الوضع العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه في سنة 2024

التعاون من أجل مستقبل خال من الانبعاثات

GLOBAL CCS INSTITUTE

الفهرس

1.0 كلمة الرئيس التنفيذي 05

2.0 التعاون العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه 07

3.0 المرافق العالمية والاتجاهات 11

3.1 المرافق العالمية والاتجاهات 12
3.2 السياسة الدولية والتطورات القانونية والتنظيمية 22
3.3 نماذج الأعمال والتمويل في مجال احتجاز الكربون وتخزينه 25

4.0 النظرة الإقليمية العامة 31

4.1 الأمريكيتان 32
4.2 آسيا والمحيط الهادئ والهند 39
4.3 الصين 43
4.4 أوروبا والمملكة المتحدة 46
4.5 الشرق الأوسط وأفريقيا 52

5.0 قائمة المرافق 56

مرافق قيد التشغيل 57
مرافق قيد الإنشاء 59
مرافق في مرحلة تطوير متقدمة 61
مرافق في مرحلة تطوير مبكرة 70

6.0 المراجع 80

حول التقرير

يُوثِّق هذا التقرير أبرز الإنجازات العالمية لتبني تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في الإثني عشر شهرًا الماضية.

في هذه الفترة، ارتفع عدد المرافق قيد التشغيل إلى 50 منشأة، وزاد العدد الإجمالي للمرافق قيد التطوير بنسبة 60% ليصل إلى 628 منشأة. وقد أفردنا لأول مرة قسمًا مستقلًا في هذا التقرير يتناول نمو أنشطة احتجاز الكربون وتخزينه في الصين الذي شهد وتيرة متسارعة مؤخرًا.

يعرض هذا التقرير أهم التحديثات السياسية والتنظيمية الخاصة بنشر احتجاز الكربون وتخزينه بحسب المنطقة، ويبيِّن كيف أسهم التمويل والاستثمار في دفع عجلة التطوير في الفترة التي يغطيها هذا التقرير.

يستند العرض الشامل الذي يقدمه هذا التقرير حول مجال احتجاز الكربون وتخزينه على مستوى العالم إلى قاعدة بيانات المعهد عن هذه التقنية وتحليلات فريقه العالمي.

ويوضِّح هذا التقرير الأهمية التي بلغها احتجاز الكربون وتخزينه لدى الحكومات الرائدة فجعلته عنصرًا لا غنى عنه في استراتيجياتها لتحقيق التزامات الصفر الصافي، ويوضِّح أيضًا كيف أسهم التعاون بين الحكومات والشركات في تقدم تقنيات الاحتجاز والتخزين، ويسلِّط الضوء على التحديات الكبيرة التي ما تزال تعيق هذه التقنية عن المساعدة في تحقيق أهداف المناخ العالمية.

*يعتمد هذا التقرير على البيانات المسجلة إلى غاية 24 يوليو 2024.

كيفية التنقل في هذا التقرير

يمكنك استخدام هذا الرمز الموجود في التذييل للعودة إلى صفحة المحتويات. استخدم عناوين قائمة المحتويات (الموجودة على الجانب الأيسر) للانتقال إلى القسم الذي ترغب فيه.

رابط الفهرس ↖

صورة أرشيفية

من نحن

المعهد العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه هو مؤسسة فكرية غير ربحية تهدف إلى تسريع نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه لتكون جزءًا لا يتجزأ من مستقبلٍ خالٍ من الانبعاثات، معتمدةً في ذلك على الأدلة المستندة إلى الحقائق وتبادل المعارف.

يضم المعهد أكثر من 200 عضو، من بينهم حكومات ومؤسسات عالمية وشركات خاصة وهيئات بحثية ومنظمات غير حكومية.

يقدِّم المعهد خدمات استشارية موثوقة، ويوفِّر لأعضائه البيانات والتحليلات، ويستخدم الأدلة المستندة إلى الحقائق للترويج لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه. ويدعم المعهد تقنية احتجاز الكربون وتخزينه عالميًّا باستضافة المنتديات وورش العمل والاجتماعات، ونشر الأفكار الرائدة الموثوقة وتقارير الخبراء، وتقديم الخدمات الاستشارية المخصصة، وتوفير أدق وأحدث المعلومات لصناع السياسات.

يبذل المعهد جهوده في دعم صياغة السياسات التي تمكّن التعاون بين القطاعين العام والخاص بغية فتح آفاق الاستثمار وتسريعه.

يساعد المعهد الشركات والحكومات على دمج تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في استراتيجياتها لتحقيق الصفر الصافي، ويساعد أيضًا القطاع المالي على تعزيز فهمه لهذه التقنية فيدرجها في استراتيجيات الاستثمار.

تكمن قوة المعهد الأساسية في فريقه العالمي المتنوع الذي يتمتع بخبرات واسعة في المجالات التقنية والاقتصادية والتجارية والقانونية والتنظيمية والسياسية، ويمتلك مهارات ممتازة في الدعاية والدعم.

يقع مقر المعهد الرئيسي في ملبورن بأستراليا، ولديه مكاتب في أبوظبي وبكين وبروكسل ولندن وطوكيو وواشنطن العاصمة. لا بد أن يزيد الاستخدام العالمي لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه بمئة ضعف بحلول عام 2050 من أجل تحقيق الصفر الصافي. ولا يمكن بلوغ هذا الهدف إلا بتعاون فعَّال بين الحكومات والقطاعين الصناعي والمالي على مدار السنوات الخمس والعشرين المقبلة. ومهمتنا هي تحقيق هذا الهدف.

يقدِّم المعهد خدمات استشارية موثوقة، ويوفِّر لأعضائه البيانات والتحليلات، ويستخدم الأدلة المستندة إلى الحقائق للترويج لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

صورة أرشيفية

1.0 كلمة الرئيس التنفيذي

جارد دانيلز

يعتبر الوصول السريع إلى مستقبل خال من انبعاثات الغازات المسبِّبة للاحتباس الحراري هدفًا مشتركًا لا يمكن تحقيقه إلا بالتعاون، لا سيما التعاون على تعزيز الاستخدام العالمي لتقنيات إدارة الكربون التي من شأنها أن تخفض وتزيل كل عام مليارات الأطنان من انبعاثات الكربون للمساعدة على مواجهة التغير المناخي العالمي.

للمجتمع البيئي العالمي تاريخ حافل بتحقيق النجاح من خلال الشراكات والتعاون، فبروتوكول مونتريال لحماية طبقة الأوزون يُعدُّ إنجازًا هائلًا يثبت أن التعاون العالمي يمكن أن ينجح عندما تعمل الحكومات والقطاعات الصناعية والمجتمعات العلمية والمجتمع المدني معًا لمواجهة أي تحدٍ عالمي. وخير دليل على ذلك أن طبقة الأوزون أخذت في التعافي بفضل التزام الحكومات والإجراءات التي اتخذها القطاع الصناعي والجهود التعاونية حول العالم. وتعمل أطراف بروتوكول مونتريال أيضًا على معالجة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري القوية.

أصدرت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التقرير التقييمي الأول في عام 1990 وشهد عام 1992 توقيع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، ما أسَّس منصة للتعاون العالمي ظلت قائمة لأكثر من 30 عامًا. وعملت الشراكات بين القطاعين العام والخاص، التي تركز على حل تحديات الطاقة والبيئة، على تعزيز قدرة الحكومة على تحفيز التقدم وقدرة القطاع الصناعي على إقامة المشاريع التجارية وتشغيلها. وفي أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، جمعت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ خبراء من جميع أنحاء العالم لتقييم الأبعاد العلمية والتقنية والاقتصادية والسياسية لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه، ونشرت تقريرها الخاص عن تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في عام 2005.

هناك أيضًا تاريخ حافل بالتعاون العالمي في مجال إدارة الكربون. فقد كان برنامج غازات الاحتباس الحراري الذي أطلقته وكالة الطاقة الدولية في عام 1991، وهو برنامج تعاون تكنولوجي تابع لها، أول برنامج متعدد الأطراف مخصص لتقييم تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، وتسهيل نشرها، وربط الأشخاص، ومشاركة الأبحاث. وشهد عام 2003 إنشاء المنتدى القيادي لحجز الكربون الذي كان مبادرة على مستوى وزراء الحكومة لتسهيل التعاون التقني، وتعزيز الوعي، ودعم السياسات والقوانين والبيئات التنظيمية الملائمة. وفي عام 2009، تأسس المعهد العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه كمؤسسة فكرية مبتكرة مملوكة لأعضائها، وقد توسع حاليًّا ليضم أكثر من 200 عضو من الحكومات والشركات والمنظمات غير الحكومية.

وفي الآونة الأخيرة، سعت مبادرة تحدي إدارة الكربون واستخدامه وتخزينه التابعة للمؤتمر الوزاري للطاقة النظيفة إلى بناء مجتمع من الدول والشركات وخبراء القطاع المالي لتسريع استخدام تقنيات إدارة الكربون. وفي نفس السياق، تعمل مبادرة مهمة الابتكار على تحفيز العمل في مجال الطاقة النظيفة والاستثمار في إزالة ثاني أكسيد الكربون. أما مبادرة تحدي إدارة الكربون فتعتبر من أحدث الجهود العالمية لتحفيز الحكومات والقطاع الخاص إلى العمل على زيادة استخدام تقنيات إدارة الكربون بهدف الوصول إلى تخفيض الانبعاثات الكربونية بمقدار مليار طن سنويًا بحلول عام 2030، وهو الهدف الذي تلتزم به وبالجهود التعاونية اللازمة لتحقيقه أكثر من 20 دولة.

تشير هذه الجهود الدولية، مدفوعة بالدراسات العلمية، إلى وجود توافق عالمي على أن جميع أشكال إدارة الكربون، سواء كانت باحتجازه من مصادر انبعاثه أو بإزالته من الغلاف الجوي، ضرورية للوصول إلى الصفر الصافي والاستمرار في الوقت ذاته في تزويد سكان العالم المتزايدين بخدمات الطاقة والسلع الضرورية مثل الأسمنت، والصلب، والأسمدة.

بفضل الجهود المذكورة آنفًا والجهود الدولية الأخرى، حقق مجال إدارة الكربون تقدمًا كبيرًا، ونشهد حاليًّا نموًا هائلًا في مشاريعه بفضل الدعم الحكومي القوي والخبرات الصناعية المتراكمة.

انتقل التعاون الدولي من التركيز على الأبحاث المبكرة والمستخدمين الأوائل إلى مشاركة قادة الحكومات وكبار المسؤولين في القطاع الصناعي على مستوى العالم في مؤتمر الأطراف لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ. وقد اتفق قادة الحكومات ومسؤولو الشركات الصناعية في مؤتمر الأطراف الذي انعقد العام الماضي على تعزيز التعاون بين القطاعين العام والخاص في مجال الطاقة النظيفة منخفضة الكربون بجميع

1.0

أشكالها وتخفيف آثار تغير المناخ بمضاعفة الطاقات المتجددة ثلاثة أضعاف، ومضاعفة معدل تحسين كفاءة الطاقة، وتقليل انبعاثات غاز الميثان الهارب، وتسريع استخدام تقنيات إدارة الكربون بهدف الوصول إلى تخفيض الانبعاثات الكربونية بمقدار مليار طن سنويًا في إطار مبادرة تحدي إدارة الكربون.

يوجد حاليًا 50 مشروعًا تجاريًا لاحتجاز الكربون وتخزينه يعمل حول العالم، و44 مشروعًا آخر قيد الإنشاء، وأكثر من 500 مشروع قيد التطوير، وهذا يعني عامًا آخر من الزيادة المتسارعة في عدد المشاريع قيد التطوير، وهو الاتجاه نفسه الذي شهدناه على مدار السنوات الستة الماضية. يتابع المعهد أكثر من 680[1] مشروعًا عالميًا، وقد أحرزت المشاريع في الولايات المتحدة وأوروبا والشرق الأوسط والصين وجنوب شرق آسيا تقدمًا كبيرًا. حدَّد المعهد أكثر من 50 اتفاقية ثنائية ومذكرة تفاهم أبرمتها الحكومات الوطنية منذ عام 2020 تتضمن التزامات بتطوير تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ضمن نطاقها. ورغم هذا النمو المشجِّع في المشاريع والتعاون الدولي، لا يزال أمامنا طريق طويل للوصول إلى تخفيض الانبعاثات الكربونية بمقدار مليارات الأطنان سنويًا باستخدام تقنيات إدارة الكربون، سواء باحتجازه من مصادر انبعاثه أو بإزالته من الغلاف الجوي، من أجل تحقيق الصفر الصافي وتجنب العواقب الوخيمة لارتفاع درجة حرارة الأرض.

للتخفيف من تغير المناخ، لا بد من استثمارات ضخمة في البنية التحتية تشمل إنشاء شبكات نقل كهرباء جديدة لخدمة توليد الطاقة الكهربائية منخفضة الكربون، ومدّ خطوط الأنابيب والشحن لكل من ثاني أكسيد الكربون وناقلات الطاقة منخفضة الكربون مثل الهيدروجين بأشكاله المختلفة. يمكن لمراكز وشبكات إدارة الكربون أن تساعد في تحقيق وفورات الحجم لهذه البنى التحتية الجديدة.

كلما زاد الدعم السياسي وتوسعت الأسواق، ظهرت نماذج أعمال جديدة لمشاريع إدارة الكربون. فالعام الماضي شهد نموًا في عروض التأمين، وتوحيد الشركات الكبرى الناشطة في إدارة الكربون، ودعم صندوق المناخ الأخضر لأول نشاط له في مجال احتجاز الكربون وتخزينه. وسيظل إشراك القطاع المالي والشراكة معه جزءًا مهمًا من استراتيجيتنا لتسريع الاستخدام التجاري لتقنيات إدارة الكربون في العديد من المناطق. رغم التقدم الملحوظ والنمو الأسّي في إدارة الكربون والتقنيات المناخية الأخرى، لا تزال هناك معوقات وتحديات على رأسها مخاوف المجتمعات من أخطار هذه التقنيات واعتراضها على البنى التحتية الجديدة بكافة أنواعها مثل الاعتراض على إنشاء أنابيب نقل ثاني أكسيد الكربون، وتآكل أدوات الدعم السياسي في بعض المناطق بسبب ضغوط التضخم وارتفاع أسعار الفائدة التي تزيد من صعوبة تمويل المشاريع كثيفة رأس المال. إلى جانب ذلك، لا تزال هناك حاجة ماسة إلى تسريع عمليات تحديد خصائص التخزين الجيولوجي وتطوير الأطر التنظيمية وتنمية رأس المال البشري لتسريع التقدم في العديد من بلدان الجنوب العالمي.

ويعدُّ التعاون مع المؤسسات الأكاديمية أمرًا بالغ الأهمية لإعداد وتخريج جيل جديد من المتخصصين المطلوبين لتطبيق تقنيات منخفضة الكربون على نطاق يتناسب مع التحديات المناخية.

إنني متفائل جدًا بقدرتنا على تجاوز هذه المعوقات والتحديات ما دمنا مستمرين في تعزيز شراكاتنا وتنميتها. فالمعهد سيواصل، بالشراكة مع المنظمات الأخرى، تمكين التعاون العالمي وتعزيزه، وسيسعى لنقل الدروس المستفادة بين المناطق المختلفة والقطاعين العام والخاص.

وختامًا، لا يخفى أن التخفيف من آثار تغير المناخ العالمي يتطلب تعاونًا فعالًا وتواصلًا مفتوحًا على جميع المستويات، بدءًا من تطوير العوامل الدافعة للسياسات العالمية والأسواق ووصولًا إلى الجهود المحلية حيث يتعاون قادة القطاع الصناعي والمسؤولون المحليون والمجتمعات على تطوير وتشغيل مشاريع ناجحة تحقق فوائد مستدامة على المستويين العالمي والمحلي. لذلك، نتطلع إلى العمل معكم لتحقيق أهدافنا المشتركة.

[1] من بينهم 54 مشروعًا "معلن عنهم" لم ندرجهم في الإحصائيات الواردة في مختلف أقسام هذا التقرير.

"إنني متفائل جدًا بقدرتنا على تجاوز هذه المعوقات والتحديات ما دمنا مستمرين في تعزيز شراكاتنا وتنميتها."

