

تعليق

إمكانيات المملكة العربية السعودية لزيادة استخدام الهيدروجين في القطاع البحري

مارس 2023

نورا نظام الدين، رامي ثببانه، محبوب أنور



مقدمة



ركز مؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ (COP 26) في غلاسكو على تطوير أنواع الوقود منخفضة الكربون للوصول إلى أهداف خفض الانبعاثات. كما أكد المؤتمر مجدداً أهداف اتفاقية باريس: تأمين الحياد الصفري للانبعاثات العالمية بحلول منتصف القرن والحد من زيادة درجة الحرارة العالمية إلى 1.5 درجة مئوية فوق المستويات ما قبل الصناعية (UNFCCC 2021). كان من أهم الأحداث في الدورة السادسة والعشرين لمؤتمر الأمم المتحدة لتغير المناخ دعم الوقود منخفض الكربون، مثل الهيدروجين، لمساعدة القطاعات التي يصعب إزالة الكربون منها على تحقيق أهدافها في الحياد الصفري للانبعاثات. يملك الهيدروجين القدرة على تقليل الانبعاثات العالمية بنسبة تصل إلى الثلث إذا تم زيادتها بشكل كبير (BloombergNEF 2020). وعلى الرغم من عدم ذكره على وجه التحديد في اتفاقية غلاسكو للمناخ، كان الهيدروجين يتصدر معظم الحوار. وبينما تلتزم الدول بأهداف الحياد الصفري للانبعاثات، يرى الكثير أن الوقود منخفض الكربون جزءاً من مزيج الطاقة في المستقبل للمساعدة في تحقيق أهدافها إزالة الكربون.

يعد النقل لمسافات طويلة مثل الشحن من أصعب القطاعات لإزالة الكربون منها نظراً للتقدم المحدود في تقنيات الوقود

يعد القطاع البحري أحد القطاعات المحتملة لاستخدام الهيدروجين إذ يبحث عن بديل منخفض الكربون. ويعد النقل لمسافات طويلة مثل الشحن من أصعب القطاعات لإزالة الكربون منها نظراً للتقدم المحدود في تقنيات الوقود. حيث لم يتم حتى الآن إنتاج وقود عالي الكثافة ومنخفض الوزن يسمح بالاستمرار السلس للتجارة الدولية. ويشكل الشحن حوالي 75٪ من إجمالي نشاط الشحن، ويساهم القطاع البحري بحوالي 2٪ من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO₂) في العالم (IEA 2019). حددت المنظمة البحرية الدولية (IMO) -وكالة تابعة للأمم المتحدة تركز على تحسين السلامة والأمن في القطاع- هدفاً يتمثل في "خفض إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة السنوية بنسبة 50 ٪ على الأقل بحلول عام 2050 مقارنة بعام 2008" (IMO 2018). واعتمدت المنظمة 15 لائحة منذ عام 2011، منها مؤشر تصميم كفاءة الطاقة (EEDI)، وخطة إدارة كفاءة الطاقة للسفن (SEEMP)، ونظام جمع البيانات للمنظمة البحرية الدولية (IMO DCS)، والإبلاغ الإلزامي عن بيانات استهلاك زيت الوقود داخل نظام جمع البيانات للمنظمة البحرية الدولية.

وبالتحديد، وافقت المنظمة البحرية الدولية على التعديلات على الملحق السادس في عام 2011، بما فيها اللوائح الإلزامية الجديدة لكفاءة الطاقة لزيادة خفض انبعاثات الغازات الدفيئة من الشحن ومتطلبات المالك لتحديد أهداف الكفاءة (IMO 2022). بالإضافة إلى ذلك، نفذت المنظمة البحرية الدولية لائحة في بداية عام 2020 للتخلص من الوقود ذي النسبة العالية من الكبريت مثل زيت الوقود الثقيل (HFOs).

وتعمل حالياً على تطوير المزيد من اللوائح للحد من الانبعاثات البحرية. وسيدخل حيز التنفيذ ما يقارب سبعة منها بين عامي 2023 و 2050 (IMO 2022).

والتزمت العديد من الدول، منها المملكة العربية السعودية واليابان وأستراليا والإمارات العربية المتحدة، بالاستثمار في الهيدروجين وإنتاجه. وبالتالي قد يكون تطوير وقود منخفض الكربون للقطاع البحري من ضمن الخطط القادمة.

