تحديات وفرص

إنتاج الهيدروجين الأخضر و تصديره

من منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى أوروبا

نوفمبر ٢٠٢٠ | تقرير موجه إلى مؤسسة فريدريش إيبرت

المؤلفين:

كورنيليوس ماتيس

فاليريا أروفو

لويس ريتبي برادو

MENA Hydrogen Alliance

An initiative of Dii Desert Energy

Climate and Energy Project
مشروع الطاقة والمناخ

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

جميع الحقوق محفوظة. لا يمكن اعادة طبع ، نسخ أو استعمال اي جزء من هذه المطبوعة من دون اذن مكتوب من الناشر.

الآراء الواردة في هذه الدراسة لا تمثل بالضرورة وجهات نظر مؤسسة فريدريش إيبرت أو المحرر.

المملكة الأردنية الهاشمية
رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠٢٠/١٢/٥٣٦٣)

يتحمل المؤلف كامل المسؤولية القانونية عن محتوى مصنفه ولا يعبّر هذا المصنف عن رأي المكتبة الوطنية أو أي جهة حكومية أخرى.

اسم الكتاب: تحديات وفرص إنتاج الهيدروجين الأخضر وتصديره من منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى أوروبا

المؤلف: كورنيليوس ماتيس; فاليريا أروفو; لويس ريتبي برادو

ترجمة: نهى فؤاد خليفات

الرقم المعياري الدولي (ردمك): ٣ - ٢٣ - ٧٥٩ - ٩٩٢٣ - ٩٧٨

تحديات وفرص

إنتاج الهيدروجين الأخضر وتصديره

من منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى أوروبا

شكر خاص لكل من راجع العمل:

فرانك بيكرز، شكري حلبي، فادي معلوف، عبد الله الشمالي، وزارة الطاقة والمعادن والبيئة المغربية، سمير رشيد وإدارة المراقبة والتعاون والاتصال، داميان سيج، بول فان سون، فرانك ووترز، أليساندرو زامبيري.

مؤسسة فريدريش إيبرت:

هي أقدم مؤسسة سياسية في ألمانيا، وتسعى لنشر مبادئ الديموقراطية الاجتماعية.ومن خلال مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تعمل على تيسير الحوار بين الحكومات والمجتمع المدني، ودعم البحث العلمي والسياسي وتقديم المشورات السياسية من أجل الترويج وتحقيق تحولطاقة عادل اجتماعيا نحو مصادر الطاقة المتجددة، وعدالة مناخية للجميع.

Dii Desert Energy:

هي شبكة دولية مستقلة وغير ربحية تجمع القطاعين العام والخاص وتعمل من دبي. وتعمل من خلال ربط الصناعة الدولية النشطة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بالسلطات والمؤسسات، وتركز Dii Desert Energy على الظروف العملية لـ «الإلكترونات الخضراء» و «الجزيئات الخضراء» على طول سلاسل قيمة الطاقة التي تؤدي إلى مشاريع ملموسة ومربحة ومزايا أخرى لكل الأطراف على الصعيدين المحلي والدولي.

نوفمبر ٢٠٢٠ | تقرير موجه إلى مؤسسة فريدريش إيبرت

المؤلفين:

كورنيليوس ماتيس

فاليريا أروفو

لويس ريتبي برادو

MENA Hydrogen Alliance
An initiative of Dii Desert Energy

Climate and Energy Project
مشروع الطاقة والمناخ

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG

جدول المحتويات

١,٠ **الملخص التنفيذي** ٣

٢,٠ **نظرة عامة على إنتاج الهيدروجين واستعمالاته** ٥
٢,١: الهيدروجين كحامل للطاقة ٥
٢,٢: أنواع/ألوان الهيدروجين واستعمالاته ٦

٣,٠ **الجغرافيا السياسية للهيدروجين** ٨
٣,١: دور الهيدروجين في تحول الطاقة العالمي ٨
٣,٢: الشراكات الدولية: الاتحاد الأوروبي، ألمانيا، فرنسا ٩

٤,٠ **المخاطر والفرص المتاحة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لتصبح منتجاً ومصدّراً للهيدروجين الأخضر** ١٢
٤,١: الآثار البيئية ١٢
٤,١,١: المياه واستخدامات الأراضي لمصادر الطاقة المتجددة والبنية التحتية وغيرها ١٢
٤,١,٢: الاعتبارات البيئية ١٢
٤,٢: الفرص: تكلفة الهيدروجين الأخضر، وسلسلة القيمة المحلية، والاستقرار الاجتماعي ١٣
٤,٢,١: أن تصبح منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا منتِج رئيسي للطاقة في العالم ١٣
٤,٢,٢: سلسلة القيمة المحلية ١٥
٤,٢,٣: الهيدروجين كجسر بين إفريقيا وأوروبا ١٥

٥,٠ **التركيز القطري** ١٦
٥,١: المغرب ١٦
٥,٢: الأردن ١٩
٥,٣: عُمان ٢٠

٦,٠ **الاستنتاجات** ٢٢
٦,١: إحياء برنامج ديزرتيك ٣,٠: شراكات إقليمية لتسريع تطوير «سلاسل قيمة الجزيئات الخضراء القائمة على الإلكترونات الخضراء» ٢٢
٦,٢: بعض التوصيات حول السياسات ٢٢

٧,٠ **مرفقات** ٢٤

٨,٠ **مجموعة الأدوات المالية** ٢٧

٩,٠ **المراجع** ٣٣

لائحة الاشكال:

الشكل ١: دور الهيدروجين في الربط بين القطاعات ٥
الشكل ٢: استعمالات الهيدروجين وإزالة الكربون ٨
الشكل ٣: أساسات نقل الهيدروجين في أوروبا ١٤
الشكل ٤: نيوم: إحياء للاقتصاد الدائري ٢٦
الشكل ٥: لمحة عن نيوم ٢٦

جدول التسميات المختصرة

التسمية المختصرة	المعنى
BNEF	بلومبرج لتمويل الطاقة
CAPEX	النفقات الرأسمالية
CCGT	التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة
CCUS	التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه
CIS	رابطة الدول المستقلة
CH_4	غاز الميثان
CO_2	ثاني أكسيد الكربون
CSP	الطاقة الشمسية المركزة
DEWA	هيئة كهرباء ومياه دبي
Dii	Dii طاقة الصحراء
Desertec 1.0	استغلال مصادر الطاقة المتجددة في الصحراء مع التركيز على تصدير الطاقة إلى أوروبا
Desertec 2.0	التغلب على العقبات أمام العملية من خلال مكتب جديد في دبي
Desertec 3.0	منذ ٢٠١٩: الجزيئات الخضراء جنبًا إلى جنب مع الإلكترونات الخضراء: منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لتصبح مركزاً لإنتاج الطاقة المتجددة للعالم.
EDO	تنمية طاقة عُمان
EU	الاتحاد الأوروبي
EUMENA	أوروبا، الشرق الأوسط
GDP	إجمالي الناتج المحلي
GW	جيجاواط
GHG	غازات الدفيئة
HVDC	تيار مباشر عالي الجهد
H_2	هيدروجين
IEA	وكالة الطاقة الدولية
IRESEN	معهد بحوث الطاقة الشمسية والطاقات الجديدة
kWh	كيلو واط ساعة
LCoE	التكلفة المستوية للكهرباء
LCoH	التكلفة المستوية للهيدروجين
LNG	الغاز الطبيعي المسال
LOHC	ناقلات الهيدروجين العضوي السائل
Masen	الوكالة المغربية للطاقة المستدامة
MEMR	وزارة الطاقة والثروة المعدنية
MENA	الشرق الأوسط وشمال أفريقيا
M^3	متر مكعب
NEPCO	شركة الكهرباء الوطنية
OPEX	نفقات التشغيل
OCP	المكتب الشريف للفوسفاط
OPWP	الشركة العُمانية لشراء الطاقة والمياه
PDO	شركة تنمية نفط عُمان
PV	الكهروضوئية
R&D	البحث والتطوير
RE	الطاقة المتجددة
SMR	إصلاح غاز الميثان بالبخار
Solar PV	نظام الطاقة الشمسية الكهروضوئية
TPES	تزويد الطاقة الأولية الكلي

١,٠ ملخص تنفيذي

يشغل التغير المناخي والتجارة الدولية والاقتصاد والوظائف المستدامة بال العديد من الحكومات والمؤسسات والشركات في القطاع العام والخاص حول العالم. لكن مع آثار جائحة كوفيد ١٩ التي يواجهها العالم وتداعياتها الاجتماعية والاقتصادية، نجد أن أوروبا تتجه لتطبيق خطة أساسية ومفصلة للتعافي الأخضر لضمان الانتعاش المستدام والشامل لنظامها. إذ اعتبروا خطة «الجيل الجديد من الاتحاد الأوروبي» أداة للتعافي، تهدف إلى خلق وظائف جديدة وتعميم الإجراءات المناخية.[١] تمثل الخطة الأوروبية الخضراء العنصر الأساسي في حزمة التعافي، لتكون أوروبا أول قارة محايدة مناخياً بحلول عام ٢٠٥٠. يُطلق على الهيدروجين الأخضر أيضاً اسم «الحلقة المفقودة لانتقال الطاقة» نظراً لقدرته على إزالة الكربون والربط بين القطاعات المختلفة حيث لا يمكن تخفيف ثاني أكسيد الكربون وخفض إنتاج الكهرباء. علاوة على ذلك، يمكن أن يساعد تطوير اقتصاد الهيدروجين الأخضر أيضاً على استغلال المزيد من الطاقة المتجددة (RE) في نظام الطاقة، وبدء التخزين الموسمي والمساهمة في النمو الأخضر وخلق فرص العمل المحلية.

تنعم منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بوفرة الرياح وأشعة الشمس مما يجعلها منجماً للطاقة الكهروضوئية الشمسية وطاقة الرياح الذي يعتبر أساسياً لإنتاج الهيدروجين الأخضر منخفض التكلفة، ونجد أن شراكة ما بين أوروبا ومنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تقدم ظروف ناجحة لكل الأطراف: إذ أن إنتاج الهيدروجين الأخضر في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا ستدعم الصناعات المحلية والتطور الاقتصادي والاجتماعي للمنطقة من توفير العديد من الوظائف الجديدة. ومن هدف أوروبا لتكون دون انبعاثات بحلول عام ٢٠٥٠ الذي أصبح قانونا محليا لها، المهتمين بالطلب على الهيدرجين بدأوا بالظهور. حيث أن صناعات الحديد والنقل الثقيل تتجه لدراسة آلية نقل وإيصال كميات هائلة من الجزيئات الخضراء إلى السوق على المدى القصير والطويل.

تمر منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بمرحلة تغيرٍ تاريخية من ناحية دورها وقدراتها في إنتاج الطاقة، الذي بدوره يمكن أن يجعل منها لاعباً أساسياً في هذا المجال لكبر مساحة الصحراء فيها. كما تم إدخال الإلكترونات والجزيئات الخضراء إلى استراتيجيات عمل العديد من المنظمات مثل أكوا باور ونيوم وسنوم ومازن للتسريع عجلة التحول نحو اقتصاد منخفض الكربون في العالم العربي. بالإضافة إلى المبادرات العالمية التي تركز على تطوير السوق الأقليمي مثل /Dii Desert Energy Desertec ٣,٠ والتي تم توسيع نطاقها من قبل مجموعة تحالف الهيدروجين في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. الهيدروجين الأخضر هو وعد للازدهار والاستقرار والاستدامة في المنطقة من خلال إنشاء سوق قوي مع وظائف وصناعات محلية مرتبطة بتحول قطاع الطاقة.

تبين هذا الورقة أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا قادرة على أن تصبح مركزا لإنتاج الهيدروجين الأخضر، لكل من أسواقها الإقليمية والعالم، حيث أن الفرص التي ستتوفر سوف تفوق كل التحديات. ونؤمن أن التمعن في التحديات البيئية مثل استغلال موارد الأرض والماء، لإنتاج الهيدروجين الأخضر والخالي من الانبعاثات يضمن تطورًا إيجابيًا للجميع. يمكن مقارنة النجاح المتوقع من الجزيئات الخضراء بنجاح الطاقة المتجددة خلال السنوات العشرة الماضية وربما حتى في زمنٍ أقل.

يواجه العالم أزمة غير مسبوقة في مجال صناعة واستخراج الغاز والنفط، لكن الجانب الإيجابي لذلك هو أن الهيدروجين الأخضر سيعوض القطاع عن كل ذلك. بينما تقوم المغرب بالاتجاه نحو التحول إلى اقتصاد الهيدروجين الأخضر، نجد أن عُمان بدأت بالاعتراف بجدواه، وجارتها نيوم في السعودية أعلنت عن إطلاق أكبر مشروع هيدروجين أخضر وأمونيا في يوليو ٢٠٢٠ [٢]، وأن الإمارات قد أطلقت مشروعاً تجريبياً. لكن لم نرى أي تقدم يذكر حول هذا الموضوع من الدول الأخرى في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. من المتوقع أن تساهم الشراكات مع أوروبا وغيرها من القوات

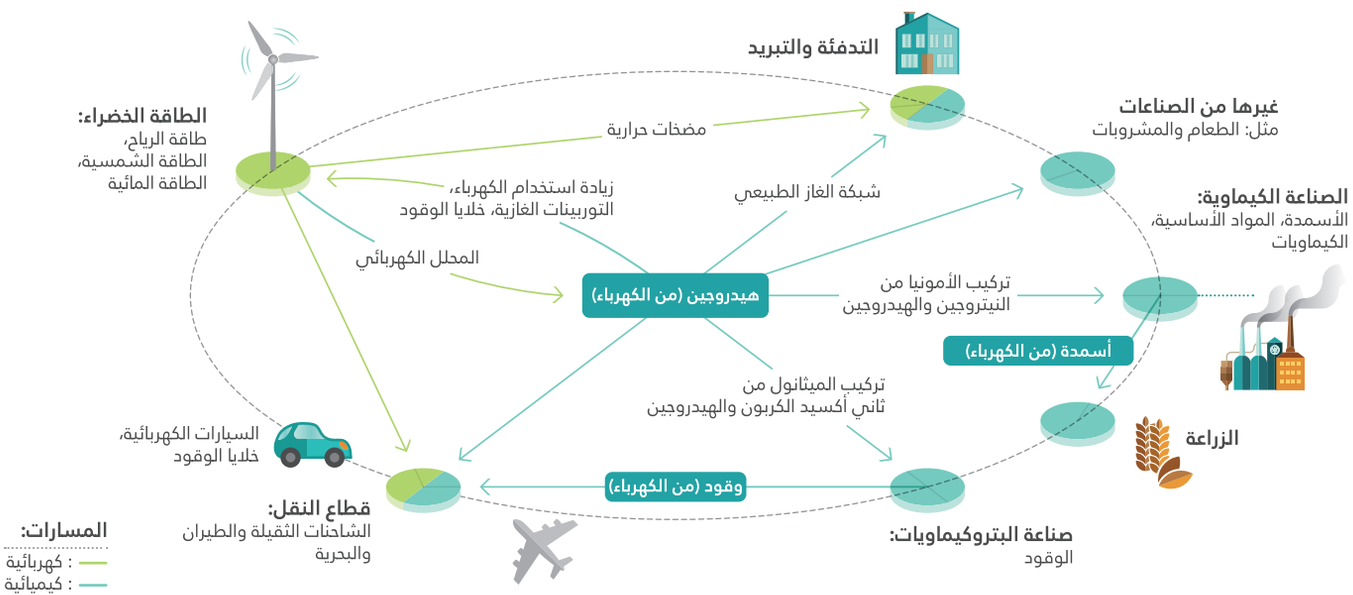
الجيوسياسية مثل الصين في تسريع التقدم من هذه الناحية، وهنا يجد صانعوا القرارات في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا أنفسهم أمام فرصة حقيقية ومسؤولية كبيرة للتحرك وإنعاش اقتصادهم من خلال خطط وطنية مدروسة وأهداف واقعية وثابتة لخفض تكلفة مشاريع الهيدروجين الأخضر، الذي كشرط أساسي يحتاج لإنشاء معيار مشترك للتصديق على الطبيعة الخضراء للهيدروجين وهو أمر بالغ الأهمية لبناء الثقة والبدء في الإنتاج والتوريد بنجاح إلى الأسواق الدولية.

١ المفوضية الأوروبية (٢٠٢٠). لحظة أوروبا: الإصلاح والاستعداد للجيل القادم. بروكسل، بيان صحفي، ٢٧ مايو. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_940

٢ قامت Air Product، وأكوا للطاقة ونيوم بتوقيف اتفاقية بقيمة ٥ مليار لإنشاء محطة إنتاج وتوريد الهيدروجين الأخضر تعمل بالطاقة المتجددة. سبق صحفي. ٨ يوليو، ٢٠٢٠.
https://www.acwapower.com/news/air-products-acwa-power-and-neom-sign-agreement-for-5-billion--production-facility-in-neom-powered-by-renewable-energy-for-production-and-export-of-green-hydrogen-to-global-markets/

٢,١: الهيدروجين كحامل للطاقة

الهيدروجين هو أول وأخف عنصر كيميائي في الجدول الدوري وبصفته المادة الكيميائية الأكثر وفرة في الكون، يُطلق عليه غالبًا الحلقة المفقودة لانتقال الطاقة، ويرجع ذلك إلى دوره الرئيسي في ربط القطاعات: يمكن للهيدروجين كناقل للطاقة أن يربط بين القطاعات المستهلكة للطاقة مثل المباني (التدفئة والتبريد) والنقل والصناعة مع قطاع صناعة الطاقة وتطويرها.[٣]



الشكل ١: دور الهيدروجين في الربط بين القطاعات

لاقى الوقود الغني بالكربون مثل البترول والغاز والفحم بقصة نجاح بسبب تميزه بأفضليات عدة: كثرة مجالات استعماله، ارتفاع معدل الطاقة التي ينتجها، وسهولة تخزينه نقله،[٤] لكن أكبر سلبياته وأخطرها هي تأثيره على البيئة، إذ يعد أحد المسببات الرئيسية للاحتباس الحراري. لكن سنة ٢٠٢٠ تمثل نقطة تحول مع أكبر أزمة في تاريخ قطاع النفط والغاز الذي يواجه الموجة العالمية للانتقال إلى الموارد الخالية من الكربون. مما أدى إلى انخفاض غير مسبوق في أسعار الغاز والنفط ليصل إلى ما تحت الصفر وذلك نتيجة لعوامل جيوسياسية، بالإضافة إلى الجائحة التي احتلت العالم التي خفضت من معدلات استهلاك الطاقة حول العالم ليصل إلى مستويات أقل من أي وقت مضى. في السياق الأوسع للأهداف الحالية المتعلقة بتغير المناخ، واجهت شركات النفط الوطنية والدولية تحدي ضرورة إنشاء نموذج أعمال مستقبلي من خلال نشاطاتها، مثل توتال أو سايبم أو مجموعة إيني، الذي دفعهم لإنشاء أقسامِ للطاقة المتجددة والهيدروجين في شركاتهم (الطاقات الجديدة)، وغالباً ما تعمل هذه الأقسام كذراع مستقلة للشركة.

٣ أبون،ك. «دمج القطاعات - تصميم نظام طاقة متجددة مدمج». ٢٥ أبريل، ٢٠١٨. إقرأ هنا:
https://www.cleanenergywire.org/factsheets/sector-coupling-shaping-integrated-renewable-power-system

٤ بفلوجمان، ف. دي بلاسيو، ن. «الآثار الجيوسياسية والسوقية للاعتمادات الجديدة للهيدروجين المتجدد في عالم الطاقة منخفض الكربون». برنامج البيئة والموارد الطبيعية في مركز بيلفر للعلوم والعلاقات الدولية، جامعة هارفرد. تقرير. ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.belfercenter.org/publication/geopolitical-and-market-implications-renewable-hydrogen-new-dependencies-low-carbon.