2.0

التعاون العالمي في مجال احتجاز الكربون وتخزينه

2.0

لتحقيق هدف اتفاقية باريس والحد من ارتفاع درجة الحرارة العالمية عن 1.5 درجة مئوية (اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، 2024)، لا بد من الوصول إلى صافي انبعاثات صفرية بحلول منتصف هذا القرن، ثم يلي ذلك عقود من إزالة الكربون لتقليل مخزون ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

لا تزال انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في ارتفاع كما كانت منذ الثورة الصناعية. وهذا الاتجاه يزيد من مخزون ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، ولتحقيق الأهداف المناخية لا بد من عكسه. وقد أسهم ذلك في زيادة التركيز على "إدارة الكربون" التي تشمل مكونين هما تقليل الانبعاثات من مصدرها وإزالة ثاني أكسيد الكربون مباشرة من الغلاف الجوي. تخدم تقنية احتجاز الكربون وتخزينه كلا هذين المكونين لأنها تستطيع خفض الانبعاثات في مجموعة واسعة من الصناعات وإزالة ثاني أكسيد الكربون بالتقاطه إما من الهواء مباشرة وإما من عمليات الإنتاج التي تستخدم الكتلة الحيوية، مثل إنتاج الإيثانول عن طريق التخمير. وبفضل ذلك، تكتسب تقنية احتجاز الكربون وتخزينه اعترافًا متزايدًا بأنها عنصر أساسي في مجموعة الاستراتيجيات والتقنيات العالمية لإدارة الكربون.

اعترف العالم أجمع بقيمة تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، وتحظى هذه التقنية بأسرع تقدم لها في أمريكا الشمالية وأوروبا. تساهم سياسات الدول في هاتين الجهتين والاستثمارات الناتجة في تقنيات ومشاريع احتجاز الكربون وتخزينه على تحفيز العمل في جميع أنحاء العالم. كانت الحكومة الأمريكية وبعض الحكومات الأوروبية أول من قدم الدعم المادي لتسريع الاستثمارات الخاصة في تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ثم تبعتها حكومة اليابان والمؤسسات المملوكة للدولة في الشرق الأوسط والصين. وحاليًا، بدأت دول جنوب شرق آسيا في دفع عجلة هذه التقنية بقيادة شركات النفط الوطنية التي بدأت في اعتماد هذه التقنية لتحقيق صافي انبعاثات صفرية.

كان الدعم السياسي القوي والمستمر من قبل الدول الرائدة المحرك الأساسي لمجال احتجاز الكربون وتخزينه وبفضله انطلق هذا القطاع. ويحتاج هذا المجال الآن إلى تعاون أوسع لدفع نموه وإزالة العوائق التي تواجهه بتوسيع نطاق تطبيق المعارف والقدرات المشتركة بين الحكومات والقطاع الخاص والباحثين وخفض التكاليف ودعم الاستثمارات.

تواصل الحكومات لعب دور حيوي في دعم أبحاث إدارة الكربون وتطويرها، وتحفيز الاستثمارات، ومعالجة القضايا القانونية والتنظيمية.

وتتنوع أشكال التعاون في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، فمن جهة تبرم شركات القطاع الخاص والحكومات شراكات بين القطاعين العام والخاص لتطوير مشاريع احتجاز والكربون تخزينه. ومن جهة أخرى، تتعاون الحكومات مع بعضها ومع الباحثين لوضع أطر تنظيمية وسياسية، وتتعاون شركات القطاع الخاص فيما بينها لتطوير سلاسل القيمة لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه.

كان الدعم السياسي القوي والمستمر من قبل الدول الرائدة المحرك الأساسي لمجال احتجاز الكربون وتخزينه وبفضله انطلق هذا القطاع. ويحتاج هذا المجال الآن إلى تعاون أوسع لدفع نموه.

صورة أرشيفية

التعاون الحكومي

يعتبر برنامج البحث والتطوير في مجال الغازات المسببة للاحتباس الحراري الذي أطلقه برنامج أبحاث وتطوير الغازات الدفيئة التابع لوكالة الطاقة الدولية من أوائل المبادرات التعاونية التي تعمل اليوم، وهو برنامج تعاون تكنولوجي أنشأه برنامج أبحاث وتطوير الغازات الدفيئة التابع لوكالة الطاقة الدولية في عام 1991 لتقديم أبحاث لتطوير تقنية احتجاز الكربون وتخزينه وتوسيع استخدامها لتشمل أعضاءها البالغ عددهم 17 حكومة (بما في ذلك الاتحاد الأوروبي) و20 عضوًا من القطاع الخاص (**برنامج البحث والتطوير في مجال الغازات المسببة للاحتباس الحراري التابع لوكالة الطاقة الدولية، 2024**).

قد يكون المثال الأكثر شمولية على التعاون الحكومي لتسريع استخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه هو إستراتيجية إدارة الكربون الصناعي التي اعتمدتها المفوضية الأوروبية في فبراير 2024. تدعو هذه الاستراتيجية الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي إلى تنفيذ مجموعة مبادرات شاملة في السياسات، والبنية التحتية، والمعايير، والتنظيم والمسؤولية القانونية، وحسابات الكربون، وتطوير موارد التخزين، وتمويل المشاريع، والبحث والتطوير، بغية دعم احتجاز حوالي 450 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون من المصادر الصناعية والغلاف الجوي بحلول عام 2050 (**الاتحاد الأوروبي، 2024**). ويوجد أيضًا عدد متزايد من المنصات التعاونية التي تجمع بين الحكومات والقطاع الخاص والباحثين من أجل تعزيز تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، منها المؤتمر الوزاري للطاقة النظيفة، ومبادرة مهمة الابتكار، وشبكة آسيا لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، ومبادرة تحدي إدارة الكربون.

يتميز كل من المؤتمر الوزاري للطاقة النظيفة ومبادرة مهمة الابتكار بالشمولية وتعالج برامجهما الفرعية مختلف عناصر الوصول إلى الصفر الصافي، وكلاهما يشتمل على برامج عن تقنية احتجاز الكربون وتخزينه. يتضمن المؤتمر الوزاري للطاقة النظيفة مبادرة احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه التي تضم 15 عضوًا من الحكومات وتهدف إلى تسريع اعتماد هذه التقنية لتكون خيارًا فعالًا لتخفيف انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (**المؤتمر الوزاري للطاقة النظيفة، 2024**). وتعتمد هذه المبادرة في نموذج تشغيلها على التعاون بين الحكومات والقطاع الصناعي والقطاع المالي وترى أنه عنصر أساسي لتسريع الاستثمارات في هذه التقنية.

تركز مبادرة مهمة الابتكار، التي تضم 23 عضوًا حكوميًا إضافةً إلى المفوضية الأوروبية، على البحث والتطوير والعروض التجريبية لتسريع الابتكار في تقنيات التخفيف من تغير المناخ. وتتضمن المبادرة شراكات مع القطاع الخاص والباحثين، ولها سبع مهام، اثنتان منها تتعلق بإدارة الكربون: مهمة الصناعات بصفر انبعاثات، ومهمة إزالة ثاني أكسيد الكربون (**مبادرة مهمة الابتكار، 2024**).

تهدف شبكة آسيا لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه إلى تسهيل استخدام هذه التقنية في قارة آسيا. وتدير مؤسسة البحوث الاقتصادية لرابطة دول جنوب شرق آسيا وشرق آسيا التي تتمتع بقدرات بحثية كبيرة هذه الشبكة وتدعمها. وتضم هذه الشبكة إلى جانب ثلاثة عشر عضوًا من الحكومات أكثر من 200 عضو داعم من القطاع الخاص، بدءًا من البنوك والمؤسسات المالية ووصولًا إلى شركات الصناعات الثقيلة (**شبكة آسيا لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، 2024**).

أما مبادرة تحدي إدارة الكربون (CMC) فهي مبادرة حديثة لا تزال تخطو خطواتها الأولى في تطوير برنامج عملها، وقد أُطلِقت في منتدى الاقتصادات الكبرى في أبريل 2023 بهدف تسريع نطاق تطبيق احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه وإزالة ثاني أكسيد الكربون.

تهدف مبادرة تحدي إدارة الكربون (CMC) إلى زيادة فرص تمويل مشاريع إدارة الكربون، وضمان الإدراج المناسب لإدارة الكربون في مناقشات ومجموعات بيانات اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغيّر المناخ، مثل المساهمات المحددة وطنيًّا (NDCs) الخاصة بكل دولة، بالإضافة إلى رصد التقدم نحو النشر على نطاق الجيجاطن. وحتى وقت كتابة هذه السطور، انضمّت إلى هذه المبادرة المفوضية الأوروبية و21 دولة.

يتفق جميع المشركين في مبادرة إدارة تحدي الكربون على هدف عالمي مشترك يتمثل في تعزيز مشاريع إدارة الكربون (مثل احتجاز الكربون وتخزينه أو إزالة ثاني أكسيد الكربون) التي تمتلك مجتمعة القدرة على احتجاز مليار طن من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2030 (**تحدي إدارة الكربون، 2024**).

إضافة إلى هذه المبادرات المتعددة الأطراف، توجد العديد من الاتفاقيات أو التفاهمات الثنائية التي تهدف إلى تعزيز التعاون في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، ومن أهمها بإعلان ساني لاندز لتعزيز التعاون لمواجهة أزمة المناخ الذي اشتركت الصين والولايات المتحدة في إصداره في نوفمبر 2023 في هذا البيان، تعتزم الصين والولايات المتحدة إطلاق ما لا يقل عن خمسة مشاريع تعاونية واسعة النطاق لاحتجاز الكربون واستخدامه بحلول عام 2030 (**وزارة الخارجية الأمريكية، 2023**).

يشهد التعاون بين الحكومات تسارعًا ملحوظًا، فقد وثق المعهد أكثر من 50 اتفاقية ثنائية ومذكرة تفاهم أبرمتها الحكومات الوطنية منذ عام 2020 تتضمن التزامات بتطوير تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ضمن نطاقها (**انظر الشكل 2.1**).

تعتبر الاتفاقيات الثنائية بين الحكومات أمرًا بالغ الأهمية عندما تمتد سلاسل القيمة لاحتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود الوطنية. ومن الأمثلة الحديثة على ذلك:

- خطاب النوايا المبرم بين سنغافورة وإندونيسيا في فبراير 2024 للتعاون في احتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود (**وزارة التجارة والصناعة في سنغافورة،2024**).
- اتفاقيات حكومات الدنمارك وبلجيكا وهولندا والسويد مع النرويج بشأن نقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود والتخزين الجيولوجي له التي أُبرِمت في أبريل 2024 (**حكومة هولندا، 2024**).

تعد اتفاقيات تمكين النقل العابر للحدود لثاني أكسيد الكربون لتخزينه الجيولوجي أكثر تقدمًا في أوروبا، وهي أيضًا موضوع نقاش نشط في منطقة آسيا والمحيط الهادئ. على سبيل المثال، يوضح مشروع بايو أوندان، الذي تملكه شركة سانتوس والذي يتضمن إعادة توظيف البنية التحتية الحالية لإنتاج الغاز في نقل ثاني أكسيد الكربون من أستراليا إلى تيمور الشرقية، وهو ما يُظهر الأهمية البالغة للتعاون بين الدول لوضع اللوائح والاتفاقيات الثنائية اللازمة لتمكين سلاسل قيمة عابرة للحدود لاحتجاز الكربون وتخزينه.

وعمومًا، تدرس دول مثل سنغافورة وكوريا الجنوبية واليابان إمكانية تصدير ثاني أكسيد الكربون إلى دول أخرى تمتلك موارد تخزين ضخمة مثل أستراليا وماليزيا وإندونيسيا. فعلى سبيل المثال، تتعاون الحكومتان الماليزية والكورية الجنوبية مع مشروع شيبارد لاحتجاز الكربون وتخزينه من أجل تمكين تصدير ثاني أكسيد الكربون من كوريا الجنوبية إلى ماليزيا لتخزينه تحت الأرض. ويهدف مشروع شيبارد المشترك بين مجموعة من الشركات الرائدة في القطاع، منها لوتي كيميكال، بترورناس، سامسونج إي آند إيه، سامسونج هيفي إندستري، إس كيه إيرثون، كي إن أو سي، هانوا كوربوريشن، إير ليكيد وشل وغيرها، إلى تطوير البنية التحتية اللازمة لنقل الكربون وتخزينه بأمان في ماليزيا (**شيبارد لاحتجاز الكربون وتخزينه، 2024**).

وتوجد أيضًا العديد من الشراكات بين القطاعين العام والخاص لتطوير مرافق احتجاز الكربون وتخزينه من مناطق أخرى. على سبيل المثال، في المملكة العربية السعودية، أبرمت وزارة الطاقة اتفاقية تعاون مع كل من أرامكو السعودية وشركة الخدمات البترولية شلمبرجير وشركة ليند لإقامة مركز متخصص في احتجاز واستخدام وتخزين الكربون في مدينة الجبيل. ومن المتوقع أن يصل حجم التخزين في هذا المركز إلى 9 ملايين طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا بحلول نهاية العقد الحالي. (**سارة غلوب ونييرمال نارايانان (2022)**).

وفي هولندا، أنشأت هيئة ميناء روتردام وشركتي غاسوني وإي بي إن مشروعًا مشتركًا لتطوير نقل ثاني أكسيد الكربون وتخزينه (مشروع بورتوس). وقد حظي هذا المشروع بدعم كبير من الحكومة الهولندية. (**ليفينا إ، جيريتس ب، بلانشارد م، 2023**)

يشهد التعاون بين الحكومات تسارعًا ملحوظا، فقد وثق المعهد أكثر من 50 اتفاقية ثنائية ومذكرة تفاهم أبرمتها الحكومات الوطنية منذ عام 2020 تتضمن التزامات بتطوير تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ضمن نطاقها

في الولايات المتحدة، خصصت وزارة الطاقة مبلغًا يصل إلى 1.2 مليار دولار لدعم مركزين لالتقاط ثاني أكسيد الكربون مباشرة من الهواء يتسع كل منها لتخزين مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا. تتولى شركتا كلايمووركس وهيرلوم كاربون تكنولوجيز مهمة تطوير المركز الواقع في ولاية لويزيانا، وذلك بالتعاون مع شركة جلف كوست سيكويستريشن المتخصصة في التخزين الجيولوجي للكربون. أما المركز الواقع في ولاية تكساس، فتتولى إنشاءه شركة ابوينت فايف (تابعة لشركة أوكسيدنتال)، بالتعاون مع شركتي كاربون انجينيرنج وورلي (**وزارة الطاقة الأمريكية، 2023**).

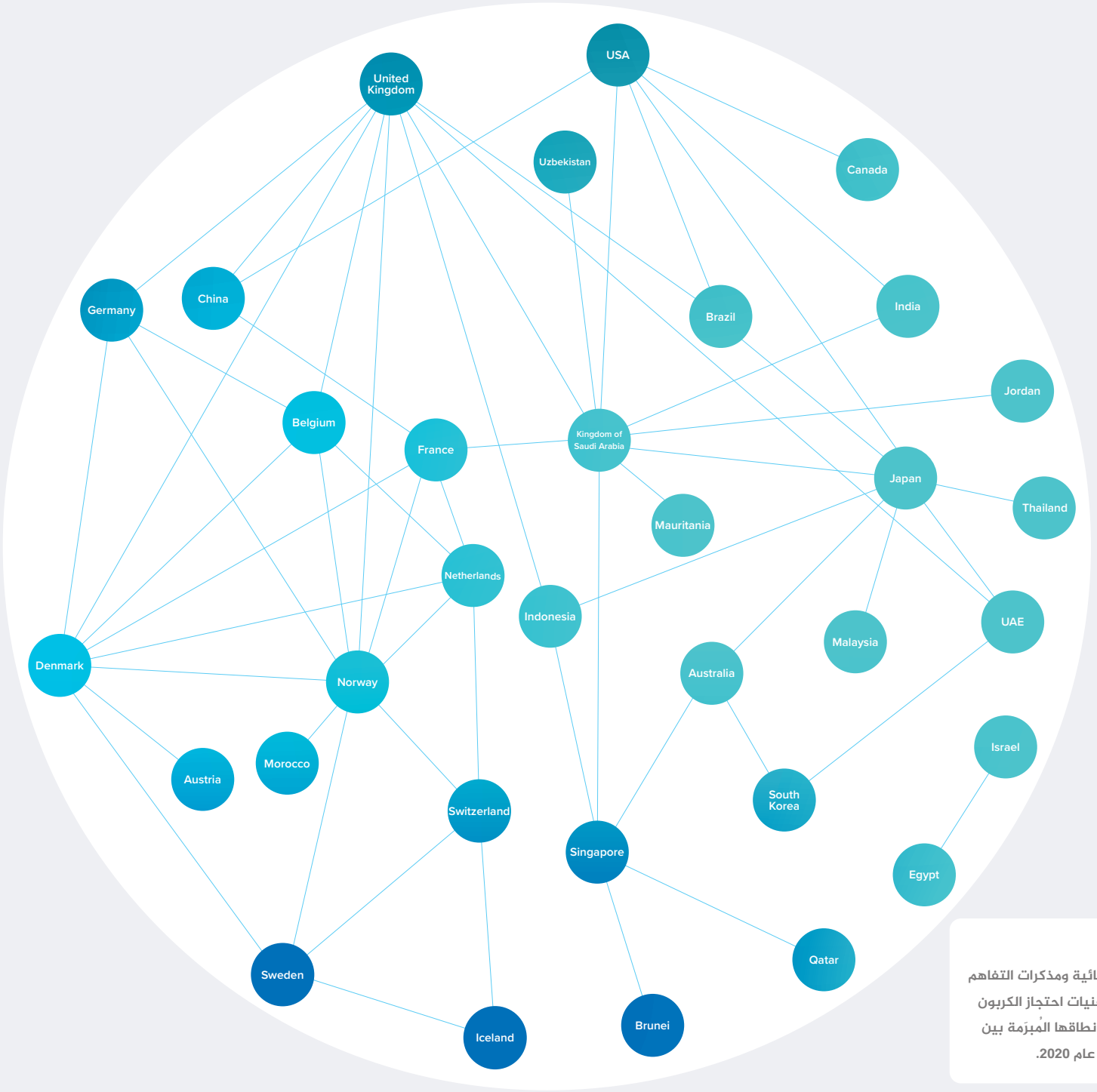
التعاون بين القطاع الخاص

تتضمَّن سلسلة قيمة احتجاز الكربون وتخزينه مجموعة متنوعة من الكفاءات التي نادرًا ما تمتلكها شركة واحدة. وهذا ما يدفع الشركات إلى التعاون لتطوير مشاريع وتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه. ففي كل شهر، يجري الإعلان عن شراكات جديدة ومشاريع مشتركة ومذكرات تفاهم.