إمكانات المملكة العربية السعودية في دعم إزالة الكربون من الشحن البحري

استضافت المملكة العربية السعودية أول منتدى لمبادرة السعودية الخضراء في أكتوبر 2021، حيث أعلنت عن التزامها بتحقيق الحياد الصفري في الانبعاثات بحلول عام 2060 والعديد من المبادرات لمساعدتها في الوصول إلى هذا الهدف. وكان أحدها أن تصبح المملكة أكبر منتج للهيدروجين منخفض الكربون، مستهدفة حوالي 4 ملايين طن من إنتاج الهيدروجين بحلول عام 2030 (Saudi Green Initiative 2021). تعتبر المملكة العربية السعودية من بين العديد من الدول التي تدعم تطوير الهيدروجين منخفض الكربون. حيث نجحت المملكة في تصدير أول شحنة عالمياً من الأمونيا المحايدة الكربون إلى اليابان في سبتمبر 2020 (Shaban, Al Suwailem and Roychoudhury 2020). كما ستكون المملكة العربية السعودية أيضاً موقعاً لأحد أكبر مشاريع الهيدروجين الأخضر، التي يتم بناؤها في الساحل الشمالي الغربي في مدينة نيوم. وعززت الدولة التزامها بالهيدروجين في يناير 2022، عندما وقع وزير الطاقة صاحب السمو الملكي عبد العزيز بن سلمان ثماني مذكرات تفاهم (MoUs) لمواصلة تطوير الهيدروجين في قطاع النقل (Saudi Press Agency 2022). كما وقعت المملكة العربية السعودية مذكرة تفاهم ثلاثية الأطراف بين صندوق الاستثمارات العامة السعودي (PIF) وشركة صناعة الصلب الكورية بوسكو (POSCO) ومجموعة سامسونج سي أند تي للهندسة والإنشاءات. حيث تهدف مذكرة التفاهم إلى تطوير مشاريع لإنتاج الهيدروجين الأخضر للتصدير (Saudi Press Agency 2022).

على الرغم من أن تركيز المملكة العربية السعودية على الهيدروجين كان في الغالب على الإنتاج والصادرات، يمكن أن تلعب المملكة دوراً مهماً في دعم الطلب على الهيدروجين من خلال أن تصبح مساهماً رئيساً في إزالة الكربون من القطاع البحري. توفر استثمارات المملكة العربية السعودية في مجال الهيدروجين فرصاً للدولة، إلى جانب موقعها الإستراتيجي على ممر الشحن بين الشرق والغرب. حيث يمكن أن تنتج الهيدروجين للتصدير وتخلق الطلب على الهيدروجين أو مشتقاته كمصدر وقود بديل للشحن. ومنذ أن دخلت لوائح المنظمة البحرية الدولية حول محتوى الكبريت حيز التنفيذ في عام 2020،

توفر استثمارات المملكة العربية السعودية في مجال الهيدروجين فرصاً للدولة، إلى جانب موقعها الإستراتيجي على مدى ممر الشحن بين الشرق والغرب. حيث يمكن أن تنتج الهيدروجين للتصدير وتخلق الطلب على الهيدروجين أو مشتقاته كمصدر وقود بديل للشحن

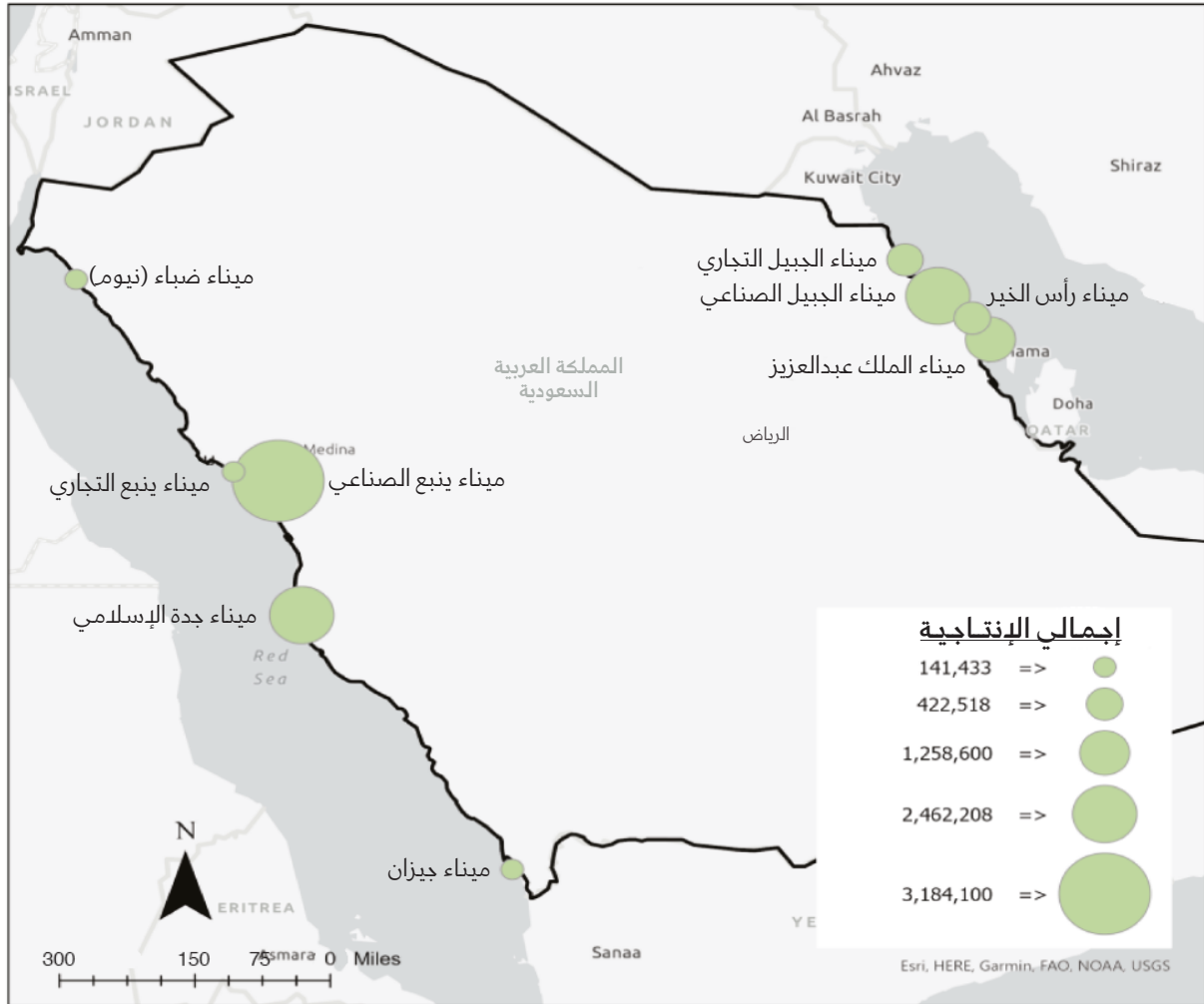
بدأت المزيد من شركات الشحن في استكشاف مصادر وقود بديلة لتلبية قيود محتوى الكبريت البالغة 0.5 واللوائح الإضافية التي تهدف إلى تقليل الانبعاثات في القطاع. ظهر العديد من المتنافسين على بدائل الوقود النظيفة الذين يمكن أن يساعدوا على الوصول إلى هدف المنظمة البحرية الدولية لإزالة الكربون. ومن بينها، يعتبر الهيدروجين ومشتقاته أفضل خيار (Reinsch and O'Neil 2021). وجدت دراسة أجراها المنتدى البحري العالمي في مارس 2021 أن نصف المشاريع التي يبلغ عددها 106 التي ركزت على تحقيق الحياد الصفري في الانبعاثات في الشحن البحري تتضمن الهيدروجين (Fahnestock and Bing-ham 2021). تشير دراسة المنتدى البحري العالمي حول مشروع السفينة التي تعمل بالطاقة من الأمونيا الخضراء في الشمال إلى إمكانية أن تكون الأمونيا التي يتم تصنيعها من الهيدروجين الأخضر وقوداً موثوقاً طويل المدى وخالي من الانبعاثات (Global Maritime Forum 2021). كما أن استثمارات المملكة العربية السعودية المستمرة في البنية التحتية للسفن والموانئ لمساعدة جانب الطلب (الصادرات) للهيدروجين تمكن الدولة من أن تصبح مساهماً رئيساً في إزالة الكربون عن القطاع البحري.

