، على سبيل المثال، درجات حرارة أعلى من تلك المستخدمة في الأفران الكهربائية التقليدية. لهذا السبب، تميزت برامج التغير المناخي بدورها الكبير في الحد من التلوث الصناعي وتزويد السيارات والشاحنات والسفن والقطارات بالوقود. الهيدروجين الأخضر خالي من التلوث، لكن تحقيق الأهداف الطموحة لهذا الغاز النظيف يعني بناء كل شيء من الصفر.

الشكل ٢ الطاقة الخضراء

٣-ما هي ميزة الهيدروجين؟

الهيدروجين هو غاز نظيف يمكنه أن يحل محل الوقود الأحفوري المستخدم حالياً في الأفران عند ١٥٠٠ درجة مئوية (٢٧٣٢ درجة فهرنهايت) ويقلل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون العالمية للصناعة بنسبة ٢٠ بالمائة. في صناعة الصلب، يمكن للهيدروجين أن يحل محل الفحم، والذي يستخدم حالياً في تكرير خام الحديد بالإضافة إلى توليد الحرارة.

ينتج عن حرق الهيدروجين بدلاً من ثاني أكسيد الكربون بخار الماء فقط، وعلى الرغم من أن البطاريات تُستخدم حالياً بشكل أساسي في السيارات الكهربائية، إلا أن بعض الشركات تعتقد أن خلايا وقود الهيدروجين ستكون خياراً أفضل للبطاريات في المركبات الثقيلة مثل الشاحنات والسفن والقطارات وربما الطائرات.

٤-ما هو الهيدروجين الأخضر؟

يمكن إنتاج الهيدروجين عن طريق التحليل الكهربائي. في هذه العملية، يفصل التيار الكهربائي –في الماء في جهاز يسمى المحلل الكهربائي– ذرات الهيدروجين عن الأكسجين. (في خلايا الوقود، يتم عكس هذه العملية، ويتحد الهيدروجين مع الأكسجين لإنتاج الماء والكهرباء) من أجل التعريف على الهيدروجين على أنه أخضر، يجب أن تأتي الكهرباء المستخدمة في المحلل الكهربائي من مصادر متجددة.

٥–<u>كيف يتم إنتاج الهيدروجين؟</u>

في هذه الأيام، يتم الحصول على معظم الهيدروجين المستخدم عن طريق فصل جزيئات الغاز الطبيعي. لكن هذا يتطلب الكثير من الطاقة وينتج ثاني أكسيد الكربون، مما دفع البعض إلى تسمية هذا النوع من الهيدروجين بالهيدروجين الرمادي. أما الهيدروجين المائي فينتج في الظروف التي يتم فيها جمع ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، وعندها يعتبر وقوداً منخفض التلوث.

٦–<u>ما هي العوائق التي تحول دون استخدام الهيدروجين الأخضر؟</u>

وفقًا لـ Bloomberg New Energy Finance فإن إنتاج الهيدروجين الأخضر يكلف حالياً ما بين ٢,٥٠ دولاراً و٤,٥٠ دولاراً للكيلوغرام الواحد. يجب تخفيض هذه التكلفة إلى دولار واحد لكل كيلوغرام للتنافس مع الهيدروجين المنتج من الوقود الأحفوري، تتوقع Bloomberg New Energy Finance أن تصل تكاليف الإنتاج إلى هذا المستوى بحلول عام ٢٠٣٠، ولكنها ستحتاج إلى توسيع قدرة التحليل الكهربائي وزيادة توليد الطاقة وسط المولدات العالمية وشبكات الطاقة لتلبية الطلب على السيارات الكهربائية، وباعتباره أخف غاز في العالم، يجب ضغط الهيدروجين أو دمجه مع الغاز الطبيعي ليتم نقله عبر خط أنابيب أو تبريده إلى حالة سائلة ونقله عن طريق السفن، بتكلفة مقارنة بالغاز الطبيعي.

