

نظرة تحليلية

البحوث والتحليل

سبتمبر 2019

التطورات في تقنيات الهيدروجين حتى 2030: الفرص المتاحة والمخاطر أمام دول الخليج، وتداعيات السياسات الدولية

الدكتور أكسل مايكلوهوفا، وسونجا بوتزنججر

بيان إخلاء المسؤولية: الآراء الواردة في هذه الوثيقة تُعبّر عن رأي المؤلف فقط ولا تعكس بالضرورة وجهة نظر أكاديمية الإمارات الدبلوماسية، باعتبارها جهة اتحادية مستقلة، وكذلك لا تُعبّر عن وجهة نظر حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة. حقوق النشر: أكاديمية الإمارات الدبلوماسية 2019. صورة الغلاف: iStock, smirkdingo, 2018

الدكتور إكسل مايكلوهوفا شريك أول ومؤسس في Perspectives ؛ جامعة زيورخ

الدكتور إكسل مايكلوهوفا حاصل على درجة الدكتوراه في الاقتصاد، ويعمل على سياسات تغير المناخ على المستوى الدولي والموضوعات المتعلقة باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية لتغير المناخ منذ ١٩٩٤، وهو باحث غير متفرغ في الاستشارية. الدكتور Perspectives جامعة زيورخ ونشر أكثر من ٢٠٠ بحث، وكذلك شريك أول ومؤسس في مؤسسة مايكلوهوفا هو أحد المؤلفين الرئيسيين للفصل المتعلق بالسياسات والتدابير في التقريرين الرابع والخامس للتقييم الصادرين من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، ويُقدّم الدعم والمساعدة في مفاوضات تغير المناخ لحكومات ليختنشتاين، والمكسيك، والمغرب، وقطر، ودولة الإمارات العربية المتحدة، وتولى مهاماً لبناء القدرات في أكثر من ٣٠ دولة نامية من الجزائر إلى اليمن.



سونجا بوتزنجير شريك إداري، في مؤسسة Perspectives للمناخ

سونجا بوتزنجير حاصلة على مؤهلات علمية في مجال العلوم البيئية وحماية البيئة، وتكتب عن سياسات المناخ الدولية منذ 1999، حيث بدأت كباحثة في معهد هامبورج للاقتصاد الدولي. في 2003، شاركت في تأسيس الاستشارية والتي نفذت من خلالها العديد من المشاريع لجهات عامة وخاصة حول آليات Perspectives مؤسسة السوق الجديدة والقائمة للكربون، والتقنيات المبتكرة لتوليد الطاقة، وتمويل المشاريع، والتكيف مع المناخ، والدعم في مفاوضات المناخ.



ملخص تنفيذي

◊ تواجه منطقة الخليج خطراً كبيراً متمثلاً في التصديق على الصادرات النفطية في حال نجاح ثورة تقنيات الهيدروجين في العقود المقبلة. في ذات الوقت، فإن دول الخليج تنعم بموارد وفيرة من الطاقة الشمسية والتي يمكن استخدامها بسهولة لإنتاج الهيدروجين الأخضر ومنخفض التكلفة على نطاق واسع. ولهذا نوصي بأن تبادر دول الخليج بالاشتراك في هذه الثورة لتقنيات الهيدروجين، وذلك في ضوء الخبرات الواسعة للمنطقة في استخدام الأنابيب والسفن لنقل المواد القابلة للاشتعال الأخرى. من المحتمل أن يستفيد المبادرون في هذا الاتجاه من تأثيرات الحجم ويصبحون رائدين في سوق الهيدروجين، وخصوصاً إذا كانت هناك تأثيرات تثبيت الأسعار لسلسلة الإمداد بالهيدروجين - بمعنى أن الدول المستوردة للهيدروجين ترغب في مواصلة الشراء من الموردين الذين لها خبرة تعامل طويلة معهم.

◊ دولة الإمارات العربية المتحدة هي فعلاً إحدى الدول الرائدة في الشرق الأوسط حيث يتم إنشاء أول محطة للتحويل الكهربائي للهيدروجين من الطاقة الشمسية في دبي، والدولة لديها أسطول متنامي من المركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود (FCEV). وبما أن دولة الإمارات العربية المتحدة نجحت في تخفيض تكلفة الطاقة الشمسية، فإن الدولة ستكون في موقع ممتاز يؤهلها لتحقيق أقل تكلفة على مستوى العالم لإنتاج الهيدروجين من المصادر الخضراء. وفي ضوء استضافة دبي لمعرض أكسبو ورئاسة المملكة العربية السعودية لمجموعة العشرين في 2020، فإن دولة الإمارات يمكنها الاستفادة من أحد هذين الحدثين لإنشاء واستضافة مبادرة دولية رفيعة المستوى لاقتصاد الهيدروجين. وقد تكون هذه المبادرة بمثابة أداة لتنسيق السياسات بين مستوردي ومصدري الهيدروجين، وتتركز في البداية على تسريع التفاعل بين منطقة الخليج - كإحدى الموردين المحتملين - واليابان والاتحاد الأوروبي واللذان من المحتمل أن يصبح كلاهما من المستوردين البارزين للهيدروجين في العقد المقبل بناء على الأهداف المحددة في سياسات الطاقة الخاصة بهما.

◊ شهد العام 2018 ظهور حركة اجتماعية واسعة تطالب بفرض سياسات صارمة للتخفيف من حدة آثار تغير المناخ في أوروبا وغيرها من مناطق العالم. وتوسّع الأحوال الجوية الشديدة وأوسع النطاق والتي تقترب بالاحتباس الحراري السريع من انتشار هذه الحركة. عند الحديث عن أوروبا تحديداً، فإن هذه الحركة غيرت فعلاً من المشهد السياسي في عدد من الدول حيث حصلت الأحزاب ذات الأجندات الخضراء نسب تصويت قياسية. ولهذا، فإن واضعي السياسات في العديد من الدول يشحذون أهداف تقليل الانبعاثات التي وضعوها لفترة 2030 و2050.

◊ في ذات الوقت، يتنامى الاهتمام الشديد باقتصاد متكامل للهيدروجين، بحيث يصبح الهيدروجين الوقود الرئيس لوسائل النقل، والاستخدامات الصناعية، وحتى توليد الكهرباء. تضع الدول على اختلافها ومنها أستراليا، والصين، والدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي، واليابان إستراتيجيات بعيدة المدى لاقتصاد الهيدروجين، حيث بدأت بدعم المركبات التي تعمل بخلايا الوقود (FCEVs) ولكنها توسعت أيضاً في قطاعات تتجاوز قطاع النقل.

◊ تقنيات إنتاج الهيدروجين متعددة: فالمواد الوسيطة لها تشمل الوقود الأحفوري والكهرباء المتجددة. في الوقت الراهن، لا تزال تكاليف الهيدروجين "الأخضر"، والذي يتم إنتاجه باستخدام الكهرباء المتجددة، تزيد بمعدل خمسة أضعاف تقريباً عن تكاليف الهيدروجين الناتج من الغاز أو الفحم. ومع ذلك فإن التوسع في إنتاج الهيدروجين الأخضر من المحتمل أن يسد هذه الفجوة في التكاليف في أقل من عشر سنوات. ومن التقنيات الواعدة تحديداً التقنيات المستجدة التي تتيح استخدام الهيدروجين كوقود في محطات الطاقة الحرارية القائمة، دون تعديلات كبيرة.