نظرة عامة على القطاع البحري في المملكة العربية السعودية

تتمتع المملكة العربية السعودية بموقع جغرافي إستراتيجي على طول ممر الشحن بين الشرق والغرب، حيث يمر حوالي 13% من التجارة الدولية عبر قناة السويس. تقع ستة من موانئ المملكة العشرة على ساحل البحر الأحمر: ميناء جدة الإسلامي، وميناء ضباء (نيوم)، وميناء ينبع التجاري، وميناء ينبع الصناعي، وميناء جيزان، وميناء الملك عبد الله (الميناء الخاص الوحيد في الدولة). بلغ إجمالي الإنتاجية التي أبلغت عنها هيئة الموانئ السعودية (MAWANI) في عام 2019، باستثناء النفط الخام، 262 مليون طن أو 9.98 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم (TEUs) للموانئ العامة التسعة. يوضح الشكل 1 توزيع إجمالي الإنتاجية عبر الموانئ العامة الفردية. ميناء جدة الإسلامي، وهو ميناء حاويات رئيس، يتعامل مع ما يقارب 63% من إنتاجية الحاويات في الدولة، مع 1.76 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم من الحاويات في عام 2019. ويتعامل ميناء ينبع الصناعي مع ما يقارب 61% من إنتاج الدولة من السوائل بحجم كبير (باستثناء النفط الخام)، مع 3 ملايين وحدة مكافئة لعشرين قدم. وتقع أربعة موانئ على ساحل الخليج العربي: ميناء الملك عبد العزيز بالدمام، وميناء رأس الخير، وميناء الجبيل الصناعي، وميناء الجبيل التجاري. ميناء الجبيل الصناعي، وهو ميناء رئيس للسوائل بحجم كبير، يتعامل مع حوالي 37.4% من إجمالي إنتاج السوائل بحجم كبير (باستثناء النفط الخام)، مع 1.85 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم في عام 2019.