٧–<u>الدولة الأولى في انتاج الهيدروجين الأخضر؟</u>

وضع الاتحاد الأوروبي هدفاً طموحاً لبناء أجهزة تحليل كهربائية قادرة على تحويل ٤٠ جيجا وات من الكهرباء المتجددة إلى هيدروجين بحلول عام ٢٠٣٠. يقع الهيدروجين في قلب الخطة الخضراء، حيث تبلغ الاستثمارات الخاصة والعامة ٤٧٠

مليار يورو (٥٦٠ مليار دولار) بحلول عام ٢٠٥٠. قالت ألمانيا إن الهيدروجين الأخضر سيلعب دوراً مركزياً في تغيير القاعدة الصناعية للبلاد، والتي تهدف إلى التخلص من انبعاثات الكربون بحلول عام ٢٠٤٥.

٨-<u>ماذا عن الدول الأخرى؟</u>

تستهدف الصين تصنيع مليون سيارة هيدروجين بحلول نهاية عام ٢٠٣٠. وفقاً لتحالف الصين للهيدروجين، فقد تصل قيمة إنتاج الهيدروجين إلى تريليون يوان (١٥٥ مليار دولار) بحلول عام ٢٠٢٥. تستثمر أوستراليا ٢١٤ مليون دولار لتسريع تطوير ٢٦ جيجا وات من الهيدروجين رباعي الأقطاب. في اليابان، استثمرت شركة Toyota Motor بكثافة في تكنولوجيا خلايا الوقود، حيث تعتبر أكبر شركة في العالم في محطات شحن الهيدروجين، وتقوم كوريا الجنوبية ببناء التزود بالوقود بالهيدروجين والبنية التحتية الأخرى في ست مدن وتأمل في الحصول على الهيدروجين بحلول عام ٢٠٢٥ كمصدر رئيسي للطاقة.

٩-<u>ماذا عن أمريكا؟</u>

في عام ٢٠١٩، كان لدى الولايات المتحدة حوالي ٦٥٠٠ سيارة تعمل بخلايا الوقود الكهربائية على الطريق، وهو أكبر أسطول في العالم. تهدف إدارة الرئيس الأمريكي جو بايدن إلى خفض تكلفة الهيدروجين المتجدد بنسبة ٨٠٪ بحلول عام ٢٠٣٠. تشمل المجموعات الصناعية بعض شركات الوقود الأحفوري التي تسعى للحصول على حوافز ضريبية لإنتاج الهيدروجين وإعانات لتحويل خطوط الغاز الطبيعي إلى نقل الهيدروجين.

١٠-<u>ماذا تفعل الشركات؟</u>

تنشط معظم شركات الطاقة في العالم والمجموعات الصناعية الكبيرة إلى حد ما في مجال الهيدروجين. تقود شركة Royal Dutch Shell بناء مشروع لإنتاج ما يصل إلى ١٠ جيجا وات من الهيدروجين الأخضر بحلول عام ٢٠٤٠. تخطط الشركة الألمانية RWE ، إلى جانب ٢٦ شركة أخرى، لبناء وحدات تحليل كهربائي في بحر الشمال بطاقة ١٠ جيجا وات بحلول عام ٢٠٣٥. تعمل شركة إيرباص الأوروبية أيضاً على تصميمات لبناء طائرة هيدروجين.

١١- استثمار ألمانيا بقيمة ١٠ مليارات دولار في تقنيات الهيدروجين

بهدف أن تصبح رائدة عالمياً في مجال تكنولوجيا الهيدروجين، تخصص ألمانيا حوالي ١٠ مليار دولار من التمويل الفيدرالي والحكومي لتمويل ٦٢ مشروعاً ضخماً للهيدروجين. قال وزير الاقتصاد الألماني بيتر التماير إن ألمانيا ستصبح رائدة على مستوى العالم في تكنولوجيا الهيدروجين، وأن الاستثمار الذي تم الإعلان عنه اليوم هو خطوة نحو تعويض الكربون في الاقتصاد الألماني. وقال: "يمكن لألمانيا استخدام الهيدروجين لمنع الانبعاثات السنوية لملايين الأطنان من ثاني أكسيد الكربون من صناعات الصلب والكيماويات".