تفاصيل الموضوع

منذ سنوات عديدة، تسعى المفاوضات الدولية في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ إلى الحد من ارتفاع درجة الحرارة بحيث تظل عند مستوى لا يشكل خطراً على البشرية. وأطلقت الحكومات في العديد من الدول المؤثرة، على مدار السنوات العشرين الماضية، الكثير من السياسات لتقليل انبعاثات غازات الدفيئة. وبالرغم من ذلك، لا تزال انبعاثات غازات الدفيئة على مستوى العالم تتزايد جراء استهلاك وإنتاج السلع والخدمات الذي يتزايد بمعدل أسرع من الانخفاض في كثافة انبعاثات غازات الدفيئة من عملية الإنتاج.

في الماضي، تجنب واضعو السياسات تحديد أهداف صارمة في سياسات فعالة لتغير المناخ. وتتعدد الأسباب وراء ذلك، حيث تراوحت بين المعارضة التي تبديها جماعات المصالح الصناعية عبر إثارة المخاوف المتعلقة بالتكاليف وتوفير فرص العمل والميزة التنافسية الدولية وبين الخشية من اتخاذ قرارات لا تحظى بالدعم الشعبي وإثارة السخط بين القواعد الانتخابية.

بالنسبة للصعيد الدولي، لم يتيسر التوصل إلى اتفاق بشأن وضع أهداف طموحة وإلزامية لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة بسبب الحاجة لتوافق الآراء في عملية صنع القرار في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وبالتالي العجز عن تحقيق التوافق في الآراء حول توزيع حصص التخفيض المطلوبة بين مختلف الدول. استبدل بروتوكول كيوتو، والذي كان يتيح اتباع مثل هذا النهج، باتفاق باريس بشأن تغير المناخ والذي يقوم على نظام تنفيذ "من الأسفل إلى أعلى" بصورة تامة بأهداف غير إلزامية ويتم تحديدها ذاتياً في تعهدات تخفيف انبعاثات غازات الدفيئة على المستوى الوطني، وهذه الأهداف لا تزال تفتقر بالنسبة لمعظم الدول للمستوى المطلوب من الطموح لتجنب التغيرات الخطيرة في المناخ. فضلاً عما سبق، وصل الشعبويون في العديد من الدول المؤثرة ببرامج انتخابية "تشكك في تغير المناخ" صراحة منذ 2016، ومنهم الرئيس الأمريكي دونالد ترامب والرئيس البرازيلي بولسارنو.

ومع ذلك، تشهد الساحة السياسية مؤخراً تغيراً شديداً في مناطق رئيسية. فالتسارع في زيادة درجات الحرارة على مستوى العالم من عام 2014 فصاعداً والأحوال المناخية الشديدة، ومنها نوبة الجفاف غير المسبوقة في أوروبا في 2018، ودرجات الحرارة القياسية عبر التاريخ في شمال وغرب أوروبا والتي تخطت درجتين مئويتين في يونيو ويوليو 2019، وموجات الحرارة المتكررة في أستراليا، والهند، واليابان والشرق الأوسط مقترنة بما أصبح حركة شعبية عالمية، وهي "تظاهرات يوم الجمعة من أجل المستقبل"، لم يتسبب في انتشار التوعية بين الشعوب وحسب وإنما في ضغط سياسي قوي أيضاً.

ونتيجة لذلك، تعكف الآن مناطق اقتصادية مؤثرة ومنها الاتحاد الأوروبي على إعداد أهداف طموحة حقاً لتخفيض الانبعاثات. في أواخر 2018، أعلنت المفوضية الأوروبية عن هدف الوصول إلى معدل الحياد في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحلول 2050.¹ ويخضع المقترح القانوني للمفوضية الآن لإجراءات البرلمان الأوروبي والمجلس الأوروبي، وهي عملية تستغرق عادةً بين عام إلى عامين قبل تبني المقترح رسمياً.

في غضون ذلك، يبذل العديد من العلماء والمبتكرين والمشتغلين في هذا المجال على مدار العقد الماضي جهوداً كثيفة لاستحداث حلول تقنية لتخفيض انبعاثات غازات الدفيئة. النجاح الذي حققته الوسائل التكنولوجية في مجال الطاقة المتجددة ومنها طاقة الرياح والطاقة الشمسية لا يختلف عليه أحد، وفي العديد من المناطق فإن هذه المصادر هي الآن أرخص الخيارات المتاحة لتوليد الكهرباء.² ورغم ذلك لا تزال مصادر الطاقة المتجددة تواجه تحدي توفير جمل أساسي من الطاقة بسبب طبيعتها المتقطعة وتكاليف تخزين الكهرباء التي لا تزال مرتفعة.

وما لا يسترعي الانتباه كثيراً حتى تاريخه، ولكنه يحظى بناقش واسع في دوائر المتخصصين هو مدى التقدم في تطوير تقنيات مبتكرة للهيدروجين. هذه التقنيات لها آفاق ذات تأثير بعيد المدى في غضون العامين المقبلين. إذا تحققت بعض هذه الإمكانيات فقط، فإن الرؤية القائمة على اقتصادات الهيدروجين - حيث يحل الهيدروجين محل الفحم والنفط والغاز الطبيعي ويصبح الوقود المهيمن ولا سيما في التدفئة والمركبات - يمكن أن تتحول إلى حقيقة في غضون عقد أو عقدين من الزمان. وقد يتم الربط أيضاً بين طول الهيدروجين وبين تقنيات الطاقة المتجددة ذات الطبيعة المتقطعة لتعزيز الكفاءة وتقليل التكاليف.

ربما يفوق ظهور اقتصادات الهيدروجين إلى تخفيض كبير في الطلب الدولي على مصادر الوقود التقليدية ومنها الفحم والغاز الطبيعي والنفط. وفي حين أن ذلك يعتبر مخاطرة كبيرة على أي دولة مصدرة للنفط، فإنه قد يكون هناك أيضاً فرص إستراتيجية أمام دول الخليج للاستفادة الاقتصادية من هذا الطلب المستقبلي. ويقتضي الاستعداد الجيد وتحديد المكانة التي تتيح اتخاذ تدابير مبكرة في هذا الصدد أن يكون هناك تحليل منهجي ومتكامل لذلك.

تلقي هذه النظرة التحليلية من أكاديمية الإمارات الدبلوماسية نظرة عامة على السياسات الدولية الحالية في مجال المناخ والطاقة، وحالة تقنيات الهيدروجين والطلب عليه في الوقت الراهن وحتى عام 2030. ومن هذا المنطلق، تستلخص الورقة البحثية بعض التوصيات حول كيفية تحديد دول الخليج لمكانتها في أسواق الهيدروجين الناشئة، مع وضع أنشطة التنويع الاقتصادي في الحسبان.

فترة العشرينات 2020: نقطة التحول في سياسات الطاقة والمناخ على الصعيد الدولي؟

في ضوء الانتشار والتوسع المحتملين للحركة الشعبية التي تهدف إلى التركيز بشدة على سياسات التخفيف من غازات الدفيئة، فإن أوروبا من المحتمل أن تضطلع مرة أخرى بدور رائد على الصعيد العالمي في سياسات المناخ. في يوليو 2019، أعلنت الرئيسة الجديدة للمفوضية الأوروبية أورسولا فون دير لاين أنها ستزيد مستوى الطموح في أهداف تقليل انبعاثات غازات الدفيئة الحالية بهدف تحقيق تخفيض بنسبة 50% (مقارنة بعام 1990) بحلول 2030، ومعدل الحياد في غازات الدفيئة بحلول 2050.

وختاماً، فإن أستراليا والصين والاتحاد الأوروبي واليابان هي الآن أكثر الدول نشاطاً في مجال اقتصادات الهيدروجين، حيث تُركز أستراليا على جانب الإنتاج في حين أن الاتحاد الأوروبي واليابان يُركزان على جانب الاستهلاك. لا يزال دور الصين غير واضح؛ فليدها القدرة على خلق طلب كبير، ولكنها يمكن أيضاً أن تبني سلاسل محلية قوية في جانب العرض.