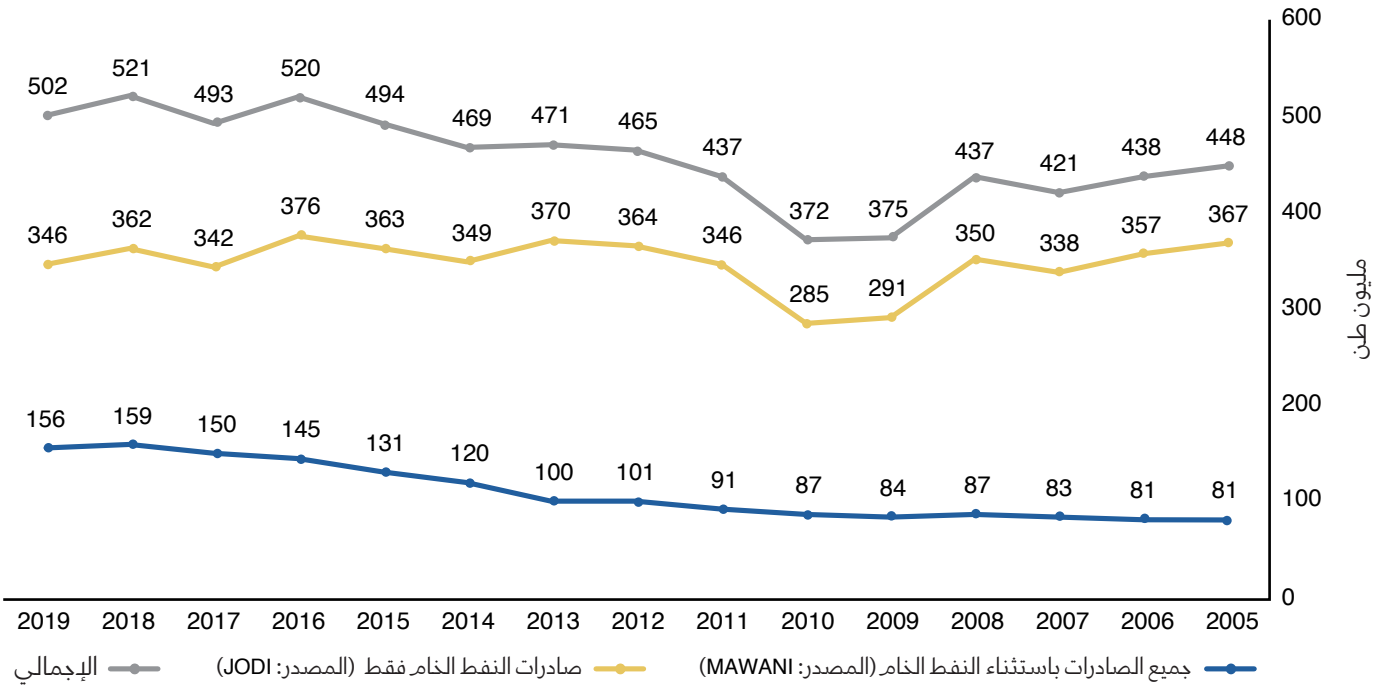
الشكل 1. الإنتاجية في المملكة العربية السعودية حسب الموانئ، 2019.



المصدر: تحليل كابسارك بناءً على بيانات هيئة الموانئ السعودية (MAWANI) لعام 2019. ملحوظة: TEU = وحدات مكافئة لعشرين قدم.

في المملكة العربية السعودية، تشكل التجارة البحرية ما يقدر بنحو 94% من حجم جميع البضائع المنقولة و 77% من إجمالي القيمة. وفي عام 2019، أشارت هيئة الموانئ السعودية إلى أن الإنتاج في جميع موانئ ساحل البحر الأحمر، بما فيها ميناء الملك عبد الله الخاص في مدينة الملك عبد الله الاقتصادية (KAEC)، يقدر بنحو 6.4 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم. وتم تقدير الإنتاجية في موانئ ساحل الخليج العربي بنحو 4.4 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم. وكما هو مبين في الشكل 2، نمت الصادرات غير النفطية في المملكة العربية السعودية خلال العقد الماضي من حوالي 22% إلى 31% من إجمالي الصادرات.

الشكل 2. صادرات الموانئ البحرية السعودية.



المصدر: تحليل كابسارك بناءً على بيانات هيئة الموانئ السعودية (MAWANI) ومبادرة بيانات المنظمات المشتركة (JODI).

ينعكس التزام المملكة العربية السعودية بأن تصبح مركزاً لوجستياً في الإستراتيجية الوطنية للنقل واللوجستيات (NTLS) التابعة لوزارة النقل (MoT)، وهي برنامج لتحقيق رؤية السعودية 2030. حيث يهدف إلى معالجة العديد من العوامل التي تعوق الدولة حالياً عن كونها رائدة في القطاع البحري. تشمل بعض الاستثمارات الإستراتيجية الرئيسية توسيع الميناء لاستيعاب أكثر من 40 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم بحلول عام 2030، من 9.98 مليون وحدة مكافئة لعشرين قدم في عام 2019. حيث سيتمكن هذا من زيادة إعادة الشحن وإعادة تصدير البضائع (MAWANI 2022). بادرت المملكة العربية السعودية في تطوير شبكتها الداخلية، لتعزيز هدفها النهائي في أن تصبح مركزاً لوجستياً. أحد هذه المشاريع هو منطقة الخمرة، وهي منطقة تجارة حرة تقع بالقرب من ميناء جدة الإسلامي. ومن المتوقع تطوير منطقة تجارة حرة ثانية في ميناء الملك عبد الله الخاص في مدينة الملك عبدالله الاقتصادية.