قال وزير النقل الألماني أندرياس شوير: "إننا نحول ألمانيا إلى دولة هيدروجين". بشكل عام، لا تزال ٩٥٪ من حركة المرور على الطرق تعتمد على الوقود الأحفوري، لذلك يجب على ألمانيا الاعتماد على الطاقة المتجددة. يجب أن نشجع على الفور التحول نحو وسائل نقل صديقة للبيئة، وسنسعى لتحقيق هذا الهدف. ستشرف وزارة الطاقة الألمانية على ٥٠ مشروعاً تتضمن خططاً لأكثر من ٢ جيجا وات من قدرة التحليل الكهربائي لإنتاج الهيدروجين الأخضر. ٢ جيجا وات تعادل ٤٠٪ من هدف ٥ جيجا وات في استراتيجية الهيدروجين الألمانية بحلول عام ٢٠٣٠. تمول وزارة النقل ١٢ مشروعاً آخر في قطاع النقل، بما في ذلك تطوير وإنتاج أنظمة خلايا الوقود والمركبات مثل القطارات. وفقاً لـ Oil Price، اجتذب الهيدروجين الكثير من الاهتمام في السنوات الأخيرة، ويُنظر إليه الآن في استراتيجية شركات النفط الكبرى والعديد من الحكومات لإزالة الكربون من الصناعات. تقول الحكومات والمنظمات الدولية وعمالقة النفط والغاز إن الهيدروجين والهيدروجين الأخضر يمكن أن يكونا أساسيين في المساعدة على إزالة الكربون من صناعة الطاقة من خلال تحولات الطاقة.

الشكل ٢ الهدرجة في ألمانيا

١٢-<u>تعاون روسيا مع المملكة العربية السعودية في إنتاج الهيدروجين</u>

خلال اجتماع عبر الإنترنت بين اللجان الحكومية الروسية والسعودية، عرض نائب رئيس الوزراء الروسي التعاون في إنتاج الهيدروجين. وقال ألكسندر نوفاك "لدينا اقتراح بتشكيل فريق يعمل في مجال الطاقة الهيدروجينية.".

تم اعتبار الهيدروجين بمثابة الوقود النظيف المفضل للمستقبل وقد وُصف بأنه وسيلة لإزالة الكربون من صناعات الطاقة الثقيلة. كان النفط والغاز الروسيان بطيئين في تطوير غاز الهيدروجين، الذي ينبعث منه البخار الساخن فقط بدلاً من ثاني أكسيد الكربون كوقود.

المملكة العربية السعودية –التي تسعى لتنويع اقتصادها وتقليل اعتمادها على النفط– تدرس مشاريع إنتاج الهيدروجين الكبرى. وبحسب رويترز، قال نوفاك إن كل من روسيا والسعودية لديهما إمكانات كبيرة لتطوير مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة.

الشكل ٣ انتاج الهيدروجين في السعودية

١٣-تخطيط المملكة العربية السعودية لخفض استهلاك النفط بمقدار مليون برميل

تخطط المملكة العربية السعودية لخفض الاستهلاك المحلي من الهيدروكربونات السائلة بمقدار مليون برميل يومياً. حيث تعتبر المملكة العربية السعودية، أكبر اقتصاد في منطقة الخليج العربي، وتستهلك حوالي ٤٩١٠٠٠ برميل يومياً من النفط للاستخدام الصناعي وتوليد الطاقة في ذروة الطلب الصيفي في عام ٢٠١٩ قبل تفشي فيروس كورونا. قدرت إدارة معلومات الطاقة الأمريكية الرقم بمليون برميل يومياً في عام ٢٠١٥. قال وزير الطاقة السعودي عبد العزيز بن سلمان في حوار برلين حول انتقال الطاقة: "إذا أردنا الحفاظ على مكانتنا كمنتج للكربون على المدى الطويل، فعلينا إيجاد ما يكفي من الابتكار والتعاون للحفاظ على هذه الموارد الهيدروكربونية لذا نطلق برنامج الاستدامة الذي يهدف إلى إيجاد طرق لاستخدام الهيدروكربونات بطرق متنوعة، لا سيما فيما يتعلق بالمواد بحيث لا يكون لها أي تأثير سلبي على البيئة". يمكن أن يساعد (خفض الطلب المحلي على النفط) أرامكو

السعودية على زيادة قدرتها الفائضة طويلة الأجل من ١,٥ مليون برميل يومياً إلى مليوني برميل يومياً.