في ظل الضغوط المتزايدة لمواجهة تغير المناخ بفعالية، فإن الحكومات في هذه الدول/المناطق من المتوقع منها تكثيف الجهود العامة للتطوير السريع لاقتصادات الهيدروجين الأخضر.

نظرة عامة على حالة تقنيات الهيدروجين والطلب عليه في الوقت الحاضر وحتى 2030

في الفترة من 2000 إلى 2018، زاد الطلب العالمي على الهيدروجين بنسبة 65%، ليرتفع من 70 مليون طن إلى 115 مليون طن.¹⁰ ويُستخدم معظم الهيدروجين من الناحية التقليدية في صناعة الكيماويات لإنتاج الأسمدة ومعالجة المعادن وإنتاج الغذاء.

وظهر الاهتمام باستخدام الهيدروجين كوقود للمركبات الخاصة والتجارية في أواخر 1970 بسبب أزمات أسعار النفط آنذاك وسيناريوهات الانخفاض السريع في الاحتياطيات النفطية. واستغرق الوصول بسيارات خلايا الوقود إلى النطاق الفني والتجاري وقتاً طويلاً، ويرجع ذلك إلى أن - بحسب ما نعرفه اليوم - فإن احتياطيات النفط ليست محدودة بحسب الاعتقاد الذي كان سائداً في بداية الثمانينات ومعدلات الأسعار ظلت عند مستويات معتدلة (ومن ثم قلت الضغوط على الابتكار التكنولوجي).

ولكن منذ أوائل الألفية، ظهرت السيارات الصغيرة والسيارات الرياضية التي تعمل بخلايا الوقود على الطرق (انظر المربع 1). تشير تقديرات مجلس الهيدروجين - وهو مبادرة لشركات الصناعة العالمية (انظر المربع 2) - إلى أنه بحلول 2030 فإن ما يقرب من 10% من السيارات المباعية في الدول الصناعية الكبرى قد تكون من المركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود الناتجة من الهيدروجين.¹¹

في 2018، أعلنت شركة السيارات الكورية الجنوبية هيونداي وضع هدف لطاقة إنتاج قدرها 0.5 مليون سيارة من السيارات التي تعمل بخلايا الوقود لعام 2030 بحجم استثمارات وقدره 6.7 مليار دولار.¹² وتتوقع شركة التكنولوجيا الألمانية بوش أنه في عام 2030 ستكون 20% من كافة السيارات الكهربائية في جميع أنحاء العالم من المركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود.¹³ ودخلت الشركة مؤخراً في شراكة إستراتيجية مع شركة Powercell السويدية، بهدف البدء في الإنتاج التجاري واسع النطاق لخلايا وقود الهيدروجين للمركبات التجارية المخصصة للخدمة الشاقة. وقامت شركات تصنيع السيارات الأخرى الرائدة على مستوى العالم ومنها دايمر، وتويوتا، وهوندا، ورينو بتصنيع سيارات تعمل بخلايا الوقود جاهزة لتدشينها في الأسواق. وصنعت شركة فورد، وتاتا موتورز ومؤسسة النفط الهندية نماذج أولية من هذه السيارات، ولا تزال هذه النماذج تخضع للتجارب على الطرق. وختاماً فإنه بالرغم من الظهور البطيء للسيارات التي تعمل بخلايا الوقود إلا أنها الآن على وشك الوصول إلى مرحلة

تفتقر أهداف المساهمة المعتمدة المحددة وطنياً في الوقت الحالي إلى المستوى الكافي من الطموح، وتتزايد الضغوط الشعبية لاتخاذ تدابير حول تغير المناخ، ولذلك عقد الأمين العام للأمم المتحدة أنطونيو غوتيريس مؤتمر الأمم المتحدة للمناخ في سبتمبر 2019، وذلك بهدف الاتفاق على خطط ملموسة لتعزيز المساهمات المعتمدة المحددة وطنياً بحلول 2020 "بما يتماشى مع تخفيض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة 45 بالمائة على مدار العقد المقبل، والوصول إلى مستوى الصفر في صافي الانبعاثات بحلول 2050".³

يمكن أن يقود وصول مرشح ديمقراطي إلى السلطة في الولايات المتحدة بعد الرئيس ترمب، وتعزيز سياسات تغير المناخ في شرق آسيا والمحيط إلى "نقطة تحول" في أوائل العشرينات من هذا القرن باتجاه وضع سياسات مناخية طموحة على الصعيدين الوطني والدولي.

فيما يخص اقتصاد الهيدروجين، قد تشترك أوروبا واليابان وأستراليا في الاضطلاع بدور الريادة. عند المقارنة بين دول العالم، تُخصص أوروبا أعلى الميزانيات الحكومية لأنشطة الأبحاث والتطوير المتعلقة بالهيدروجين وخلايا الوقود منذ 2011؛ حيث تتراوح بين 250 إلى 400 مليون دولار سنوياً.⁴ تسعى اليابان إلى أن تكون اقتصاد الهيدروجين الأول في العالم، وتهدف إلى تخفيض اعتمادها الشديد على الوقود الأحفوري المستورد، والذي يغطي في الوقت الحالي 93% من استخدام الطاقة الحالي فيها.⁵ ويتم النظر إلى الهيدروجين "الأخضر" الناتج من الطاقة المتجددة والهيدروجين "البنّي" الذي يتم تخليصه من ثاني أكسيد الكربون باستخدام تقنيات امتصاص الكربون وتخزينه باعتبارهما ضمن البدائل التكنولوجية لأمن الطاقة الوطني ومواجهة تحدي تغير المناخ. تخصص اليابان في الوقت الراهن نحو 150 مليون دولار من الدعم الحكومي لأنشطة الأبحاث والتطوير للهيدروجين في السنة.⁶

في أستراليا، يدور نقاش سياسي مكثف في السنوات الأخيرة حول التحول من تصدير الوقود الأحفوري إلى تصدير الهيدروجين. وتترك أستراليا، وهي أكبر مصدر صافي للفحم في العالم (حيث تُصدر ما يقرب من 32% من إجمالي صادرات الفحم في العالم،⁷ جيداً أن الفحم ليس له مستقبل على المدى البعيد، ولذلك تخض استثمارات ضخمة في تطوير إنتاج الهيدروجين.

على مدار السنوات الماضية، استثمرت حكومة موريسون نحو 100 مليون دولار أسترالي (70 مليون دولار أمريكي) في تطوير صناعة الهيدروجين في أستراليا. في يونيو 2018، وقعت اليابان وأستراليا على مذكرة تفاهم بهدف التصدي "لتحديات الطاقة المعاصرة"، بما فيها الهيدروجين. ومن ضمن المجالات التي لها أولوية شديدة لكلا البلدين "التعاون في إنشاء سلسلة إمداد وصناعة للهيدروجين في المستقبل".⁸

منذ 2016، زادت الصين أيضاً من الإنفاق البحثي على تقنيات الهيدروجين لمستوى يبلغ نحو 100 مليون دولار أمريكي في السنة، ويرجع ذلك في الظاهر إلى الرغبة الشديدة للغاية في إيجاد بدائل نظيفة للفحم والديزل وهما المصدران الرئيسيان لمعدلات تلوث الهواء المرتفعة على الصعيد المحلي في المدن الرئيسية. في الفترة من 2000 إلى 2010، استثمرت الولايات المتحدة الأمريكية ما يزيد عن 400 مليون دولار أمريكي في السنة في أنشطة أبحاث وتطوير الهيدروجين، ولكنها خفضت بشدة المبالغ التي تنفقها في هذا المجال إلى 100 مليون دولار سنوياً في الوقت الحالي.⁹

الكهرباء في العالم يعتمد على الفحم والنفط،¹⁴ بما يعادل طاقة مركبة إجمالية وقدرها 2,500 جيجاواط.