تتعاون شركات تطوير المشاريع مع مطوري التكنولوجيا لتحسين عملية احتجاز ثاني أكسيد الكربون وجعلها تلائم تطبيقاتهم الخاصة. وتتعاون شركات بناء السفن مع أحواض بناء السفن والموانئ لدراسة تصميم وتكامل ناقلات ثاني أكسيد الكربون السائل ومرافق الموانئ. وتتعاون شركات النفط والغاز فيما بينها لتطوير موارد التخزين الجيولوجي، وتتعاون أيضًا مع شركات الشحن ومطوري التكنولوجيا لتطوير سلاسل قيمة كاملة لاحتجاز الكربون وتخزينه. وتتعاون الشركات التي تنشط في القطاعات التي يصعب الحدّ من انبعاثاتها مع مقدمي التكنولوجيا لإجراء دراسات تتعلق بتطبيق تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في صناعتها.

يتيح هذا التعاون للشركات الاستفادة من الكفاءات والمعرفة والموارد، ما يسرع من وتيرة الابتكار ليس فقط في تطوير التكنولوجيا، ولكن أيضًا في تطوير نماذج أعمال جديدة من شأنها، مع مرور الوقت، أن تقلل من تكلفة ومخاطر أعمال احتجاز الكربون وتخزينه.

يُعتبر التعاون بين شركات القطاع الخاص محركًا حاسمًا للابتكار يساهم في توفير تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه ويساعد في تحقيق أهداف المناخ بتكلفة أقل وتطبيق تقنيات الاحتجاز والتخزين على مجموعة أوسع من الصناعات وعدد أكبر من المشاريع.



الشكل 1-2.0

الاتفاقيات الثنائية ومذكرات التفاهم التي تشمل تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه ضمن نطاقها المُبرَمة بين الحكومات منذ عام 2020.

3.0

المرافق العالمية والاتجاهات

3.1 المرافق العالمية والاتجاهات

نظرة عامة

شهد عام 2024 نموًا كبيرًا في مرافق احتجاز الكربون وتخزينه. حاليًّا، توجد 50 منشأة قيد التشغيل (3 منها مخصصة للنقل والتخزين)، و44 منشأة تحت الإنشاء (7 منها مخصصة للنقل والتخزين). إلى غاية يوليو 2024، تضمنت قائمة المشاريع قيد التخطيط 628 مشروعًا، بزيادة قدرها 60% مقارنة بالعام السابق.

بلغت قائمة المشاريع قيد التخطيط مستويات قياسية، سواء من حيث عدد المرافق أو سعتها. فمنذ عام 2017، تشهد سعة الاحتجاز نموًا كبيرًا بمعدل سنوي مركب يبلغ 32%.

يوضح الشكل 3.1-1 النمو في كلٍّ من عدد مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه وسعتها الإجمالية منذ تقرير الوضع العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه لعام 2023. زادت السعة في المشاريع قيد التخطيط بنسبة 15% على مدار العام الماضي. والأهم من ذلك زيادة سعة الاحتجاز في المرافق قيد الإنشاء بنسبة 57%.

يوضح الشكل 3.1-2 نمو السعة منذ عام 2010 حتى 24 يوليو 2024. تشير المشاريع التي وصلت إلى مرحلة تطوير متقدمة وتتمتع تمويل هندسي كبير ومستويات عالية من الالتزام على تقدم الخطى نحو الحصول على الموافقة على التمويل وبدء الإنشاء.

وقد ازداد عدد هذه المشاريع بأكثر من الضعف في غضون العام الماضي، حيث ارتفع عددها من 121 مشروعًا إلى 247 مشروعًا.

بحلول 24 يوليو 2024، بلغ عدد مشاريع النقل والتخزين (دون احتساب مشاريع الاحتجاز) 222 مشروعًا في مراحل مختلفة من التطوير. وهذا يدل على نمو كبير في سعة المشاريع من كل المراحل ويشير إلى زيادة بنسبة 118% في عدد المشاريع التي بلغت مرحلتي التطوير المتقدمة والمبكرة.

التطوير المبكر

المرفق إما في مرحلة إنجاز دراسة ما قبل الجدوى أو دراسة الجدوى وإما أتم إنجازها.

التطوير المتقدم

المرفق إما في مرحلة إنجاز هندسة وتصميم المراحل الأساسية وإما أكمل إنجازها. أما إذا كان المرفق موقع تخزين، فالجهة المعنية إما في مرحلة تقديم خطة تطوير الحقل أو ما يعادلها للجهات التنظيمية أو أكملت هذه المرحلة.

قيد الإنشاء

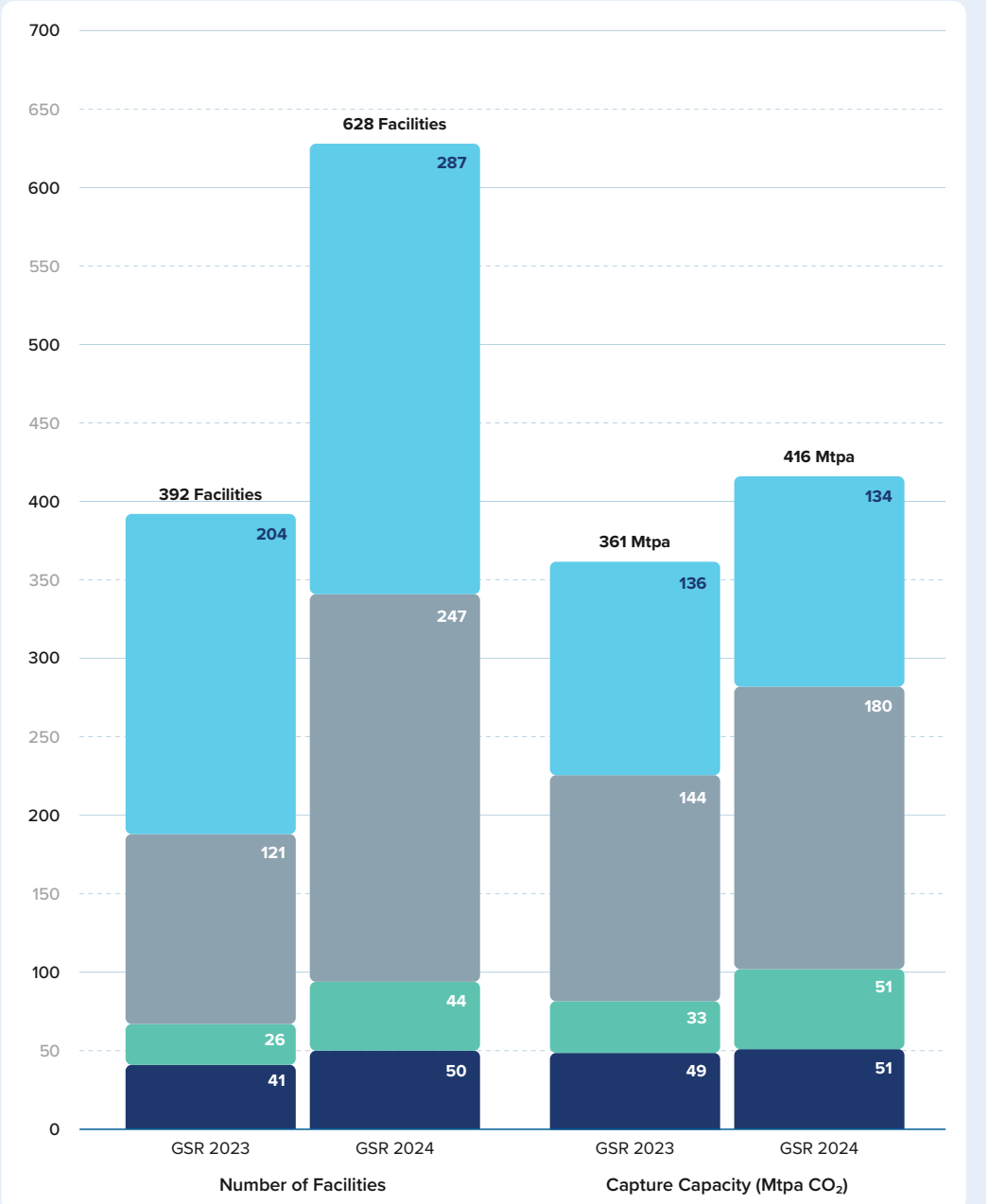
تم اتخاذ قرار نهائي إيجابي بشأن الاستثمار.

قيد التشغيل

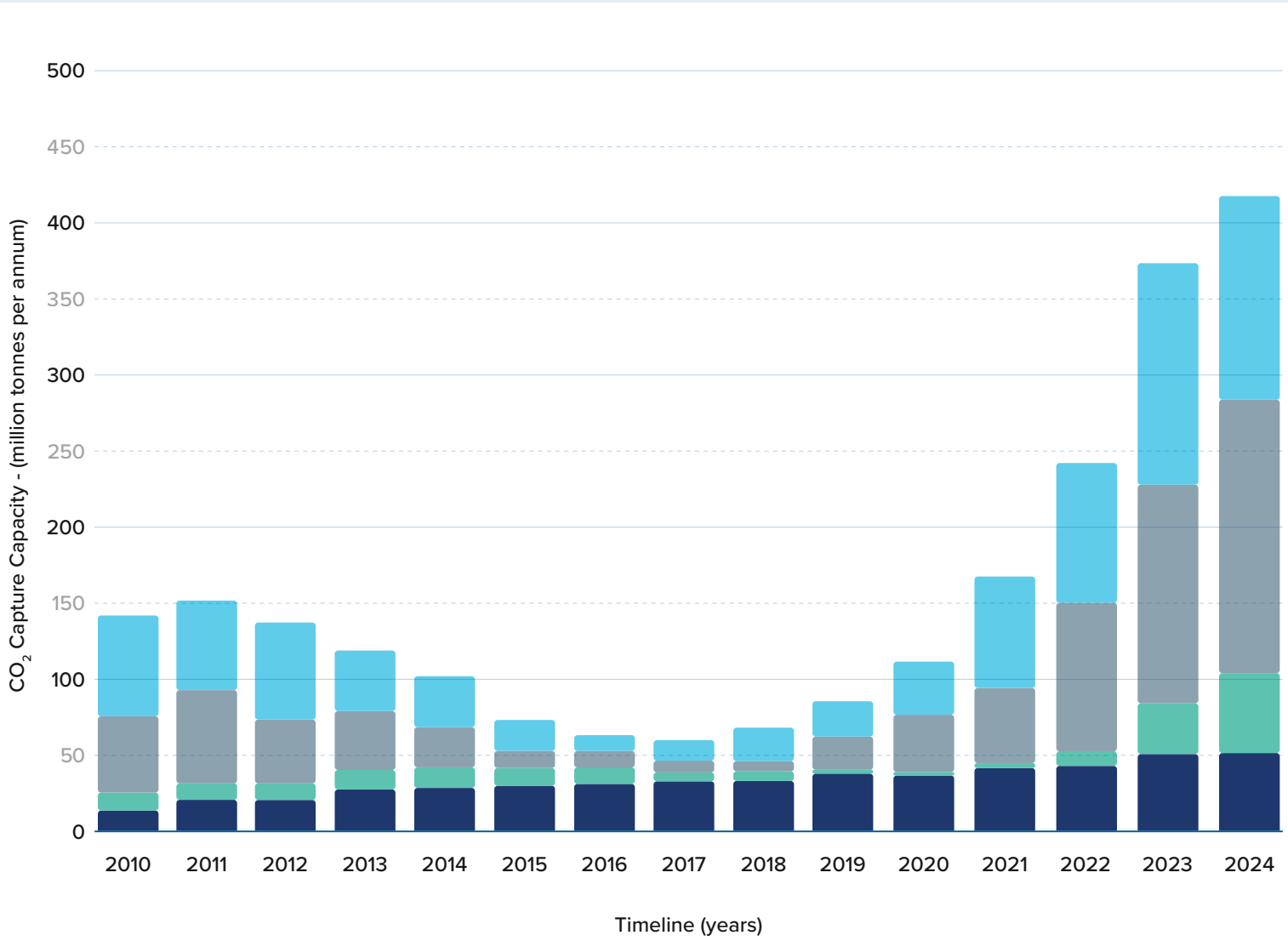
يجري حاليًا احتجاز ثاني أكسيد الكربون ونقله وتخزينه بشكل فعّال.

الشكل 3.1-1

المنشآت التجارية لاحتجاز الكربون وتخزينه بحسب عددها وسعتها التخزينية



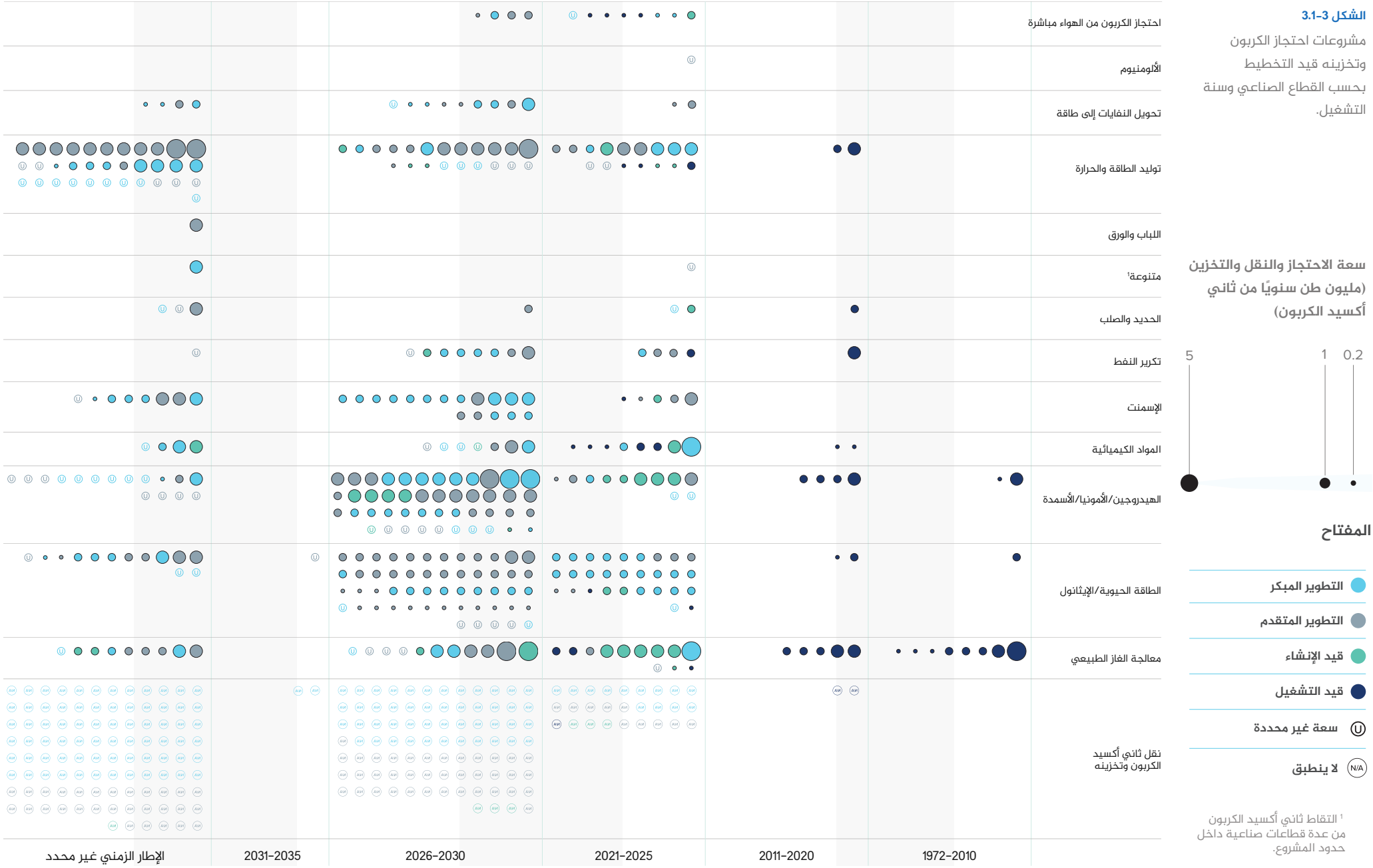
الشكل 3.1-2
سعة احتجاز ثاني أكسيد الكربون في المنشآت التجارية لاحتجاز الكربون وتخزينه منذ عام 2010



57%
هي نسبة الزيادة السنوية في قدرة احتجاز ثاني أكسيد الكربون قيد الإنشاء.