وكجزء من جهودها لتصبح لاعباً عالمياً، كانت الأولوية في هيئة الموانئ السعودية للكفاءة والسلامة والاستدامة البيئية من خلال وضع أهداف واضحة في إطار الإستراتيجية الوطنية للنقل واللوجستيات. حيث احتلت المملكة العربية السعودية المرتبة الخامسة والستين في مؤشر الأداء اللوجستي للبنك



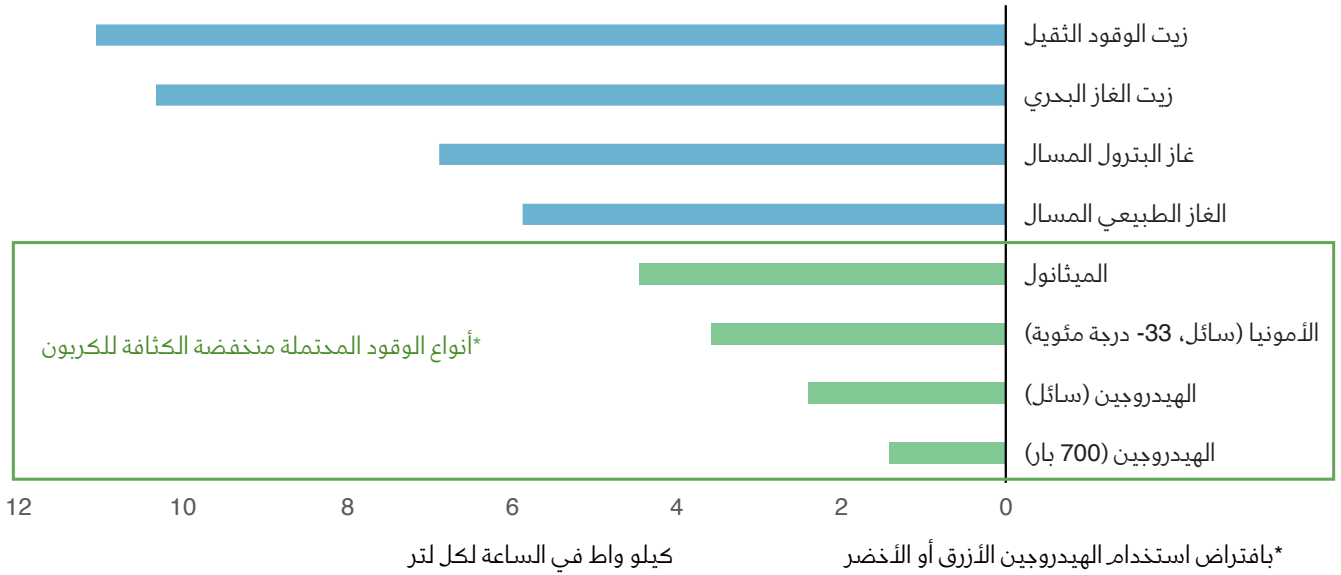
الدولي لعام 2018 بشأن كفاءة الجمارك والتخليص الجمركي عبر الحدود. تعمل المملكة العربية السعودية على تحسين تصنيف كفاءتها من خلال المشاريع التي تديرها الهيئة العامة للنقل (TGA). وفيما يتعلق بجهود الاستدامة، تعمل هيئة الموانئ السعودية على إنشاء خط أساسي لجميع موانئها لتحقيق مستويات الاستدامة والسلامة البيئية. على الرغم من أنها لا تملك حالياً إستراتيجية استدامة للموانئ، تعمل هيئة الموانئ السعودية على تطوير مؤشرات أداء رئيسية تركز على معايير بيئية مهمة. وتشمل مستوى انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل طن من البضائع، ونسبة كهربية الموانئ، وتنوع مصادر الطاقة لعمليات الموانئ (المعدات، والمركبات، والمباني، وما إلى ذلك)، والحفاظ على المياه وتجريف المياه المستدام، من بين أمور أخرى.

الهيدروجين كوقود بحري: الخيارات والتحديات

ولأن الهيدروجين خالي من الكربون، فإنه لا ينبعث منه ثاني أكسيد الكربون عند الاحتراق. ومع ذلك يجب إزالة الكربون من عملية إنتاج الهيدروجين الحالية إما عن طريق استخدام الكهرباء المتجددة للتحليل الكهربائي للمياه (الهيدروجين الأخضر) أو باستخدام تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (CCUS) لإدارة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من تعديل الميثان البخاري (الهيدروجين الأزرق). وبينما يملك الهيدروجين منخفض الكربون (الهيدروجين الأزرق والأخضر) إمكانيات قوية كوقود بديل في القطاع البحري، إلا أنه يصاحبه مجموعة من التحديات. ويعد الهيدروجين سريع الاشتعال ويجعل مختلف المعادن ضعيفة. وعلى الرغم من أن معايير السلامة للتعامل مع الهيدروجين وتخزينه جيدة للاستخدام الصناعي، إلا أن السلامة لا تزال تمثل مجالاً رئيسياً للبحث والتطوير، لا سيما للتطبيقات الجديدة، بما فيها الشحن. بالإضافة إلى ذلك، يحتوي الهيدروجين على كثافة طاقة حجمية أقل بكثير من الوقود البحري التقليدي، أي أنه يوفر أميالاً أقل لكل وحدة حجم من زيت الوقود المتبقي أو زيت الغاز البحري (MGO). وكما هو مبين في الشكل 3، لتحقيق قوة الدفع ذاتها من لتر من زيت الوقود أو زيت الغاز البحري، سيحتاج مَلَك السفن إلى استيعاب ما يقارب سبعة إلى ثمانية أضعاف من حجم تخزين الهيدروجين المضغوط (عند 700 بار). حيث يؤدي تسهيل الهيدروجين إلى تحسين كثافة الطاقة بشكل طفيف، ولكنه يتطلب قدرًا كبيرًا من الطاقة. وستكون هناك حاجة أيضًا إلى عزل عالي الجودة على متن السفن. أخيرًا، تعتمد "نظافة" الهيدروجين على مصدره. ومن المهم استخدام الهيدروجين منخفض الكربون الذي يضمن إزالة الانبعاثات إما عن طريق الجمع بين إنتاج الهيدروجين التقليدي واحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه أو استخدام مصادر الطاقة المتجددة.