وبفرض أنه بطول 2030 أن 10% من الطاقة المركبة - أو 250 جيجاواط بما يعادل 250 محطة كهرباء كبيرة تعمل بفحم الليجيت - سيتم تحويلها إلى وقود الهيدروجين، فإن الطلب الإضافي على الهيدروجين سيتراوح بين 120 إلى 170 مليون طن من الهيدروجين الخالص سنوياً. وعندما نقارن ذلك بمقدار استهلاك الهيدروجين الحالي وقدره 70 مليون طن في السنة، فإنه يتبين أن هناك آفاقاً هائلة لسوق الهيدروجين في المستقبل.

وطبقاً لما يرد بمزيد من التفصيل أدناه، وفي ضوء آفاق الطاقة المتجددة لمنطقة الخليج، فإن ذلك يتيح فرصاً متميزة أمام دول مجلس التعاون الخليجي ليس للتوزيع الاقتصادي وحسب وإنما أيضاً للاستفادة من قطاعات جديدة في أسواق تصدير الطاقة، لأن الهيدروجين من المحتمل أن يحل محل الفحم، ومن ثم يصبح عليه طلب أوسع بكثير مقارنة بالنفط.

هناك العديد من الخيارات التكنولوجية المختلفة لإنتاج الهيدروجين، بناء على الوقود الأحفوري أو الكهرباء. وتشمل إصلاح الميثان بواسطة البخار في الغاز الطبيعي (SMR) وتحويل الفحم إلى غاز ومختلف أشكال التحليل الكهربائي ومنها تقنيات غشاء تبادل البروتون (PEM). يؤدي النوعان الأخيران من التقنيات إلى انبعاثات غازات الدفيئة، في حين لا تسبب التقنية الأخيرة أي انبعاثات إذا كانت الكهرباء ناتجة من مصادر متجددة.

المربع 2: مبادرة شركات الصناعة - مجلس الهيدروجين

مجلس الهيدروجين، الذي تم الإعلان عنه في أوائل 2017 في المنتدى الاقتصادي العالمي في دافوس، هو عبارة عن هيئة استشارية عالمية يقودها مديرون تنفيذيون، ويقدم هذا المجلس رؤية بعيدة المدى عن دور تقنيات الهيدروجين في التحول العالمي في مجال الطاقة؛ في مجال النقل وكذلك في مجال الكهرباء والاستخدامات الصناعية والسكنية.

منذ منتصف 2019، يتألف مجلس الهيدروجين مما يزيد عن 60 مديراً تنفيذياً ورئيساً من كبرى الشركات العالمية ومنها Air، Airbus، 3M، Air Liquide، Air Products، Alstom، Anglo American، Audi AG، BMW GROUP، BP، China Energy، Cummins، Daimler، EDF، ENGIE، Equinor، Faurecia، General Motors، Great Wall Motor، Honda، Hyundai Motor، Iwatani، Johnson Matthey، JXTG، Nippon Oil & Energy Corporation، Kawasaki، KOGAS، Linde، Plastic Omnium، Royal Dutch Shell، Sinopec، The Bosch، Weichai Group، Thyssenkrupp، Total، Toyota. ويدعو المجلس الحكومات والجهات المعنية الرئيسية في المجتمع للانضمام إلى الشركات في مناقشة مساهمة الهيدروجين في مجال التحول في مجال الطاقة والتعاون لوضع خطة تنفيذ فعالة.

وتتمثل المخرجات الرئيسية للمجلس حتى الآن في تنسيق وتمويل الدراسات لدعم مسيرة تطوير صناعة الهيدروجين. وساهم المجلس على سبيل المثال، في تقرير "مستقبل الهيدروجين" بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة ووزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة اليابانية، ونشر التقرير في مؤتمر قمة مجموعة العشرين في أوساكا في يونيو 2019.

For more information, see: Hydrogen Council, 2017, Hydrogen Scaling Up: A Sustainable Pathway for the Global Energy Transition

المربع 1: المركبات الكهربائية العادية مقارنة بالمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود

المركبات الكهربائية هي المركبات التي تعمل بالكهرباء التي يتم تخزينها في بطارية داخل المركبة، ويتم شحنها في المنزل أو في محطة عامة لشحن السيارات الكهربائية. وفي حين أن تقنية هذه السيارات تطورت تطوراً ملحوظاً في العقد الماضي إلا 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). تشمل المشكلات الإضافية المرتبطة بالسيارات الكهربائية التأثيرات البيئية لإنتاج البطاريات.

على النقيض 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. الهيدروجين يتم تخزينه في خزان مشابه للخزان المستخدم للبنزين/الديزل في السيارات التقليدية، وعملية إعادة التعبئة بالوقود تنسم بالسرعة. وتتمثل المسافة التي تقطعها المركبات الكهربائية التي تسير بخلايا الوقود مع تلك التي تقطعها السيارات التقليدية. وتشمل التحديات التي تواجه سيارات الهيدروجين في الوقت الحاضر أنها لا تزال مكلفة للغاية بسبب عدم إنتاجها على نطاق تجاري، وكذلك فإن منشآت البنية التحتية المطلوبة لها، ومنها محطات وقود الهيدروجين، لم يتم بناؤها بعد.

حاسمة، وكذلك الوضع بالنسبة لمنشآت البنية التحتية المطلوبة، والتي تشمل محطات وقود الهيدروجين.

السيارات التي تعمل بخلايا الوقود هي مجرد شريحة واحدة في السوق في قطاع النقل. فقد دخلت أول قطارات تعمل بالهيدروجين من إنتاج شركة ألتوم الخدمة المنتظمة العامة في ألمانيا في 2018، وطلبت العديد من المناطق العشرات من قطارات الهيدروجين الإضافية. ويتم تشغيل الحافلات التي تعمل بالهيدروجين في مدن عديدة في مختلف أنحاء العالم - في الوقت الحاضر على نطاق ضيق ولكنه متزايد.

ولكن ربما يكون الجانب الأكثر أهمية هو أن الطلب المتزايد على الهيدروجين لا يقتصر على قطاع النقل وحسب. فقد بدأت شركات الصناعة وكذلك شركات التكنولوجيا الكبرى ومنها سيمنس أو جنرال إلكتريك العمل على تجهيز تقنيات الطاقة وتقنيات المحطات الصناعية التي تنتجها، ومنها المواقف والمشاغل، للعمل بوقود مختلط بالهيدروجين. تتراوح الأمثلة من تصميمات مراحل الهيدروجين (على سبيل المثال من شركة Mitsubishi-Hitachi Power Systems) إلى المولدات التي تُحوّل الهيدروجين إلى بخار حيث يتم ضخ المياه إلى تيار لاحتراق الهيدروجين/ الأكسجين وإلى تقنيات أكسدة غير حفازة بدون لهب. كل هذه المبادرات يمكن أن تزيد من الطلب العالمي على الهيدروجين زيادة هائلة.