إلى يومنا هذا، ما زال الهيدروجين بطريقة إعادة تشكيل الميثان بالبخار (SMR) ليستخدم بشكل أساسي من قبل القطاعات البتروكيميائية وفي صناعة الأسمدة. أخيراً، يكشف لنا الهيدروجين عن قدرته في إضعاف التغير المناخي وربما إيقافه، حيث لا يمكن تجاهل دوره كحامل للطاقة المستدامة. الهيدروجين ليس مصدراً للطاقة لكن بإمكانه إيصال وتخزين كميات كبيرة من الطاقة لفترات طويلة من الزمن وبتكلفة أقل من تخزين الكهرباء،[٥] ولكن يجب إنتاجه من مواد أخرى، مثل الماء أو الوقود الأحفوري أو الكتل الحيوية وغيرها، مما يعطي الهيدروجين لونه.

٢,٢: أنواع/ألوان الهيدروجين واستعمالاته

٩٦٪ من الهيدروجين المُنتَج حالياً يصنع من الوقود الأحفوري من خلال عملية تستهلك الكثير من الكربون إما عن طريق إعادة تشكيل الميثان بالبخار (SMR) من غير عزل الكربون الناتج واستغلاله أو تخزينه (الهيدروجين الرمادي)، أو من خلال عملية تحويل الفحم إلى غاز (الهيدروجين الأسود)، حيث أن طريقة إنتاجه والغازات الدفيئة الناتجة من العملية هي ما تعطيه لونه.

الهيدروجين الأخضر: ينتج عن تحليل الكهربائي للماء في محلل كهربي، وتزود الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة المائية أو طاقة الرياح أو الطاقة الشمسية، (إذا كانت هنالك حاجة للمياه المحلاة تكون باقي العملية مدعومة بنسبة ١٠٠٪ من الطاقة الشمسية وطاقة الرياح) ولا ينتج عن هذه العملية أي من الغازات الدفيئة.

الهيدروجين الرمادي: ينتج باستخدام الغاز الطبيعي في حين يحتاج الهيدروجين الأسود للفحم كعنصر أساسي، وتكون عملية الإنتاج الرئيسية هي إعادة تشكيل الميثان بالبخار (SMR) التي تستهلك أوكسجين من بخار الماء في حجرة حرارية لفصل الميثان (CH_4) وإنتاج الهيدروجين. لكن هذه العملية تتسبب بقدر هائل من التلوث لأنها تنتج ما يعادل ٩ كغم من ثاني أكسيد الكربون (CO_2) لكل ١كغم هيدروجين يتم إنتاجه.[٦]

الهيدروجين الأزرق: يحتاج لنفس عملية صنع الهيدروجين الرمادي لكن الكربون الناتج عن العملية يتم جمعه باستخدام عملية CCUS للتقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. يشير الاتحاد الأوروبي لهذا النوع من الهيدروجين بأنه هيدروجين ناتج عن الوقود الأحفوري مع جمع الكربون.

الهيدروجين الأصفر: يتم صنعه عن طريق التحليل الكهربائي للطاقة الكهربائية ذات الأصل المختلط التي يمكن أن تكون ناتجة عن الطاقة النووية أو من النفايات إلى هيدروجين أو من تحويل النفايات إلى غاز.

الهيدروجين التركواز: ينتج من الغاز الطبيعي أو الكتل الحيوية كمدخلات للطاقة عبر الانحلال الحراري لإنتاج الهيدروجين في عملية ماصة للحرارة بينما يتم الحصول على الكربون الصلب كمنتج ثانوي. في حين أن الانحلال الحراري للكتلة الحيوية هو عملية ضارة نسبياً من وجهة نظر بيئية، إلا أنها يمكن أن تكون مثيرة للاهتمام، بشرط أن تأتي الطاقة من مصادر متجددة.[٧]

الهيدروجين الأخضر: على خلاف الأنواع الأخرى فإنه يلعب دوراً رئيسياً في نقل الطاقة والتخلص من الكربون في القطاعات التي يصعب فيها ذلك، من الأمثلة على ذلك: مجال صناعات الفولاذ، يمكن أن يحل الهيدروجين

---

٥ بفلوجمان،ف. دي بلاسيو،ن. «الآثار الجيوسياسية والسوقية للاعتمادات الجديدة للهيدروجين المتجدد في عالم الطاقة منخفض الكربون». برنامج البيئة والموارد الطبيعية في مركز بيلفر للعلوم والعلاقات الدولية، جامعة هارفرد. تقرير ٢٠٢٠.

٦ دونيا، أ. سمنتسك، ت. (٢٠٢٠).هيدروجين الماكينات الولايات المتحدة ١٠١. بحث عن القيم السوقية في أمريكا الشمالية. مورغان. وفقًا لمصادر أخرى، يتم إنتاج ١٠-١١ كغم من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلوغرام من الهيدروجين.

٧ ميجرت، و. هيربرت، ي. كارير، ه. جراسيا بيرنت، د. إنتاج الهيدروجين من النفايات. حالة من الفن وإمكانات الظهور. تقرير ٢٠١٥.

٨ معظم منتجي المواد الثقيلة الرائدين، مثل تيسين كروب أو سالزجيتر أو فويست ألبين، لديهم مشاريع تجريبية ناجحة في هذا المجال.

الأخضر محل فحم الكوك في عملية الاختزال المباشر[٨]؛ ويمكن أن يستخدم في المصافي ليحل شيءَ فشيء محل الهيدروجين الرمادي. أما في النقل والتنقل يمكن أن يكون حلاً جذرياً لمشاكل تخزين الطاقة في الحافلات التي تسير على خلايا الوقود،[٩] والقطارات [١٠] وحتى السفن. يمكن أن تلعب تطبيقات الحرارة الصناعية أيضاً دوراً مهماً إذ قد تتماشى تطبيقاته طويلة الأمد طويلة المدى مع حاجة قطاعات التدفئة والتبريد للاستخدام السكني أو توليد الطاقة (بخلطه مع الغاز في التوربينات ذات الدورة المركبة لتصبح توربينات تعمل بنسبة ١٠٠٪ على الهيدروجين). اليوم، يستخدم حوالي ٥٥٪ من الهيدروجين المنتج حول العالم في تصنيع الأمونيا، و ٢٥٪ في المصافي وحوالي ١٠٪ لإنتاج الميثانول. تمثل التطبيقات المتبقية في جميع أنحاء العالم حوالي ١٠٪ فقط من إنتاج الهيدروجين العالمي.[١١] ويجد بالذكر أن ما يقارب ثلثي الهيدروجين يتم إنتاجه في الموقع للاستخدام المباشر، وبالتالي لا يلزم نقله ولا يوجد سوق له أو شفافية من ناحية أسعاره. علاوة على ذلك، يمكن استعمال الهيدروجين بعدة طرق ويمكن للهيدروجين الأخضر أن يغطي كل هذه الطرق لدعم عملية التخلص من الكربون.

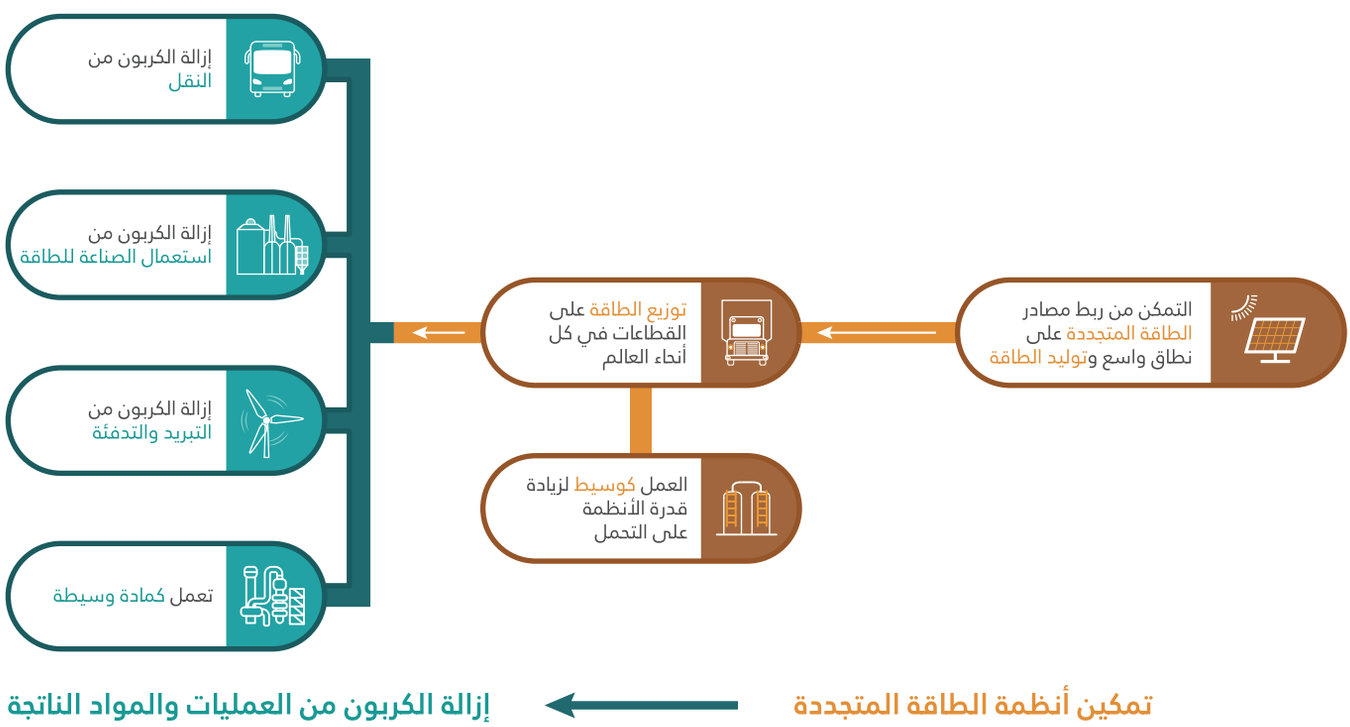
٩ عدد كبير من البلديات، وخاصة في أوروبا، لديها بالفعل أساطيل من حافلات العاملة بخلايا.

١٠. تم تشغيل أول قطار يعمل بخلايا الوقود في ألمانيا في عام ٢٠١٩. ومؤخراً، بدأ تشغيلها في النمسا وقدمت مجموعة القطارات الوطنية الفرنسية SNCF طلبيات لقطارات خلايا الوقود. إقرأ هنا:
https://www.cnbc.com/2020/09/14/in-austria-a-hydrogen-train-is-set-to-travel-on-challenging-routes-.html.

١١ هيدروجين أوروبا «صناعة الهيدروجين». إقرأ هنا:
https://hydrogeneurope.eu/hydrogen-industry

٣,١: دور الهيدروجين في تحول الطاقة العالمي

إن التوجه الرئيسي الآن في التحول العالمي للطاقة هو الاستغلال المتسارع للتكنولوجيا الخالية من الانبعاثات الكربونية، بالإضافة إلى رقمنة عمليات الطاقة ولا مركزية\ديموقراطية الطاقة التي أصبحت ممكنة بفضل الطاقة المتجددة. ما هو الدور الذي يمكن أن يلعبه الهيدروجين في انتقال الطاقة المعتمد على الاقتصاد العالمي؟ الهيدروجين الأخضر هو الحلقة المفقودة لإزالة الكربون من جميع القطاعات، إذ أنه يملك القدرة على أن يصبح وقود جزيئي قادر على توفير طاقة نظيفة لكافة جوانب الاقتصاد العالمي.[١٢] يمكن استخدامه كبديل للوقود الأحفوري كمادة أولية صناعية نظيفة في مجموعة كبيرة ومتنوعة من التطبيقات - من النقل الثقيل والصناعات الفولاذية - ولا تنتج أي ملوثات أثناء الاستهلاك. كون الهيدروجين حاملاً خالياً من ثاني أكسيد الكربون للطاقة، فهذا يجعله مصدراً نظيفاً مستداماً ومرن في الاستعمال: يمكن أن يخزن وينقل لمسافات طويلة ويستطيع حمل كميات كبيرة من الطاقة إذا تم ضغطه أو تحويله إلى سائل؛ وبذلك ينتج طاقة ووقود نظيفين، وله نفس معايير السلامة التي يحتاجها الغاز الطبيعي والنفط.[١٣] من المتوقع أن يستطيع الهيدروجين من تغطية ٢٤٪ من حاجة العالم من الطاقة بحلول عام ٢٠٥٠، وبما يعادل ٧٠٠ مليار مبيعات، والمزيد من المليارات من منتجات المستخدم النهائي التي تعتمد على الهيدروجين،[١٤] وتتزايد هذه التوقعات مع الدراسة إذ يتوقع السوق العالمي دخول ١١,٧ ترليار دولار أمريكي مما دفعهم للقول فيه «فرصة العمر» (جولدمان ساش، سبتمبر ٢٠٢٠).[١٥]



الشكل ٢: استعمالات الهيدروجين وإزالة الكربون. المصدر: Hydrogen Council

١٢ Dii Desert Energy (٢٠٢٠.) العرض التقديمي للشركة.

١٣ Dii Desert Energy (٢٠٢٠.) العرض التقديمي للشركة.

١٤ بلومبرج لتمويل الطاقة الجديدة (٢٠٢٠.). آفاق اقتصاد الهيدروجين. إقرأ هنا:
https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf.

١٥ https://www.barrons.com/articles/goldman-sachs-says-so-called-green-hydrogen-will-become-a-12-trillion-market-heres-how-to-play-it-51600860476.

لكن الطريق نحو سوق عالمي للهيدروجين الأخضر لا يعتمد فقط على الثورة التكنولوجية والاقتصادية - من مصدر الهيدروجين وطريقة التعامل معه وشحنه وتكلفته لكل كغم - بل يعتمد أيضاً على الخيارات السياسية المتعلقة بسلسلة القيم. هناك فائزون وخاسرون في كل خيار أو نظام جديد[١٦] ويتسبب ذلك في إعادة توزيع الموارد والقوة من خلال تحويل موازين حاجات الدول، حيث ستظهر الدول التي تمتلك موارد للطاقة الشمسية وطاقة الرياح منخفضة التكلفة لتصبح مراكز عالمية لإنتاج وتخزين ونقل الجزيئات الخضراء وسيتم التناوب بين الأسواق بشكل مشابه للغاز الطبيعي المسال.

وفقاً للتقارير الصادرة عن مركز بلفر[١٧] تقاس إمكانات الطاقة المتجددة المنقولة في الهيدروجين في البلدان بالأخذ بالاعتبار ثلاثة معايير وتصنف بناءً على توفر الموارد (الرياح، الشمس، الماء)، والبنية التحتية للإنتاج والنقل وتوزيع الهيدروجين.[١٨] يسلط التقرير الضوء على إمكانية أن تصبح المغرب وأستراليا أحد أكبر المصدرين لوفرة موارد الطاقة المتجددة والقدرة على تجهيز البنية التحتية المطلوبة.[١٩]

كما أفادت بأن دول الخليج لديها فرصة قوية في ذلك أيضاً، لأنه ومع أن معظم دول الخليج تخطط للتحول من الوقود الأحفوري إلى الطاقة الخضراء وبعدة طرق مختلفة، إلا أن عدد المشاريع التي تنفذ منها قليلة وهنالك مجال لتوسيع وتنفيذ هذه الخطط على نطاق أكبر. في حال عدم تقبل صنّاع الغاز النفط لهذا التغيير فإنهم سيواجهون صعوبة في البقاء على الساحة والاستمرار بالعمل. أما في شرق البحر الأبيض المتوسط، يمكن أن تكون قبرص واليونان الرابحين المحتملين، ليس للضرورة للإنتاج ولكن العبور، فقد تم توقيع اتفاق خط أنابيب شرق المتوسط في يناير ٢٠٢٠ بين إسرائيل وقبرص واليونان[٢٠] وهذا قد يتسبب في إضعاف دور تركيا وغيرها من الدول الرائدة؛ مثال: جاءت دول جنوب البحر الأبيض المتوسط في مرتبة أعلى على مقياس القدرة على العمل مع هذا المشروع.

٣,٢: الشراكات الدولية: الاتحاد الأوروبي، ألمانيا، فرنسا

ازدهرت شعبية استراتيجيات الهيدروجين الوطنية في جميع أنحاء العالم، وكانت اليابان هي الدولة الأولى في عام ٢٠١٧ ، تليها كوريا الجنوبية ونيوزيلندا وأستراليا في عام ٢٠١٩، وبدأت اليابان بالفعل بعض الشراكات الدولية بشأن الهيدروجين الأخضر، مع أستراليا و بروناي على سبيل المثال، وأعلنت هولندا والنمسا والنرويج والبرتغال وألمانيا وفرنسا انضمامها عام ٢٠٢٠. في يونيو ٢٠٢٠، تبنت الحكومة الفيدرالية الألمانية استراتيجية هيدروجين وطنية بقيمة ٩ مليار يورو، منها ٧ مليار يورو مخصصة لتكثيف وجود لتقنيات الهيدروجين في السوق الألماني وتخصيص ٢ مليار يورو إضافية للشراكات الدولية. إن بناء المشاريع في المغرب وغيرها من الاقتصادات النامية وكذلك المساعدة في الدراسات المطلوبة لوضع حجر الأساس للمشاريع الأولية هي الركائز الأساسية لهذه الاستراتيجية. في ١٤ سبتمبر ٢٠٢٠، قدمت الحكومة الفرنسية استراتيجيتها الوطنية للهيدروجين، حيث قدمت استثماراً بقيمة ٧,٤ مليار يورو بحلول عام ٢٠٣٠ باستثمار ١,٥ مليار يورو في محطات

---

١٦ فان دي غراف، ت، أوفر لاند، شولتن. د، ويستفال، ك. النفط الجديد ؟ الجغرافيا السياسية والحوكمة الدولية للهيدروجين. بحوث الطاقة والعلوم الاجتماعية كانون الأول ٢٠٢٠، تم النشر على الإنترنت ٣٠ يونيو، ٢٠٢٠: 10.1016/j.erss.2020.101667

١٧ بفلغمن، غ. دي بلاسيو، ن. «الآثار الجيوسياسية والسوقية للاعتمادات الجديدة للهيدروجين المتجدد في عالم الطاقة منخفض الكربون.» برنامج البيئة والموارد الطبيعية مركز بلفر للعلوم والشؤون الدولية مدرسة هارفارد كينيدي. تقرير ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.belfercenter.org/publication/geopolitical-and-market-implications-renewable-hydrogen-new-dependencies-low-carbon

١٨ فئات المساهمين الرئيسيين الخمسة: ١. رواد تصدير يتمتعون بموارد كثيرة وبنية تحتية. ٢. موارد متجددة غنية ولكن المياه مقيدة ببنية تحتية معقدة. ٣. طاقة متجددة ذات بنية تحتية جيدة. ٤. موارد غنية بالبنى التحتية جيدة. ٥. موارد غنية مع البنى التحتية ضعيفة. إقرأ هنا:
https://www.belfercenter.org/publication/geopolitical-and-market-implications-renewable-hydrogen-new-dependencies-low-carbon.

١٩ المرجع نفسه

٢٠. «إسرائيل واليونان وقبرص توقع اتفاقية لتأسيس خط أنابيب غاز إيست ميد» ٢٠ يناير ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.euronews.com/2020/01/02/israel-greece-and-cyprus-sign-deal-for-eastmed-gas-pipeline.

التحليل الكهربائي وقدرة محلل كهربائي مستهدفة تبلغ ٦,٥ جيجاواط بحلول عام ٢٠٣٠. فقط مع الإستراتيجية الألمانية والفرنسية معاً ، تم تخصيص ١٦ مليار يورو لمشاريع الهيدروجين ، وينظر كلا البلدين إلى منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على أنها شريك «طبيعي».