الشكل 3-3.1

مشروعات احتجاز الكربون وتخزينه قيد التخطيط بحسب القطاع الصناعي وسنة التشغيل.



[1] التقاط ثاني أكسيد الكربون من عدة قطاعات صناعية داخل حدود المشروع.

السياسات

شهد العام الماضي تطورات سياسية في بعض المناطق حسّنت ظروف تطوير المشاريع. إلى جانب التمويل المباشر، فيما يأتي أبرز الأدوات السياسية المستخدمة:

التشريعات واللوائح المُمكّنة- أصدرت اليابان قانون أعمال احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (**وزارة الاقتصاد اليابانية، 2024**)؛ وأقرّ مجلس الاتحاد الأوروبي قانون الصناعة بصفر انبعاثات، مستهدفًا تحقيق قدرة على حقن ثاني أكسيد الكربون تبلغ 50 مليون طن سنويًا بحلول عام 2030 (**مجلس الاتحاد الأوروبي، 2024**)؛ وأصدرت إندونيسيا لوائح شاملة لاحتجاز الكربون وتخزينه (**وزارة الطاقة والموارد المعدنية الإندونيسية، 2024**). كما أصدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية تنظيمًا جديدًا يُلزم محطات الفحم القائمة ومحطات الغاز الطبيعي المستقبلية بتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بنسبة 90% بحلول عام 2032، وذلك باستخدام تقنيات مثل احتجاز الكربون (**الولايات المتحدة - مكتب الصحافة في وكالة حماية البيئة، 2024**).

الإشارات الاستراتيجية- أصدر الاتحاد الأوروبي إلى جانب استراتيجية إدارة الكربون الصناعي بيانًا يحدد هدفًا مناخيًا وسيطًا لعام 2040، ما يقدم رؤية لتوسيع نطاق تقنيات إدارة الكربون (**المعهد العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه، 2024**). وأعلنت الإمارات العربية المتحدة عن استراتيجيتها طويلة الأجل للتخلص من الكربون ودور احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في تحقيقها.

الشراكات العابرة للحدود - وقّعت النرويج اتفاقيات ثنائية مع كل من السويد والدنمارك وبلجيكا وهولندا (**المعهد العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه، 2024**) لنقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود وتخزينه، وفعلت فرنسا والدنمارك الأمر ذاته (**يورأكتيف، 2024**).

ضريبة الكربون- أطلق الاتحاد الأوروبي آلية تعديل حدود الكربون التي تفرض رسومًا على الانبعاثات المضمّنة في السلع المستوردة كثيفة الكربون (**المفوضية الأوروبية، 2023**). وهذا سيجعل مصدّري المنتجات عالية الكربون إلى الاتحاد الأوروبي أقل تنافسية إذا لم يقللوا من انبعاثات منتجاتهم باستخدام إحدى التقنيات مثل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه . رفعت سنغافورة ضريبة الكربون إلى 25 دولار سنغافوري لكل طن من مكافئ ثاني أكسيد الكربون في عامي 2024 و2025، وسترفعها إلى 45 دولار سنغافوري في عام 2026، وتهدف إلى جعلها ما بين 50 و80 دولارًا سنغافوريًا لكل طن بحلول 2030 (**وزارة الاستدامة والبيئة السنغافورية، 2024**). وارتفع سعر الكربون في كندا من 20 دولار كندي في عام 2019 إلى 80 دولار كندي في عام 2024، وسيزداد بمقدار 15 دولار كندي لكل طن سنويًا حتى عام 2030 (**حكومة كندا، 2023ب**).

بدأ تنفيذ نماذج الأعمال الجديدة التي كانت قيد التخطيط منذ فترة، ما يخلق فرصًا استثمارية ويزيد من الجدوى التجارية للمشاريع، ومنها:

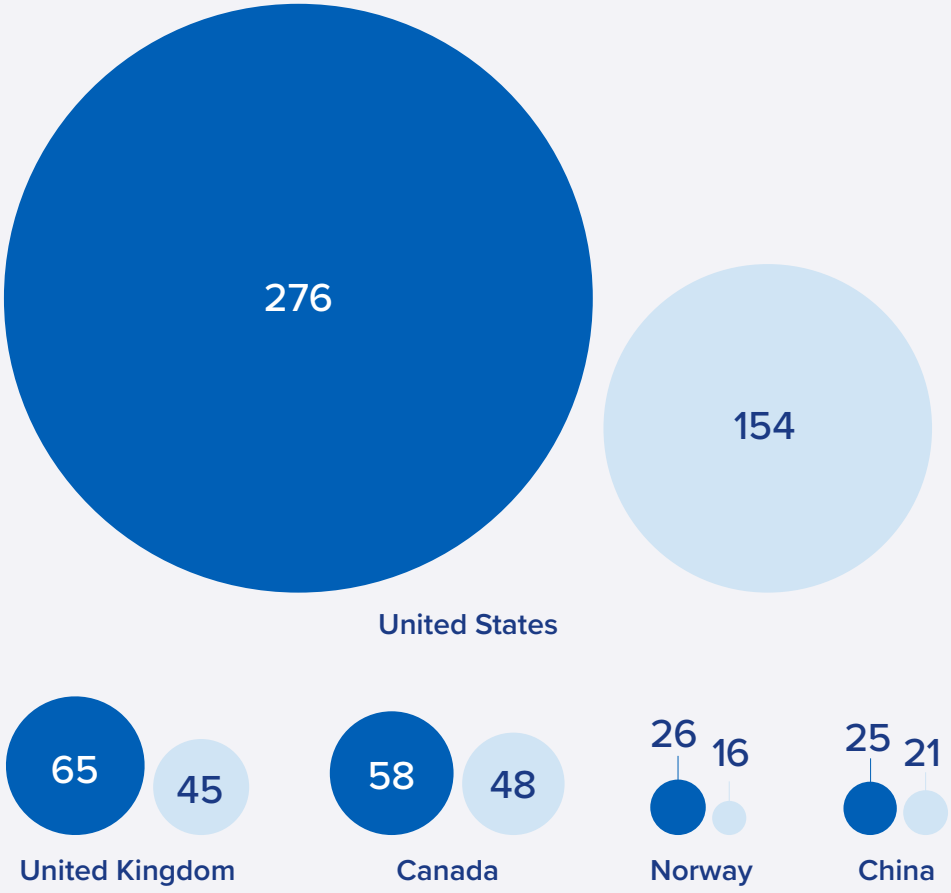
تطبيق **النقل والتخزين كخدمة** - بدأ مشروع بورتوس (هولندا) أعمال البناء، وسيقدم خدمات النقل والتخزين للعديد من الشركات، مثل إير ليكويد وإير برودكتس وإكسون موبيل وشل (**بورتوس، 2023**).

إنشاء **سلاسل قيمة عبر الحدود** - وقعت شركات خاصة مذكرات تفاهم واتفاقيات تعاون لنقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود، مثل نقله من مصادر انبعاثه في اليابان إلى مواقع تخزين في إندونيسيا وماليزيا وأستراليا، ونقله أيضًا من شركة يارا إنترناشونال (هولندا) إلى مشروع نورثرن لايتس (النرويج) (**يارا إنترناشونال، 2023**).

إنشاء **مراكز احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه** - تعاونت شركتا إكسون موبيل وشل (تحالف إس-هاب) مع حكومة سنغافورة لإنشاء مركز لاحتجاز الكربون وتخزينه يقدم خدمات النقل والتخزين عبر الحدود (**إكسون موبيل، 2024**). وبدأت حكومة المملكة المتحدة في التعاون مع مقدمي خدمات النقل والتخزين لتطوير مشروعين جديدين لاحتجاز الكربون وتخزينه هما مجمعي أكورن وفيكينج (**حكومة المملكة المتحدة - وزارة أمن الطاقة وصافي الانبعاثات الصفرية، 2024**).

الشكل 3.1-4

أول 5 دول من حيث مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه في عام 2024 مقارنة بعام 2023

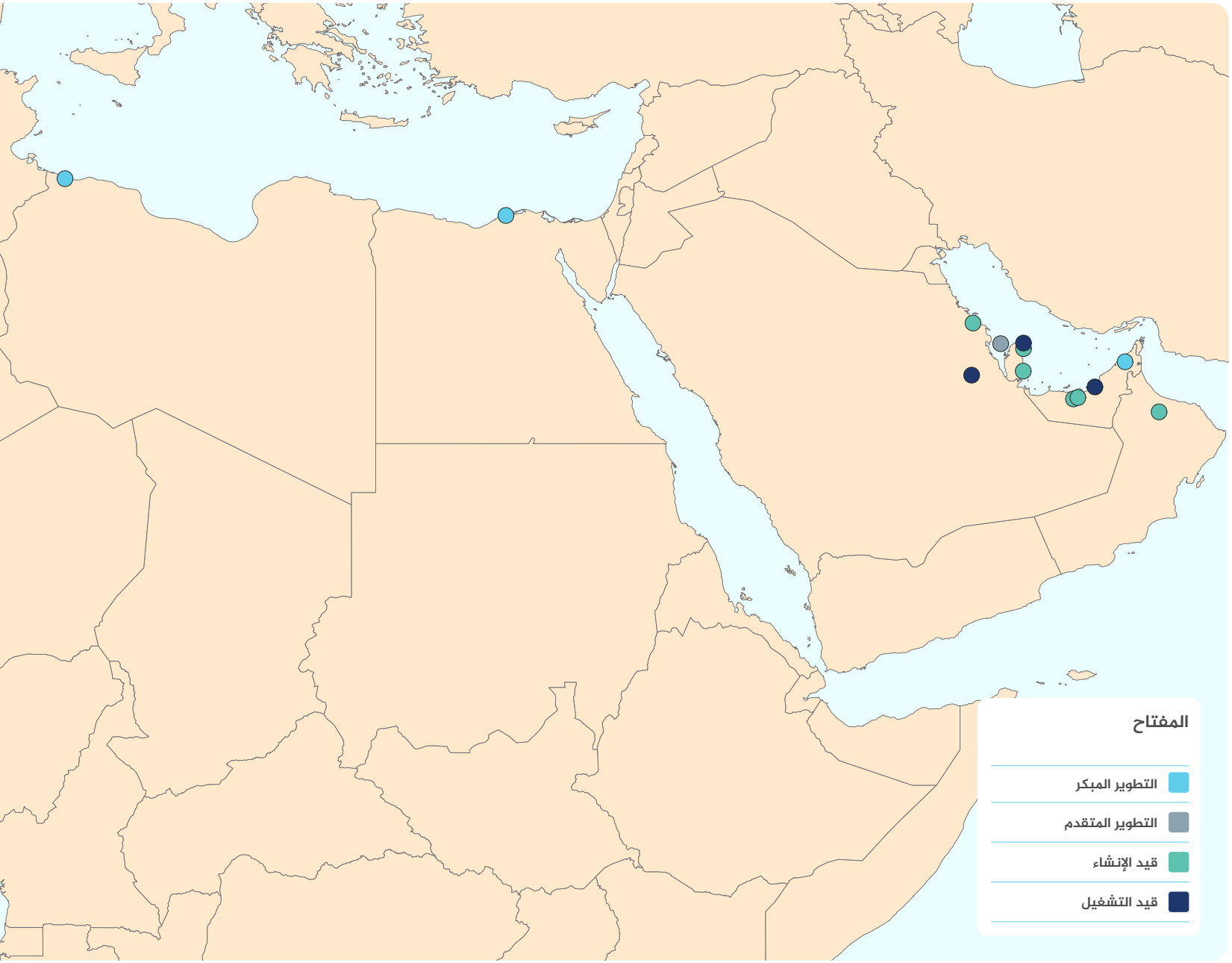


الاتجاهات الإقليمية

الشرق الأوسط وأفريقيا

تُركز منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا تركيزًا متزايدًا على احتجاز الكربون وتخزينه في إطار استراتيجياتها لإزالة الكربون. وقد أعلنت دول مثل الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية وقطر عن أهداف طموحة، مدعومة باستثمارات كبيرة. تهدف شركة أدنوك في الإمارات إلى احتجاز وتخزين 10 ملايين طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا بحلول عام 2030 (**أدنوك، 2024**)، في حين تستهدف قطر 11 مليون طن سنويًا (**قطر للطاقة**)، وتخطط أرامكو السعودية لاحتجاز 14 مليون طن سنويًا بحلول عام 2035 (**أرامكو السعودية، 2023**). وعلى المستوى الوطني، حددت السعودية هدفًا شاملًا لاحتجاز وتخزين 44 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2035 (**مبادرتا السعودية الخضراء والشرق الأوسط الخضراء، 2024**)، وتحدّد استراتيجية الإمارات طويلة الأمد مساهمة قدرها 32% من احتجاز وتخزين الكربون في التخلص من الانبعاثات الكربونية التي ينتجها القطاع الصناعي بحلول عام 2050، وهو ما يعادل 43.5 مليون طن سنويًا (**وزارة التغير المناخي والبيئة، 2024**). أما سلطنة عمان، فقد التزمت بتحقيق خفض في الكربون بنسبة 15% عبر احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه بحلول عام 2050 (**مريم أحمد يوسف النوفلي، 2024**).

تبلغ القدرة التشغيلية الحالية لعمليات احتجاز الكربون وتخزينه في المنطقة 3.8 مليون طن سنويًا، من المتوقع أن تسهم المشاريع الضخمة قيد التخطيط مثل مشروعي حبشان وغشا في الإمارات (**أدنوك، 2024**)، ومركز احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في الجبيل بالمملكة العربية السعودية (**أرامكو السعودية، 2023**)، ومشروع رأس لفان في قطر (**وورلي، 2023**)، ومشروع الالتقاط المباشر من الهواء بقدرة 1 مليون طن سنويًا في كينيا (**كلايموركس، 2023**)، في زيادة هذه القدرة لتصل إلى 65 مليون طن سنويًا على الأقل بحلول عام 2035.



خط أنابيب نورثن لايتس البري في النرويج. الصورة مقدمة من شركة نرثن لايتس.

الاتجاهات الإقليمية (تتمة الشرق الأوسط وأفريقيا)

تُعتبر أهداف إزالة الكربون والصفر الصافي من المحركات الرئيسية لهذه المبادرات، حيث تسعى الدول لتلبية الالتزامات المناخية الدولية. تهدف الإمارات وعمان إلى تحقيق الحياد الصفري في الانبعاثات بحلول عام 2050، بينما حددت السعودية والكويت والبحرين أهداف الصفر الصافي بحلول عام 2060. تُركز دول أخرى مثل جنوب أفريقيا على تقليل انبعاثاتها الكربونية وفقًا لمساهماتها المحددة وطنيًا وأهدافها القطاعية المحدثة. ويُعد استخلاص النفط المعزز محركًا آخر، إذ يمكن الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الملتقط لزيادة كفاءة استخراج النفط وتقليل الانبعاثات.