وأخيراً وليس آخراً، بدأت تظهر بعض التقنيات التي تتيح الاستغلال الكفء للهيدروجين في محطات الطاقة الحرارية التقليدية بمنتصف فترة العشرينات من هذا القرن دون الحاجة إلى تعديلات كبيرة، ومن ثم تحل مباشرة محل الوقود الأحفوري ومنها الفحم أو الغاز الطبيعي أو النفط. وقد يحقق ذلك ثورة سريعة في نظام توليد الكهرباء على مستوى العالم، في 2018، كان نحو 40% من توليد

وفي اجتماع خاص في يونيو 2019، تم الاتفاق على "خطة عمل كاريزاوا للابتكار في الطاقة ضمن مجموعة العشرين" والتي تشدد على دور الهيدروجين.¹⁸

وفي إطار الاجتماع الوزاري للطاقة النظيفة (أنشأتها الولايات المتحدة الأمريكية في 2009) جمعت مبادرة مخصصة للهيدروجين في 2019 في عضويتها كندا، والاتحاد الأوروبي، والهند، واليابان، وكوريا، وهولندا، ونيوزلندا، والنرويج، والمملكة العربية السعودية، والولايات المتحدة الأمريكية. وسيكون محور التركيز المبدئي لها هو دعم استخدام الهيدروجين في التطبيقات الصناعية الحالية، مما يتيح استخدام تقنيات الهيدروجين في قطاع النقل وبحث دور الهيدروجين في تلبية احتياجات المجتمعات من الطاقة. وتتولى الوكالة الدولية للطاقة دور المنسق.

المبادرة ذات التاريخ الأطول هي الشراكة الدولية للهيدروجين وخلايا الوقود (IPHE)، والتي تم إنشاؤها في 2003 بهدف تسريع وتيرة التحول إلى طاقة ونظم تنقل نظيفة وذات كفاءة باستخدام تقنيات خلايا الوقود والهيدروجين. ويشارك في المبادرة 20 عضواً بما فيها أكبر الاقتصادات الناشئة (البرازيل، وروسيا، والهند، والصين، وجنوب أفريقيا) وأستراليا واليابان والعديد من الدول الصغيرة ومعظمها من أوروبا. ومنطقة الخليج ليس لها تمثيل حتى الآن في المبادرة.

وبحسب ما تذكره الوكالة الدولية للطاقة في دراستها البارزة "مستقبل الهيدروجين" والتي تمت بتكليف من الرئاسة اليابانية لمجموعة العشرين فإن عدد الدول التي لديها سياسات تدعم مباشرة الاستثمار في تقنيات الهيدروجين يتزايد، وكذلك عدد القطاعات المستهدفة.¹⁹ في منتصف 2019، كان هناك نحو 50 سياسة من السياسات والحواجز الداعمة للهيدروجين على مستوى العالم. وشملت الدول الأكثر نشاطاً في هذا الشأن أستراليا، والصين، والاتحاد الأوروبي والدول الأعضاء فيه، والهند، واليابان، وكوريا، ونيوزلندا، وجنوب أفريقيا والولايات المتحدة الأمريكية (وخصوصاً كاليفورنيا) (انظر المربع 3).

بجانب السياسات والتدابير التي تستهدف الهيدروجين مباشرة، فإن سياسات المناخ والطاقة على الصعيد الوطني يمكن أن يكون لها تأثير غير مباشر كبير على الجدوى الاقتصادية للهيدروجين. على سبيل المثال، يمكن أن ينهض تسعير الكربون من خلال خطط تبادل انبعاثات غازات الدفيئة أو الضرائب/الرسوم على ثاني أكسيد الكربون أو الضرائب على الوقود الأحفوري بدور رئيس في سد فجوة التكلفة بين الهيدروجين الأخضر والهيدروجين القائم على الوقود الأحفوري وكذلك الوقود الأحفوري التقليدي.

ربما يجعل التسعير الحاد للكربون الاتحاد الأوروبي أكثر الأسواق جاذبية للهيدروجين في السنوات المقبلة. تغطي خطة تبادل الانبعاثات للاتحاد الأوروبي (EU ETS) الانبعاثات الصادرة من أكثر من 11,000 وحدة كثيفة الاستخدام للطاقة (محطات الكهرباء والمنشآت الصناعية) ومن ثم فإنها تغطي نحو 45% من انبعاثات غازات الدفيئة في الاتحاد الأوروبي. وتظهر الإصلاحات الأخيرة لخطة تبادل الانبعاثات للاتحاد الأوروبي تأثيرها؛ فمُنذ منتصف 2017 زادت أسعار ما يسمى بالوحدات المسموح بها للاتحاد الأوروبي (تساوي التصريح بانبعاث 1 طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون) بأكثر من أربعة أضعاف، وسجلت مستويات قياسية قدرها 30 يورو/طن من ثاني أكسيد الكربون في يوليو 2019.

وحتى الوقت الحاضر، يمثل التحدي الرئيس الذي يواجه زيادة الهيدروجين لمستوى يتيح استخدامه كوقود لاقتصادات كاملة في التكاليف العالية لإنتاجه. إصلاح الميثان بواسطة البخار القائم على الغاز الطبيعي بدون التقاط الكربون واستغلاله وتخزينه (CCUS) هو في الوقت الراهن الأقل تكلفة، ولهذا فإنه الخيار الأوسع انتشاراً لإنتاج الهيدروجين. تتراوح التكاليف بين 0.9 دولار/الكيلو من الهيدروجين (الشرق الأوسط) و1.8 دولار/الكيلو من الهيدروجين (أوروبا)، وتزيد التكلفة بنحو 0.5 دولار/الكيلو من الهيدروجين عند إضافة التقاط الكربون وتخزينه (CCS).¹⁵ وتتراوح تكاليف إنتاج الهيدروجين من الكهرباء المتجددة في الوقت الحاضر باستخدام التظليل الكهربائي لغشاء تبادل البروتون بين 4.2-5.2 دولار/الكيلو.

وبهذا فإن فجوة التكلفة بين الهيدروجين القائم على الوقود الأحفوري والهيدروجين "الأخضر" في الوقت الحاضر هي خمسة أضعاف. ومع ذلك فإنها من المحتمل أن تنخفض بسرعة. وتشير التنبؤات لعام 2025 إلى انخفاض وقدره 60% في تكاليف إنتاج الهيدروجين الأخضر، لتتراوح بين 1.6-1.9 دولار/الكيلو.¹⁶ ويرجع ذلك في معظمه إلى تحسينات في حجم التشغيل وتحسين عوامل القدرة. وفي ذلك المستوى، سيكون الهيدروجين القائم على الوقود الأحفوري والهيدروجين الأخضر في نفس مستوى التكلفة، وسوف تتسبب سياسات تسعير الكربون على المستوى الوطني في ترجيح الكفة لصالح منتجي الهيدروجين "الأخضر". ويرجع ذلك إلى أن خطط تسعير الكربون ترفع سعر الوقود الذي يتسبب في انبعاثات كربون. ولهذا، إذا تسبب إنتاج الهيدروجين في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون فإن هذه الانبعاثات سيتم حسابها ضمن أرصدة انبعاثات الشركات الخاضعة لخطة تسعير الكربون. ونتيجة لذلك، فإن هذه الشركات ستفضل شراء الهيدروجين الأخضر بدلاً من الهيدروجين "الأسود" (أي الذي يتم إنتاجه من الوقود الأحفوري دون التقاط الكربون وتخزينه) أو الهيدروجين البني (أي الذي يتم إنتاجه من الوقود الأحفوري دون التقاط الكربون وتخزينه).

من المهم أن نأخذ في الاعتبار أنه حتى إنتاج الهيدروجين البني يتسبب في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار يتراوح بين 1 إلى 2 كيلو من ثاني أكسيد الكربون/الكيلو من الهيدروجين في ظل التقاط الكربون وتخزينه.¹⁷ مقارنة بـ 0 من ثاني أكسيد الكربون/الكيلو من الهيدروجين الأخضر.

قد تؤدي زيادة الطلب الشديدة على الهيدروجين حتى إلى انخفاضات أسرع في التكاليف جراء تأثيرات الحجم. يبحث القسم التالي السياسات المستجدة التي قد تحرك هذا السيناريو المتسارع.