في أوروبا، بدأ بناء اقتصاد الهيدروجين من خلال «الصفقة الخضراء» التي أطلقتها مفوضية الاتحاد الأوروبي الجديدة منذ ديسمبر ٢٠١٩، مع هدف أن تصبح أول قارة خالية من الكربون بحلول عام ٢٠٥٠، وتضع الخطة هدفاً طموحاً يجب الوصول إليه بالفعل بحلول عام ٢٠٣٠: خفض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبة ٥٠٪ على الأقل (من مستويات عام ١٩٩٠) ، وتعزيز حصة الطاقة المتجددة ونشر مجموعة واسعة من ممارسات زيادة كفاءة الطاقة. لتحقيق هذا الهدف، يعتمد الاتحاد الأوروبي على الشراكات قوية مع الدول المجاورة لبناء سوق مستدام للهيدروجين مع مجموعة واسعة من التطبيقات والمسارات: وضع إطار قانوني، وتوسيع نطاق التكنولوجيا، وإعادة تخصيص خطوط أنابيب الغاز الحالية وتطوير البنية التحتية المطلوبة. في ٨ يوليو ٢٠٢٠، أعلن فرانس تيمرمانز، نائب الرئيس التنفيذي للمفوضية الأوروبية المسؤول عن الصفقة الأوروبية الخضراء، وكادري سيمسون، مفوض الطاقة، عن استراتيجية الاتحاد الأوروبي للهيدروجين. يعتبر الهيدروجين الأخضر أحد الأولويات القصوى في تحول الطاقة، حيث سيساعد في إزالة الكربون بشكل أسرع وأكثر فائدة لاقتصادنا. وقد أعلن عن هذه الشركات القادرة على تحويل هذه الرؤية إلى واقع.

على سبيل المثال، يجب على الدول الأعضاء أن تطلب من موردي الوقود توفير ما لا يقل عن ١٤٪ من الطاقة المستهلكة في النقل البري والسكك الحديدية بحلول عام ٢٠٣٠ كطاقة متجددة.[٢١] وبما أن هذا سيُترجم إلى قانون وطني، فإن الضغط غير المسبوق يتزايد في تحديد جميع الفرص الممكنة لتقليل البصمة الكربونية/ مما دفع مصانع الفولاذ لعمل مشاريع تجريبية لبحث إمكانية استبدال فحم الكوك بالهيدروجين بالكامل. في نهاية المطاف يمكن إنتاج فولاذ محايد مناخياً باستخدام الهيدروجين الأخضر من منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. يمكن لمصافي التكرير استبدال المزيد والمزيد من الهيدروجين الرمادي بالهيدروجين الأخضر.[٢٢] يمكن أن يستعمل قطاع صناعة المواد الكيميائية الجزيئات الخضراء لتحويل الأمونيا الرمادية لخضراء للاستعمال في الأسمدة. العديد من الفرص الأخرى التي تم توضيحها في الجزء الأول حول تطبيقات الهيدروجين المختلفة ستوفر فرصة كبيرة لتكوين شراكة وثيقة مع أوروبا كمتبني رئيسي للجزيئات الخضراء. نشرت إستراتيجية الهيدروجين الأوروبية في ٨ يوليو ٢٠٢٠ [٢٣] وتضح أنه تحتاج لاستيراد جزء كبير من احتياجات أوروبا من الهيدروجين وأن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يمكن أن تكون شريكًا مهمًا في هذا. [٢٤]

بدأت دبلوماسية الهيدروجين بالفعل بنجاح حيث أن المغرب وسلطنة عمان بدأوا الشراكة مع الدول الأوروبية في إنتاج الهيدروجين الأخضر. ولأن المغرب وألمانيا يتمتعان بعلاقات وثيقة فقد أعلنا في يوليو ٢٠٢٠ عن «مشروع الطاقة X بسعة ١٠٠ ميجاواط من المحلل الكهربائي»،[٢٥] بينما يطور غيرهم مثل عُمان وبلجيكا (DEME) مشروع «Hyport Duqm» وهو مصنع هيدروجين أخضر في عُمان.[٢٦] (بإمكانك التعرف على المزيد

---

٢١ المفوضية الأوروبية (٢٠١٩). الطاقة المتجددة - إعادة الصياغة حتى عام ٢٠٣٠. إقرأ هنا:
https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii

٢٢ مثال على ذلك مشروع (Westkueste ١٠٠). إقرأ هنا:
https://www.westkueste100.de/en/

٢٣ المفوضية الأوروبية ، «استراتيجية الهيدروجين لأوروبا محايدة مناخيا» ، اتصال من المفوضية الأوروبية> البرلمان والمجلس واللجنة الاقتصادية والاجتماعية الأوروبية ولجنة المناطق. بروكسل ، ٨ تموز ٢٠٢٠ ، (٢٠٢٠) ٣٠١. إقرأ هنا:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

٢٤ انظر أيضًا مبادرة ٢ x ٤٠ GW بواسطة (Hydrogen Europe) و(Dii Desert Energy) ، التي تم تبني مفهومها الأساسي في الهيدروجين الأوروبي. إقرأ هنا:
https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-04-01_Dii_Hydrogen_Studie2020_v13_SP.pdf

٢٥ مشروع «قوة العنصر X». أخبار المالية. ٢٣ يونيو ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://fnh.ma/article/developpement-durable/projet-power-to-x-la-mise-en-oeuvre-s-accelere

٢٦ (Deme) وشركاؤه يقدمون «Hyport®duqm» ، وهو مشروع هيدروجين أخضر واسع النطاق في عُمان. إقرأ هنا:
https://www.deme-group.com/news/deme-and-partners-present-hyportrduqm-large-scale-green-hydrogen-project-oman-1.

من التفاصيل في جزء المغرب وعُمان). لكن أكثر هذه المشاريع تقدماً هو مشروع نيوم، و أكوا للطاقة Air Products الذي أطلق في يوليو ٢٠٢٠ (للمزيد من التفاصيل قم بالرجوع إلى المرفق ٣).

إن الجمع بين كون أوروبا مشترياً محتملاً كبيراً للجزيئات الخضراء من منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا والموارد المخصصة لدعم المشروع مالياً، وهو أمر ضروري لسد الفجوة بين الهيدروجين الأخضر الأكثر تكلفة اليوم والذي ينتج بشكل تقليدي، ليوفر فرصة لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا البدء في تطوير أول مشاريع الهيدروجين الأخضر. إن الفرصة هنا ليست فقط في توليد عائدات تصدير جديدة، ولكن أيضًا بالنسبة للأسواق المحلية، سيكون الطلب على الجزيئات الخضراء مرتفعاً. في حين تم بالفعل خلق العديد من الوظائف لمشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح - وستزداد هذه المشاريع مع الهيدروجين الأخضر - فإن سلسلة القيم لإنتاج وتخزين وتحويل الهيدروجين الأخضر أطول بكثير وأكثر تعقيداً. بالإضافة إلى ذلك، سيكون هناك في مجموعة متنوعة من التطبيقات، فرصة لخلق العديد من الوظائف الجديدة، مما يؤدي إلى زيادة النمو والازدهار في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا.

٤,١: الآثار البيئية

٤,١,١: المياه واستخدامات الأراضي لمصادر الطاقة المتجددة والبنية التحتية وغيرها

بعد طفرة هائلة خلال العقد الماضي، شهدنا زيادة هائلة في قدرة مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بأكثر من ١٠ جيجاواط.[٢٧] الأهم من ذلك، أن التعرفة لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح للمرافق العامة تتراوح بين ١-٣ سنتات دولار أمريكي / كيلوواط ساعة،[٢٨] وهذا يتفوق بشكل كبير على التوليد الأحفوري / التقليدي. وتمثل عوامل السعة العالية لمشاريع الرياح في بلدان مثل المغرب أو مصر أو المملكة العربية السعودية أو عُمان أمثلة مثيرة للاهتمام حتى بالنسبة لمشاريع طاقة الرياح والهيدروجين الأخضر فقط، إذ تشبه الظروف طاقة الرياح البحرية في أوروبا، فقط مع الاختلاف أننا نتحدث عن مشاريع على اليابسة أرخص بكثير وبالقرب من مواقع بحرية. وبالإضافة أن قربها لأوروبا متضمنا البنية التحتية الموجودة من أنابيب للغاز أو خطوط الجهد عالية التيار تحت البحر الأبيض المتوسط. لا سيما مع الزخم الأخير في التركيبات، بإمكاننا أن نقول أن انتقال الطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يسري بالفعل هل من المحتمل أن تبعد مشاريع الهيدروجين الأخضر الدول عن مهمتها الأساسية لتعزيز القدرة المركبة للطاقة المتجددة؟

تؤمن Dii بأن الجزيئات الخضراء هي فرصة لتسريع انتقال الطاقة، شريطة أن يستعمل الهيدروجين أخضر، فإن القدرات المركبة للطاقة الشمسية وطاقة الرياح سترتفع بشكل كبير. يمكن اعتبار الهيدروجين الأخضر من وجهة نظر النظام أداة لاستغلال نسبة أكبر من الطاقة المتجددة. يمكن الاستفادة من الكهرباء المقيدة، مثل مجمعات الرياح ذات الاتصال الضعيف بالشبكة أو الطاقة الشمسية الكهروضوئية، والتخزين الموسمي - الأفضل في التكوينات الصخرية تحت الأرض[٢٩] - ويمكن أن يساعد في سد الفجوات بين الطلب المحلي على الطاقة في الشتاء والصيف. بالنسبة للتخزين، لا يتنافس الهيدروجين مع البطاريات، بل يعتبر مكملا لها ويغطي التطبيقات طويلة المدى والكميات الكبيرة جدًا من الطاقة المراد تخزينها. ومع مشاريع الهيدروجين الأخضر على ذات الحجم الكبير، يمكن أن يتطور قطاع جديد تماماً وربما كبير جداً موازيا لمشاريع الطاقة المتجددة المرتبطة مع الشبكة.[٣٠]

٤,١,٢: الاعتبارات البيئية

يتطلب التحليل الكهربائي عادة تقريباً ٤ م^{٣} / يوم (٢٤ ساعة) من المياه النقية أو ٦ م^{٣} / يوم من المياه الخام غير النقية لكل ١ ميغاواط من التحليل الكهربائي[٣١] بشكل عام، فإن خيارات الحصول على المياه هي من التحلية الحالية، والمياه الجوفية (غير قابلة للتطبيق للقبول العام والندرة)، ومياه الصرف الصحي (وفقًا للمصنعين، ممكن بشكل عام، ولكن من المحتمل أن تكون المعالجة أكثر تكلفة من إنتاج المياه المحلاة حديثًا).[٣٢] هناك إمكانية لاستخدام

٢٧ قاعدة بيانات مشروع «Dii Desert Energy»

٢٨ قاعدة بيانات «Dii Desert Energy» مع المناقصات. دول العالم الثالث مثل الإمارات العربية المتحدة أو المملكة العربية السعودية، مصر، الأردن، تونس، المغرب. الرسوم الجمركية في عمّان مخصخصة.

٢٩ فان ويك، أ. ووترز، ف. رشيدي، س. إيكن، ب. (نوفمبر. ٢٠١٩) شمال إفريقيا - بيان هيدروجين أوروبا. إقرأ هنا:
https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2019/12/Dii-hydrogen-study-November-2019.pdf

٣٠ وفقًا للخبراء ، في بعض البلدان، يمكن أن تكون مشاريع الطاقة المتجددة خارج الشبكة للهيدروجين الأخضر أكبر من جميع المشاريع المتصلة بالشبكة مجتمعة.

٣١ ILF للمهندسين الاستشاريين

٣٢ من الناحية العملية غير قابل للتطبيق كما تمت مناقشته مع أكوا باور بسبب اتفاقيات التوريد الحالية وحدود السعة حيث أن معظم محطات تحلية المياه بحاجة إلى التوسع.

مياه البحر مباشرة بدون تحلية ، ولكن هذا فقط في مرحلة البحث والتطوير الآن.[٣٣] توفر محطات تحلية المياه الصغيرة بالتناضح العكسي والقريبة من موقع التوليد، والموجودة بالقرب من البحر من وجهة نظرنا، المسار الأكثر ملاءمة وواقعية، ويمكن أن تفيد الطاقات الاستيعابية الزائدة المجتمعات المحلية، والتي يمكن اعتبارها عاملاً مهمًا للتنمية الاجتماعية والاقتصادية. ويجدر الإشارة إلى أن تكلفة المياه تتراوح ما بين أقل من ١٪ إلى حد أقصى أقل من ٢٪ (في ظل ظروف توفر مياه باهظة الثمن فقط) من حالة العملية الإجمالية التقليدية، في حين أن هذا لا يعتبر عاملاً رئيسياً من وجهة نظر اقتصادية، ولكنها نقطة مهمة يجب أخذها بعين الاعتبار في اختيار الموقع، إذ يجب أن تكون الطاقة في محطات التناضح العكسي من مصادر متجددة. غير المياه، يجب النظر بعناية في الآثار البيئية الأخرى، على سبيل المثال التحديات الاعتيادية عند استخدام الأراضي كما هو الحال بالنسبة لمشاريع توليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح (يعد استخدام الأراضي تحدياً مهماً، من وجهة نظر بيئية واجتماعية، ولكن بالنظر إلى الصحاري الشاسعة غير المأهولة، فإنها ليست بالمشكلة الكبيرة في كل البلدان - ومع ذلك يمكن أن تكون التضاريس تحديا لا سيما في عُمان). إن التحديات التي تواجه البنية التحتية الجديدة مثل خطوط الأنابيب وبشكل عام الطبيعة المتفجرة للهيدروجين بالإضافة إلى الآثار الخطرة للجزيئات الخضراء مثل الأمونيا أو الميثانول. ومع ذلك، وبالنظر إلى أنه يتم نقل الأمونيا في جميع أنحاء العالم بالفعل اليوم، فهنالك معايير دولية راسخة للصحة والسلامة. لكننا على أي حال سنقوم بذكر الجوانب الخطرة لتصنيع الهيدروجين (الأخضر بالذات) على وجه التحديد، الآثار طويلة المدى لتخزين كميات هائلة من ثاني أكسيد الكربون تحت الأرض والتي هي نقطة للتركيز مهمة لمشاريع التقاط الكربون واستخدامه وتخزينه.

بالإضافة إلى ذلك، لا يمكن اعتبار استخدام ثاني أكسيد الكربون في الاستخلاص المعزز للنفط وسيلة قابلة للتطبيق والتخزين، حيث أنه يطلق كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون مرة أخرى. ولا يجوز أيضاً اعتبار الأشكال الأخرى غير الهيدروجين الأخضر ذريعة لتأخير تحول الطاقة الأساسية نحو تقنيات خالية من الانبعاثات الكربونية.[٣٤]

٤,٢: الفرص: تكلفة الهيدروجين الأخضر، وسلسلة القيمة المحلية، والاستقرار الاجتماعي

٤,٢,١: منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا منتِج رئيسي للطاقة ونموذجا لخفض التكلفة

وفقًا لـ (BNEF) ، تبلغ اليوم تكلفة الهيدروجين الأخضر للمشاريع الكبيرة ما بين ٢,٥-٤,٥ دولارًا أمريكيًا للكيلوغرام الواحد.[٣٥] تقدر وكالة الطاقة الدولية سعر إنتاج الهيدروجين الرمادي عند ١-١,٨ دولارًا أمريكيًا / كغم والهيدروجين الأزرق بسعر ١,٤-٢,٤ دولاراً أمريكياً للكيلوغرام[٣٦] (لاحظ أن هذه التقديرات كانت قبل انخفاض أسعار الغاز في مارس/ أبريل ٢٠٢٠ ، وبالتالي من المحتمل أن تكون أسعار اليوم أقل بكثير بسبب التذبذب السهل لأسعار الغاز). كما بحثت Dii في التكلفة المستوية لإنتاج الهيدروجين الأخضر (LCoH)، كما عملت على تطوير نموذج مالي مبتكر لدعم أصحاب الأعمال في فهم حسابات التكلفة المستوية والأهم من ذلك حساسيتها لمختلف سيناريوهات النفقات الرأسمالية والتشغيلية المتوقعة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا. تعتبر هذه وسيلة قيمة لدراسة القدرة التنافسية لفرص إنتاج الهيدروجين الأخضر في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في نهج نوعي وكمي (يرجى الرجوع إلى ملحق ١ للحصول على وصف مجموعة الأدوات).

بناءً على تكلفة الكهرباء المفترضة البالغة ٢ سنت دولار أمريكي لكل كيلوواط ساعة وعامل قدرة محطة مفترض ٦٠٪ ، فإن ما يقرب من نصف تكلفة إنتاج الهيدروجين هي تكلفة الكهرباء، بينما يأتي الثلث من النفقات الرأسمالية وأقل من الخمس من النفقات التشغيلية لجهاز التحليل الكهربائي. أما النفقات الرأسمالية ، فمن المتوقع حدوث

---

٣٣ درسب، س. ديونجي، ف. ستراسر، ب. التقسيم الكهربائي المباشر لمياه البحر: الفرص والتحديات (٢٠١٩). إقرأ هنا: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsenergylett.9b00220

٣٤ مثال: بالنسبة للهيدروجين الأزرق، لا يزال تسرب الميثان عند إنتاج الغاز الطبيعي يمثل مشكلة كبيرة ، فضلاً عن الآثار غير المعروفة على المدى الطويل لحقن وتخزين ثاني أكسيد الكربون تحت الأرض.

٣٥ بلومبرج لتمويل الطاقة الجديدة (٢٠٢٠). توقعات اقتصاد الهيدروجين. إقرأ هنا: https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf

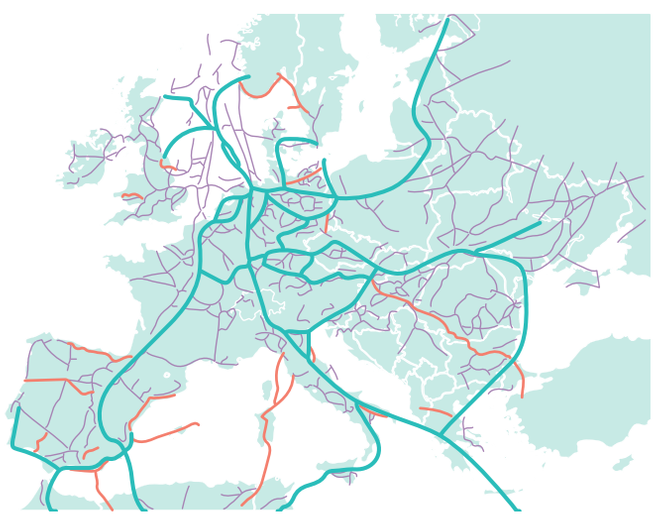
٣٦ وكالة الطاقة الدولية (٢٠١٩). مستقبل الهيدروجين. اغتنام فرص اليوم.

انخفاض كبير في التكلفة خلال السنوات القادمة. ويعتبر معامل سعة > ٥٠٪ عاملا مهماً في دراسة الجدوى. بفضل معامل السعة بنسبة مرتفعة لتوليد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، وأيضا قيمة منخفضة للتكلفة المستوية للكهرباء على مستوى العالم، يمكن لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا اليوم أن تنتج كيلوغراماً من الهيدروجين الأخضر بأقل من ٢ دولار أمريكي لكل كيلوغرام. مشروع نيوم الضخم للأمونيا الخضراء[٣٧] يهدف لإنتاج الهيدروجين الأخضر حتى حوالي ١,٥ دولارًا أمريكيًا للكيلوغرام، بمجرد تشغيله في عام ٢٠٢٥ (لمزيد من التفاصيل ، انظر الملحق الثالث). يمكن لمنشأة مصممة بمرونة لتحويل الهيدروجين إلى أمونيا عبر عملية هابر بوش (Haber Bosch) أن تساهم في خفض النفقات الرأسمالية لمرافق التخزين.