علاوة على ذلك، تُسهم تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في دعم تطوير إنتاج الهيدروجين والأمونيا منخفضي الكربون، وهما عنصران الضروريان للتحول نحو الطاقة المستدامة. على سبيل المثال، تخطط الإمارات لإنتاج 7 ملايين طن سنويًا من الهيدروجين منخفض الكربون بحلول عام 2050 (**وزارة الطاقة والبنية التحتية، 2024**)، بينما تخطط السعودية لإنتاج ما يصل إلى 2 مليون طن سنويًا بحلول عام 2030 (**شركة أرامكو السعودية، 2024**). وقد استطاعت كلتا الدولتين إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون وتصديره إلى الأسواق الرئيسية ذات الطلب المرتفع مثل اليابان وكوريا الجنوبية وألمانيا. يعتبر إنشاء شبكة لنقل ثاني أكسيد الكربون ووضع سياسات داعمة أمرين لا بد منهما لتحقيق هذه الأهداف الطموحة.

الصين

تواصل الصين إحراز تقدم في تطوير احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، وتستمر حكومتها في الاعتراف بهذه التقنية في الوثائق والسياسات. ومن أبرز تطوراتها في هذا المجال برنامج تنفيذ تكنولوجيا خضراء ومنخفضة الكربون الذي تقوده اللجنة الوطنية للتنمية والإصلاح وعشر وزارات أخرى. يقدم هذا البرنامج دعمًا ماليًا لمشاريع التخلص من الكربون المعترف بها، بما في ذلك مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه. أُعلِن عن هذا البرنامج في أغسطس 2023، ونُشِرت المجموعة الأولى من المشاريع المختارة في مارس 2024.

من بين 47 مشروعًا مختارًا، توجد ستة مشاريع تتعلق بتقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، بما في ذلك مشروع شركة هوانج الذي يُعتبر أكبر المشاريع التي تستهدف محطات توليد الطاقة بالفحم في العالم، وسيحتجز هذا المشروع 1.5 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون.

بدأت حقول شينجيانغ النفطية التابعة لشركة البترول الوطنية الصينية في مايو 2024 إنشاء أول مرحلة من مشروع متكامل لاحتجاز الكربون وتخزينه بطاقة 2 مليون طن سنويًا. ومن المتوقع أن يبدأ التشغيل الكامل لهذا المشروع بحلول صيف عام 2026، ويستهدف في مرحلته الأولى التقاط مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا من محطة جديدة لتوليد الطاقة بالفحم.

من المتوقع أن يبدأ تشغيل مشروع هوانج المتكامل لاحتجاز وتخزين الكربون بقدرة 1.5 مليون طن سنوياً في نهاية العام الجاري، ليصبح أكبر مشروع يستهدف محطات توليد الطاقة بالفحم في العالم.

في يناير 2024، انطلق بنجاح أكبر مشروع لاحتجاز الكربون الأوكسجيني في قطاع الأسمنت في العالم. وتعود ملكية هذا المشروع إلى شركة أسمنت الصين المتحدة، وتبلغ قدرته على احتجاز ثاني أكسيد الكربون 200 ألف طن سنويًا. تعتبر تقنية الاحتراق الأوكسجيني خيارًا جاذبًا للتخلص من الكربون في صناعة الأسمنت لاعتمادها على حقن الأوكسجين لزيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون فيساهم ذلك في خفض تكاليف احتجازه.

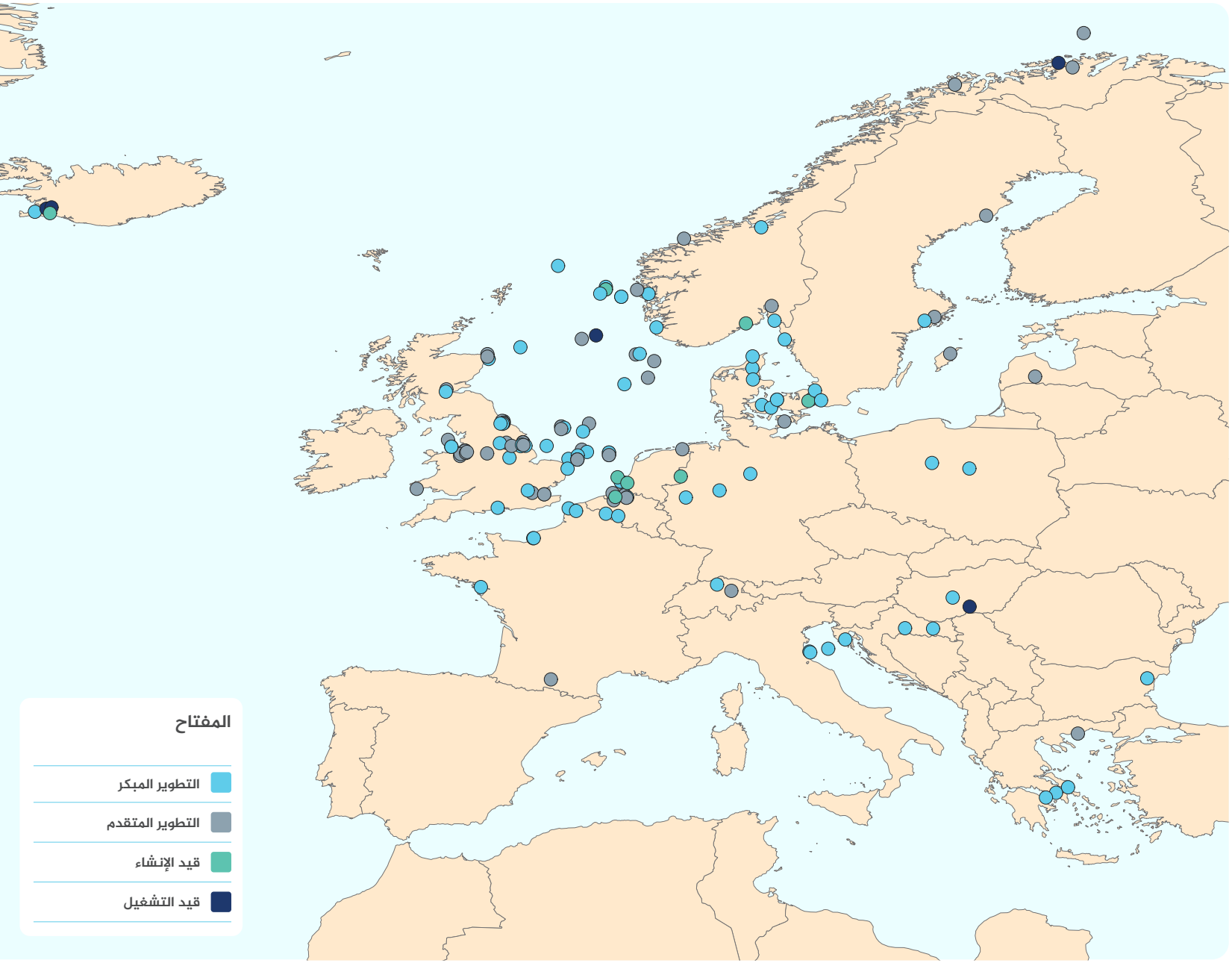
أوروبا والمملكة المتحدة

تستمر السياسات الأوروبية للتخلص من الكربون في تعزيز بناء سلسلة قيمة قوية لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه. وقد دخل الهدف الأوروبي الموحّد لتحقيق قدرة حقن تصل إلى 50 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2030، الذي قدّمه قانون الصناعة لصفر انبعاثات، حيّز التنفيذ في يونيو 2024 (الجريدة الرسمية للاتحاد الأوروبي، 2024) **(الجريدة الرسمية للاتحاد الأوروبي، 2024)**.

وفي الوقت نفسه، تدعم الحكومة البريطانية تطوير أربعة مجمعات لاحتجاز وتخزين الكربون بقدرة استيعابية تتراوح بين 20 و 30 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا. وفي أوائل أكتوبر 2024، أعلن رئيس الوزراء البريطاني عن تخصيص ما يصل إلى 21,7 مليار جنيه استرليني على مدار 25 عامًا لدعم مجمعي تيساید وميرسيساید (**وزارة أمن الطاقة وصافي الانبعاثات الصفرية في المملكة المتحدة، 2023**). ونتيجة لذلك، ارتفع عدد مشاريع احتجاز وتخزين الكربون التجارية قيد الإنشاء في أوروبا إلى 10 مشاريع في يوليو 2024، مقارنةً بستة مشاريع في يوليو 2023. ويشير هذا الارتفاع إلى تقدم كبير، إلا أن التحديات المتعلقة بتوسيع نطاق هذه التقنية لا تزال قائمة.

إن إنشاء بنية تحتية لنقل الكربون عبر الحدود يعد أمرًا بالغ الأهمية لتحقيق هذه الأهداف وخلق سوق موحد للكربون في أوروبا. وقد حققت النرويج وهولندا إنجازات كبيرة مع **اكتمال** المرحلة الأولى من مشروع نورثرن لايتس في سبتمبر 2024 وبدء إنشاء مشروع بورتوس في أبريل 2024 (**بورتوس، 2024**). ولتعزيز هذه المبادرات، وضعت استراتيجية الاتحاد الأوروبي لإدارة الكربون الصناعي، التي صدرت في فبراير 2024، خططًا لإصدار حزمة تنظيمية لنقل ثاني أكسيد الكربون (**المفوضية الأوروبية، 2024**). ومع ذلك، نظرًا لعدم توقع تنفيذ القوانين على المستوى الوطني قبل عام 2029، فإن الدول الأوروبية تتخذ إجراءات استباقية في هذا المجال.

واعتمد برلمانا والونيا وفلاندرن، وهما إقليمان في بلجيكا، مراسيم خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون في مارس 2024 (**الجريدة الرسمية البلجيكية، 2024أ، 2024ب**). وكلفت الحكومة الفرنسية الهيئة التنظيمية الوطنية للطاقة بمناقشة لوائح نقل ثاني أكسيد الكربون هذا العام (**الحكومة الفرنسية، 2023**).



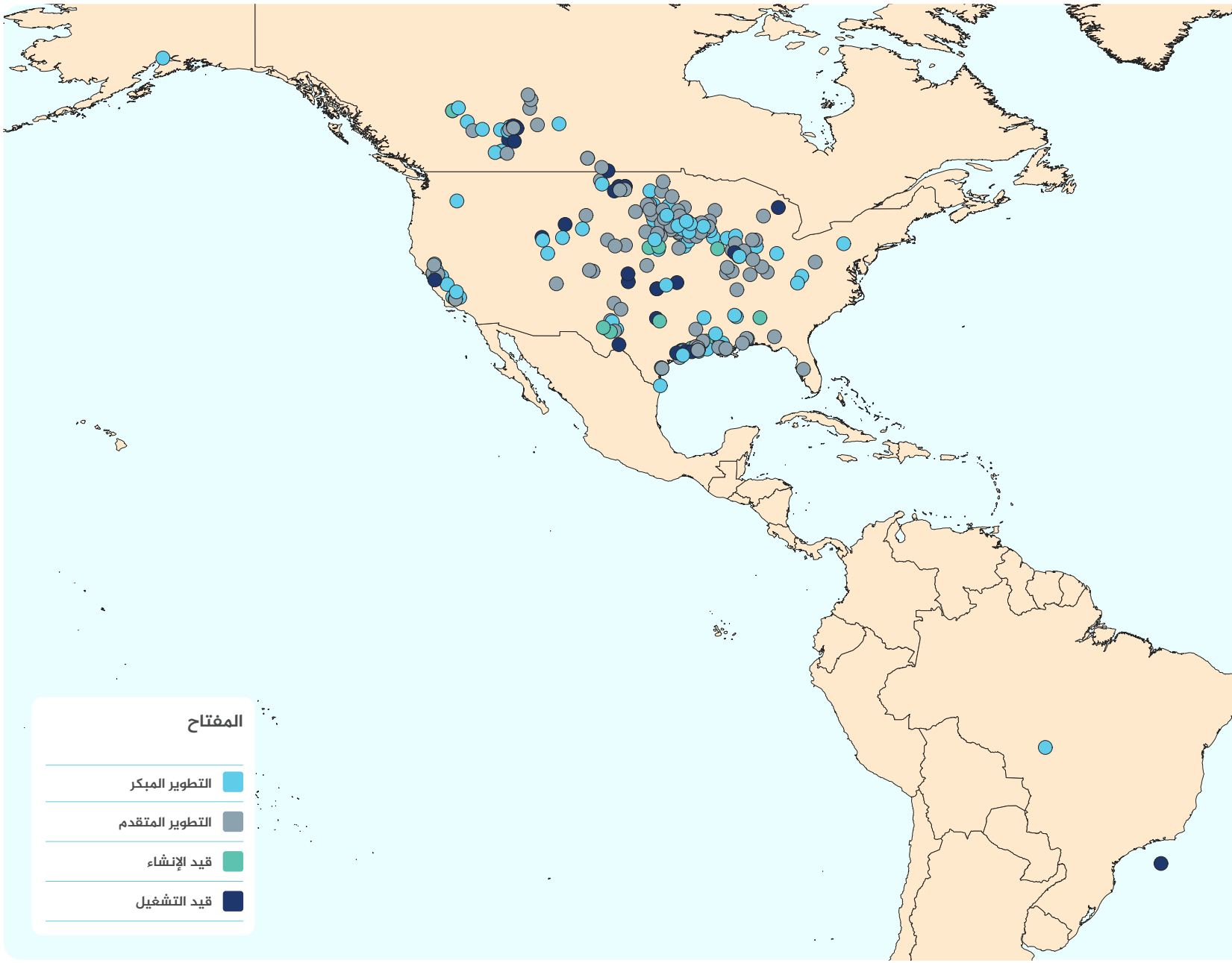
الأمريكيتان

يواصل التمويل الفيدرالي والحوافز السياسية في الولايات المتحدة في دفع عجلة تطوير مرافق احتجاز الكربون وتخزينه الرائدة عالميًا. وقد منحت وزارة الطاقة الأمريكية أو تفاوض على منح أكثر من 2.2 مليار دولار أمريكي من قانون البنية التحتية للحزبين لعام 2021 لدعم مشاريع إدارة الكربون. يتم تقييم 231 طلبًا لتصاريح آبار حقن ثاني أكسيد الكربون من الفئة السادسة تخص 88 مشروعًا في 18 ولاية أمريكية وأمة قبلية واحدة، وذلك في إطار برنامج **التحكم في حقن السوائل تحت الأرض** التابع لوكالة حماية البيئة الأمريكية. وتسجل قطاعات إنتاج الإيثانول ومعالجة الغاز الطبيعي وإنتاج الهيدروجين والأمونيا والأسمدة أعلى معدلات انتشار لمرافق احتجاز الكربون وتخزينه.

تعمل السياسات الحكومية في كندا أيضًا على تعزيز نشر المشاريع فقد وافق البرلمان الكندي في يونيو على استحداث حافز ضريبي للاستثمارات في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، وارتفع سعر الكربون الفدرالي إلى 80 دولارًا كنديًا للطن في أبريل، وفي يونيو، أنشأ صندوق النمو الكندي نوعين من عقود فروقات الكربون لدعم مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه (**حكومة كندا، 2023أ، 2024ب، 2024أ، 2024ج**).

تواصل الحكومات على المستويات الوطنية ودون الوطنية في الأمريكيتين تطوير أطرها القانونية والتنظيمية لاحتجاز الكربون وتخزينه. في الولايات المتحدة، انتقلت صلاحية وضع سياسات احتجاز الكربون وتخزينه جزئيًا من المستوى الفيدرالي إلى الولايات الأمريكية. في ديسمبر 2023، أصبحت ولاية لويزيانا ثالث ولاية أمريكية تحصل على سلطة التنفيذ بعد نورث داكوتا ووايومنغ، في حين تسعى عدة ولايات، على رأسها ألاسكا وأريزونا وتكساس وفرجينيا الغربية، للحصول على سلطة تنفيذ قانون التحكم في حقن السوائل تحت الأرض من وكالة حماية البيئة الأمريكية. وتعمل العديد من الولايات الأمريكية على وضع قوانين تنظم استخدام الفراغات المسامية الجوفية، وحقوق ملاك الأراضي، ورعاية المواقع بعد الحقن، والمسؤولية طويلة الأجل، وخطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون، وغير ذلك من القوانين المتعلقة باحتجاز الكربون وتخزينه.