أطر الحوكمة والسياسات الدولية التي تؤثر على الطلب على الهيدروجين وتطوير تقنيات الهيدروجين

تظهر أولى المبادرات على الصعيد العالمي لحوكمة منشآت البنية التحتية واسعة النطاق للهيدروجين على هامش السياسات الأشمل نطاقاً. وبدأت مجموعة العشرين في مناقشة هذا الموضوع في فترة رئاسة اليابان للمجموعة في 2018/2019. وقد أدرج ضمن الأولويات بعد الاجتماع الوزاري لطاقة الهيدروجين المنعقد في طوكيو في أكتوبر 2018، والذي شهد حضور ممثلين من 21 دولة.

المربع 3: أمثلة على مبادرات/برامج الهيدروجين السياسية في بعض الدول الرئيسية

- في الاتحاد الأوروبي، هناك مشروع بقيمة 170 مليون يورو للسيارات التي تعمل بالهيدروجين في مرحلته الثانية حالياً، لإثبات الجدوى العملية للسيارات التي تسير بخلايا الوقود وتوسيع شبكة محطات وقود الهيدروجين في الاتحاد الأوروبي.
- تسعى الصين، بما لديها من عدد متنامي من السيارات، إلى تحويل السيارات بعيداً عن الوقود الأحفوري بسرعة من أجل تقليل التلوث في بيئتها، والذي أصبح أحد التحديات السياسية الرئيسية للحكومة. وبعد التحويل الناجح إلى الكهرباء للمركبات التي تسير مسافات قصيرة، ومنها 250 مليون من المركبات ذات العجلتين و0.4 مليون من حافلات المدن الموجودة حالياً على الطرق الصينية، فإن وان جانج، وزير العلوم والتكنولوجيا، يسعى الآن إلى إدخال الحافلات والشاحنات التي تعمل بخلايا الوقود لاستخدامها في التنقل لمسافات طويلة، وتضيف العديد من المدن الصينية المزيد من الحافلات التي تعمل بخلايا الوقود إلى الخدمة على الطرق، وتهدف شنغهاي إلى الوصول بهذا العدد إلى 3,000 بحلول 2020. في عام 2018 بمفرده، استثمرت الصين 12.4 مليار دولار أمريكي في دعم خلايا وقود الهيدروجين للمركبات.
- أعادت اليابان مؤخراً التأكيد على هدفها بأن تصبح اقتصاد الهيدروجين الرائد في العالم، ووضعت إستراتيجية متكاملة للهيدروجين تهدف إلى تحقيق التكافؤ في التكلفة بين الهيدروجين وبين غاز الوقود والغاز الطبيعي المُسال. ورغبة في تحقيق هذا الهدف، استثمرت اليابان فعلاً مبلغاً وقدره 1.5 مليار دولار أمريكي في أنشطة الأبحاث والتطوير على مدار السنوات الماضية. في ألعاب الأولمبياد في طوكيو 2020، سيتم إنفاق 380 مليون دولار أمريكي على 35 محطة لوقود الهيدروجين و6,000 مركبة من المركبات التي تعمل بخلايا الوقود، والهدف على الصعيد الوطني لانتشار المركبات التي تعمل بخلايا الوقود لعام 2030 هو 0.8 مليون.
- في فبراير 2019، بدأ إنشاء أول محطة للتحليل الكهربائي للمياه بالطاقة الشمسية في الشرق الأوسط في دبي، والتي تشغلها هيئة كهرباء ومياه دبي وبطاقة سنوية قدرها 250 طناً، وهي تعتمد على تكنولوجيا من إنتاج شركة سيمنس الألمانية. وسوف يستخدم معرض الأكسبو 2020 مركبات تعمل بخلايا الوقود باستخدام الهيدروجين الناتج من هذه المحطة. وافتتحت أول محطة لتعبئة الهيدروجين في الشرق الأوسط في دبي في أكتوبر 2017. وهناك عدد إجمالي وقدره 55 سيارة تويوتا Mirai من المركبات التي تعمل بخلايا الوقود على الطرق في دولة الإمارات، وتشير تقديرات Air Liquide وآخرين إلى أن 12 محطة لتعبئة الهيدروجين تكفي لتغطية طلب الدولة على وقود الهيدروجين. وكذلك، أعلنت شرطة أبو ظبي عن خطط لتحويل أسطول مركباتها إلى المركبات التي تعمل بخلايا الوقود بحلول 2050.

Sources used: Air Liquid, Khalifa University, Al Futtaim Motors, 2018, *Hydrogen Mobility: Hydrogen Mobility in the UAE*, authored by Maram Awad, October 2018.

تحقيق انخفاضات شديدة في تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر عند الوصول إلى معدل كافي من الطلب في عدة سنوات. ولذلك فيبدو أن الهيدروجين قريب جداً من الوصول إلى نقطة التحول الحاسمة.

مصالح دول الخليج في أسواق الهيدروجين في الحاضر والمستقبل - تحليل الفرص والمخاطر على الدول المصدرة للنفط

حتى الآن، يتمنى العديد - وليس الكل - من واضعي السياسات في دول مجلس التعاون الخليجي أن الزيادة العالمية المتواصلة في الطلب على الطاقة ستقضي على أي محاولات للتخلص من الكربون في الاقتصادات، وبالتالي تتيح مواصلة اعتماد اقتصادات دول مجلس التعاون الخليجي في معظمها على صادرات النفط والغاز الطبيعي. إذا نجحت ثورة تقنيات الهيدروجين، فإن ذلك يمثل خطراً على هذه الركيزة الأساسية، وسوف يقود إلى استبدال النفط والغاز الطبيعي في جميع القطاعات الاقتصادية؛ النقل، والمصانع، وتوليد الكهرباء.

ويقتضي تجنب مثل هذا السيناريو أن يقرر واضعو السياسات في دول مجلس التعاون الخليجي الكيفية والوقت اللذين يبادرون فيهما بالدخول في اقتصاد الهيدروجين. السيناريو الأسوأ هو أن يتخذ واضعو السياسات في المنطقة القرار بعد فوات الأوان، وحينها تكون المنطقة قد تخطتها بالفعل مناطق أخرى من العالم والتي استطاعت أن تبني بنية تحتية متكاملة للهيدروجين.

وقد تغير أسعار ثاني أكسيد الكربون عند هذا المعدل من قواعد اللعبة بسرعة وفعالية، لأنها تزيد الجاذبية الاقتصادية للهيدروجين الخالي من ثاني أكسيد الكربون مقارنة بالوقود الأحفوري. لتأخذ محطات الكهرباء التي تعمل بالفحم كمثال: ينبعث من المحطات القديمة عادةً نحو 1 طن من ثاني أكسيد الكربون/ميجاوات في الساعة. إذا أتاحت تكنولوجيا مبتكرة للهيدروجين تحديث تلك المحطة وتحويل الوقود فيها إلى الهيدروجين الأخضر، فإن محطة الكهرباء بطاقة 500 ميجاوات قد تقلل نحو 3.5 مليون من المستويات المسموح بها للاتحاد الأوروبي في السنة - بما يعادل نحو 110 مليون دولار/في السنة أو 1 مليار دولار في فترة التزام وقدرها تسع سنوات.

وهذه الأرقام تبين أن الهيدروجين ربما يحقق بسرعة الجدوى الاقتصادية - وربما حتى جاذبية اقتصادية عالية - في الدول التي لديها سياسات قوية للمناخ. من المهم التنويه إلى أنه من المحتمل أن دولاً ومنها دول الاتحاد الأوروبي ستحدد معايير الاستحقاق للهيدروجين، مما يعني السماح فقط للهيدروجين الأخضر الناتج من مصادر الطاقة المتجددة ورفض الهيدروجين الناتج من الوقود الأحفوري (حتى لو كان يوجد فيه مكون لالتقاط الكربون وتخزينه).