تمتلك المملكة العربية السعودية حالياً أكثر من ١٢ مليون برميل يومياً من الطاقة الإنتاجية للنفط بسبب الإمداد الطوعي المحدود. فقد بلغ إنتاج المملكة العربية السعودية من النفط في فبراير بموجب اتفاقية أوبك بلس ٨,١٣ مليون برميل يومياً، وكانت البلاد تصدر أقل من ستة ملايين برميل يومياً. توقعت دراسة أجريت في مركز الملك عبد الله لأبحاث وأبحاث النفط عام ٢٠١٨ أن ارتفاع أسعار البنزين والكهرباء في الدولة يمكن أن يزيد الطاقة التصديرية بأكثر من ٧٥ ألف برميل في اليوم ويقلل من انبعاثات الكربون بمقدار ٩٧ مليون طن سنوياً.

أحرزت المملكة العربية السعودية ودول أخرى تقدماً في تقليل استهلاك الوقود في قطاع الطاقة من خلال إصلاحات مختلفة وتطوير محطات الطاقة التي تعمل بالغاز لتوليد الكهرباء وتحلية المياه.

وقال الأمير عبد العزيز إن "خطة تغيير استهلاك المحروقات السائلة التي سنقدمها هذا العام ستؤدي إلى خفض استهلاك النفط والمنتجات البترولية في جميع محطات توليد الكهرباء".

فإن المملكة العربية السعودية ، وفقاً لوزير الطاقة، تعمل على دفع مبادرات لتحييد تغير المناخ في قطاع الطاقة. تشمل المبادرات منشأة لإنتاج الهيدروجين الأخضر بقيمة ٥ مليارات دولار مدعومة بالطاقة المتجددة والتي ستنتج ٦٠ طناً من الهيدروجين الخالي من الكربون يومياً للتصدير. تهدف المملكة العربية السعودية أيضاً إلى توليد ٥٠ في المائة من الكهرباء من خلال مصادر الطاقة المتجددة و ٥٠ في المائة أخرى من الغاز الطبيعي بحلول عام ٢٠٣٠

المراجع:

 K. Amoa, « Catalytic Hydrogenation of Maleic Acid at Moderate Pressures », *J. Chem. Educ.*, vol. 84, n° 12, 2007, ص. 1948 ISSN 0021-9584 [lien DOI].

  V. Voorhees et R. Adams, « The use of the oxides of platinum for the catalytic reduction of organic compounds. I », *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 44, n° 6, 1922, ص. 1397-1405 ISSN 0002-7863 [lien DOI].

 M.-Y. Ngai, J.-R. Kong :Et al., « Hydrogen-Mediated C–C Bond Formation: A Broad New Concept in Catalytic C–C Coupling », *J. Org. Chem.*, vol. 72, n° 4, 2007, ص. 1063-1072 ISSN 0022-3263 [lien DOI].

  P. N., Rylander (2000). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Weinheim, Germany: John Wiley & Sons. doi:10.1002/14356007.a13_487. .

 T. van Es et B. Staskun, « Aldehydes from Aromatic Nitriles: 4-Formylbenzenesulfonamide », *Org. Synth.*, vol. 51, 1971, ص. 20 ISSN 0078-6209 [lien DOI].

 C. F. H. Allen et J. VanAllan, « m-Toylybenzylamine », *Org. Synth.*, vol. 21, 1941,. 108 ISSN 0078-6209 [lien DOI].

 A. B. Mekler, S. Ramachandran :Et al., « 2-Methyl-1,3-Cyclohexanedione », *Org. Synth.*, vol. 41, 1961, ص. 56 ISSN 0078-6209 [lien DOI].

 J., de Vries (2007). The Handbook of Homogeneous Hydrogenation . Weinheim, Germany: Wiley-VCH. ١٥٦٨. doi:10.1002/9783527619382. ISBN 978-3-527-31161-3. .

 *Walling, Cheves.; Bollyky, Laszlo. (1964-09-01). "Homogeneous Hydrogenation in the Absence of Transition-Metal Catalysts". Journal of the American Chemical Society. **86** (18): 3750–3752. doi:10.1021/ja01072a028. ISSN 0002-7863.*