يمكن اعتبار هذا المشروع الجريء والرائد الذي تم الإعلان عنه في يوليو ٢٠٢٠ كمحفز لمزيد من مشاريع الهيدروجين الأخضر، على المستوى الإقليمي والعالمي. وهذا يدل على أن منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يمكن أن تبرز كرائد عالمي من حيث التكلفة في إنتاج الهيدروجين الأخضر، بعد سلسلة من الانخفاض القياسي العالمي لأسعار طاقة الرياح والطاقة الشمسية على مدى السنوات الماضية. من ثم تأتي أهمية النظر في تكلفة النقل إلى الأسواق الدولية، فعلى سبيل المثال عند نقل الهيدروجين إلى أوروبا، يجب إضافة ٢ دولار أمريكي تقريبا لكل كيلوغرام. مع ذلك، فإن هذه التكلفة مشتقة بشكل أكبر من عملية تحويل الهيدروجين إلى الأمونيا أو أي أحد اقلات الهيدروجين العضوية السائلة (LOHC) أو التسييل بدلاً من تكلفة النقل منفردة. على المدى الطويل، من المتوقع أن يكون النقل عن طريق خطوط الأنابيب هو الخيار الأمثل) حسب المواقع الجغرافية ونوع مسار النقل والمسافة الإجمالية) ، لأن تكلفته ستكون جزءاً بسيطًا مما ذكرناه قبل. في الواقع، يمكن إعادة استخدام/ تهيئة خطوط أنابيب الغاز الحالية إذ أن ١٣٪ من واردات أوروبا من الغاز تنقل عبر البنية التحتية الموجودة تحت البحر الأبيض المتوسط.[٣٨] على المدى المتوسط، يبدو أن التحويل إلى الأمونيا عبر عملية هابر بوش هو الخيار الأمثل في الوقت الحالي، يتم أيضًا النظر في أشكال أخرى مثل تسييل الهيدروجين، باستخدام ناقلات الهيدروجين العضوية السائلة أو التحول إلى استعمال وقود خالي من الكربون.

نعتقد أن مسألة الخيار الأفضل ووسيلة النقل الأمثل سيكونان من بين القرارات الرئيسية التي يجب اتخاذها - إلى جانب تهيئة الظروف المناسبة في أوروبا للاستيراد (الإطار القانوني والتنظيمي).

في حين أن جميع بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا يمكن أن تولد كميات كبيرة من عائدات التصدير لبيع الجزيئات الخضراء إلى الأسواق العالمية، فإن مستوردي الوقود الأحفوري لديهم فرصة إضافية لخفض فاتورة الاستيراد أكثر بكثير مما كانوا يحلمون به قبل بضع سنوات فقط.



الشكل ٣: أساسات نقل الهيدروجين في أوروبا

تشير الخطوط البنفسجية والبرتقالية إلى البنية التحتية الحالية للغاز الطبيعي في أوروبا، في حين تحدد الخطوط الزرقاء البنية التحتية المستقبلية لنقل للهيدروجين والتي تربط شبه جزيرة أيبيريا وإيطاليا واليونان والبحر الأسود.

المصدر: فان ويك،أ. تشاتزماناكس،ج. ٢٠٢٠. الهيدروجين الأخضر المخصص لخطة أوروبا الخضراء. مبادرة ٢٠٤٠ غيغاولط، صفحة ١٥.

٣٧ إير برودكتس» و»أكوا باور ونيوم» توقعان اتفاقية لإنشاء منشأة إنتاج بقيمة ٥ مليارات دولار أمريكي في نيوم مدعومة بالطاقة المتجددة لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر إلى الأسواق العالمية «، أكوا باور ، ٨ تموز ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.acwapower.com/news/air-products-acwa-power-and-neom-sign-agreement-for-5-billion--production-facility-in-neom-powered-by-renewable-energy-for-production-and-export-of-green-hydrogen-to-global-markets/

٣٨ فان ويك، أ. ووترز، ف. ستراسر، ب. شمال إفريقيا - بيان هيدروجين أوروبا. إقرأ هنا:
https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2019/12/Dii-hydrogen-study-November-2019.pdf

٤,٢,٢: سلسلة القيمة المحلية

بصرف النظر عن قدرة الهيدروجين الأخضر لدمج المزيد من الطاقة المتجددة في نظام الطاقة، هنالك العديد من التطبيقات والإمكانات الأخرى المتنوعة لدعم وتكوين اقتصاد يعتمد على الهيدروجين الأخضر محلياً. يمكن أن يمثل مفهوم وديان الهيدروجين[٣٩] في أوروبا حقلاً لتجارب هذه التطبيقات ونتائجها في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.

يمكن أن في الأجزاء المختلفة من سلسلة القيمة، أن تظهر لنا طرق ربط المشروع بالصناعات الحالية على جانب التصنيع وخلق قدر كبير من الوظائف الجديدة في الصناعات المستقبلية. بالنظر إلى اتساع سلسلة القيمة والتطبيقات، فإن إمكانياتها لتوفير الوظائف الجديدة هي بالتأكيد أعلى بكثير من جميع التقنيات المتجددة ويمكن أن تنافس عدد الوظائف في صناعة النفط والغاز على المدى الطويل وتساعد على خفض عدد الوظائف المفقودة في هذه الصناعة التي تستمر بالانحصار يوماً بعد يوم.

كما هو الحال مع الطاقة المتجددة قبل ٥-١٠ سنوات، يجب التأكد من أن هناك مجالاً متكافئًا لتمكين الشراء المحلي أيضاً (أي إلغاء دعم الوقود الأحفوري والإشارة إلى قيمة الهيدروجين الأخضر).

٤,٢,٣: الهيدروجين كجسر بين إفريقيا وأوروبا

تعتبر فرصة منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا في أن تصبح شريكاً لأوروبا فرصة فريدة ولا يمكن أن يكون الوضع الحالي أكثر ملاءمة، إذ أدلى فرانس تيمرمانس بتصريحات داعمة في خطاباته قبل توليه دوره الحالي: «في أحلامي ، أقيم شراكة مع شمال إفريقيا ونتمكن من تخزين قدر هائل من الطاقة الشمسية في إفريقيا ونحول تلك الطاقة إلى هيدروجين وننقل هذا الهيدروجين إلى أجزاء أخرى من العالم وأوروبا من خلال الوسائل المتوفرة حالياً. (..) هذا حلمي للطاقة في المستقبل».

في أوروبا فقط، تهدف استراتيجية الهيدروجين للوصول إلى ما لا يقل عن ٦ جيجاواط من سعة المحللات الكهربائية بحلول عام ٢٠٢٤ و ٤٠ جيجاواط بحلول عام ٢٠٣٠. وفي الوقت نفسه، تتوقع ورقة السياسات التوجيهية لمبادرة ٤٠x٢ أن تصل قدرة التحليل الكهربائي ٤٠ جيجاواط في شمال أفريقيا وأوكرانيا بحلول ٢٠٣٠، بما في ذلك ٧,٥ جيجاواط للسوق المحلي و ٣٢,٥ جيجاواط للتصدير. في حين يتوقع بيان الهيدروجين لشمال إفريقيا وأوروبا أن استهلاك الطاقة المستقبلي في أوروبا يمكن أن يتضمن نسبة ٥٠٪ - ٥٠٪ من الكهرباء الخضراء والهيدروجين الأخضر لجميع القطاعات: الصناعة، النقل، التجارة والمساكن. وبحلول عام ٢٠٣٠، تقدر مفوضية الاتحاد الأوروبي أنه يمكن استثمار ١٣-١٥ مليار يورو في أجهزة التحليل الكهربائي في جميع أنحاء الاتحاد الأوروبي، بالإضافة إلى ٥٠-١٥٠ مليار يورو لطاقة الرياح والطاقة الشمسية بقدرة ٥٠-٧٥ جيجاواط.

سوف تفيد تجارة الجزيئات كلا المنطقتين: في أوروبا، ستساعد في تحقيق أهداف إزالة الكربون، وتحسين أمن الطاقة ودعم القيادة التكنولوجية. في شمال إفريقيا، ستدفع التنمية الاقتصادية إلى الأمام، وتعزز الصادرات، وتخلق وظائف خضراء، وتدعم الاستقرار الاجتماعي.[٤٠] مع احتمال أن يكون الهيدروجين هو النفط الجديد، سيظل التنوع في الإمدادات والمصادر بالطبع ضرورياً من وجهة النظر الجيوسياسية.

---

٣٩ تم الترويج لهذا المفهوم من قبل الاتحاد الأوروبي وتم دمجه بنجاح في دول مثل ألمانيا أو هولندا أو فرنسا.

٤٠. فان ويك، أ. ووترز، ف. رشيدي، س. إيكن، ب. «الهيدروجين: الجسر بين إفريقيا وأوروبا.» إقرأ هنا:
http://profadvanwijk.com/wp-content/uploads/2019/09/Hydrogen-the-bridge-between-Africa-and-Europe-5-9-2019.pdf

٥,١: المغرب

يتمتع المغرب بسجل حافل في مجال الطاقة المتجددة، بوفرة مصادر طاقة الرياح والطاقة الشمسية في مواقع مميزة، والبنية التحتية القوية، والتوصيلات الكهربائية وحتى خط أنابيب ضخ الغاز إلى أوروبا. ومع ذلك، فإنها أكبر مستورد للطاقة في شمال إفريقيا،[٤١] لذا يعد الهيدروجين الأخضر فرصة للمغرب للوصول إلى اقتصاد منخفض الكربون وخلق العديد من الوظائف وفي نفس الوقت تعزيز أمن الطاقة لديها، وخفض فاتورة الاستيراد. اتخذت الدولة بالفعل بعض الخطوات المهمة لبدء اقتصاد الهيدروجين الأخضر - للسوق المحلية وكذلك للتصدير إلى أوروبا - من حيث تطوير السياسات والمشاريع التجريبية.

المغرب هو البلد الوحيد في شمال إفريقيا الذي لا يمتلك أي موارد نفطية وغازية، وبالتالي، تعتمد المملكة بشكل كبير على استيراد الوقود الأحفوري، لذا فإن التحول للاعتماد على واردات الطاقة له آثار مهمة على أمن الطاقة لديها واقتصادها. بالإشارة إلى ميزان الطاقة في المغرب لعام ٢٠١٨، يمثل الوقود الأحفوري (الفحم والنفط والغاز الطبيعي) ما يقرب من ٨٨٪ من إجمالي إمدادات الطاقة الأولية (TPES)[٤٢] وحوالي ٨٠٪ من إنتاج الكهرباء،[٤٣] لذا تقدر فاتورة استيراد الطاقة لديها بحوالي ٧,٥٨ مليار يورو في ٢٠١٨ وإلى ٧,٠٣ مليار يورو في ٢٠١٩.[٤٤] أما فيما يتعلق بالمنتجات البترولية، يقدر الدعم بنحو ٠,٩٢ مليار يورو في عام ٢٠١٩.[٤٥] لكنه تم تخفيض فاتورة استيراد الطاقة في البلاد على مدى السنوات الماضية نتيجة لعاملين مهمين: انخفاض أسعار الوقود الأحفوري وزيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة.

المغرب هو البلد الوحيد في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا الذي يعتمد بشكل كبير على الفحم لتوليد الطاقة، والذي يمثل حاليًا ٣٨,٥٪ من الطاقة المستعملة في عام ٢٠١٩،[٤٦] ويمثل ٦٧٪ من الوقود المستعمل لتوليد الكهرباء عام ٢٠١٩.[٤٧] بدأ المغرب قبل عشر سنوات برنامج متعدد القطاعات للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة لتلبية الطلب المتزايد عليها ولمحاربة التغير المناخي، مع الرغبة في خفض فاتورة استيراد الوقود الباهظة وضمان الاستقلال في مجال الطاقة. بحلول عام ٢٠٣٠، من المقرر أن يزيد المغرب من الطاقة المتجددة من ٤٢٪ إلى ٥٢٪. في إطار استراتيجية طموحة للتحول في مجال الطاقة، و قد نفذ المغرب مشاريع طاقة متجددة بقيمة ٣٠ مليار دولار أمريكي والتزم بتطوير قطاع الطاقة بقيمة ٤٠ مليار دولار أمريكي.[٤٨]

هناك حاجة لفرص أكبر وأهم لتسريع انتقال الطاقة وإزالة الكربون من قطاعي الصناعة والتنقل، هنا يأتي دور الهيدروجين الأخضر كحل تكنولوجي سيمكن المملكة من إزالة الكربون من إنتاج الأسمدة، لتحل محل الواردات

٤١ «زيادة القدرة المركبة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة في المغرب» ، مجموعة أكسفورد للأعمال. إقرأ هنا: https://oxfordbusinessgroup.com/overview/installed-capacity-rising-meet-moroccos-growing-energy-demand.

٤٢ وفقًا لشكل ميزان الطاقة التابع للوكالة الدولية للطاقة، يشير TPES إلى إجمالي إمدادات الطاقة الأولية، أي الاستهلاك المحلي الإجمالي باستثناء المحطات الدولية (المحطات البحرية الدولية والنقل الجوي الدولي).

٤٣ مديرية المراقبة والتعاون والاتصال، وزارة الطاقة والمناجم والبيئة المغربية.

٤٤ البيانات المؤقتة للتبادلات الإحصائية، المصدر: بناء على بيانات مكتب الصرف في المغرب. مديرية المراقبة والتعاون والاتصال، وزارة الطاقة والمناجم والبيئة المغربية.

٤٥ بيانات الحسابات القومية، المندوبية السامية للتخطيط. مديرية المراقبة والتعاون والاتصال، وزارة الطاقة والمناجم والبيئة المغربية.

٤٦ المصدر: الحساب على أساس بيانات نشاط الكهرباء للمكتب الوطني للكهرباء والمياه الصالحة للشرب (ONEE)

٤٧ المرجع نفسه.

٤٨ الموقع الرسمي لـ «مرصد» وزارة الطاقة والمعادن والبيئة. إقرأ هنا: https://www.observatoirenergie.ma/en/

الحالية التي تبلغ حوالي ٢ مليون طن[٤٩] من الأمونيا الرمادية سنوياً بالأمونيا الخضراء، أو ما يعادل ٥٠٠ مليون دولار أمريكي تقريباً من كلفة استيراد الأمونيا سنوياً.[٥٠]

لإنتاج ٢ مليون طن من الأمونيا، باستخدام الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، سيتطلب الأمر قدرة مركبة تبلغ ٦ جيجاواط تقريباً ويقترح أصحاب الأعمال المحليون أن تقيم الدعم الحكومي والحوافز على الأمونيا الخضراء قد تساعد في جعل الإنتاج المحلي لها قابلاً للتطبيق. تمتلك المملكة أصولاً صناعية قوية، لا سيما مجموعة OCP: أحد المصدرين الرئيسيين للفوسفات الصخري وحمض الفوسفوريك والأسمدة الفوسفاتية في العالم، والتي تمثل حاليًا ٢٠٪ من الاستهلاك الوطني للطاقة[٥١] وحوالي ٥٪ من إجمالي الناتج المحلي. وأيضا يمكن تطبيق الهيدروجين في قطاع النقل، فقد نما قطاع السيارات في المغرب على مدى السنوات العشر الماضية بشكل كبير ليصبح اليوم أحد أسواق السيارات الرئيسية في إفريقيا، حيث بلغ حجم مبيعاتها حوالي ٧ مليار يورو. في الواقع، يتم استخدام ١٠٪ فقط من الإنتاج في السوق المحلية ويتم تصدير ٩٠٪ إلى أوروبا ومنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، إذ أن أكبر مصنع في القارة والذي يعمل بطاقة ٤٠٠ ألف سيارة تم بناؤه من قبل شركة رينو للسيارات في المغرب[٥٢] وثاني أكبر شركة هناك هي شركة بيجو التي تنشط في المغرب منذ ٢٠١٨. مثال آخر هو صناعة الطائرات، التي تطورت من صفر إلى ما يقرب من ١,٥-١,٦ مليار يورو العام الماضي وكان لهذه الاتجاهات تأثير إيجابي من حيث خلق فرص عمل المحلية والتنمية الصناعية والنمو الاجتماعي والاقتصادي.

يتمتع المغرب بظروف مثالية لمشاركة الطاقة المتجددة من حيث موارد الرياح والطاقة الشمسية مع مواقع قريبة من البحر، ويقدر بعض خبراء معامل قدرة عالي جداً يصل إلى ٧٠٪ من الرياح في بعض المواقع المثلى و ٢٥-٣٠٪ من الطاقة الشمسية الكهروضوئية فقط. يسمح الموقع المثالي لهذه الموارد بنشر منشآت لتحلية المياه اللازمة للتحليل الكهربائي وتعد تحلية المياه أيضاً فرصة حيث يمكن للمجتمعات المحلية الاستفادة من زيادة توافر مياه الشرب.

تواجه المناطق الجنوبية حيث توجد الرياح الجيدة والإشعاع الشمسي، ندرة المياه أكثر من الشمال، وحتى هذا اليوم هناك محطة واحدة فقط لتحلية المياه قيد التشغيل ومحطة ثانية قيد الإنشاء في منطقة أغادير؛[٥٣] وبالتالي، فإن تطوير قدرات تحلية المياه سيكون عنصراً حاسماً في التنمية الاجتماعية والاقتصادية في البلاد.

تتخذ حكومة المغرب إجراءات لوضع «خارطة طريق الهيدروجين» للمملكة ووضع اللمسات الأخيرة عليها. وقد بدأت هذه المبادرة من قبل اللجنة الوطنية للهيدروجين الأخضر[٥٤] مع وزير الطاقة والمعادن والبيئة، عزيز رباح. في إطار هذه اللجنة الوطنية، ستكون هناك جهود ودراسات أخرى لتحسين الإطار القانوني والتنظيم، والتي تعتبر شرطًا مسبقاً من أجل جعل المغرب أكثر جاذبية للاستثمارات الوطنية والأجنبية في قطاع الهيدروجين. الأولوية حالياً هي الانتهاء من خريطة الطريق وكخطوة ثانية، ستكون هناك دراسات معمقة تجريها مجموعات العمل ذات الصلة.[٥٥] بفضل البيئة السياسية المستقرة واستراتيجية الطاقة النظيفة النابضة بالحياة والإطار

٤٩ بدر إيكن. «ال X في المغرب» إينجل هاردت، م. فريق معهد بحوث الطاقة الشمسية والطاقات الجديدة يخططون لتحويل البلاد إلى مركز للوقود الإلكتروني» ، سيمنز للطاقة ، ٢٣ نيسان ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.siemens-energy.com/global/en/news/magazine/2020/power-to-x-morocco.html

٥٠ يعد المغرب من بين أكبر المستوردين وقد استورد في عام ٢٠١٨ بقيمة ٤٢٤ مليون دولار. إقرأ هنا:
https://trendeconomy.com/data/h2/Morocco/0810

٥١ وكالة الطاقة الدولية، توقعات المغرب ، ٢٠١٩، ص. ٥٦

٥٢ بلاك، أ. ماكندي، ب. مكآلن، ت. صناعة السيارات في إفريقيا: الإمكانات والتحديات. بنك التنمية الأفريقي. إقرأ هنا:
https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/WPS_No_282_Africa%E2%80%99s_Automotive_Industry_Potential_and_Challenges.pdf

٥٣ كوركي، ج. محطة ديسالمنت بأكادير: مشروع تجاري ، ٢٠ فبراير ٢٠٢٠ ، Media٢٤. إقرأ هنا:
https://www.medias24.com/station-de-dessalement-d-agadir-voici-ou-en-est-ce-mega-projet-7768.html

٥٤ كان يطلق على اللجنة الوطنية في الأصل اسم «اللجنة الوطنية لقوة X» ، ثم تم تغيير التسمية في نهاية صيف ٢٠٢٠

٥٥ انظر المرفق الثاني لمزيد من المعلومات.