وبمجرد الوصول إلى معدل معين من الطلب على الهيدروجين، فمن المتوقع حدوث انخفاضات كبيرة في تكاليف الإنتاج. ويُعتبر تاريخ تكاليف توليد الكهرباء من المصادر المتجددة مثلاً مفيداً على مثل هذا التأثير. فعلى الصعيد العالمي، انخفضت تكاليف توليد الكهرباء المستوية بنسبة 77% لحوادث الطاقة الشمسية، وبنسبة 45% للطاقة الشمسية المركزة، وبنسبة 34% لطاقة الرياح البرية في الفترة بين 2010 و2018.²⁰ وتوضح هذه المقارنة أنه يمكن

الاتفاق على عقود توريد طويلة المدى. وحدث ذلك في توريد الغاز الطبيعي في الماضي. السيناريو الأفضل هو صياغة دول مجلس التعاون الخليجي لإستراتيجية مشتركة لتحقيق أقصى انخفاض ممكن في التكاليف. يمكن أن تهدف هذه الإستراتيجية - في ضوء الجهود الناجحة الماضية لدولة الإمارات العربية المتحدة - إلى تحقيق أقل تكاليف ممكنة لتوليد الكهرباء من الطاقة الشمسية في العالم، والتي يتم تحقيقها من خلال مكونات اللوحات الضوئية والطاقة الشمسية المركزة في مجمع محمد بن راشد آل مكتوم للطاقة الشمسية في دبي.

فيما يخص البنية التحتية لوسائل النقل، فإنه يمكن الاستفادة من عقود الخبرة المتراكمة لدى المنطقة في البنية التحتية للأنابيب والشحن لإنشاء شبكة لخطوط الأنابيب والمنافذ لديها القدرة على توصيل الهيدروجين إلى العالم بأكمله.

إطار السياسات الدولية لتيسير مشاركة دول الخليج في أسواق الهيدروجين العالمية الناشئة

من المحتمل أن تشهد أوائل فترة العشرينات من هذا القرن ظهور اقتصاد عالمي للهيدروجين تحركه دول الصدارة المؤثرة ومنها اليابان، والاتحاد الأوروبي، والصين، وأستراليا. وفي حين أن الدولتين الأخيرتين لديهما قدرات محلية لتوليد الكهرباء من المصادر المتجددة بما يكفي كمية الهيدروجين اللازمة لهما (الصين بمفردها كان لديها تقليص بكمية 100 تيراواط للكهرباء المتجددة في 2018 والتي كان يمكن استخدامها في إنتاج الهيدروجين) فإن اليابان والاتحاد الأوروبي ليس لديهما إمكانيات محلية ملحوظة لتوليد الهيدروجين.

ولذلك، فإن كلاً من اليابان والاتحاد الأوروبي سيحتاجان إلى تحديد المناطق التي يمكنها إنتاج ومعالجة ونقل الهيدروجين بالكميات المطلوبة والتعامل معها كشركاء تجاريين مفضلين. دول مجلس التعاون الخليجي لديها عبر التاريخ علاقات وثيقة في تجارة النفط مع هذه المناطق والتي يمكن البناء عليها. يمكن أن تصبح دول مجلس التعاون الخليجي أيضاً شركاء في التكنولوجيا لجهات رئيسية من أوروبا واليابان، على نفس المنوال في مثال التعاون بين سيمنس وديوا في محطة الهيدروجين التجريبية بالطاقة الشمسية في دبي (انظر المربع 3). وفي حين أن دولة الإمارات حتى الآن تتخذ في الغالب وضع المراقب في الحوكمة والفعاليات الدولية للهيدروجين، فإن معرض أكسبو 2020 القادم بمثابة فرصة ممتازة لتصبح أحد المبادرين في هذا المجال.

ويمكن أن تعزز مبادرة رفيعة المستوى لاقتصاد الهيدروجين على الصعيد الدولي، والتي يتم إطلاقها على سبيل المثال في سياق رئاسة المملكة العربية السعودية لمجموعة العشرين في 2020، والتي تتخطى المبادرات الدولية الحالية من حيث نطاقها ومواردها - تعزز من مكانة المنطقة، وحتى تنجح هذه المبادرة، فلا بد من وجود هيكل إداري دائم لها والذي يمكن أن توفره دولة الإمارات أو المملكة العربية السعودية.

ربما ينظر واضعو السياسات في دول مجلس التعاون الخليجي إلى مساهمتهم في اقتصاد الهيدروجين من منظور المواد الأولية الرخيصة من الوقود الأحفوري. وقد يصدق هذا القول على المدى القريب، ولكن ليس على المدى البعيد. من زاوية سياسات تغير المناخ، فلا يثير الاهتمام إلا الهيدروجين الخالي من ثاني أكسيد الكربون. بخلاف ذلك، فإن إنتاج الهيدروجين بالاعتماد على الكهرباء الناتجة من الفحم أو الغاز الطبيعي أو الوقود الأحفوري سيتسبب في انبعاثات غازات الدفيئة (ما لم يجتمع مع التقاط الكربون وتخزينه) ومن ثم لا يفضلها أحد. ولهذا، فإن العالم سيوجه الطلب باتجاه الهيدروجين الخالي من ثاني أكسيد الكربون والذي يمكن إما إنتاجه من التحليل الكهربائي القائم على الطاقة المتجددة أو على سبيل المثال من الغاز الطبيعي القائم على إصلاح الميثان بواسطة البخار مع استخدام تقنية التقاط الكربون وتخزينه.

وينبغي التنويه إلى أن التقاط الكربون وتخزينه ينظر إليه غالباً على أنه يتسبب في مشكلات بيئية نظراً لمخاطرة التسربات أو الترشحات في المستقبل والانخفاض في كفاءة الطاقة جراء استهلاك الطاقة لالتقاط الكربون. وبالتالي، يفترض المرء أن الطلب على الهيدروجين الأخضر من مصادر الطاقة المتجددة سيكون أعلى، وربما يظهر فرق في السعر. من بين السيناريوهات الأخرى هو أن المستوردين الرئيسيين ومنهم الاتحاد الأوروبي سيضعون قيوداً تسمح فقط باستخدام الهيدروجين الناتج من الطاقة المتجددة دون فرض عقوبات الكربون. من المهم أن نأخذ بعين الاعتبار أن الاتحاد الأوروبي يعارض دائماً مشاريع التقاط الكربون وتخزينه ضمن اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. **لهذه الأسباب، يتوقع المرء وجود طلب أعلى بكثير وأكثر استقراراً على الهيدروجين الأخضر مقارنة بالهيدروجين البني أو حتى الهيدروجين الأسود.**

العديد من الدول والمناطق التي سيكون فيها طلب عالٍ على الهيدروجين - ومنها الاتحاد الأوروبي واليابان - ليس لديها الموارد الجذابة بما فيه الكفاية لمنشآت الطاقة الشمسية والرياح المطلوبة لإنتاج الهيدروجين لتغطية الطلب عليه. وهذا يعطي ميزة تنافسية للدول التي لديها موارد وفيرة ومنها منطقة الخليج والتي تقع في حزام الشمس في العالم. في سياق اقتصاد الهيدروجين، فإن هذه المنحة قد تكون أساساً جوهرياً لميزة تنافسية عالية كمنتجين للهيدروجين للتصدير. إذا قررت دول مجلس التعاون الخليجي الدخول في هذا القطاع، فإنه سيسمح لها بالحفاظ على نموذج العمل الأساسي لحقبة النفط والذي يعتمد على الإنتاج الرخيص لوقود يستخدم في جميع أنحاء العالم في النقل وتوليد الحرارة.