أقرت البرازيل مشروع قانون وقود المستقبل 2020/528 ليصبح قانونًا نافذًا. يُحدد هذا القانون الجهة التنظيمية المسؤولة عن احتجاز الكربون وتخزينه ويضع الأداة القانونية والالتزامات على المشغلين للوصول إلى مواقع التخزين الجيولوجي.

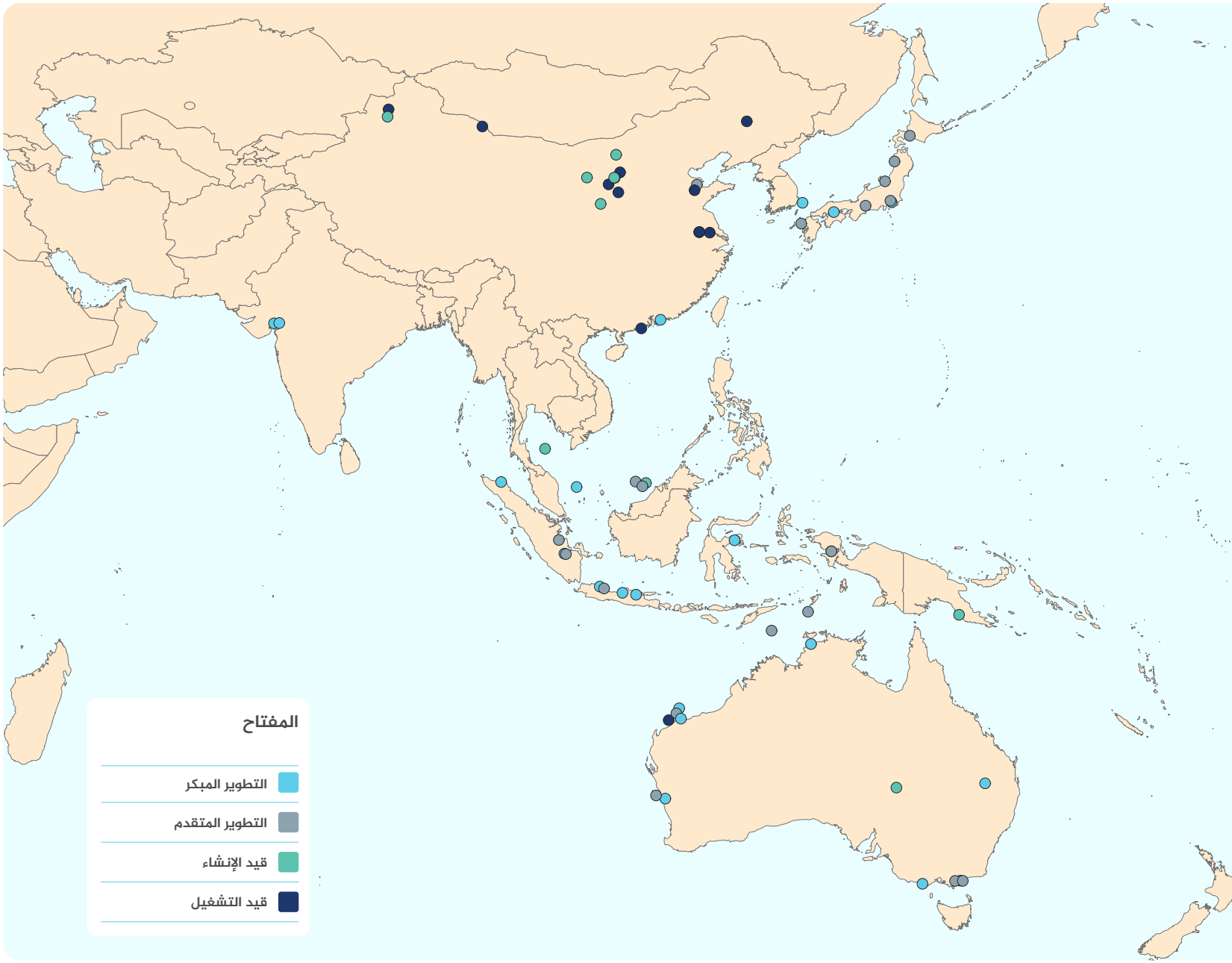


آسيا والمحيط الهادئ والهند

يحظى احتجاز الكربون وتخزينه بأهمية خاصة في المنطقة، لا سيما أن العديد من البلدان تواجه تحدي تقليل انبعاثات الكربون من اقتصاداتها سريعة النمو التي تعتمد على الوقود الأحفوري لتلبية جزء كبير من احتياجات الطاقة والصناعة. إضافةً إلى ذلك، تستمر مراكز ومشاريع احتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود في الظهور كاتجاه رئيسي في آسيا، نظرًا لأن موارد التخزين الجيولوجي غير موزعة بالتساوي في جميع أنحاء المنطقة.

تعمل دول مثل ماليزيا وإندونيسيا على تطوير كافة جوانب سلسلة القيمة لاحتجاز الكربون وتخزينه لإدارة الانبعاثات المحلية.
واستقبال ثاني أكسيد الكربون من دول أخرى تفتقر إلى موارد التخزين الجيولوجي الكافية لتخزينه مقابل رسوم (**وزارة الطاقة والموارد المعدنية الإندونيسية، 2023؛ هيئة الاستثمار والتنمية الماليزية، 2023**). وتسعى اليابان وسنغافورة وكوريا الجنوبية سعيًا حثيثًا إلى تطوير سلاسل القيمة لاحتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود، وتصدير ثاني أكسيد الكربون للتخزين في ماليزيا أو إندونيسيا أو أستراليا (**نشرة الكربون، 2023؛ وكالة اليابان للنفط والغاز والمعادن، 2024؛ وزارة التجارة والاستثمار في سنغافورة، 2024**).

تعمل الحكومات الآسيوية والقطاع الخاص بنشاط وسرعة على معالجة العقبات أمام إنشاء صناعة شاملة لاحتجاز وتخزين الكربون في المنطقة. ففي غضون الإثني عشر شهرًا الماضية، أصدرت كل من إندونيسيا وكوريا الجنوبية واليابان أطرًا تنظيمية، ومن المتوقع أن تحذو ماليزيا حذوها في أواخر عام 2024. وأُبرِمت العديد من الاتفاقيات على المستوى الإقليمي، سواء في القطاعين العام والخاص، لتسهيل التقييمات الجيولوجية، ودراسات الجدوى، ومن ثم الاستثمارات المستقبلية. ومع ذلك، تبقى بعض التحديات مثل اليقين التنظيمي الكامل، والتمويل، تحقيق الربحية من أنشطة احتجاز الكربون وتخزينه، والاتفاقيات الدولية المعقدة المتعلقة بنقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود، قضايا قائمة ولا بد من استمرار التعاون لمواجهتها.



الاتجاهات القطاعية

لاحتجاز الكربون وتخزينه دور رئيسي في رحلة الوصول إلى صافي الانبعاثات الصفري، وذلك لنجاعته في إزالة الكربون من المنشآت التي يصعب تقليل انبعاثاتها، مثل منشآت معالجة الغاز، ومنشآت صناعة المواد الكيميائية، والأسمدة، والإسمنت، والحديد والصلب. وتعتبر هذه القطاعات حيوية في عملية التخلص من الكربون لأنها تطلق كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون.

يتسبب قطاعا الأسمنت والحديد والصلب معًا بنسبة 13.5% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناجمة عن الأنشطة البشرية (**فنيل وآخرون، 2022**).

من الضروري أن تخفض هذه القطاعات انبعاثاتها الكربونية، بصرف النظر عن التحديات التقنية والاقتصادية التي ستواجهها. تتمتع تقنية احتجاز الكربون وتخزينه بالقدرة على تقليل انبعاثات هذه الصناعات تقليلًا كبيرًا.

صناعة الأسمنت والجير

تنتج التفاعلات الكيميائية في صناعة الأسمنت والجير ثاني أكسيد الكربون، وهو مركب ثانوي لا مناص من إنتاجه. ويولّد احتراق الوقود الأحفوري في أفران الأسمنت والجير كميات كبيرة من الانبعاثات بسبب حاجة التفاعلات الكيميائية إلى درجات حرارة عالية. إن حجم الانبعاثات الكبير وحتمية إنتاج ثاني أكسيد الكربون يجعلان من احتجاز الكربون وتخزينه تقنية أساسية للتخلص من الكربون الذي ينتج عن صناعة الأسمنت. يوجد حاليًا 30 مشروعًا لاحتجاز الكربون وتخزينه في قطاع الأسمنت قيد التطوير، منها منشأة واحدة قيد التشغيل (مشروع تشينغزو لاحتجاز الكربون بالاحتراق الأوكسجيني في الصين) ومنشأة أخرى قيد الإنشاء (مصنع بريفك للأسمنت في النرويج). تتوزع هذه المشاريع ما بين أوروبا وأمريكا الشمالية والصين، وتبلغ سعتها الإجمالية 29 مليون طن سنويًا. وهذا يدل على النمو الكبير لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه من قطاع الأسمنت.

الحديد والصلب

تُعتبر صناعة الحديد الصلب من الصناعات الحيوية عالميًا، إذ توفر مواد أساسية للبناء وتصنيع السيارات والسلع الاستهلاكية. وقد اعتمدت صناعة الحديد والصلب تاريخيًا على الوقود الأحفوري ليولّد الحرارة اللازمة ويكون عامل الاختزال في عملية تحويل خام الحديد إلى حديد.
تقدم تقنية احتجاز وتخزين الكربون مسارين للمساعدة في تخفيف انبعاثات الكربون في صناعة الحديد والصلب. الأول هو استخدامها كحل تقني للتخلص من الانبعاثات الكربونية في أفران الصهر التي تستخدم على نطاق واسع في صناعة الصلب حول العالم، خاصة في الصين والهند. تتميز منشآتالصلب بعمرها الطويل، ومن غير المرجح التخلي عن المصانع الحالية لصالح تقنيات جديدة. لذلك، يُعتبر احتجاز ثاني أكسيد الكربون بعد عملية الاحتراق خيارًا مرنًا للتخلص من الكربون الذي تنتجه هذه الصناعة.

فضلًا على ما سبق، يجري حاليًّا تطوير صناعة الحديد القائمة على الهيدروجين الذي تلعب تقنية احتجاز الكربون وتخزينه دورًا محوريًا في إنتاجه بتكلفة معقولة، ما يمكن أن يدعم تشغيل مصانع الحديد المستقبلية.

في الوقت الراهن، لا توجد سوى منشأة احتجاز واحدة تعمل في مصنع للحديد والصلب، وهي منشأة الريادة التي تديرها شركة أدنوك في منشأة إيمستيل. وتوجد ستة مشاريع أخرى قيد التطوير لاحتجاز الكربون وتخزينه من قطاع الحديد والصلب في أمريكا الشمالية ومنطقة آسيا والمحيط الهادئ.

الالتقاط المباشر من الهواء

برزت تقنية التقاط ثاني أكسيد الكربون من الهواء المباشر كأحد المجالات التي تحظى باهتمام كبير لتحقيق صافي الانبعاثات الصفري في السنوات الأخيرة. تُعتبر إزالة ثاني أكسيد الكربون مباشرةً من الغلاف الجوي أكثر تكلفة نسبيًا مقارنةً بالتقاطه من مصادر نقطية، ولكن عمليات النشر التجارية المبكرة لهذه التقنية التي تتوسع تدريجيًا سيساعد في تحسين الجدوى الاقتصادية للمشاريع، وإثبات فعالية المفاهيم الجديدة، وجعل التقنية أكثر تنافسية.

ظهرت مجموعة نشطة من الشركات التقنية الجديدة التي تسعى لتطوير طرق كيميائية وفيزيائية مبتكرة لالتقاط ثاني أكسيد الكربون مباشرة من الهواء.

توجد حاليًا أربع منشآت تجارية قيد التشغيل تستخدم تقنية الالتقاط المباشر من الهواء، وهي: منشأتا أوركا وماموث التابعتين لشركة كلايميووركس في آيسلندا، ومنشأة داك كاليفورنيا التابعة لشركة هيرلوم، ومنشأة بانتام التابعة لشركة هايمدال في أوكلاهوما. وتوجد أيضًا 16 منشأة أخرى في مراحل تطوير مختلفة منها منشأتان قيد الإنشاء في سلطنة عمان والولايات المتحدة.

في الولايات المتحدة، اختارت وزارة الطاقة الأمريكية مركزين يعتمدان على تقنية الالتقاط المباشر من الهواء ، سعة كل واحد منهما 1 مليون طن سنويًا، لتلقي دعم مالي كبير من صندوق تمويل قيمته 3,5 مليار دولار أمريكي. إضافة إلى ذلك، تتلقى 29 فكرة أخرى لإنشاء مراكز للالتقاط المباشر من الهواء دعمًا من وزارة الطاقة الأمريكية (أقل من 10 ملايين دولار أمريكي لكل منها).

تنتشر مشاريع الالتقاط المباشر من الهواء في مناطق جغرافية واسعة، بما في ذلك أفريقيا، ما يعكس مرونة هذه التقنية من حيث الموقع. ويُفضَّل إنشاء مشاريع الالتقاط المباشر من الهواء في أماكن تتوافر فيها الطاقة منخفضة الكربون بتكلفة معقولة وتتوافر فيها أيضًا موارد التخزين الجيولوجي ذات جودة عالية. وعلى عكس التقاط ثاني أكسيد الكربون من مصادر انبعاثه، لا ترتبط تقنية الالتقاط المباشر من الهواء بالمصادر الصناعية لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

بئر حقن ثاني أكسيد الكربون/كبريتيد الهيدروجين في هيليسيدي، آيسلندا.الصورة مقدمة من شركة كاربفكس.

برزت تقنية احتجاز الكربون من الهواء مباشرةً وحظيت باهتمام كبير بوصفها إحدى طرق تحقيق الصفر الصافي في السنوات الأخيرة.

3.2 السياسة الدولية والتطورات القانونية والتنظيمية

22

دولة منضمة إلى مبادرة تحدي إدارة الكربون

أستراليا
البحرين
البرازيل
كندا
الدنمارك
المفوضية الأوروبية
مصر
آيسلندا
إندونيسيا
اليابان
كينيا
موزمبيق
هولندا،
نيجيريا،
النرويج
رومانيا
المملكة العربية السعودية، السنغال،
السويد
الإمارات العربية المتحدة،
المملكة المتحدة،
الولايات المتحدة الأمريكية

G7

كندا
فرنسا
ألمانيا
إيطاليا
اليابان
المملكة المتحدة
الولايات المتحدة الأمريكية

السياسة المناخية الدولية

في قرار التقييم العالمي المرتقب الذي يهدف إلى الانتقال بعيدًا عن الوقود الأحفوري، أدرجت تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، خاصة من القطاعات التي يصعب تقليل انبعاثاتها، في قائمة التقنيات ذات الانبعاثات الصفرية والمنخفضة التي يجب على الدول العمل عليها وتسريع استخدامها (مؤتمر الأمم المتحدة للتغير المناخي،2024).

لما كان من المقرر تقديم الجولة الثالثة من خطط العمل المناخي الوطنية، المعروفة باسم المساهمات المحددة وطنيًا في فبراير 2025، ولما كانت نتائج التقييم العالمي مخصصة لتوجيه الجولة المقبلة من المساهمات المحددة وطنيًا، فإنه يبدو أن لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه دورًا واعدًا في آخر جولة قبل عام 2030.

في التقارير السابقة حول الوضع العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه، أفاد المعهد بحدوث نمو تدريجي سنوي في عدد الدول التي تدرج تقنية احتجاز الكربون وتخزينها في مساهماتها المحددة وطنيًا. في هذا العقد الحاسم في تنفيذ إجراءات مواجهة التغير المناخي، لا بد للجيل الثالث من المساهمات المحددة وطنيًا أن يدمج خططًا استثمارية في مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه بما يتماشى مع التوجهات الحالية لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ لإرسال إشارة واضحة إلى المستثمرين والمانحين.

في عام 2024، ستشمل الجولة الأولى من تقديم تقارير الشفافية الثنائية معلومات حول قوائم الجرد الوطنية، والتقدم المحرز نحو في تحقيق المساهمات المحددة وطنيًا، والسياسات والتدابير ومستويات التمويل، وتطوير التكنولوجيا ونقلها، واحتياجات بناء القدرات. وسيواصل برنامج الحد من الانبعاثات وتنفيذها التابع لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ عمله تحت شعار "المدن والمباني والأنظمة الحضرية". ويوفّر هذا البرنامج، من خلال الحوارات العالمية نصف السنوية التي تركز على الاستثمار، فرصة فريدة لمشاركة الحكومات وأصحاب المصلحة باستمرار في التطبيقات المتنوعة لتقنيات احتجاز وتخزين الكربون وتمويلها

نشر هذا البرنامج في العام الماضي نتائج رئيسية حول تقنية احتجاز الكربون وتخزينه تضمنت الفرص والعوائق والحلول العملية التي يمكن البناء عليها مع نضوج المناقشات.