القانوني الشفاف، فإن الدولة مؤهلة على نطاق واسع للعب دور مهم في سوق الهيدروجين الأخضر. علاوة على ذلك، تتمثل رؤية الدولة في أن تصبح مركزاً إقليمياً لتجارة الطاقة وربما أيضًا للجزيئات الخضراء.[٥٦] بمجرد تلبية الاحتياجات المحلية تطمح المغرب إلى أن تصبح مركزاً رئيسياً في تصدير أشكال مختلفة من الطاقة الخضراء، وذلك بفضل موقعه الجغرافي باعتباره مفترق طرق بين أوروبا وإفريقيا والشرق الأوسط، فضلاً عن البنية التحتية القائمة للخدمات اللوجستية والطاقة والتي تربط المغرب بأوروبا، وبالفعل نجد المغرب متصل بإسبانيا عبر خط أنابيب الغاز المغاربي الأوروبي من خلال الجزائر. ستنتهي اتفاقيات توريد الغاز طويلة الأجل بحلول عام ٢٠٢١، مما قد يفتح فرصاً جديدة حيث يمكن تحويل خط الأنابيب هذا واستخدامه لتصدير الهيدروجين الأخضر الممزوج بالغاز بنسبة تصل إلى ١٥٪،[٥٧] إذ يقع ميناء طنجة المتوسطي (طنجة المتوسط) في موقع استراتيجي عند مدخل البحر الأبيض المتوسط مع وصلات بحرية مباشرة إلى ١٨٦ ميناء وأربعة وسبعين دولة.[٥٨] وفي عام ٢٠١٩، تم تصنيفه ضمن أفضل ٤٠ ميناء متصل بجميع أنحاء العالم، وبالتالي فهو مركز لوجستي مثالي لشحن الهيدروجين إلى أوروبا.[59]

الجرف الأصفر هو الميناء الذي تستورد فيه شركة المكتب الشريف للفوسفاط الأمونيا وتصدر الأسمدة، وبالتالي فالعملية جارية حاليا، وأيضا تنظر أغادير في إنشاء مرافق من أجل ميناء كيماوي. ومع ذلك، فإن أفضل المواقع لمعامل القدرة العالية لإنتاج الهيدروجين ستكون في جنوب البلاد، وبالتالي قد تكون هناك حاجة إلى تطوير الموانئ والبنية التحتية اللوجستية في المناطق الجنوبية.

فيما يتعلق بالمشروعات التجريبية، وكما صرحت إدارة المراقبة والتعاون والاتصال بوزارة الطاقة والمناجم والبيئة المغربية «من الخطوات المهمة توقيع إعلان النية لتطوير قطاع «الطاقة إلى X» في المغرب مع الوزارة الاتحادية للتعاون الاقتصادي والتنمية في ألمانيا (BMZ). وقد تم تقديم طلبات المشاريع المغربية الأولى، والتي يجب دراسة جدواها بالتفصيل بالتشاور بين الشركاء. من بينهم طلب من الوكالة المغربية للطاقة المستدامة (MASEN) من أجل إنتاج الهيدروجين «الأخضر» على نطاق صناعي. بالإضافة إلى طلب آخر من المعهد المغربي لبحوث الطاقة الشمسية والطاقات الجديدة (IRESEN) يهدف إلى إنشاء منصة للبحوث التطبيقية حول «الطاقة إلى X» ، ونقل المعرفة وتعزيز القدرات الحالية: الهيدروجين الأخضر ومنصة التطبيقات (Green HTA).»

في الختام، هناك إرادة سياسية قوية بقيادة وزارة الطاقة والمعادن والبيئة لإنتاج الهيدروجين الأخضر للسوق المحلي والتصدير إلى السوق الأوروبية. أما في سياق الصفقة الخضراء للاتحاد الأوروبي، يمثل عنصر التصدير أولوية قصوى للبلاد، حيث سيساعد في إنشاء كتلة صناعية حرجة في المغرب من أجل «الطاقة إلى X». على المدى القصير والمتوسط، يتوقع الخبراء حصد ما يقارب ٧٠ إلى ٩٠٪ للصادرات و١٠ إلى ٣٠٪ للسوق المحلي، وإن تطوير سلسلة القيمة المحلية للهيدروجين سيدعم طموح المغرب في أن يصبح مركزاً في منطقة المغرب العربي، مما سيؤدي بالتالي إلى خلق فرص عمل خضراء بالإضافة إلى التنمية الاجتماعية والاقتصادية والصناعية. (المزيد من المعلومات حول استراتيجية الهيدروجين الأخضر للحكومة المغربية في الملحق).

٥٦ اختتام اللجنة الوطنية حول «االقوة X» ، التي انعقدت في ٣٠ مارس ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://mem.gov.ma/Pages/actualite.aspx?act=150

٥٧ المكتب الوطني للهيدروكربونات والمناجم (ONHYM) هو المسؤول عن جميع جوانب البنى التحتية للغاز داخل اللجنة الوطنية للهيدروجين الأخضر.

٥٨ رسمي ل TangerMed. إقرأ هنا:
https://www.tangermed-passagers.com/index.php/fr/trafic-au-port-tanger-med-premier-semestre-2017

٥٩ TangerMed سبتمبر ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.tangermed.ma/en/tanger-med-35eme-port-a-conteneurs-au-monde-en-2019/

٥,٢: الأردن

إلى جانب العامل المشترك لها مع المغرب بأن كلتاهما مملكتان، فإن الأردن أيضا رائد في تطوير الطاقة المتجددة في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا على مدى السنوات العشر الماضية. من العوامل التي أدت إلى تسريع تلك العملية هي عدم قدرة مصر على نقل الغاز عبر خط أنابيب الغاز العربي، مما أدى إلى ارتفاع أسعار الكهرباء بشكل كبير والحاجة الملحة إلى تنويع خليط التوليد. وقد نجح الأردن في خفض تعرفة الطاقة الشمسية الكهروضوئية بطريقة مثيرة للإعجاب. من جولة مزايدة على عطاءات ٢٠٠ ميجاواط في عام ٢٠١٣ عندما كانت الأسعار ١٦,٩ سنتاً / كيلوواط ساعة، انخفضت إلى ما بين ٦-٧ سنتات / كيلوواط ساعة في عام ٢٠١٥، وفي النهاية حوالي ٢,٥ سنتاً / كيلوواط ساعة في عام ٢٠١٩![٦٠]

على الرغم من أن المشاريع عانت من عدة تأخيرات، وكان من الممكن تحسين إدارتها من قبل وزارة الطاقة والثروة المعدنية (MEMR)، إلا أنه بحلول نهاية عام ٢٠١٩، تمكن الأردن من نشر ١٤٧٠ ميجاواط من مشاريع الطاقة المتجددة، تكون الطاقة الكهروضوئية (الشمسية): ٥٩٢ ميجاواط مشاريع توليد الطاقة وبيعها، و ٥٠٩ ميجاواط بنظام صافي القياس والعبور للاستهلاك الذاتي، و ٣٧٠ ميجاواط من طاقة الرياح.[٦١] علاوة على ذلك، في عام ٢٠١٩، أصبحت ٢٦٪ من إجمالي سعة التوليد المركبة و ١٥٪ من إجمالي الكهرباء المولدة من مصادر الطاقة المتجددة. بالإضافة إلى المشاريع الكبيرة، طبق الأردن تشريعات لأنظمة صافي القياس والعبور، والتي يمكن اعتبارها نموذجاً لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا بأكملها.

تم تطوير هذا الجزء من السوق باعتباره محطة ثانية مهمة على مر السنين، وحتى الألواح الشمسية الكهروضوئية السكنية شهدت انتعاشاً كبيراً، نظراً لارتفاع أسعار الكهرباء. بشكل عام، تمتلك الأردن أعلى قدرة مركبة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية للفرد في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا،[٦٢] ولكن زيادة استعمال الطاقة المتجددة تؤدي إلى ظهور تحديات تقنية واقتصادية كبيرة لنظام الطاقة الحالي، والذي يمكنك أن تقول أنه متعلق بالموارد والقدرات التقليدية والقائمة على الوقود الأحفوري.

تمتلك الأردن في مجال الرياح، قدرة مركبة تبلغ ٣٧٠ ميغاواط بإجمالي ستة مشاريع: أربعة مشاريع في الجزء الجنوبي من البلاد بمعدل أكثر من ٨٠ ميغاواط لكل منها - معان والرأجف والفجيج والطفيلة - واثنان صغيران الحجم- مشاريع بحثية/ تجريبية - بقدرة إجمالية ١,٥ ميجاواط في الإبراهيمية والجوفة في شمال البلاد.

في حين أن نظام الطاقة في الأردن في عام ٢٠١٩ كان لديه فائض، خلال أزمة كوفيد - ١٩ في عام ٢٠٢٠ ، كان لا بد من إيقاف جميع المشاريع العاملة بنظام العبور مؤقتاً لتجنب زيادة كبيرة نسبة الكهرباء المنتجة.[٦٣] هذا الوضع جعل إمكانية تصدير الكهرباء على رأس قائمة الأولويات، وقد تم بالفعل توقيع اتفاقيات لربط شبكة الكهرباء الأردنية بالمملكة العربية السعودية في أغسطس،[٦٤] وأخرى في يوليو ٢٠٢٠ لتزويد العراق بالطاقة بمعدل ١٠٠٠ جيجاواط ساعة/ سنة بدءًا من عام ٢٠٢٢.[٦٥]

٦٠. وزارة الطاقة والثروة المعدنية والمطورين الدوليين

٦١ التقرير السنوي لشركة الكهرباء الوطنية ٢٠١٩. إقرأ هنا:
https://www.nepco.com.jo/store/docs/web/2019_ar.pdf

٦٢ المؤشر العربي لطاقة المستقبل (٢٠١٩) والمركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي. إقرأ هنا:
https://www.rcreee.org/sites/default/files/final_afex_re_2019_final_version-1.pdf

٦٣ المصدر: شركة المستقبل لإنشاء وتطوير المعدات

٦٤ "السعودية والأردن لتطوير شبكة ربط الكهرباء». الوطني. إقرأ هنا:
https://www.thenationalnews.com/business/energy/saudi-arabia-and-jordan-to-develop-electricity-interconnection-grid-1.1064650

٦٥ الأردن والعراق يوقعان اتفاقية لربط الشبكات. MenaFN. إقرأ هنا:
https://menafn.com/1100865846/Jordan-Iraq-sign-agreement-to-connect-grids

قد توفر الرغبة في تخزين الطاقة وزيادة استقلالية الطاقة والقدرة التنافسية، فرصة ليتم النظر في إضافة الهيدروجين إلى مزيج الطاقة المستقبلي. في الوقت الحاضر، لم تأخذ استراتيجية الطاقة في الاعتبار تقنيات الهيدروجين، أو الجدوى التكنولوجية على المدى القريب.

عدا عن تصدير الكهرباء، يبدو تصدير الجزيئات الخضراء خياراً يجدر النظر فيه، لتوفير حل لتحدي التخزين الموسمي. ماذا فعل الأردن في مجال الجزيئات الخضراء وكيف نقيم الإمكانيات؟

الإمكانيات هائلة، بالنظر إلى الموقع الاستراتيجي، والبنية التحتية المناسبة، مثل شبكة خط الغاز العربي، ومحطة الغاز الطبيعي المسال في العقبة، وبالطبع موارد الطاقة الشمسية وطاقة الرياح الممتازة، التي تقع أيضاً في جنوب البلاد، بالقرب من مياه البحر المحلاة، وتقوم الدولة بتطوير مشروع التناضح العكسي بالقرب من العقبة لدعم الطلب المتزايد على المياه والذي يهدف إلى نقل مياه البحر الأحمر إلى وادي عربة لاستخدامها المحتمل في المشاريع الزراعية.

بالإضافة إلى ذلك، تتميز الأردن بنشاط كيميائي كبير، يركز على صناعات البوتاسيوم والبرومين، الذي يمكن أن يكونوا بمثابة متعهد محلي للجزيئات الخضراء، لخلق صناعات ذات قيمة مضافة تعتمد على الجزيئات الخضراء. مع ارتفاع أسعار الطاقة، قد يتم تشغيل الشاحنات والحافلات أيضاً بالهيدروجين الأخضر في المستقبل، ويمكن لمصفاة التكرير الكبيرة جنوب عمان استخدام الهيدروجين الأخضر، وأن يكون مشروع نيوم، الذي يقع على بعد ٢٠٠ كيلومتر جنوب العقبة، شريكاً وليس منافساً لإنتاج الهيدروجين الأخضر أو الأمونيا، لخلق تآزر محلي وللتصدير على نطاق أوسع.

لا شك أن الأردن سيكون لديه جميع العوامل لإنتاج الهيدروجين الأخضر منخفض التكلفة، مع إمكانية التصدير دولياً عبر ميناء العقبة، ومع ذلك، لا تزال ندرة المياه في البلاد تمثل تحدياً، وللأسف، نعتقد أن الشراكات الدولية، على سبيل المثال مع ألمانيا، ستكون أمراً حاسماً لتعزيز التنمية ودفعها للعمل وتحقيق المشروع. وقد قام قطاع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح بخلق العديد من الوظائف، ويمكن للأردن البناء على ذلك لتطوير اقتصاد الهيدروجين الأخضر.

كما أن مجتمع الصناعة والهندسة العلمية والكيميائية في الأردن على دراية جيدة وقدرة لدعم تطوير وتشغيل المشاريع التجريبية، وسيكون مساهماً مهماً في موجة الهيدروجين، تماماً كما حدث في مجال الطاقة المتجددة.

٥,٣: عُمان

تكاد الإيرادات الحكومية العُمانية أن تكون بنسبة ٧٢٪[٦٦] في عام ٢٠٢٠ حصرياً من صادرات الوقود الأحفوري. أدت أزمة أسعار النفط لعام ٢٠١٦ إلى أن يصل عجز الميزانية إلى حوالي ٢٠٪ من الناتج المحلي الإجمالي (١٣,٨ مليار دولار أمريكي)[٦٧] وأجبرت الحكومة على اللجوء للديون. أدى ذلك إلى إنشاء برنامج اقتصادي لتنويع النفط (رؤية عُمان ٢٠٤٠) حيث تلعب الطاقة المتجددة دوراً مهماً.

مع ذلك ، تواجه البلاد تحديات كبيرة: العمر المتوقع لمواردها أقل بكثير من ذلك المتوقع لدول مجلس التعاون الخليجي الأخرى. في الوقت نفسه يوجد تحديات في الميزانية بسبب انخفاض أسعار النفط والغاز، بعد انهيار سوق النفط في ٢٠٢٠. وبالنسبة للميزانية الحالية، تمتلك عمان أعلى سعر للوصول ما يسمى بسعر التعادل (breakeven price) في المنطقة وحتى على مستوى العالم. في الآونة الأخيرة فقط، شرعت الدولة في تحقيق تحول نحو الطاقة المتجددة، بما في ذلك مبادرات وطنية استراتيجية لإعداد البلاد للمستقبل مع رؤية عُمان ٢٠٤٠.

٦٦ بي دبليو سي الشرق الأوسط (٢٠٢٠). أبرز الملامح الرئيسية لميزانية عمان ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.pwc.com/m1/en/services/tax/me-tax-legal-news/2020/oman-budget-2020-key-highlights.html

٦٧ البنك الدولي (٢٠١٧). آفاق عمان الاقتصادية. إقرأ هنا:
https://www.worldbank.org/en/country/gcc/publication/oman-economic-outlook-october-2017.

تمت إعادة تسمية الشركة الوطنية للنفط والغاز وأكبر شركة تنقيب نفط في البلاد، شركة تنمية نفط عُمان (PDO) ، في عام ٢٠٢٠ إلى اسم شركة تنمية الطاقة عُمان (EDO)، كخطوة أولى من هذا النوع في المنطقة. يسلط هذا الضوء على الاتجاه العالمي لشركات النفط والغاز لإعادة اكتشاف نفسها كشركات طاقة، وتسريع تغيير نموذج الأعمال نحو المزيد من الطاقة المتجددة والتقنيات المستدامة. أعلنت EDO عن اهتمامها بالهيدروجين الأخضر وتعمل حالياً على تقييم الإمكانات للبلاد. وأطلقت الدولة عطاءات وشراكات لتطوير البنية التحتية للطاقة المتجددة على مستوى عالمي،[٦٨] ومن الواضح في هذا السياق أن تصنيف درجة الاستثمار الفرعي الحالي يجعل الأمور أكثر صعوبة. تجدر الإشارة أيضاً إلى أن (OQ) لاعب رئيسي آخر في القطاع، أعلنت عن تشكيل وحدة أعمال للطاقة المتجددة.

تم تشغيل مزرعة رياح بقدرة ٥٠ ميجاواط في هرويل بمحافظة ظفار من قبل شركة التطوير الإماراتية مصدر، في عام ٢٠١٩، و في مجال الطاقة الشمسية الكهروضوئية، تم تطوير مشروع ١٠٠ ميجاواط من قبل شركة التجارة اليابانية ماروبيني نيابة عن شركة تنمية نفط عمان في محافظة صلالة في جنوب البلاد. علاوة على ذلك، أعلنت أكوا للطاقة عن محطة عبري الثانية للطاقة الشمسية بقدرة ٥٠٠ ميجاواط في مارس لتكون قائداً للتحالف. وتم نشر برنامج شامل لإطلاق العديد من مشاريع الطاقة الشمسية وطاقة الرياح على مدى السنوات القادمة من قبل الشركة العمانية لشراء الطاقة والمياه (OPWP).

من ناحية الهيدروجين ، أظهرت ندوة عُمان للهيدروجين الأولى التي عُقدت في الجامعة التقنية الألمانية في أوكتوبر ٢٠٠٩ منظور حجم السوق بحوالي ٢٠ مليار دولار أمريكي بحلول عام ٢٠٥٠. في يوليو ٢٠٢٠ ، افتتحت شركة (GU Tech) ، بالشراكة مع (Hydrogen Rise)، مركز عمان للهيدروجين بهدف أن يصبح مركز دولي للبحث والتكنولوجيا والتعليم وتطبيقات الصناعة والاقتصاد.[٦٩]

علاوة على ذلك، أبرم اتحاد الامتياز البلجيكي (DEME) وميناء أنتويرب شراكة مع عُمان لتطوير مصنع هيدروجين أخضر بقدرة ١٠٠ ميجاواط في الدقم لتوفير الجزيئات الخضراء محلياً ودولياً. إن المرحلة الأولى قيد التنفيذ حالياً من دراسة الجدوى لقدرة جهاز التحليل الكهربائي المتوقعة بين ٢٥٠ و ٥٠٠ ميجاواط،[٧٠] وأطلقت إجاد (EJAAD)، المنصة الرائدة في السلطنة لابتكار الطاقة في يوليو ٢٠٢٠، مناقصة لإجراء دراسة جدوى لإطلاق إمكانات الهيدروجين للاقتصاد العماني.[٧١]

٦٨ أطلقت عُمان أول IPP في الشرق الأوسط في عام ١٩٩٤. إقرأ هنا:
https://energy-utilities.com/ownership-of-middle-east-s-first-ipp-transferred-news083256.html

٦٩ كوثانيث ، إل .. ، «افتتاح أول مركز للهيدروجين الأخضر في عُمان.» عُمان ديلي أوبزرفر. ٢٧ يناير ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.omanobserver.om/first-green-hydrogen-centre-opens-in-oman/

٧٠ «Deme وشركاؤها يقدمون Hyport®duqm، مشروع هيدروجين أخضر واسع النطاق في عُمان». إقرأ هنا:
https://www.deme-group.com/news/deme-and-partners-present-hyportrduqm-large-scale-green-hydrogen-project-oman-1

٧١ برابهو ، سي ، «عُمان لدراسة إمكانات الاقتصاد القائم على الهيدروجين.» عُمان ديلي أوبزرفر. ٢٦ أيلول ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.omanobserver.om/oman-to-study-potential-for-hydrogen-based-economy

٦,١: إحياء برنامج ديزرتيك ٣,٠: شراكات إقليمية لتسريع تطوير «سوق الجزيئات الخضراء القائمة على الإلكترونات الخضراء»

يمكن اعتبار ظهور الهيدروجين الأخضر من الطاقة المتجددة فرصة رائعة لبلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لتسريع انتقال طاقتها نحو تقنيات خالية من الانبعاثات الكربونية ولتصبح «قوة حقيقية» (ديزيرتيك ٣,٠)، إذ يمكن تخزين الجزيئات الخضراء ونقلها إلى الأسواق المحلية والعالمية بشكل أسهل من الإلكترونات الخضراء، ولها مجموعة متنوعة من التطبيقات خارج قطاع الطاقة وإمكانية غير مسبوقة لخلق العديد من الوظائف الجديدة في القطاعات المستقبلية.