وبخلاف النفط، فإن دول الخليج في اقتصاد الهيدروجين ستتنافس مع عدد أكبر من الدول التي قد تتساوى تقريباً مع أعضاء التحالف الدولي للطاقة الشمسية وبعض المناطق التي لديها موارد وفيرة من طاقة الرياح ومنها الأرجنتين أو تشيلي أو بيرو. بيد أن العديد من هذه الدول، ولا سيما في أمريكا، تفتقر إلى رأس المال الاستثماري وبيئة الأعمال للدخول بسرعة في إنتاج وتصدير الهيدروجين.

إذا تمت استثمارات مبدئية في الطاقة المتجددة بمعدل يكفي لتحقيق وفورات الحجم، وافتقرن ذلك ببنية تحتية ملائمة للنقل، فإن المبادرين بالدخول في هذا السوق سوف يستطيعون تثبيت مكائهم من خلال الاحتفاظ بالعملاء، وخصوصاً إذا استطاعت الدولة

وهنا، يمكن الاستفادة من التجربة الناجحة لدولة الإمارات في استضافة الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (إيرينا). في غضون عقد زمني، أصبحت إيرينا مركزاً رائداً للبيانات المتعلقة بالطاقة المتجددة وإحدى قادة الرأي ومكان الالتقاء لإجراء نقاشات رفيعة المستوى، والاضطلاع بدور تيسير استثمارات المشاريع في الدول النامية. ولهذا نوصي بأن تقوم دولة الإمارات العربية المتحدة على وجه السرعة بما يلي:

- إجراء تقييم إستراتيجي تفصيلي للآفاق الاقتصادية للهيدروجين الأخضر والبنّي في الإطارين الزمنيين 2030 و2050، بما في ذلك تحليل فني واقتصادي للتكاليف والفوائد لبحث مختلف الخيارات لإنتاج الهيدروجين وتخزينه ونقله.
 - إجراء تحليل تفصيلي ومتكامل لسياسات الهيدروجين والطاقة والمناخ في الدول والمناطق الرئيسية التي من المحتمل أن تصبح مستوردة للهيدروجين في الأطر الزمنية 2025، و2030، و2050.
 - المبادرة بالمشاركة في النقاشات الدولية في إطار مجموعة العشرين، والملتقى الوزاري للطاقة النظيفة، والشراكة الدولية للهيدروجين وخطايا الوقود بشأن معايير الهيدروجين، ومنها وسائل النقل، والسلامة، والبيئة.
 - إطلاق مبادرة تجريبية لتصدير واستخدام الهيدروجين في إطار آليات السوق الواردة في المادة 6 من اتفاق باريس بشأن تغير المناخ. قد يتم ذلك بالشراكة مع الاتحاد الأوروبي، في ضوء أن المفوضية الأوروبية الجديدة من المحتمل أن تشترك على نحو أكثر استباقاً في آليات السوق، مع سويسرا التي يكتسب فيها الهيدروجين زحماً قوياً في السياسات المحلية أو مع اليابان التي بادرت فعلاً باستخدام آلية تسجيل الأرصدة المشتركة (خطة ثنائية لتعويض الكربون) كخطوة تجريبية في إطار المادة 6. وذلك المشروع التجريبي للهيدروجين الأخضر يمكن إنشاؤه في محطة التحليل الكهربائي بالطاقة الشمسية التابعة لهيئة ديوا، ويتم التوقيع عليه خلال معرض أكسبو 2020.
- إذا اكتسبت فكرة المبادرة الدولية لاقتصاد الهيدروجين زحماً، فإنها قد تكون بمثابة أداة لتنسيق السياسات بين مستوردي ومصدري الهيدروجين. وحتى تتحقق فوائد متبادلة، فيمكن أن يلتزم المصدرون بتخفيض سعر تصدير الهيدروجين عند زيادة حجم الصادرات، في حين يوقع المستوردون على عقود بعيدة المدى لضمان جدوى الاستثمارات. وفضلاً عما سبق، يمكن تنسيق عملية تحديد المعايير الدولية لنقل الهيدروجين وسلامته وكذلك الاستثمارات المشتركة في البنى التحتية للنقل الدولي من خلال المبادرة الدولية لاقتصاد الكربون

قائمة الأسماء والكلمات المختصرة

التقاط الكربون واستغلاله وتخزينه	CCUS
المؤتمر الوزاري العالمي للطاقة النظيفة	CEM
ثاني أكسيد الكربون	CO ₂
الطاقة الشمسية المركزة	CSP
المركبات الكهربائية بخلايا الوقود	FCEV
خلايا الوقود والهيدروجين	FCH
غازات الدفيئة	GHG
الهيدروجين	H ₂
الوكالة الدولية للطاقة	IEA
الشراكة الدولية للهيدروجين وخلايا الوقود في الاقتصاد	IPHE
الوكالة الدولية للطاقة المتجددة	IRENA
الغاز الطبيعي المُسال	LNG
اللوحات الكهروضوئية	PV
المساهمة المعتمدة المحددة وطنياً (اتفاق باريس)	NDC
إصلاح الميثان بواسطة البخار في الغاز الطبيعي	SMR
غشاء تبادل البروتون	PEM
اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ	UNFCCC

Endnotes

1. European Commission, 2018, [A Clean Planet for all: A European Strategic Long-term Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy](#), COM(2018) 773 final, Brussel.
2. International Renewable Energy Agency (IRENA), 2019, '[Renewable Power Generation Costs in 2018](#)', website, accessed in July 2019.
3. United Nations, 2019, '[UN Climate Action Summit 2019](#)'; website accessed in August 2019.
4. International Energy Agency (IEA), 2019, [The Future of Hydrogen: Seizing Today's Opportunities – Executive Summary and Recommendations](#). Report prepared by the IEA for the G20 and Japan, June 2019.
5. World Bank, '[Energy imports, net \(% of energy use\)](#)', accessed in August 2019.
6. IEA, *The Future of Hydrogen*.
7. IEA, 2017, [Key World Energy Statistics](#).
8. Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan (METI), 2019, [Memorandum of Cooperation on Energy and Minerals Cooperation between Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan and Department of the Environment and Energy of Australia](#), June 2019.
9. IEA, *The Future of Hydrogen*.
10. Ibid.
11. Hydrogen Council, 2017, [Hydrogen Scaling Up: A Sustainable Pathway for the Global Energy Transition](#), November 2017. The report contains highly specific research articles. While the first article on solar hydrogen potential in Saudi Arabia was published already in 2004, since 2016 a steadily rising stream of articles has looked at the Middle East, some of which provide detailed technical case studies, others national level potential estimates.
12. Hyundai Motor Group, 2018, '[Hyundai Motor Group's FCEV Vision 2030 Plans Mass Production for Beyond Automotive](#)', *Fuel Cells Bulletin* 2018 (12): 1.
13. See e.g. en:former, 2019, '[In 2030, 20 Percent of Electric Vehicles Could be Powered with Hydrogen](#)', online article, accessed in August 2019,.
14. IEA, 2018, *World Energy Outlook 2018*.
15. IEA, *The Future of Hydrogen*.
16. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), 2018, [National Hydrogen Roadmap: Pathways to an Economically Sustainable Hydrogen Industry in Australia](#).
17. IEA, *The Future of Hydrogen*.
18. It 'notes that hydrogen as well as other synthetic fuels can play a major role in in the clean energy future with a view to long term strategies'. See: G20 2019 Japan, 2019, [G20 Karuizawa Innovation Action Plan on Energy Transitions and Global Environment for Sustainable Growth](#), June 2019.
19. IEA, *The Future of Hydrogen*.
20. IRENA, 'Renewable Power Generation Costs in 2018'.