من المهم استخدام الهيدروجين منخفض الكربون الذي يضمن إزالة الانبعاثات إما عن طريق الجمع بين إنتاج الهيدروجين التقليدي واحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه أو استخدام مصادر الطاقة المتجددة

الشكل 3. مقارنة كثافة الطاقة الحجمية للوقود.



المصدر: وصف الباحثين باستخدام بيانات من الجمعية الملكية (2020) و The Engineering Toolbox (2003).

يعتبر الوقود المشتق من الهيدروجين مثل الأمونيا والميثانول من الخيارات الواعدة للقطاع البحري مقارنة بأشكال الهيدروجين الأخرى (الشكل 3). حيث يتمتع كلاهما بكثافات طاقة عالية نسبيًا وسلسلة إمداد عالمية قوية يمكن توسيعها لتشمل قدرات التزويد بالوقود. لا يؤدي حرق الأمونيا إلى إطلاق ثاني أكسيد الكربون لكنه يصدر انبعاثات أكسيد النيتروز، وهو من الغازات الدفيئة الأخرى، التي يمكن احتجازها باستخدام تقنيات خاصة مثل الاختزال التحفيزي الانتقائي. كما أن الأمونيا شديدة السمية، وسيحتاج أصحاب السفن إلى إدارتها بمعدات أمان إضافية مثل التهوية الطارئة وأنظمة امتصاص الغاز (Gallucci 2021). وفي المقابل، التعامل مع الميثانول أسهل من الهيدروجين لأنه يكون سائل تحت الضغط ودرجات الحرارة العادية. وعلى الرغم من أن احتراق الميثانول يطلق ثاني أكسيد الكربون، إلا أنه يمكن تقليل انبعاثات دورة حياته بشكل كبير إذا تم استخدام الهيدروجين منخفض الكربون لصنع الميثانول. تعد الأمونيا والميثانول مواد كيميائية ذات سلسلة إمداد للنقل البحري جيدة لأنها تلعب دورًا أكبر في الصناعة. بالإضافة إلى ذلك، لا تتطلب أنواع الوقود المشتق من الهيدروجين استثمارًا كبيرًا في التعديل التكنولوجي لأن العديد من المشاريع التجريبية الحالية، بما في ذلك واحدة تستخدم 29 سفينة من قبل شركة الشحن العملاقة ميرسك، لديها محركات مزدوجة الوقود يمكنها تشغيل مزودات الوقود القياسية ومشتقات الهيدروجين (Collins 2022).



تعتبر تكلفة الهيدروجين منخفض الكربون حالياً حاجزاً أمام استخدامه الموسع. يتم تطوير تقنيات إنتاج الهيدروجين الأزرق والأخضر، ولكنها تتطلب تعديلاً أكبر لخفض التكاليف في المستقبل. وتعد المملكة العربية السعودية في وضع جيد لإنتاج الهيدروجين منخفض الكربون بأقل تكلفة في العالم. ومن المتوقع أن ينخفض الهيدروجين الأخضر في المملكة العربية السعودية من 2.16 دولار للكيلوجرام اليوم إلى 1.48 دولار للكيلوجرام بحلول عام 2030، وربما إلى 1 دولار للكيلوجرام على المدى البعيد (Shahid and Shabaneh 2022). بالإضافة إلى انخفاض تكلفة التقنية، تعد أدوات السياسة مثل عقود الكربون للاختلافات ضرورية للتفوق على الوقود البحري التقليدي. توفر مثل هذه السياسات فرصاً لتعويض تكاليف التشغيل والاستثمار في استخدام تقنيات منخفضة الكربون في صناعات الوقود الثقيل (Energiewende Direkt 2020).

الاستنتاج

يعد الموقع الجغرافي الإستراتيجي للمملكة العربية السعودية على طول ممر الشحن العالمي بين الشرق والغرب، إلى جانب مواردها الهائلة من الطاقة المتجددة والاحتياطيات الهائلة من الهيدروكربون مع إمكانية الوصول إلى المسام الجيولوجية تحت الأرض، من العوامل التي تجعلها مثالية لقيادة إزالة الكربون من القطاع البحري.

يلعب الشحن البحري دوراً مهماً في أهداف رؤية المملكة العربية السعودية 2030. حيث تُظهر استثمارات الدولة في تعزيز وتطوير البنية التحتية البحرية، إلى جانب البنية التحتية اللوجستية المصاحبة، التزام الدولة بتنويع اقتصادها. كما أن المملكة العربية السعودية قادرة (مع الاستثمار المناسب في البنية التحتية) على إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون، مع توقع انخفاض التكاليف إلى ما يقدر بدولار واحد لكل كيلوجرام بعد عام 2030. بالإضافة إلى ذلك، فإن أنواع الوقود المشتقة من الهيدروجين مثل الأمونيا والميثانول لديها إمكانيات كبيرة لاستخدامها في القطاع البحري. كلاهما له سلاسل إمداد عالمية قائمة وكثافات طاقة عالية نسبياً يمكن توسيعها بسهولة إلى قدرات التزود بالوقود أكثر من الهيدروجين.