لا يمكن أن يكون الوضع الحالي أكثر ملاءمة: ستساعد الأجندة الطموحة والدعم الهائل من جانب أوروبا القطاعات على بدء تطوير اقتصاد الهيدروجين في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، وفي الوقت نفسه، ستصدر أوروبا كميات هائلة من الجزيئات الخضراء، لمنطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا التي تعتبرها شريكها المفضل.

نظراً لكون عام ٢٠٢٠ عاماً للتحول الكبير وأزمة صناعة النفط والغاز العالمية، فإنه قد قام بدفع أنظار العالم عن الوقود الأحفوري، وتركنا لنفكر بشكل جدي في آثاره الخطيرة، لنجد أنفسنا أمام إمكانية كبيرة لإعادة توزيع القوة.

٦,٢: بعض التوصيات حول السياسات

١. في المقام الأول يجب أن يقود «التطورات الخضراء» أصحاب العلاقة المحليين والإقليميين، لصالح المجتمع المحلي والإقليمي.

٢. ضع في اعتبارك العوامل البيئية بعناية وتأكد من أن مصادر الطاقة المتجددة تستخدم طوال عملية إنتاج الهيدروجين.

٣. ضع إنتاج الهيدروجين الأخضر في قلب التحول الاجتماعي والاقتصادي نحو الاستدامة.

٤. تأكد من انطباق الشروط الدولية على منشأة الهيدروجين الأخضر، إذ يحتاج صانعو القرار إلى التأكد من تحقيق ذلك كشرط مسبق لإنشاء سوق للجزيئات الخضراء.

٥. قم بتشجيع أصحاب الأعمال على دعم الخطط الوطنية الواقعية ولكن الطموحة للهيدروجين الأخضر مع معالم واضحة وجداول زمنية للتنفيذ، متماشية مع إزالة الكربون القسري وتكثيف مصادر الطاقة المتجددة.

٦. السرعة و الذكاء في العمل لخفض منحنى التكلفة بسرعة والوصول إلى القدرة التنافسية في وقت أقرب، هذا مطلوب نهج جديد تماماً، مرن وأكثر ابتكاراً.

٧. تثبيط إنتاج انبعاثات غازات الدفيئة في عملية صنع الهيدروجين.

٨. تأكد من إنشاء وتنفيذ معايير السلامة والتقنية الدولية.

٩. تصميم وتطبيق آليات الدعم التي قد تكون تحتاجها مؤقتاً لسد الفجوة (إن حصلت) بالهيدروجين الرمادي حتى يتمكن «الأخضر» من الوقوف على قدميه في السوق.

١٠. قم بتوسعة نطاق هدفك! يجب بناء مصانع الهيدروجين الأخضر، مع أو بدون جزيئات خضراء مشتقة مثل الأمونيا أو أنواع الوقود الاصطناعي الأخرى على نطاق واسع (١٠٠ ميجاواط إلى عدة جيجاواط) لكي تكون قادرة على المنافسة بشكل معقول.

١١. تأكد من دراسة طلبات الهيدروجين الأخضر بشكل جيد ونوعي وكمي.

١٢. قم يتكوين شراكات طويلة الأمد مع مراكز الطلب الرئيسة على الهيدروجين الأخضر، كما هو الحال في الشرق الأقصى والاتحاد الأوروبي.

١٣. تأكد من أن اتفاقيات الشراء المحلية والدولية طويلة الأجل مجدية وقابلة للتنفيذ.

١٤. الاستفادة من المعرفة الحالية وقصص النجاح في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا لهيكلة المشاريع (نماذج SPV و PPP).

١٥. الاستفادة من المعرفة الحالية وقصص النجاح في تمويل المشاريع من خلال مؤسسات التنمية الدولية في بلدان الشرق الأوسط وشمال إفريقيا والبنوك التجارية الكبرى في دول مجلس التعاون الخليجي.

١٦. تخلص من مخاطر التكنولوجيا والمشاريع للمتبنين الأوائل من خلال تقديم ضمانات مناسبة (الوكالة الدولية لضمان الاستثمار وغيرها) للاستفادة من معدلات التمويل طويلة الأجل التنافسية.

١٧. استحداث هياكل ضريبية مواتية لمشاريع الهيدروجين الأخضر لتحفيز النمو والقدرة التنافسية.

١٨. بناء خطة بيئية كاملة للحد من الانبعاثات والاستدامة بشكل عام.

مرفق ١: تطبيقات الهيدروجين

التطبيقات الصناعية للهيدروجين: تكرير النفط، وإنتاج الأمونيا للأسمدة (التي تم الحصول عليها على نطاق واسع من خلال عملية هابر بوش)، وإنتاج الميثانول وإنتاج الفولاذ.

في النقل: يمكن أن يكون للهيدروجين مجموعة متنوعة من التطبيقات: السيارة الكهربائية ذات البطارية (BEV) التي تعتمد على البطاريات الكهربائية للطاقة والمركبات الكهربائية التي تعمل بخلايا الوقود (FCEVs) التي تستخدم الهيدروجين؛ حتى لو لم تكن ناضجة تماماً اليوم، فقد يصل سوق (FCEV) إلى ١٤ مليار دولار أمريكي بحلول عام ٢٠٢٦، [٧٢] وكشفت شاحنات (Daimler) أو (Volvo) بالفعل عن خططها لطرح شاحنات الهيدروجين في السوق. تستخدم عدة من البلدان في أوروبا الهيدروجين لتزويد الحافلات العامة بالوقود، سولاريس أوربينو ١٢ الذي استخدم لأول مرة في ستوكهولم الآن يتكون من ٢٥ أسطولًا في شوارع فوبرتال و ١٥ في كولونيا، ومن جانب آخر السكك الحديدية، حيث دخلت قطارات الهيدروجين الفرنسية ألستوم الخدمة المنتظمة في ألمانيا والنمسا في سبتمبر ٢٠٢٠.

في البناء: يمكن مزج الهيدروجين في شبكات توزيع الغاز الطبيعي الحالية، في المباني التجارية والسكنات العائلية المتعددة، لا سيما في المدن ذات الكثافة السكانية العالية بينما يمكن أن تشمل الآفاق طويلة الأجل الاستخدام المباشر للهيدروجين في مرجل الهيدروجين أو خلايا الوقود.[٧٣]

في توليد الطاقة: يمكن للهيدروجين أن يكمل البطاريات مثل التخزين على المدى المتوسط إلى الطويل (أي الموسمي) وعلى المدى الطويل كوقود للخلط في (CCGTs) أو حتى تشغيل ١٠٠ ٪ جيل جديد من توربينات (H2).

مرفق ٢: تتخذ حكومة المغرب خطوات مهمة لبدء اقتصاد هيدروجين محلي

١. السياسات:

- إنشاء لجنة الهيدروجين الوطنية للهيدروجين الأخضر مع ممثلين عن القطاعين العام والخاص لتطوير خارطة طريق الهيدروجين الأخضر ٢٠٥٠ للمغرب، والتي ستتبعها دراسات متعمقة تتناول جوانب مختلفة على طول سلسلة قيمة الهيدروجين. تتكون اللجنة من مجموعات عمل تقود موضوعات محددة وتجري هذه الدراسات المتعمقة: على سبيل المثال، قد يقود(Masen) و (ONEE) عملية تحديد المخاطر ؛ و(ONHYM) البنية التحتية للغاز؛ وتم تحديد (OCP) للتيار الكيميائي المتوسط (الأمونيا) و(IRESEN) على أنهما للبحث والتطوير الرائد والابتكار وبناء القدرات وهندسة المحتوى المحلي، وفي النهاية على مجموعات العمل وضع توصيات في مجال اختصاص كل منها وسيكون لكل منها موضوع مخصص.
- تطوير برنامج متكامل لإنتاج الأمونيا الخضراء والوقود الاصطناعي عن طريق إعادة نشر الطاقة المتجددة.
- الاستعداد للتصدير والمغرب كمحور مستقبلي للهيدروجين.

---

٧٢ وادهواني، ب. براسينجت، س. حجم سوق المركبات الكهربائية لخلايا الوقود، FCEV لعام ٢٠٢٦. سبتمبر ٢٠٢٠.

٧٣ وكالة الطاقة الدولية (٢٠١٩). مستقبل الهيدروجين اغتنام فرص اليوم. تقرير التكنولوجيا. تموز ٢٠١٩

٢. **الإطار التنظيمي:**

- يعد تحسين الإطار القانوني والتنظيمي شرطاً أساسياً ضمن نشاط اللجنة الوطنية، لجذب الاستثمارات في قطاع الهيدروجين وبذل الجهود لتحقيق هذا الهدف من خلال اللجنة الوطنية للهيدروجين الأخضر.

٣. **البحث والتطوير:**

- تطوير منصة بحث وتطوير مخصصة للهيدروجين الأخضر مع (IRESEN) في (GEP) بالتعاون مع مجموعة (OCP) لوضع الأساس للعمالة المحلية لتطوير الصناعة المحلية بمنتجات وخدمات عالية الكفاءة. ينصب التركيز على تطوير المعرفة وبناء القدرات والبنية التحتية لتدريب الأفراد وطلاب الدكتوراه والفنيين. تتمثل الرؤية في أن يكون المغرب المركز للمشروع؛ بدءاً مع شراكة مميزة بين المغرب وألمانيا، يمكن تطويرها على المستوى الإقليمي لتصبح وادي الهيدروجين في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا وأوروبا. أما من الواقع الإقليمي، تهدف هذه المنصة المخصصة إلى أن تصبح كتلة رقمية مادية لإجراء عمليات البحث والتطوير، بين الشركات، والشبكات.

- التحضير لمؤتمر علمي وتكنولوجي مع شركاء دوليين مكرسين للهيدروجين الأخضر، (The World Power to X Summit) المقرر عقده في ديسمبر ٢٠٢٠.

٤. **المشاريع التجريبية (في مرحلة التطوير):**

- مشروع التجريبي صغير - ميغاواط من التحليل الكهربائي - لإنتاج الأمونيا الخضراء مع مجموعة (OCP) في مرحلة متقدمة. الشركاء في هذا المشروع هم (OCP Group) و (IRESEN) و «Université Mohammed VI Polytechnique» (UM٦P) و(Fraunhofer IMWS & IGB Centers). تبحث إستراتيجية OCP الأساسية ٢٠١٩-٢٠٢٠ في تعزيز الحلول الصناعية المستدامة في الاقتصاد الدائري، من خلال إنتاج الأمونيا الخضراء و الهيدروجين والميثانول. لتنفيذ هذه الرؤية، وقعت المجموعة في عام ٢٠١٨ مذكرة تفاهم مع (Fraunhofer IMWS) لتعميم الهيدروجين الأخضر والأمونيا الخضراء كمواد خام لصناعة الأسمدة. سيقوم الشركاء في (Green Energy Park (GEP) و Fraunhofer IMWS بتنفيذ أول تجربة لإنتاج الهيدروجين والأمونيا في أفريقيا، وستبلغ طاقته الإنتاجية ٤ أطنان من الأمونيا يومياً وسيسمح التوسع بحوالي ٦٠٠ ألف طن سنوياً.

- أول مشروع واسع النطاق لإنتاج الهيدروجين الأخضر بسعة ١٠٠ ميغاواط من المحلل الكهربائي مع ماسن، يسمى «المشروع المرجعي» لإنتاج الأمونيا الخضراء أيضاً، بتمويل من الحكومة الألمانية.

مرفق ٣: نيوم

كركيزة أساسية لرؤية ٢٠٣٠، أعلن محمد بن سلمان، ولي عهد المملكة، عن نيوم في عام ٢٠١٧، ويتوقع المشروع إنشاء مدينة جديدة بالكامل على مساحة ٢٦٥٠٠ كيلومتر مربع، إلى جانب واجهة بحرية بطول ٤٦٨ كيلومتر على البحر الأحمر في محافظة تبوك شمال غرب السعودية، وقد بدأت الأعمال على الأرض مؤخرًا.

يهدف المشروع الضخم الذي تبلغ قيمته ٥٠٠ مليار دولار أمريكي بتمويل من صندوق الاستثمارات العامة في المملكة العربية السعودية إلى إحداث ثورة في المجتمع السعودي، وتقليل الاعتماد على النفط، وجعل البلاد مركزاً تكنولوجياً، حيث سيُدخل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء المملكة العربية السعودية الثورة الصناعية الرابعة. فيما يلي بعض المعلومات التي تم الحصول عليها من نيوم:

أسعار طاقة متجددة مخفضة ونسب عالية لمعامل القدرة المشتركة

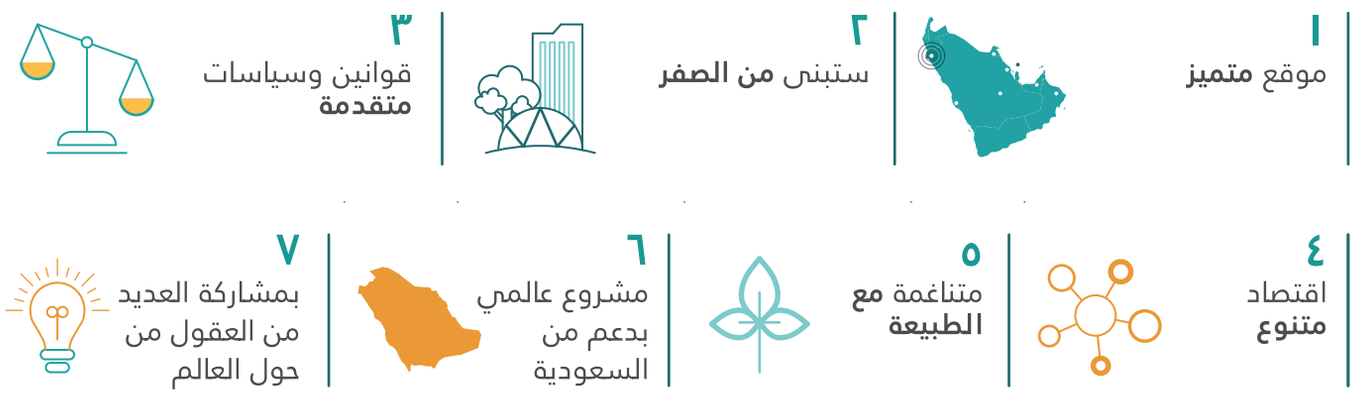
استراتيجية طاقة مخصصة تعتمد على تقنيات صفر-تصريف سائل للمياه و ١٠٠٪ طاقة المتجددة

طموح أن نصبح أكبر منتج ومصّدر في العالم للهيدروجين الأخضر والمواد الكيميائية والوقود

حاضنة أعمال لتقنيات إزالة الكربون في الموجة التالية في انتقال الطاقة

جزء لا يتجزأ من طموحات المملكة لتصبح المزود العالمي للطاقة النظيفة

الشكل ٤: نيوم، إحياء للاقتصاد الدائري. **المصدر:** عرض نيوم في الاجتماع الثالث عبر الإنترنت لتحالف هيدروجين الشرق الأوسط وشمال أفريقيا.



الشكل ٥: لمحة عن نيوم

يمكن أن تنتج نيوم الهيدروجين الأخضر بأسعار قياسية منخفضة تبلغ حوالي ١,٥ دولار أمريكي/ كغم بسبب إمدادات الطاقة المتجددة منخفضة السعر، مع عامل قدرة عالية من الطاقة الشمسية الكهروضوئية وطاقة الرياح يزيد عن ٧٠٪ ، مع خصائص التوليد المتكاملة بين اليوم وليلاً حسب القياسات في المنطقة.

في ٧ يوليو ٢٠٢٠، أعلنت نيوم مع شريكها أكوا للطاقة عن أكبر مشروع هيدروجين أخضر في العالم، وتم الإعلان عن تيسين كروب كمزود للمشروع و(Haldor Topsoe) للتحويل إلى الأمونيا. مع إنتاج مستهدف يبلغ ٦٥٠ طناً من الهيدروجين الأخضر يومياً عندما يبدأ تشغيله في عام ٢٠٢٥، سيتم إنتاج حوالي ١,٢ مليون طن من الأمونيا سنوياً وتصديرها إلى الأسواق العالمية.[٧٤] ستكون كمية الهيدروجين الأخضر كافية لتشغيل ما يقرب من ٧٠٠٠٠ سيارة تعمل بخلايا الوقود.

٧٤ «إير برودكتس» و«أكوا باور» ونيوم توقعان اتفاقية لإنشاء منشأة إنتاج بقيمة ٥ مليارات دولار في نيوم مدعومة بالطاقة المتجددة لإنتاج وتصدير الهيدروجين الأخضر إلى الأسواق العالمية»، أكوا باور ، ٧ تموز ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.acwapower.com/news/air-products-acwa-power-and-neom-sign-agreement-for-5-billion--production-facility-in-neom-powered-by-renewable-energy-for-production-and-export-of-green-hydrogen-to-global-markets/

٨,١: المقدمة

- في سياق التحول العالمي للطاقة وإزالة الكربون، يجب أن يكون الجميع على أهبة الاستعداد.
- يدٌ واحدة لا تصفق والحلول لا تأتي بسهولة، انما هي جهد مشترك بين جميع أصحاب الشأن والصناعات.
- من المحتمل تحقيق فوز مزدوج: تسريع انتقال الطاقة مدفوعاً بالانتعاش الاقتصادي المستدام.
- من أهم العوامل القائمة على تحقيق الفوز المزدوج هو الهيدروجين الأخضر؛ أي الهيدروجين ينتج من التحليل الكهربائي بواسطة الطاقة المتجددة.
- يعتبر الهيدروجين ناقل طاقة متعدد الاستخدامات وذو سمات مميزة، خاصة بالنسبة لقطاعات الطاقة التي يصعب إمدادها بالكهرباء باستخدام الموارد المتجددة ولكن يمكن جعلها أكثر صديقة للبيئة من خلال اقتران القطاع.
- إذن إن كان الهيدروجين هو الأداة من أجل تمكين إزالة الكربون، فإن الاقتصاد سيكون الخطوة أو الحاجز التالي.
- هذا يعني: كم تكلفة إنتاج الهيدروجين الأخضر وكيف تتم عملية حساب تلك العملية بالإضافة الى مسارات خفض التكلفة؟
- أصبح هنالك حاجة لتحليل النموذج المالي لتسعيرة الهيدروجين حسب مستويات الاستهلاك، هذه الخدمة الجديدة والمجانية (كجزء من نظام الحوسبو السحابية SaaS) مقدمة من «Dii» لأعضائها وشركائها.

٨,٢: آلية العمل؟

- أدوات النموذج المالي هي نموذج التدفق النقدي مقروناً بالتمثيل المرئي في المخططات والرسوم البيانية، والسمات التحليلية للتأثير أحادي وثنائي الأبعاد.
- في الأساس، تعتبر الأدوات والمتضمنات المحرك الحسابي الذي يتغذى على معاملات الإدخال التي يوفرها المستخدم والتي تقوم بدورها بتوفير المخرجات من تسعيرة الطاقة حسب مستويات الاستهلاك دولار/كيلو، بالإضافة الى العديد من المخططات التي تسهل عملية التحليل وتمثيل عدة احتمالات مختلفة.
- من أجل تشغيل النموذج وتوفير التقارير، يقوم المستخدم بتزويد «Dii» بمتطلباتهم من «مدخلات المعاملات».
- هذه صفحة واحدة من نموذج المدخلات التي تغطي سمات التحليل الكهربائي للهيدروجين الأخضر، «Dii» هي التي تدير النموذج وهي القائمة على توفير التقارير.