تماشيًا مع الإطار الأوسع لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، يمكن للإثنين وعشرين عضوًا المشاركين في مبادرة تحدي إدارة الكربون دمج تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه بشكل أكثر شمولية في مساهماتهم المحددة وطنيًا المحدثة لدعم هدفهم المتمثل في إدارة مشاريع لإدارة الكربون بسعة 1 مليار طن أو أكثر سنويًا بحلول عام 2030. في مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين الذي عُقد العام الماضي، دعمت رئاسة الإمارات العربية المتحدة هذه المبادرة واستضافت حدثًا وزاريًا رفيع المستوى بالتعاون مع حكومات الدول الراعية لهذه المبادرة، وهي البرازيل وكندا وإندونيسيا والمملكة المتحدة والولايات المتحدة، بمشاركة مجموعة من الحكومات ذات تنوع إقليمي، منها البحرين والصين وآيسلندا واليابان وكينيا وموزمبيق ورومانيا والسنغال والسويد، ما يجسد فرص التعاون في مجال احتجاز الكربون وتخزينه وبناء جسور بين الدول ذات الظروف الوطنية المتباينة.

وعلى صعيد آخر، عزّز اجتماع وزراء المناخ والطاقة والبيئة لمجموعة السبع في تورينو بإيطاليا في أبريل 2024 أعلى مستويات الدعم الحكومي والتعاون العالمي في مجال احتجاز الكربون وتخزينه. وفي البيان الصادر عن الاجتماع، أبرز المشاركون نتائج التقييم العالمي وأشاروا إلى مبادرة إدارة تحدي الكربون.

وأكدوا أيضًا على أهمية تقنيات إدارة الكربون لتحقيق هدف الوصول إلى صافي الانبعاثات الصفري، لا سيما في القطاعات التي يصعب خفض انبعاثاتها.

وشدد المشاركون على الحاجة إلى زيادة وتيرة وحجم استخدام هذه التقنيات زيادة معتبرة وتطوير آليات لتصدير واستيراد ثاني أكسيد الكربون.

رغم الإجماع على ضرورة تعزيز تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في أهم المحافل الدولية، إلا أن تمويل هذه التقنية لا يزال يشكل عائقًا رئيسيًا. لذلك يمثل مؤتمر الأطراف التاسع والعشرين لهذا العام الذي سُمّي «مؤتمر التمويل» فرصة سانحة لدمج تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في الآليات المالية والسوقية الأوسع على النحو الذي يتناسب مع المناطق الجغرافية المختلفة.

يتمثل الهدف الرئيسي لمؤتمر الأطراف التاسع والعشرين في التوصل إلى اتفاق بشأن هدف عالمي جديد لتمويل العمل المناخي ودعم جهود الدول النامية في مواجهة تغير المناخ، ليحل محل الهدف الحالي البالغ 100 مليار دولار أمريكي سنويًا، والمعروف باسم الهدف الكمي الجماعي الجديد لتمويل المناخ (NCQG).

في هذا السياق، حدث تطور واعد في تمويل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في بلدان الجنوب العالمي. فصندوق المناخ الأخضر، وهو أكبر هيئة تمويل مناخي في العالم موجهة للبلدان النامية، سيموّل أول نشاط لاحتجاز الكربون وتخزينه في ترينيداد وتوباغو. وتعتبر المادة 6 من اتفاقية باريس، التي تحظى بأولوية عالية على جدول أعمال رئاسة مؤتمر الأطراف التاسع والعشرين، أداة رئيسية لتحقيق طموحات هذه الاتفاقية. تنص المادة 6 على آلية الأمم المتحدة لإصدار أرصدة الكربون، ما يسمح للدول بتنفيذ مساهماتها المحددة وطنيًا بطرق أكثر فاعلية من حيث التكلفة والتعاون. ولا تزال المفاوضات جارية بعد عامين من رفض مقترحات لتفعيل المادتين 6.2 و6.4 بسبب قضايا متعلقة بالحوكمة والجوانب التقنية. وقد نشر مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية تعليقًا شاملًا حول المادة 6 وتقنية احتجاز الكربون وتخزينه بعد مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين (**مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية، 2024**).

تتمثل بعض القضايا المتعلقة بالحوكمة والمسائل التقنية التي تخص تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في إرشادات ومنهجيات إزالة ثاني أكسيد الكربون وتخزينه التي تُرفَض حتى الآن بسبب مخاوف تتعلق بالضمانات البيئية والاجتماعية، واحتمال عودة انبعاثات ثاني أكسيد الكربون للغلاف الجوي، والتمييز بين عمليات الإزالة المعتمدة على الأراضي وتلك التي تعتمد على تقنيات هندسية. وللبدء في معالجة بعض هذه القضايا المتعلقة بالمنهجية المحاسبية، عقدت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ في يوليو 2024 اجتماعًا للخبراء حول تقنيات إزالة

في أبريل 2024، أقرَّ وزراء المناخ والطاقة والبيئة في مجموعة السبع بأهمية تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، وهذا اعتراف من أعلى المستويات بالدور الحيوي لهذه التقنية.

كابسولجو® في محطة إي إي دبليو للطاقة من النفايات في هانوفر، ألمانيا. الصورة مقدمة من شركة كابسول تكنولوجيز.

الكربون واحتجازه وتخزينه، وتخطط لتوضيح وتحديث منهجيات جرد غازات الاحتباس الحراري الوطنية (**مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية، 2024**). ومن الجدير بالذكر أن منهجيات الجرد هذه شملت احتجاز الكربون وتخزينه منذ عام 2006.

التحول نحو تعاون أكبر

أدى تعزيز الالتزامات السياسية الدولية والطموحات الوطنية لإدارة الكربون، إلى جانب الدراسة المتعمقة للفرص التجارية التي تتيحها المشاريع، إلى زيادة الأنشطة التعاونية بين الحكومات الوطنية التي تهدف إلى نشر التقنيات على نطاق جغرافي أوسع.

على سبيل المثال، في أوروبا، ساهم اعتماد استراتيجية إدارة الكربون الصناعي في تعزيز التزام الاتحاد الأوروبي بتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، واستخدام الكربون، وإزالة الكربون، وتقنية إزالة الكربون باعتبارها تقنيات محورية لنجاح جهود التخلص من الكربون في الاتحاد الأوروبي. يشمل التزام المفوضية الأوروبية وتعاونها مع الدول الأعضاء تطوير آلية تخطيط للبنية التحتية لنقل ثاني أكسيد الكربون على مستوى الاتحاد الأوروبي، ومسارات التصاريح، وأطلس استثماري لمواقع تخزين ثاني أكسيد الكربون المحتملة.

على الصعيد العالمي، أعلنت العديد من الحكومات الوطنية عن مبادرات ثنائية مماثلة. (انظر الشكل 1-2.0) وتضع هذه الاتفاقيات أنشطة إدارة الكربون في صميم الجهود الرامية إلى معالجة تغير المناخ، وأمن الطاقة، وتحقيق أهداف الصفر الصافي.

يُعتبر نقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود عاملاً حاسمًا في الحوار والاتفاق بين الدول. وفي إطار بروتوكول لندن، وهو اتفاق دولي يركز على معالجة تصريف النفايات في المحيطات ويتناول الجوانب القانونية لنقل ثاني أكسيد الكربون المحتجز عبر الحدود الإقليمية، أبرمت عدة حكومات في أوروبا وجنوب شرق آسيا اتفاقيات وإعلانات ثنائية لدعم عمليات احتجاز وتخزين الكربون العابرة للحدود أو تتفاوض على إبرامها.

تعزيز الالتزامات السياسية الوطنية

إلى جانب التطورات السياسية التي تجري على المنصات الدولية، واصلت الحكومات الوطنية تعزيز وتوسيع التزاماتها المحلية لنشر تقنيات إدارة الكربون. وقد عززت عدة دول الأطر السياسية القائمة وأطلقت مبادرات جديدة تهدف إلى تعزيز الاعتراف بهذه التقنيات وتشجيع الاستثمار فيها.

تواصل الدول الرائدة في مجال احتجاز الكربون وتخزينه بتعزيز الأنشطة السياسية على المستويين الوطني والمحلي للبناء على المبادرات والبرامج السياسية التي أُعلن عنها سابقًا. تشمل هذه الأنشطة الالتزام بزيادة تمويل المشاريع الفردية والتطبيقات التقنية، وإطلاق برامج حوافز جديدة لدعم استخدام هذه التقنية، ووضع سياسات موجهة لتشجيع استخدام هذه التقنية وتسهيل التعاون، وتعزيز الأطر القانونية والتنظيمية المحلية لإدارة الكربون.

في الولايات المتحدة، تواصل الحكومة الفيدرالية دعم إدارة الكربون بشكل قوي. تعزّز التمويل الفيدرالي لإدارة الكربون بفضل الأنشطة التشريعية الحديثة على المستويين الفيدرالي والولائي التي تهدف إلى معالجة مجموعة من القضايا المحددة، مثل تصاريح المشاريع، وتحديد مواقع خطوط الأنابيب، والوصول إلى الإعفاءات الضريبية.

واصلت الحكومات الإسكندنافية الدعوة إلى تعزيز التعاون مع الدول المجاورة بإبرام شراكات وترتيبات رسمية لدعم الأنشطة التعاونية ونقل ثاني أكسيد الكربون المحتجز بين الدول.

في المملكة المتحدة، سلطت الحكومة الضوء على طموحاتها بجعل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه إحدى الأصول الوطنية ذات القيمة العالية، عند إصدارها لخطة القطاع لعام 2023 لما بعد عام 2030.

وضعت الحكومة عدة استراتيجيات لتحقيق هذه الطموحات وضمان أن تؤدي تقنية احتجاز وتخزين الكربون دورًا حيويًا في الوصول إلى هدف المملكة المتحدة المتمثل في بلوغ الصفر الصافي بحلول عام 2050. وعززت هذا الالتزام بتوفير دعم مالي جديد يشمل تخصيص ما يصل إلى 21,7 مليار جنيه استرليني لإنشاء مجمعين لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه كانت أعلنت عنهما في أكتوبر 2024 وأنظمة الترخيص لنقل ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

بدأت التزامات سياسية مماثلة بالظهور في بلدان الجنوب العالمي، وأعلن صناع السياسات والمنظمين عن مبادرات جديدة ودعم مالي وحزم تشريعية.

في الصين، أطلقت الحكومة برنامجًا متقدمًا للنمو الأخضر منخفض الكربون ومنشآت خفض انبعاثات الكربون. ويتضمن هذا البرنامج دعمًا ماليًا لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه بتخصيص أموال من الميزانية المركزية وتقديم حوافز في السياسات النقدية والضريبية.

في مناطق أخرى من العالم، أعلنت الحكومات الوطنية عن التزامات واضحة تجاه تقنيات إدارة الكربون في سياسات المناخ والطاقة. في منطقة الشرق الأوسط، أبرزت حكومة دولة الإمارات العربية المتحدة أهمية تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في خارطة الطريق الوطنية للتخلص من الكربون والاستراتيجية طويلة الأجل، لا سيما دوره في التخلص من الكربون الذي ينتجه القطاع الصناعي.

في عُمان، أعلنت وزارة الطاقة والمعادن عن توقيع مذكرة تعاون رسمية مع شركات طاقة محلية بشأن تقنية احتجاز الكربون وتخزينه وتقنية الهيدروجين منخفض الكربون، وبدأت مؤخرًا برنامج عمل لتصميم الإطار التنظيمي الوطني لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

تعزيز الالتزامات السياسية الدولية والطموحات السياسية الوطنية لإدارة الكربون وإجراء دراسات أعمق لفرص المشاريع التجارية للمشروع أدى إلى زيادة أنشطة التعاون.

وضع القوانين واللوائح المناسبة

تُعد الأطر القانونية والتنظيمية لتنفيذ الالتزامات السياسية الوطنية وتسهيل نشر المشاريع أمرًا بالغ الأهمية لنجاح نشر تقنيات إدارة الكربون. أكدت الحكومات حول العالم في الأشهر الإثني عشرة الماضية على رغبتها في تعزيز أنظمتها السياسية والتنظيمية واتخذت خطوات أولية نحو في تصميم تشريعات خاصة بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

كما ذُكر آنفًا، تركز العديد من الدول السباقة على توسيع أطرها القانونية والتنظيمية المحلية وتحسينها واستكمالها.

في الولايات المتحدة، تواصل وكالة حماية البيئة التركيز على إصدار تصاريح للآبار التي تعمل تحت الفئة السادسة في برنامج التحكم في حقن السوائل تحت الأرض. تجري إدارة سلامة خطوط الأنابيب والمواد الخطرة تقييمًا للقواعد التي تحكم خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون وتخطط لاقتراح متطلبات جديدة في وقت لاحق من عام 2024، كما تعتزم وزارة الداخلية لإعداد مسودات لوائح لتخزين ثاني أكسيد الكربون في المناطق البحرية.

شكلت الحكومة الفيدرالية الأمريكية أيضًا فرق عمل متخصصة في منح تصاريح لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه بغية تحسين كفاءة عملية إصدار التصاريح وتعزيز التنسيق الإقليمي لتشجيع التطوير الفعال والمنظم والمسؤول لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه وعلى رأسها مشاريع إنشاء خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون (**إدارة الطاقة الأحفورية والكربون التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية، 2024**).

تعمل الحكومات حول العالم على تعزيز سياساتها وتطوير أطرها التنظيمية لدعم نشر تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه

تجري في جميع أنحاء الولايات المتحدة أنشطة تشريعية على المستوى الولايات لتنفيذ وتوسيع السلطات الفيدرالية ومعالجة القضايا المتعلقة بتحديد المواقع، والمسؤولية طويلة الأجل، والمشاركة العامة.

وفي نفس السياق، تعمل الجهات التنظيمية الوطنية في المملكة المتحدة والنرويج على تطوير أُطرهم القانونية والتنظيمية المبكرة وتحسين عمليات إصدار التصاريح لضمان التوافق مع الخبرات المكتسبة من المشاريع الأولية وتنفيذ سلاسل قيمة لاحتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود.

في كل من هاتين الدولتين وفي جميع أنحاء الاتحاد الأوروبي عمومًا، تركز هذه التطورات على اتباع نهج تنظيمي يهدف إلى جذب استثمارات القطاع الخاص وتعزيز ثقة المستثمرين.

في أستراليا، قامت الجهات التنظيمية على مستوى الولايات والكومنولث بمعالجة بعض العوائق المتبقية أمام تنفيذ المشاريع في البلاد. وأصدرت ولاية أستراليا الغربية قانون تعديل تشريعات البترول لعام 2023، وهو قانون تنظيمي مفصل ينظم أنشطة احتجاز الكربون وتخزينه في البر والبحر.

أصدرت الحكومة الاتحادية تشريعًا لتنفيذ التزامات البلاد بموجب بروتوكول لندن ودعم استيراد وتصدير ثاني أكسيد الكربون وفق نظام تصاريح جديد. وستسهم هاتين الخطوتين التي طال انتظارهما من قبل مؤيدي المشاريع في أستراليا في تعزيز ثقة المستثمرين والقطاع الصناعي في جميع أنحاء المنطقة.

في مناطق متعددة من الشرق الأوسط وأمريكا الجنوبية وجنوب شرق آسيا، بدأ صناع السياسات والمنظمون باتخاذ خطوات لتطوير الأطر القانونية والتنظيمية لإدارة الكربون. وتجري مجموعة واسعة من الأنشطة في هذه الدول، بدءًا من تقييم سعة التخزين وتدريب المنظمين الوطنيين ووصولاً إلى إجراء دراسات تقنية ووضع أطر تنظيمية لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

تمثل هذه المبادرات المشاركة الأولى للعديد من الدول في تنظيم تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، وتشهد العديد من الدول زيادة في مشاريع بناء القدرات التنظيمية التي تهدف إلى مواجهة هذا التحدي.

محطة تجريبية لتقنية احتجاز الكربون تابعة لشركة أكسنس ديماكس في مصنع أرسيلور ميتال في دونكيرك، فرنسا. الصورة مقدمة من شركة أكسنس.