ستحتاج الدول التي تشجع
على اعتماد الهيدروجين
(أو مشتقاته) كوقود بحري
مفضل إلى الاستفادة من
طرق الشحن الحالية، مثل
ممر الشحن بين الشرق
والغرب. كما سيحتاجون
إلى تطوير ممر شحن
يتم فيه تجهيز الموانئ
المشاركة للتعامل مع
التزود بالوقود وإعادة
تجهيز السفن. وتعد فرصة
للمملكة العربية السعودية
للتعاون مع الدول الأخرى
على امتداد ممر الشحن
لإنشاء مسار انتقالي
للقطاع البحري والقطاعات
الأخرى

على الرغم من أن النقاش حول أهداف الهيدروجين قد ركز بشكل أساسي على الإنتاج، يعتبر استخدام واعتماد الهيدروجين ومشتقاته كخيارات وقود بديلة هو الأساس لتحقيق أهداف إزالة الكربون. ويعد القطاع البحري أحد الأمثلة على خلق الطلب على الهيدروجين كوقود بديل. للمضي قدمًا، ستحتاج الدول التي تشجع على اعتماد الهيدروجين (أو مشتقاته) كوقود بحري مفضل إلى الاستفادة من طرق الشحن الحالية، مثل ممر الشحن بين الشرق والغرب. كما سيحتاجون إلى تطوير ممر شحن يتم فيه تجهيز الموانئ المشاركة للتعامل مع التزود بالوقود وإعادة تجهيز السفن. وتعد فرصة للمملكة العربية السعودية للتعاون مع الدول الأخرى على امتداد ممر الشحن لإنشاء مسار انتقالي للقطاع البحري والقطاعات الأخرى. تشير مراجعة الهيدروجين العالمية لعام 2021 الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة إلى أن تطوير مسار شحن دولي لأنواع الوقود المشتقة من الهيدروجين أمر أساسي، حيث إن هذه المسارات يمكن أن تسرع من اعتماد مثل هذه الأنواع من الوقود نظرًا لحركة مرورها المرتفعة. وبالتالي يمكن للمملكة العربية السعودية أن تصبح رائدة في مجال إزالة الكربون من قطاع الشحن من خلال الاستثمارات في البنية التحتية للسفن والموانئ لدعم جانب الطلب على الهيدروجين.



- Bahri. "Sustainability." Accessed on August 22, 2021. <https://www.bahri.sa/en/sustainability/>.
- Bloomberg New Energy Finance (BloombergNEF). 2020. "Hydrogen Economy Outlook : Key messages." March 30. <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf>.
- Collins, Leigh. 2022. "Shipping Giant Maersk to Become Major Green Hydrogen Consumer as It Embraces Methanol Fuel." Recharge Global News and Intelligence for the Energy Transition. Accessed June 6, 2022. <https://www.rechargenews.com/energy-transition/shipping-giant-maersk-to-become-major-green-hydrogen-consumer-as-it-embraces-methanol-fuel/2-1-1143147>.
- Energiewende Direkt. 2020. "What Actually Are Carbon Contracts for Difference?" German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. December 18. <https://www.bmwi-energiewende.de/EWD/Redaktion/EN/Newsletter/2020/11/Meldung/direkt-account.html>.
- Fahnestock, Jesse, and Connor Bingham. 2021. "Mapping of Zero Emission Pilots and Demonstration Projects." Global Maritime Forum. March. <https://www.globalmaritimeforum.org/content/2021/03/Mapping-of-Zero-Emission-Pilots-and-Demonstration-Projects-Second-edition.pdf>.
- Gallucci, Maria. 2021. Why The Shipping Industry is Betting Big on Ammonia. IEEE Spectrum. February 23. Accessed March 4, 2022. <https://spectrum.ieee.org/why-the-shipping-industry-is-betting-big-on-ammonia>.
- Global Maritime Forum. 2021. "Nordic Green Ammonia-Powered Ship." June 02. <https://www.globalmaritimeforum.org/publications/nordic-green-ammonia-powered-ship>
- Hassan, Javid. 2004. "Saudi Ports Enforce IMO Safety Code." Arab News, June 16. <https://www.arabnews.com/node/251185>.
- Hellenic Shipping News. 2021. "IMO Council Set to Expand Under Approved Amendments." April 14. <https://www.hellenicshippingnews.com/imo-council-set-to-expand-under-approved-amendments/>.
- International Energy Agency (IEA). 2019. "The Future of Hydrogen." <https://www.iea.org/reports/the-future-of-hydrogen>
- — —. 2021. "Global Hydrogen Review." <https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2021>.
- International Maritime Organization (IMO). 2021. "IMO Working Group Agrees Guidelines to Support New GHG Measures." May 28. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/ISWG-GHG-8.aspx>.
- — —. 2022. "Addressing Climate Change: A Decade of Action to Cut GHG Emissions From Shipping." https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/MediaCentre/Documents/Addressing%20climate%20change%20-%20a%20decade%20of%20action%20to%20cut%20GHG%20emissions%20from%20shipping_FINAL_%2814-07-21%29_Large.pdf.