٨,٣: المقدمة

- النموذج المالي لجموعه الأدوات هو ملف «إكسل» يتكون من ثمانية صفحات.
- تعتبر بنية مجموعة الأدوات والمحرك الحسابي حصينة ومحمية ضد التعديلات الصيغ الغير مقصودة.
- توفر صفحة المحتوى خيار للتنقل السريع لمختلف الصفحات من خلال الروابط.
- من خلال التزويد بلائحة «معاملات الإدخال»، سيقوم النموذج بتشغيل ١١ صفحة من التقرير.

٨,٣,١: نموذج مدخلات مجموعة الأدوات والمُتضمِنات

- نموذج المدخلات (إكسل) مقسم إلى ست مجموعات:

١. عام (دورة الحياة إلى ٤٠ سنة، المقياس الاقتصادي، التكنولوجيا وكلفة الأبحاث)
٢. البنية المالية (الاستعدادية، وحقوق الملكية ومعدلات الديون)
٣. النفقات المالية (التفاصيل المطلوبة)
٤. المصروفات التشغيلية (الثابتة والمتغيرة، الطاقة والماء، إيجارات الأراضي، معدلات التصعيد، فترات استبدال الموجودات)
٥. النظام (القدرة، الكفاءة، التراجع، التضخم، عامل القدرة)
٦. وقف التشغيل والقيمة المتبقية

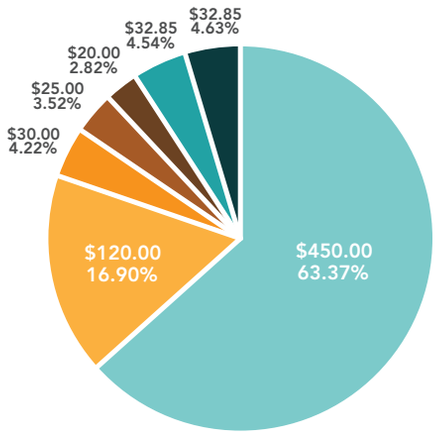
- يتم توفير ملاحظات وتعليقات لكل معاملات الإدخال، ويمكن للمستخدم إدخال الملاحظات والتعليقات الخاصة بكل فرد. يرجى مراعاة أن الجودة وصحة إدخال البيانات أمر أساسي.

٨,٣,٢: مخرجات تحليل مجموعة الأدوات والمُتضمَنات

- تنقسم المخرجات المباشرة إلى ثلاث مجموعات:

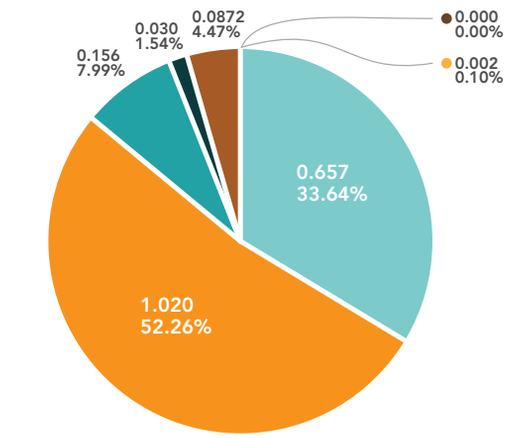
١. مخرجات حسابية مباشرة؛ الحالة الأساسية لتسعيرة الطاقة حسب مستويات الاستهلاك.
٢. تحليل النفقات الرأسمالية مع الرسم البياني.
٣. رسم بياني لتحليل الطاقة حسب مستويات الاستهلاك.

Outputs - 20 Years			
LCOH Component		Component $/kg H2	Component Percentage
Capex Component		0.656597	33.64%
Opex Component - Energy Cost		1.020000	52.26%
Opex Component - General Fixed O&M		0.155961	7.99%
Opex Component - Water Cost		0.030000	1.54%
Opex Component - Stack Replacement Cost		0.087245	4.47%
Opex Component - Leased Land Cost		0.001941	0.10%
Opex Component - Decom. & Rest. Cost		0.000000	0.00%
			Total Percentage Check
			100%
LCOH ($/kg H2)	$1.951743		
LCOH (AED/kg H2)	7.172656		



CAPEX Breakdown ($/kWe)

- Electrolyzer Stack Package Cost ($/kWe)
- Project Development Cost ($/kWe)
- Verall Civil & Infrastructure Package Cost ($/kWe)
- Finance Cost During Construction ($/kWe)
- Electrical & Mechanical Bop Packages Cost ($/kWe)
- EPCM Service Package Cost ($/kWe)
- Taxes GST/VAT ($/kWe)



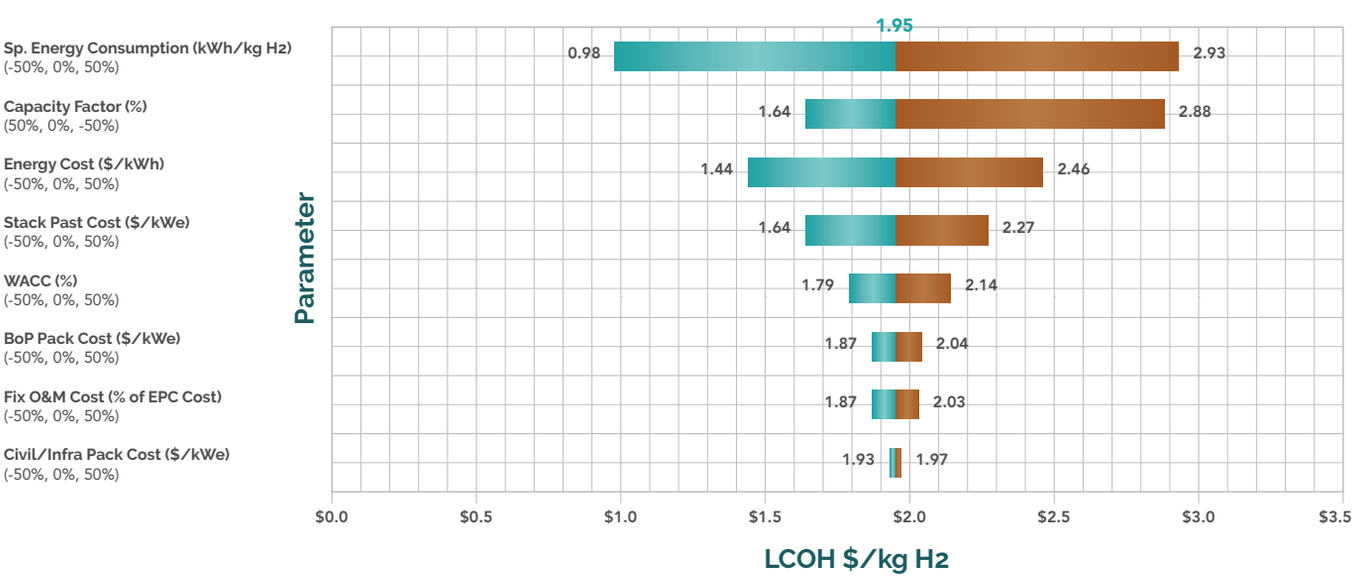
LCOH Breakdown ($/kg H_2)

- Capex component
- Opex Component - General Fixed O&M
- Opex Component - Water Cost
- Opex Component - Decom. & Res. Cost
- Opex Component - Stack Replacment Cost
- Opex Component - Energy Cost
- Opex Component - Leased Land Cost

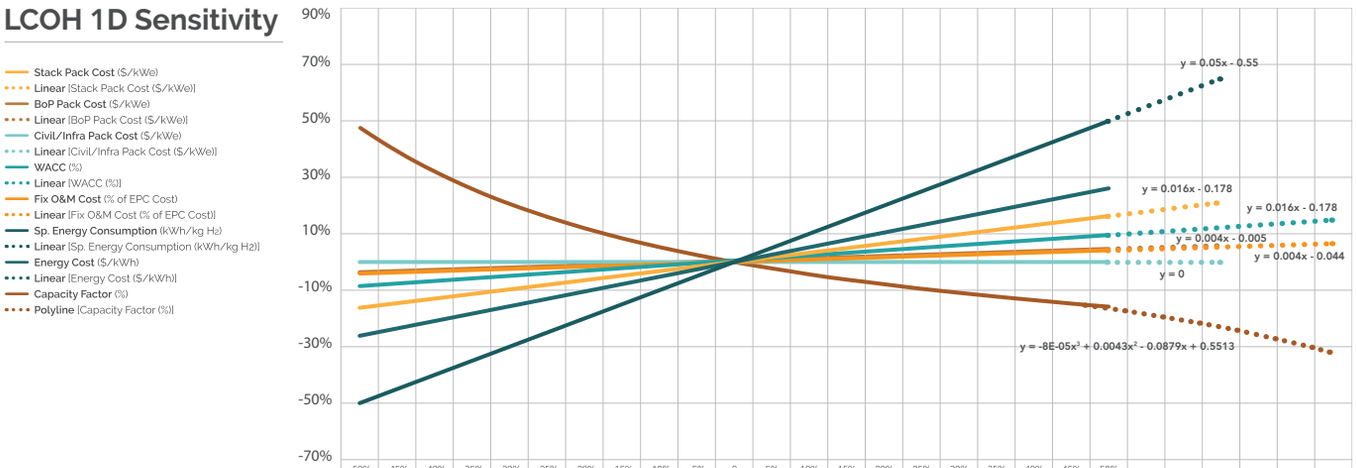
٨,٣,٣: مخرجات تحليل مجموعة الأدوات والمُتضمَنات

- تحليل حسابات المخرجات لسيناريوهات مختلفة لتسعيرة الطاقة حسب مستويات الاستهلاك ثنائية الأبعاد
- ثمانية فروق لمدخلات المعاملات +/- ٥٪
- رسم بياني هرمي

Tornado Chart: LCOH $/kg H2



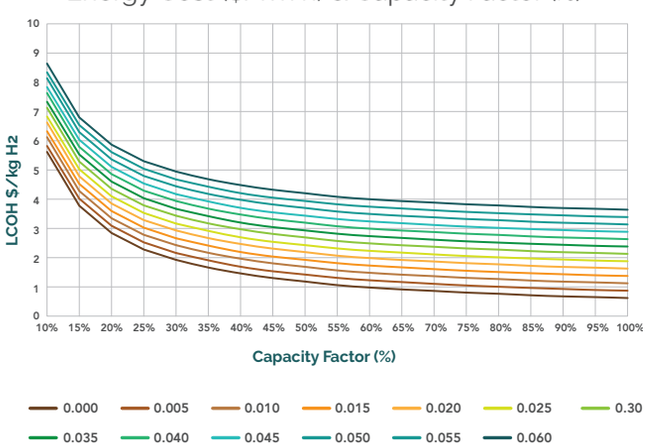
LCOH 1D Sensitivity



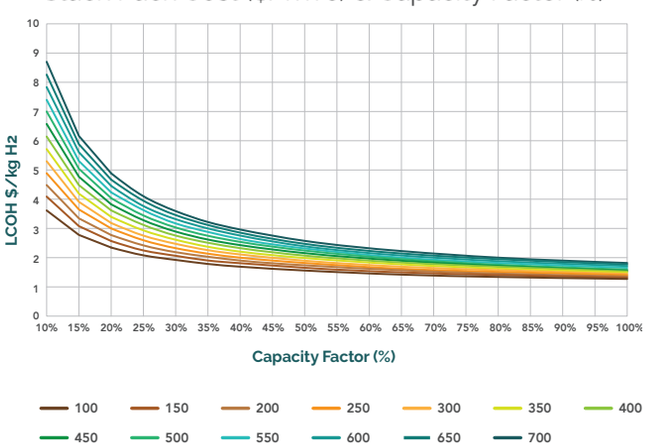
	-50%	-45%	-40%	-35%	-30%	-25%	-20%	-15%	-10%	-5%	0	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%
Stack Pack Cost ($/kWe)	-16.22%	-14.60%	-12.98%	-11.35%	-9.73%	-8.11%	-6.49%	-4.87%	-3.24%	-1.62%	0.00%	1.62%	3.24%	4.87%	6.49%	8.11%	9.73%	11.35%	12.98%	14.60%	16.22%
BoP Pack Cost ($/kWe)	-4.33%	-3.89%	-3.46%	-3.03%	-2.60%	-2.16%	-1.73%	-1.30%	-0.87%	-0.43%	0.00%	0.43%	0.87%	1.30%	1.73%	2.16%	2.60%	3.03%	3.46%	3.89%	4.33%
CivilInfra Pack Cost ($/kWe)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
WACC (%)	-8.49%	-7.69%	-6.88%	-6.06%	-5.22%	-4.38%	-3.52%	-2.66%	-1.78%	-0.90%	0.00%	0.91%	1.82%	2.74%	3.68%	4.62%	5.57%	6.53%	7.50%	8.47%	9.46%
Fix O&M Cost (% of EPC Cost)	-4.00%	-3.60%	-3.20%	-2.80%	-2.40%	-2.00%	-1.60%	-1.20%	-0.80%	-0.40%	0.00%	0.40%	0.80%	1.20%	1.60%	2.00%	2.40%	2.80%	3.20%	3.60%	4.00%
Sp. Energy Consumption (kWh/kg H2)	-50.00%	-45.00%	-40.00%	-35.00%	-30.00%	-25.00%	-20.00%	-15.00%	-10%	-5.00%	0.00%	5.00%	10.00%	15.00%	20.00%	25.00%	30.00%	35.00%	40.00%	45.00%	50.00%
Energy Cost ($/kWh)	-26.13%	-23.52%	-20.90%	-18.29%	-15.68%	-13.07%	-10.45%	-7.84%	-5.23%	-2.61%	0.00%	2.61%	5.23%	7.84%	10.45%	13.07%	15.68%	18.29%	20.90%	23.52%	26.13%
Capacity Factor (%)	47.74%	39.06%	31.83%	25.71%	20.46%	15.91%	11.93%	8.42%	5.30%	2.51%	0.00%	-2.27%	-4.34%	-6.23%	-7.96%	-9.55%	-11.02%	-12.38%	-13.64%	-14.82%	-15.91%

- تحليل حسابات المخرجات لسيناريوهات مختلفة لتسعيرة الطاقة حسب مستويات الاستهلاك ثنائية الأبعاد

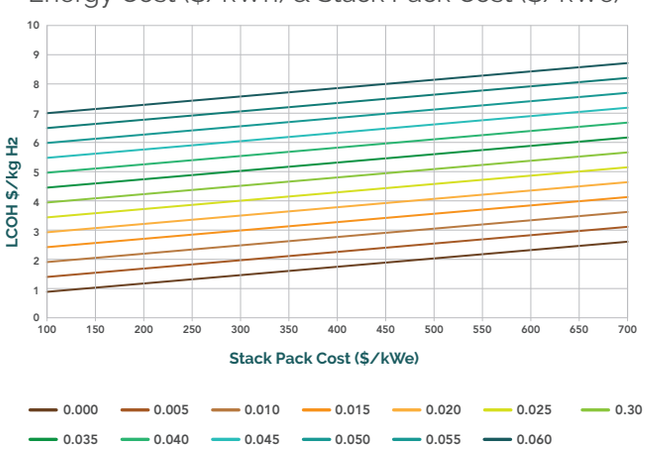
LCOH Sensitivity 2D
Energy Cost ($/kWh) & Capacity Factor (%)



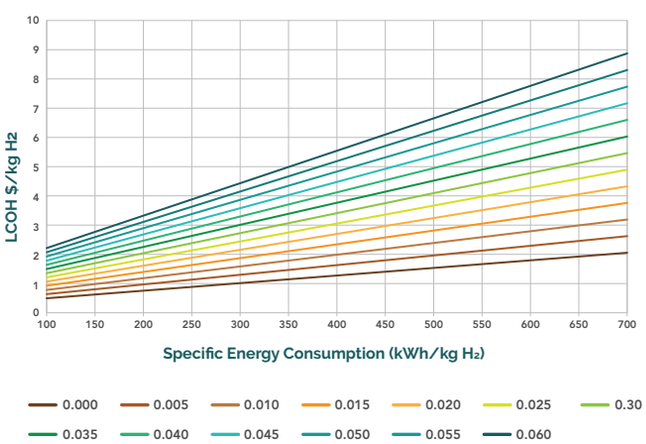
LCOH Sensitivity 2D
Stack Pack Cost ($/kWe) & Capacity Factor (%)



LCOH Sensitivity 2D
Energy Cost ($/kWh) & Stack Pack Cost ($/kWe)

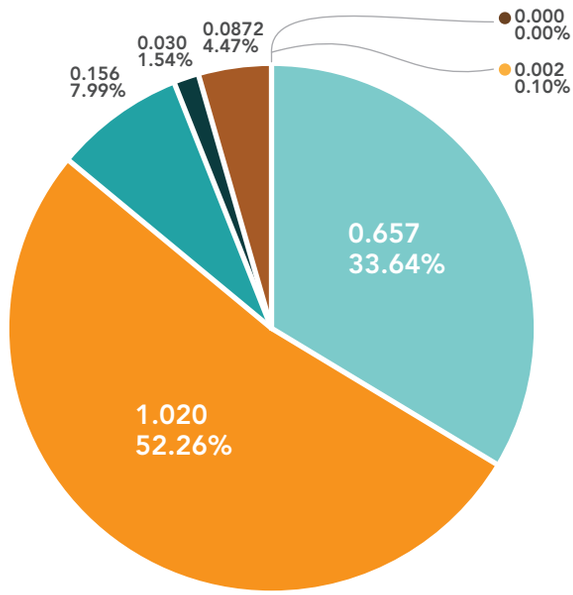


LCOH Sensitivity 2D
Energy Cost ($/kWh) & Specific Energy Consumption (kWh/kg H_2)



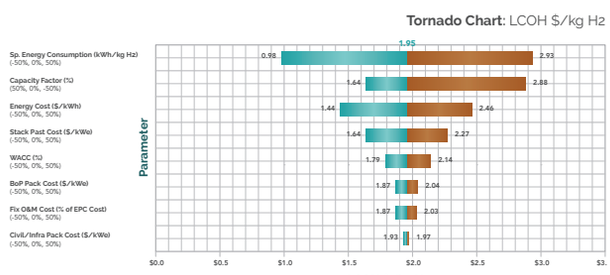
- تتأثير دورة حياة وقدرة المصنع على تسعيرة الهيدروجين حسب مستويات الاستهلاك: ٢٠ سنة مقابل ٤٠ سنة.