Reinsch A., William, and Will O'Neil. 2021. "Hydrogen: The Key to Decarbonizing the Global Shipping Industry?" Center for Strategic and International Studies, April 13. <https://www.csis.org/analysis/hydrogen-key-decarbonizing-global-shipping-industry>

Saudi Green Initiative. 2021. <https://www.saudigreeninitiative.org/targets/reducing-emissions/>

Saudi Ports Authority (MAWANI). 2019. "MAWANI Statistical Yearbook 2019." Accessed August 16, 2021. <https://mawani.gov.sa/en-us/EServices/Statistics/pages/default.aspx>.

— — —. 2022. "About Us." Accessed May 10, 2022. <https://mawani.gov.sa/en-us/Aboutus/Pages/Introduction.aspx>.

Saudi Press Agency. 2017. "KSA Supports the IMO for Promoting Fight Against Maritime Piracy." October 12. <https://www.my.gov.sa/wps/portal/snp/content/news/newsDetails>

— — —. 2022. "PIF Signs MoU with POSCO and Samsung C&T." January 18. <https://www.spa.gov.sa/viewfullstory.php?lang=en&newsid=2322098#2322098>.

Shabaneh, Rami, Hamid M. Al Sadoon, and Raed Mestaneer. 2019. "Implications of IMO 2020: The Potential for High Sulfur Fuel Oil Penetration in Saudi Arabia." KAPSARC Instant Insight, December 10, 2019. <https://www.kapsarc.org/research/publications/implications-of-imo-2020-the-potential-for-high-sulfur-fuel-oil-penetration-in-saudi-arabia/>

Shabaneh, Rami, Majed Al Suwailam, and Jitendra Roychoudhury. 2020. "World's First Blue Ammonia Shipment Signals Prospective New Low-Carbon Energy Trade for Saudi Arabia." KAPSARC Instant Insight, November 2. No. KS—2020-II28. <https://www.kapsarc.org/research/publications/worlds-first-blue-ammonia-shipment-signals-prospective-new-low-carbon-energy-trade-for-saudi-arabia/>

Shahid, Hasan, and Rami Shabaneh. 2022. "The Economics and Resource Potential of Hydrogen Production in Saudi Arabia." KAPSARC. March 1. Accessed March 14, 2022. <https://www.kapsarc.org/research/publications/the-economics-and-resource-potential-of-hydrogen-production-in-saudi-arabia/>.

The Engineering Toolbox. 2003. "Fuels - Higher and Lower Calorific Values." Accessed March 2, 2022. https://www.engineeringtoolbox.com/fuels-higher-calorific-values-d_169.html.

The Royal Society. 2020. "Ammonia: zero-carbon fertiliser, fuel and energy store." The Royal Society. February. Accessed March 2, 2022. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/low-carbon-energy-programme/green-ammonia/>.

Transport General Authority (TGA). 2020. "Maritime Sector Strategy: Baseline and Ambition."

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2021. "The Paris Agreement." <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>



نبذة عن المشروع

يدرس إطار كابسارك لتحليل النقل (KTAF) نمذجة النشاط الاقتصادي العالمي ونقل البضائع. ولهذا يعتمد إطار كابسارك لتحليل النقل على البيانات العالمية من المصادر المفتوحة من الأقمار الصناعية والتوزيع المكاني للأنشطة الاقتصادية المختلفة حسب القطاعات الواسعة. الهدف الرئيس من إطار كابسارك لتحليل النقل هو تقديم رؤى كمية حول آثار تدابير السياسة على أنشطة النقل واستهلاك الطاقة المتعلقة بحركة الشحن.

عن كابسارك

مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك) هو مركز عالمي غير ربحي يجري بحثاً مستقلة في اقتصاديات وسياسات وتقنيات الطاقة بشتى أنواعها بالإضافة إلى الدراسات البيئية المرتبطة بها. وتتمثل مهمة كابسارك في تعزيز فهم تحديات الطاقة والفرص التي تواجه العالم اليوم وفي المستقبل من خلال بحوث غير منحازة ومستقلة وعالية الجودة لما فيه صالح المجتمع، ويقع كابسارك في الرياض بالمملكة العربية السعودية.

إشعار قانوني

© حقوق النشر 2023 محفوظة لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (كابسارك). لا يجوز استخدام هذا المستند أو أي معلومات أو بيانات أو محتوى يتضمنه دون نسبته بشكل ملائم لكابسارك. كما لا يجوز إعادة إنتاج هذا المستند أو جزء منه دون إذن خطي من كابسارك. ولا ينشأ عن المعلومات الواردة في هذا المستند أي ضمان أو تعهد أو أي مسؤولية قانونية -سواء مباشرة أو غير مباشرة- تجاه دقتها أو اكتمالها أو فائدتها. كما لا يجوز أن يعتبر هذا المستند -أو أي جزء منه- أو أن يفسر كمنصحة أو دعوة لاتخاذ أي قرار. الآراء والأفكار الواردة هنا تخص الباحثين معدي الدراسة. ولا تعكس بالضرورة موقف المركز ووجهة نظره.



مركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية
King Abdullah Petroleum Studies and Research Center

www.kapsarc.org