٢٠ سنة

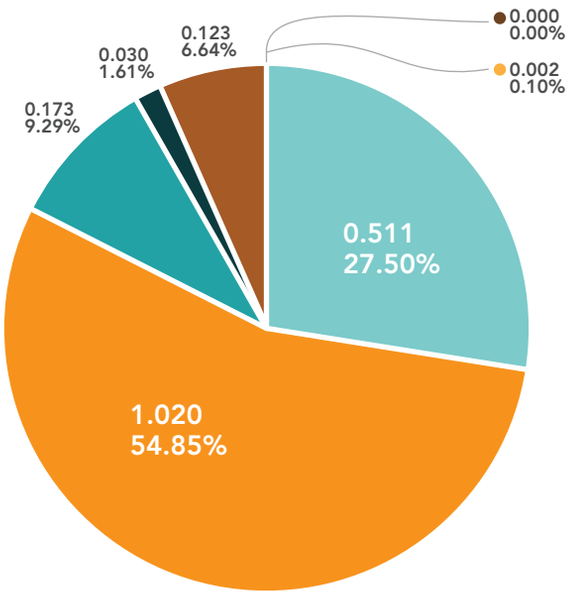


LCOH Breakdown ($/kg H_2)

- Capex component
- Opex Component - General Fixed O&M
- Opex Component - Water Cost
- Opex Component - Decom. & Res. Cost
- Opex Component - Stack Replacment Cost
- Opex Component - Energy Cost
- Opex Component - Leased Land Cost

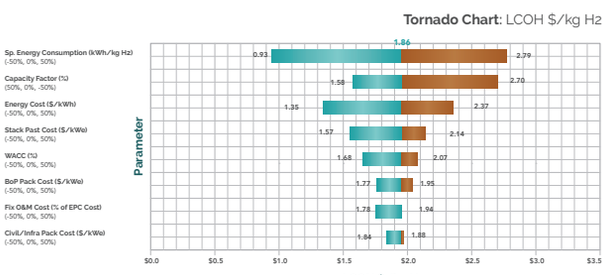


٤٠ سنة

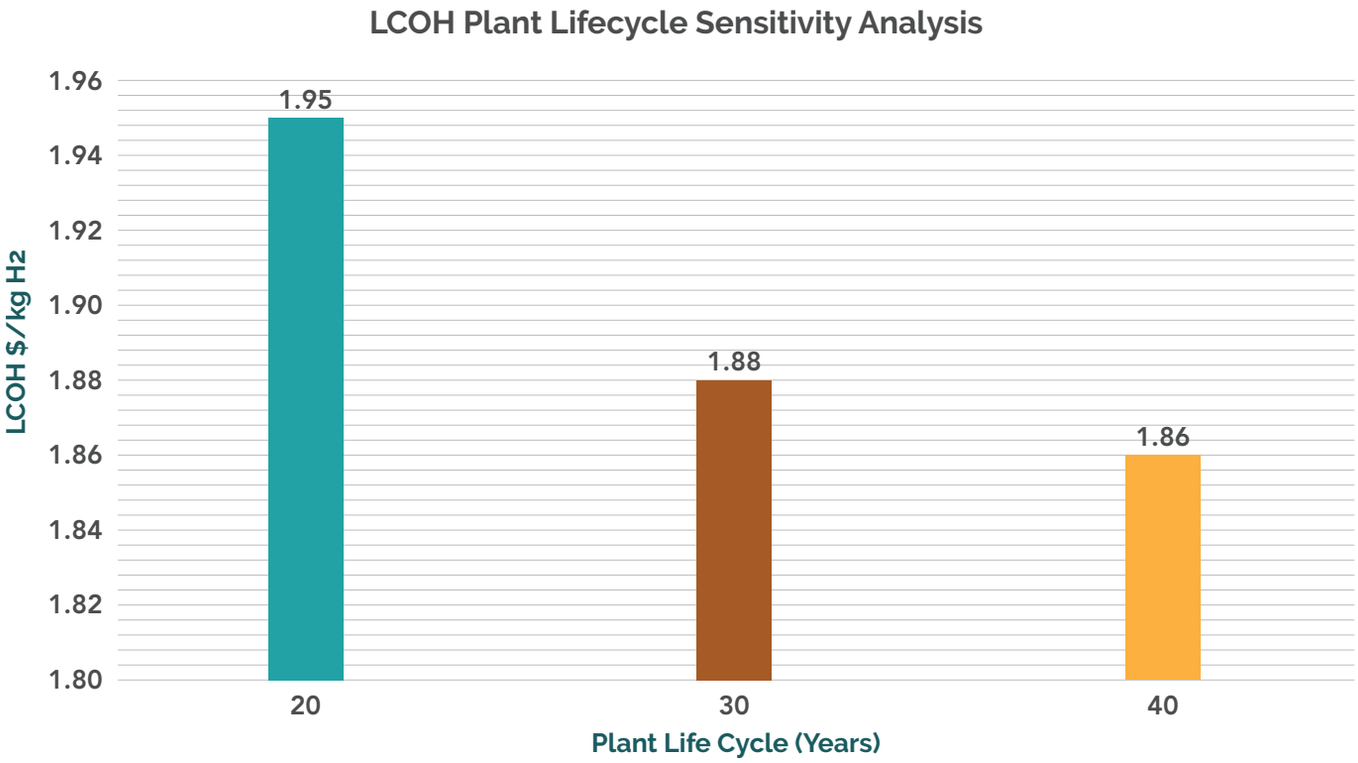


LCOH Breakdown ($/kg H_2)

- Capex component
- Opex Component - General Fixed O&M
- Opex Component - Water Cost
- Opex Component - Decom. & Res. Cost
- Opex Component - Stack Replacment Cost
- Opex Component - Energy Cost
- Opex Component - Leased Land Cost



- تأثير دورة حياة وقدرة المصنع على تسعيرة الهيدروجين حسب مستويات الاستهلاك: ٢٠ سنة مقابل ٣٠ سنة مقابل ٤٠ سنة.



٨,٤: الاستنتاجات

- نحن الآن نعيش في عصر الجزيئات الخضراء.
- سترتفع نسبة مساهمة هذه الجزيئات في تحويل الطاقة وتسارعها.
- سيكون تحقيق توازن الحلول التقنية مع الاقتصاد من الأساسيات لتحقيق النجاح.
- و للتنويه، يجب على جميع الأيدي العاملة أن تكون مستعدة.

قامت Air Product، وأكوا للطاقة ونيوم بتوقيف اتفاقية بقيمة ٥ مليار لإنشاء محطة إنتاج وتوريد الهيدروجين الأخضر تعمل بالطاقة المتجددة. سبق صحفي. ٨ يوليو، ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.acwapower.com/news/air-products-acwa-power-and-neom-sign-agreement-for-5-billion--production-facility-in-neom-powered-by-renewable-energy-for-production-and-export-of-/green-hydrogen-to-global-markets

.....

المؤشر العربي لطاقة المستقبل (AFEX) (٢٠١٩). المركز الإقليمي للطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة وبرنامج الأمم المتحدة الإنمائي. إقرأ هنا:
https://www.rcreee.org/sites/default/files/final_afex_re_2019_final_version-1.pdf.

.....

أبون،ك. «دمج القطاعات - تصميم نظام طاقة متجددة مدمج». ٢٥ أبريل، ٢٠١٨. إقرأ هنا:
https://www.cleanenergywire.org/factsheets/sector-coupling-shaping-integrated-renewable-power-system

.....

بلاك، أ. ماكوندي، ب. صناعة السيارات في إفريقيا: الإمكانات والتحديات. بنك التنمية الأفريقي. إقرأ هنا:
https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Publications/WPS_No_282_Africa%E2%80%99s_Automotive_Industry_Potential_and_Challenges.pdf

.....

بلومبرغ لتمويل الطاقة الجديدة (٢٠٢٠). توقعات اقتصاد الهيدروجين. إقرأ هنا:
https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf

.....

نطاق المناخ (٢٠١٩). المغرب، بلومبرغ للطاقة الجديدة. إقرأ هنا:
https://www.certifhy.eu/images/media/files/CertifHy_2_deliverables/CertifHy_H2-criteria-definition_V1-1_2019-03-13_clean_endorsed.pdf

اختتام أعمال اللجنة الوطنية حول «الطاقة إلى X» ، التي انعقدت في ٣٠ مارس ٢٠٢٠ . إقرأ هنا:
https://www.mem.gov.ma/Pages/actualite.aspx?act=150

كوكري، ج. «محطة تحلية أغادير: هنا مكان المشروع الضخم» ، ٢٠ فبراير ٢٠٢٠. Media٢٤. إقرأ هنا:
https://www.medias24.com/station-de-dessalement-d-agadir-voici-ou-en-est-ce-mega-projet-7768.html

.....

«Deme وشركاؤها يقدمون Hyport®duqm ، مشروع هيدروجين أخضر واسع النطاق في عُمان». إقرأ هنا:
https://www.deme-group.com/news/deme-and-partners-present-hyportrduqm-large-scale-green-hydrogen-project-oman-1

.....

Dii لإنتاج الطاقة في الصحراء(٢٠٢٠). عرض الشركة.

.....

Dii & Fraunhofer ISI (٢٠١٢). Desert Power ٢٠٥٠ - وجهات نظر حول نظام الطاقة المستدامة في EUMENA ، ميونيخ.

.....

Dii (٢٠١٩). T. Isenburg ، P. van Son. طاقة خالية من الانبعاثات من الصحراء. لاهاي.

.....

Dii ٢٠٢٠. التكلفة المستوية لتحليل النموذج المالي لمجموعة أدوات الهيدروجين.

.....

قاعدة بيانات مشروع Dii للطاقة ٢٠٢٠.

.....

مديرية المراقبة والتعاون والاتصال ، وزارة الطاقة والمناجم والبيئة المغربية.

.....

درسب، س. ديونجي، ف. كلنجوف، م. ستراسر، ب. التقسيم الكهربائي المباشر لمياه البحر: الفرص والتحديات (٢٠١٩). إقرأ هنا:
https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsenergylett.9b00220

دوينان، أ. سيموتكس، ت. (٢٠٢٠) الهيدروجين في الولايات المتحدة ١٠١. بحوث الأسهم في أمريكا الشمالية. جي بي مورغان.

.....

إنجلهارت، م. تحول المغرب نحو الطاقة X: خطة لتحويل البلاد إلى مركز للوقود الإلكتروني، سيمنز للطاقة. ٢٣ أبريل ٢٠٢٠.

.....

المفوضية الأوروبية (٢٠٢٠). أوروبا: الإصلاح والاستعداد للجيل القادم. بروكسل، بيان صحفي ، ٢٧ مايو. إقرأ هنا:
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_940

.....

المفوضية الأوروبية (٢٠١٩). الطاقة المتجددة - إعادة الصياغة حتى عام ٢٠٣٠ (الأحمرا). إقرأ هنا:
https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/renewable-energy-recast-2030-red-ii

.....

المفوضية الأوروبية ، «إستراتيجية هيدروجين لأوروبا محايدة مناخياً» ، اتصالات من المفوضية إلى البرلمان الأوروبي والمجلس واللجنة الاقتصادية والاجتماعية الأوروبية ولجنة المناطق. بروكسل ٨٠ يوليو ٢٠٢٠، (٢٠٢٠).إقرأ هنا:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf

.....

عمل منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة ، عُمان. إقرأ هنا:
http://www.fao.org/countryprofiles/index/en/?iso3=OMN

.....

تعهد خلايا الوقود والهيدروجين (FCH JU) ، (٢٠٢٠). خلايا الوقود والهيدروجين للطاقة الخضراء في المدن والمناطق الأوروبية.إقرأ هنا:
https://www.fch.europa.eu/sites/default/files/180926_FCHJU_Regions_Cities_Final_Report.pdf

.....

تعهد خلايا الوقود ومفاصل الهيدروجين (FCH JU) ، (٢٠١٩). خارطة طريق الهيدروجين في أوروبا، مسار مستدام لانتقال الطاقة إقرأ هنا:
https://www.fch.europa.eu/

الوكالة الألمانية للتعاون الدولي (GIZ)، المغرب، الاستراتيجية الوطنية للطاقة. إقرأ هنا:
http://giz-energy.ma/contexte-energetique/la-strategie-energetique-nationale/

مجلس الهيدروجين (٢٠١٧). رفع مستوى الهيدروجين - مسار مستدام لانتقال الطاقة العالمي. إقرأ هنا:
https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2017/11/Hydrogen-scaling-up-Hydrogen-Council.pdf

مجلس الهيدروجين (٢٠٢٠) ، الطريق إلى القدرة التنافسية للهيدروجين. منظور التكلفة. إقرأ هنا:
https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2020/01/Path-to-Hydrogen-Competitiveness_Full-Study-1.pdf

هيدروجين أوروبا. «الهيدروجين في الصناعة». إقرأ هنا:
https://hydrogeneurope.eu/hydrogen-industry

الوكالة الدولية للطاقة (٢٠١٩). سياسات الطاقة خارج دول الوكالة الدولية للطاقة ، المغرب.

الوكالة الدولية للطاقة (٢٠١٩). مستقبل الهيدروجين. اغتنام فرص اليوم. تقرير التكنولوجيا. يونيو ٢٠١٩
إقرأ هنا:
https://webstore.iea.org/the-future-of-hydrogen

IRENA ،٢٠١٨، الهيدروجين من الطاقة المتجددة: التوقعات التكنولوجية لتحول الطاقة. إقرأ هنا:
https://www.irena.org/publications/2018/Sep/Hydrogen-from-renewable-power

«إسرائيل واليونان وقبرص، توقع صفقة لخط أنابيب غاز إيست ميد». يورونيوز. ٢ يناير ٢٠٢٠.t إقرأ هنا:
https://www.euronews.com/2020/01/02/israel-greece-and-cyprus-sign-deal-for-eastmed-gas-pipeline

محمد كايد، «الأردن من بين الدول الرائدة في المنطقة لإنتاج طاقة الرياح - تقرير». جوردان تايمز. ٢٠ شباط ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.jordantimes.com/news/local/jordan-among-leading-countries-region-wind-energy-production-%E2%80%94-report

.....

كوثانيث، إل. ، «افتتاح أول مركز للهيدروجين الأخضر في عُمان.» عُمان ديلي أوبزرفر. ٢٧ يناير ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.omanobserver.om/first-green-hydrogen-centre-opens-in-oman/

.....

ميلانيا، م. أنتونيا، و. بينف، م. (٢٠١٣). . «مزج الهيدروجين في شبكات أنابيب الغاز الطبيعي: مراجعة للقضايا الرئيسية». المختبر الوطني للطاقة المتجددة (NREL). إقرأ هنا:
https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/51995.pdf

.....

التقرير السنوي لشركة الكهرباء الوطنية (نيبكو) ٢٠١٩. إقرأ هنا:
https://www.nepco.com.jo/store/docs/web/2019_ar.pdf#https://www.nepco.com.jo/store/docs/web/2019_ar.pdf

.....

مجموعة OCP. تقرير الاستدامة ٢٠١٩. إقرأ هنا:
https://corpo.ocpgroup.ma/en/sustainability-report-2019

.....

المكتب الوطني للكهرباء والمياه الصالحة للشرب (ONEE). بيانات نشاط الكهرباء.

.....

تزداد السعة المُركبة لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة في المغرب. مجموعة أكسفورد للأعمال. إقرأ هنا:
https://oxfordbusinessgroup.com/overview/installed-capacity-rising-meet-moroccos-growing-energy-demand

.....

نقل ملكية أول IPP في الشرق الأوسط إلى الحكومة العمانية «، إنفورما ، ٧ أيار ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://energy-utilities.com/ownership-of-middle-east-s-first-ipp-transferred-news083256.html

بارنيل ج. «أكبر مشروع هيدروجين أخضر في العالم تم الكشف عنه في المملكة العربية السعودية». جرين تيك ميديا. ٧ يوليو ٢٠٢٠.. إقرأ هنا:
https://www.greentechmedia.com/articles/read/us-firm-unveils-worlds-largest-green-hydrogen-project

.....

بفلوجمان، ف. دي بلاسيو، ن. «الآثار الجيوسياسية والسوقية للاعتمادات الجديدة للهيدروجين المتجدد في عالم الطاقة منخفض الكربون». برنامج البيئة والموارد الطبيعية في مركز بيلفر للعلوم والعلاقات الدولية، جامعة هارفرد. تقرير. ٢٠٢٠. إقرأ هنا.إقرأ هنا:
https://www.belfercenter.org/publication/geopolitical-and-market-implications-renewable-hydrogen-new-dependencies-low-carbon

.....

برابهو، س. «عُمان لدراسة إمكانات الاقتصاد القائم على الهيدروجين.» عُمان ديلي أوبزرفر. ٢٦ سبتمبر ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.omanobserver.om/oman-to-study-potential-for-hydrogen-based-economy/

.....

بي دبليو سي الشرق الأوسط (٢٠٢٠). أبرز الملامح الرئيسية لميزانية عُمان ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://energy-utilities.com/ownership-of-middle-east-s-first-ipp-transferred-news083256.html

.....

«السعودية والأردن لتطوير شبكة ربط الكهرباء». الوطني. إقرأ هنا:
https://www.thenationalnews.com/business/energy/saudi-arabia-and-jordan-to-develop-electricity-interconnection-grid-1.1064650

.....

TangerMed سبتمبر ٢٠٢٠. إقرأ هنا:
https://www.tangermed.ma/en/tanger-med-35eme-port-a-conteneurs-au-monde-en-2019/

.....

فان ويك، أ. تشاتزماركاكس، ج. (٢٠٢٠). الهيدروجين الأخضر لصفقة أوروبية خضراء. مبادرة ٢x٤٠ جيجاوات.إقرأ هنا:
https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2020/04/2020-04-01_Dii_Hydrogen_Studie2020_v13_SP.pdf

فان ويك، أ. ووتر، ف. (٢٠١٩). الهيدروجين: الجسر بين أفريقيا وأوروبا. إقرأ هنا:
https://dii-desertenergy.org/wp-content/uploads/2019/12/Dii-hydrogen-study-November-2019.pdf

.....

فان ويك، أ. فان دير روست، ي. بوري، ج. الطاقة الشمسية للشعب. إقرأ هنا:
http://profadvanwijk.com/wp-content/uploads/2019/09/Hydrogen-the-bridge-between-Africa-and-Europe-5-9-2019.pdf

.....

فارادي، ووترز، وهوفمان. (٢٠١٨). الشمس تشرق في أفريقيا والشرق الأوسط - على الطريق نحو مستقبل الطاقة الشمسية. سنغافورة: شركة بان ستانفورد للنشر ISBN ١٠: ٩٨١٤٧٧٤٨٩٨.

.....

وانغ، أ. فان دير ليون، ك. بيترز، د. بوسمان، إم. العمود الفقري الأوروبي للهيدروجين.

.....

مجلس الطاقة العالمي (٢٠١٩) ، اقتصاد الهيدروجين الجديد - أمل أم دعاية؟ موجز رؤى الابتكار. إقرأ هنا:
https://www.worldenergy.org/assets/downloads/WEInnovation-Insights-Brief-New-Hydrogen-Economy-Hype-or-Hope.pdf

.....

البنك الدولي (٢٠١٧). آفاق عُمان الاقتصادية. إقرأ هنا:
https://www.worldbank.org/en/country/gcc/publication/oman-economic-outlook-october-2017

.....

وادواني، ب. براستنجت، س. حجم سوق المركبات الكهربائية لخلايا الوقود ، تقرير صناعة FCEV لعام ٢٠٢٦. سبتمبر ٢٠٢٠.

.....

البنك الدولي (٢٠٢٠). آفاق الأردن الاقتصادية. بنك الدولي. إقرأ هنا:
https://www.worldbank.org/en/country/jordan/publication/economic-update-april-2020

.....

البنك الدولي (٢٠١٩). آفاق المغرب الاقتصادية. بنك الدولي. إقرأ هنا:
https://www.worldbank.org/en/country/morocco/publication/economic-outlook-april-2018

البنك الدولي (٢٠١٨). آفاق الاقتصاد العماني – نوفمبر ٢٠١٧ البنك الدولي. إقرأ هنا:
https://www.worldbank.org/en/country/gcc/publication/oman-economic-outlook-october-2017

قام مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي في مؤسسة فريدريش إيبرت لمنطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا بالإشراف على إجراء هذه الدراسة وتحريرها ومراجعتها ونشرها.

السنة: ٢٠٢٠

عن مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا

يدعو مشروع الطاقة والمناخ الإقليمي في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا إلى إحداث التغيير في مجال استهلاك الطاقة ليتم الاعتماد على الطاقة المتجددة والاستخدام الفعال للطاقة، كما يواصل المشروع البحث عن حلول ليضمن تطبيق التغيير العادل في قطاع الطاقة ليوفر الحماية لكوكب الأرض والناس على حد سواء.

ونظرًا لأنّ منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا هي واحدة من أكثر المناطق تأثرًا بتغير المناخ، فإننا نشارك من خلال تقديم المشورة بشأن السياسات، والبحث، والتوعية في مجال سياسات التغير المناخي، والتحول في مجال استهلاك الطاقة، والاستدامة الحضرية، كل ذلك إلى جانب الدعم من مؤسسات البحث ومنظمات المجتمع المدني والشركاءالآخرين في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا وأوروبا أيضاً.

المسؤول: سارة هِب

مديرة المشروع الإقليمي للطاقة والمناخ في منطقة الشرق الأوسط وشمال إفريقيا

Fes@fes-jordan.org
مؤسسة فريدريش إيبرت
مكتب عمان
صندوق بريد: ٩٤١٨٧٦ عمان
١١١٩٤ - الأردن

ISBN: 978-9923-759-23-3

FRIEDRICH EBERT STIFTUNG