سعت عدة حكومات إلى الحصول على الدعم والإرشاد من الدول والمنظمات السباقة التي تمتلك خبرة في تصميم القوانين واللوائح الخاصة بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه. يُعد عمل برنامج تطوير القانون التجاري (CLDP) التابع للحكومة الأمريكية مثالاً بارزاً في هذا المجال.

يقدم دليل احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه الذي نشره برنامج تطوير القانون التجاري في مايو 2024 نظرة عملية شاملة على السياسات والقواعد والأساليب المجربة التي يمكن للدول أن تعتمدها في أطرها التنظيمية الخاصة.

في بعض المناطق، تجاوز صانعو السياسات والمنظمون هذه الخطوات الأولية وانتقلوا إلى ما هو أبعد منها بعد أن أتموا وضع الأطر القانونية والتنظيمية لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه أو أوشكوا على إتمامها. في منطقة آسيا والمحيط الهادئ التي تركز اهتمامها على تمكين سلاسل القيمة العابرة للحدود لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه، يجري تطوير أطر قانونية وتنظيمية لتسهيل إنشاء مراكز متخصصة وتمكين أنشطة استيراد وتصدير ثاني أكسيد الكربون.

يمثل الإطار القانوني والتنظيمي الجديد في إندونيسيا والأطر قيد التطوير في اليابان وكوريا الجنوبية وماليزيا خطوات مهمة في دعم هذه الطموحات.

3.3 نماذج الأعمال والتمويل في مجال احتجاز الكربون وتخزينه

يرى المستثمرون في تقنية احتجاز الكربون وتخزينه أن الجدوى الاقتصادية لهذه التقنية تعتمد على التشريعات التي تفرض أسعارًا على انبعاثات ثاني أكسيد الكربون أوتضع حدودًا لها، أو على السياسات التي تقدم حوافز مالية مباشرة لاحتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون، أو على الأمرين معًا.

يستعرض تقرير الوضع العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه لسنة 2023 الأدوات السياسية التي يمكن أن تسرع من نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه (**المعهد العالمي لاحتجاز الكربون وتخزينه، 2023**). ستساعد مثل هذه السياسات التمكينية في خلق نماذج أعمال لاحتجاز الكربون وتخزينه يمكن أن تستفيد منها رؤوس الأموال.

يوضح الملخص التالي للمشاريع قيد التطوير أن تقليل المخاطر، من خلال الدعم طويل الأمد المباشر أو غير المباشر من القطاع العام، أمر ضروري لنجاح وتسريع نشر بنية احتجاز الكربون وتخزينه

في السنوات الأخيرة، حققت بعض المناطق تقدمًا كبيرًا في السياسات والتنظيمات الداعمة لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه في الولايات المتحدة، وفّر قانون خفض التضخم لعام 2022 وقانون استثمار البنية التحتية والوظائف لعام 2021 تمويلاً وحوافز ضريبية معززة لدعم هذه التقنيات. وفي الاتحاد الأوروبي، قدمت التعديلات التي أُدخلت على نظام تداول الانبعاثات في مايو 2023 دعمًا لسعر الكربون في الاتحاد الذي يعتبر أداة رئيسية للحد من تغير المناخ. وتلى ذلك مبادرات سياسية أخرى، منها مبادرات مباشرة من الحكومات وشركات الطاقة الوطنية في الشرق الأوسط والصين وتطوير أطر سياسية في منطقة آسيا والمحيط الهادئ.

رغم أن هذه المبادرات السياسية قد حسنت من آفاق التمويل، إلا أن الحوافز تأثرت جزئيًا بتضخم التكاليف، وارتفاع أسعار الفائدة، وتأخيرات زمنية ناتجة عن فترات التنفيذ الطويلة، والتأخر في إصدار التصاريح في بعض المناطق والمشاريع. كما أدى تراجع سعر الكربون الذي يحدده نظام تداول الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي وعدم اليقين السياسي بشأن ضريبة الكربون في كندا إلى زيادة عوامل المخاطر في هذه المناطق. أما في الولايات المتحدة، فقد أدى عدم تعديل إعانة 45Q لمواجهة التضخم حتى عام 2027 إلى تقليل جاذبية نماذج أعمال احتجاز الكربون وتخزينه جزئيًا.

بسبب تدهور الجدوى الاقتصادية للمشاريع وارتفاع المخاطر مثل مخاطر التأخر في إصدار التصاريح، بدأت الزيادة الأولية في المشاريع تشهد تباطؤاً ملحوظاً. ومن أبرز الأمثلة على ذلك التأخيرات والإلغاءات التي طالت مشاريع خطوط أنابيب نقل ثاني أكسيد الكربون في منطقة الغرب الأوسط في الولايات المتحدة، وتباطؤ مشاريع إنتاج الهيدروجين (أو الأمونيا) منخفض الكربون الجديدة التي تنتظر إبرام اتفاقيات شراء مع أسواق التصدير، ناهيك عن التأخيرات والإلغاءات التي طالت مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه في قطاع الطاقة، مثل إلغاء شركة "كابيتال باور" لمشروع "جينيسي" في كندا لعدم توافر اتفاقية شراء طويلة الأمد.

في ظل هذا الوضع، ليس مستغربًا أن تستفيد المشاريع الأولية التي وصلت إلى مرحلة اتخاذ القرار الاستثماري النهائي أو التي تمتلك الفرصة للوصول إليها من سياسات حكومية إضافية لتقليل المخاطر وتقديم ضمانات مالية.

تُعتبر عقود فروقات الكربون، وعمليات الشراء الحكومية، والإعفاءات الضريبية للاستثمار، وحقن رأس المال المباشر أمثلة على أدوات تقليل المخاطر في الاتحاد الأوروبي وكندا. أما الحكومة الأمريكية فتقدم إلى جانب الإعفاءات الضريبية دعمًا عبر قروض حكومية منخفضة التكلفة ومنحًا مباشرة.

على سبيل المثال، في وقت كتابة هذا التقرير، يستعد مشروع واباش فالي ريسورسز، وهو مشروع أسمدة خالية من الكربون يستخدم فحم الكوك كمادة خام، لاتخاذ قرار الاستثمار النهائي. وقد حصل المشروع على تمويل قدره 38 مليون دولار من وزارة الطاقة الأمريكية لهندسة وتصميم المراحل الأساسية ويتوقع مزيدًا من الدعم المالي من مكتب قروض وزارة الطاقة.

مع أن الدعم المالي المباشر أمر أساسي، إلا أنه يمكن للحكومات تقليل المخاطر إلى حد كبير بتنفيذ إجراءات واضحة وقابلة للتنبؤ وفعّالة لإصدار التصاريح والموافقات ذات الصلة تقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

مشروع تجريبي يعمل بتقنية احتجاز الكربون المقدمة من شركة آيون كلين إنيرجي، وذلك في مركز لوست ميندانوس للطاقة بمدينة بيتسبرغ، كاليفورنيا. الصورة مقدمة من آيون كلين إنيرجي وكالباين.

يعتبر مجال الالتقاط المباشر من الهواء أحد النقاط المضيئة في الولايات المتحدة، ويستمد قوته من طلب شركات التكنولوجيا الكبرى شراء أرصدة الكربون الذي تزيله هذه التقنية من أسواق الكربون الطوعية، والدعم الحكومي، والإعفاءات الضريبية بموجب إعانة 45Q.

وتتمثل مشاريع هذا المجال في مراكز الالتقاط المباشر من الهواء التي تجمع بين مزودي التكنولوجيا (مثل كلايموركس وستراتوس 1 بوينت فايف)، ومؤسسات مثل باتيل، والبنية التحتية للنقل والتخزين، ومستثمرين استراتيجيين مثل أوكسيدنتال وشيفرون. ويتوقع مؤيدو هذه المشاريع أن تُمكّن التطورات التكنولوجية وانخفاض التكاليف من التوسع في هذا المجال. وتتطلب جميع هذه المشاريع تمويلاً حكوميًّا كبيرًا.

تشمل المشاريع الأخرى المتقدمة في الولايات المتحدة منشآت لاحتجاز الكربون بتكاليف منخفضة، وغالبًا ما تكون في مجالات إنتاج الإيثانول ومعالجة الغاز، وتكون مواقع التخزين قريبة منها لتقليل تكاليف النقل والتخزين. ومن هذه المشاريع مشروع بلو فلنت، ومشروع ريد تريل، ومشروع فولت التابع لشركة غري روك مع شركة ألتو إنجريدينتس المصنعة للإيثانول (**ألتو إنجريدينتس 2024**) وقد أنشأ مطورو المشاريع مواقع تخزين بالقرب من مصادر الانبعاثات.

تعد كندا مثالاً جيدًا على كيفية تسريع استثمارات القطاع العام من خلال تقليل المخاطر. يغطي الإعفاء الضريبي الاستثماري في كندا 50% من النفقات الرأسمالية، ويغطي برنامج المنح في ألبرتا 12% منها. إضافة إلى ذلك، يقدم صندوق النمو الكندي CGF، وهو صندوق حكومي فيدرالي بقيمة 15 مليار دولار كندي، استثمارات مباشرة في الأسهم واتفاقيات لشراء ثاني أكسيد الكربون. وقد حصلت شركة إنتروبي، وهي مزود تكنولوجيا متكامل ومدير مشاريع، على اتفاقية شراء مدتها 15 عامًا لاحتجاز 3 ملايين طن من ثاني أكسيد الكربون من مصادر الانبعاثات الصناعية بالتعاون مع الصندوق. فضلاً على ذلك، قام صندوق النمو الكندي باستثمار مباشر بقيمة 200 مليون دولار كندي. واتخذت شركة إنتروبي قرار الاستثمار النهائي لمشروعي جليشر 1 و2 ولمشروع احتجاز الكربون وتخزينه من محطة لتوليد الكهرباء بالغاز. وحصلت شركة ستراتكونا، وهي شركة منتجة للنفط والغاز، على التزام استثماري مباشر بقيمة تصل إلى مليار دولار كندي من صندوق النمو الكندي يغطي 50% من نفقاتها الرأسمالية.

ستحصل شركة ستراتكونا على الإعفاء الضريبي الاستثماري، ما يعني أن الاستثمار الأولي سيكون خاليًا تمامًا من المخاطر. وأعلن كل من صندوق النمو الكندي، وشركة جيبسون إنيرجي، وشركة فارمي إنيرجي (المملوكة في أغلبها لشركة جرين ترانزيشن هولدنغ النرويجية) عن شراكة استراتيجية لإنشاء محطة لتحويل النفايات المنزلية إلى طاقة مزودة بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه حيث يقدم صندوق النمو الكندي اتفاقية شراء لمدة 15 عاماً لاحتجاز 200,000 طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًّا. حصلت شركة وولف ميدستريم على تسهيلات ائتمانية لقرض طويل الأجل قيمته 200 مليون دولار كندي لتمويل استثماراتها في خطوط أنابيب احتجاز الكربون وتخزينه، وذلك ضمن برنامج ضمان التمويل المستدام من هيئة تطوير الصادرات الكندية الذي يضمن القرض. في هولندا، بدأ إنشاء مشروع بورتوس في أبريل 2024 بفضل ثلاثة شركات مملوكة للدولة، هي جاسوني وميناء روتردام وإي بي أن، التي تكفلت بتغطية تكاليف النقل والتخزين التي زادت تقريبًا ثلاثة أضعاف عن التقدير الأولي الذي تراوح بين 400 و500 مليون يورو فبلغت 1,3 مليار يورو (**رنيفيسكا، 2024**). إضافة إلى ذلك، توفر الحكومة الهولندية عقد فروقات الكربون (CCfD)، وهو فعليًّا اتفاقية لشراء ثاني أكسيد الكربون، بسعر تقديري يبلغ 86 يورو للطن لعملاء المشروع.

في النرويج، قدمت الحكومة تمويلاً بقيمة 16.8 مليار كرونة نرويجية من إجمالي نفقات رأسمالية قدرها 21.1 مليار كرونة نرويجية لمشروع لونغشيب، وهو مشروع عابر للحدود لنقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون بآلية وصول مفتوح. وسيتلقى أول عميل لمشروع لونغشيب، وهي شركة يارا، إعانة قدرها 30 مليون يورو للاستثمار في تقنية احتجاز الكربون وتخزين في مصنعها للأمونيا بهولندا. وأما مشروع احتجاز الكربون بريفيك في النرويج (تابع لشركة نورسم) الذي تديره شركة هايدلبرغ، الذي كان من المتوقع أن يكلف 1.15 مليار كرونة نرويجية، فتموله الدولة تقريبًا بالكامل (**هيئة الرقابة الأوروبية، 2020**). في المملكة المتحدة، من المتوقع أن يكلف مركز تيسايد، الذي يشمل منشأة لاحتجاز الكربون وتخزينه في محطة لتوليد الكهرباء بالغاز الطبيعي، 5 مليارات دولار أمريكي وسيموله الصندوق البالغ 25 مليار دولار أمريكي الذي خصصته الحكومة البريطانية لاحتجاز الكربون وتخزينه، إما تمويلاً مباشرًا أو من خلال ضمانات القروض (**إنيرجي إنتليجنس، 2024**).

في الشرق الأوسط، تموّل شركات النفط الوطنية المشاريع الحالية والمعلنة، ومنها مشروع حبشان التابع لشركة بترول أبوظبي الوطنية الذي وصل إلى قرار الاستثمار النهائي العام الماضي (**أدنوك، 2024**). ويعتبر إنتاج الهيدروجين والأمونيا منخفضي الكربون والطاقة منخفضة الكربون من المحفزات الأساسية لهذه المشاريع. يقدم مجمع الجبيل، وهو مشروع مشترك بين أرامكو وليندي وأس أل بي، مثالاً على نماذج الأعمال المحتملة. من المتوقع أن تتلقى معظم المشاريع في المنطقة، إن لم يكن جميعها، تمويلاً مباشرًا من الحكومة أو من شركات النفط الوطنية، إلا أن الآليات الدقيقة لذلك لم يُعلَن عنها بعد.

في الصين، تواصل مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه بالتوسع. **فمنذ يونيو 2023**، بدأت شركة "تشاينا إينرجي" تشغيل منشأة لاحتجاز الكربون بسعة 0.5 مليون طن سنويًا في إحدى أكثر محطات توليد الطاقة بالفحم كفاءة. وتقوم شركة "تشاينا هوانغ" أيضًا بإنشاء مشروع لاحتجاز الكربون وتخزينه بسعة 1.5 مليون طن سنويًا في محطة جديدة متكاملة تعمل بالفحم. وفي عام 2022، أنجزت شركة "سينوبك" مشروع "قيلو" لاحتجاز مليون طن من الكربون سنويًّا. وجميع هذه المشاريع تُنفذها شركات مملوكة للدولة، ولم تكشف عن مصادر تمويلها. وجدير بالذكر أن بنك الشعب الصيني قدّم أداة تمويلية تُعرف بمنشأة خفض انبعاثات الكربون توفر أموالاً منخفضة التكلفة لمشاريع التخلص من الكربون في الفترة ما بين عام 2021 حتى 2024.

يُوضّح هذا العرض الموجز لأهم المشاريع وطرق التمويل، وإن لم يكن شاملاً، أنه في ظل غياب تفويض إلزامي أو إشارات قوية لتسعير الكربون، تعتمد مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه والبنى التحتية لهذه التقنية على التمويل المباشر أو غير المباشر من القطاع العام لتقليل مخاطر الاستثمار، إضافة إلى السياسات الداعمة والحوافز المالية.

في ظل غياب تفويض واضح أو تسعير عالمي ثابت للكربون، تعتمد مشروعات احتجاز الكربون وتخزينه والبنية التحتية المرتبطة بها على التمويل المباشر أو غير المباشر من القطاع العام لتقليل مخاطر الاستثمار، إضافة إلى السياسات الداعمة والحوافز المالية.

منشأة بريفيك لاحتجاز الكربون وتخزينه في مدينة بريفيك، النرويج. الصورة مقدمة من إس إل بي كابتوري.

منشأة معالجة الغاز أدفانتج جليشر بتقنية احتجاز الكربون المتكاملة (iCCSTM) والمُعيارية (MCCSTM) التابعة لشركة إنتروبي في كندا. الصورة مقدمة من شركة إنتروبي.

دوافع محتملة لنمو نماذج أعمال احتجاز الكربون وتخزينه

إن التطورات الأخيرة في أسواق الطاقة، وخاصةً مع توقع زيادة الطلب على طاقة الحمل الأساسي وتنامي الطلب على أرصدة الكربون عالية الجودة، يمكن أن تكون من العوامل المواتية لنمو الأعمال في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، فهذه التقنية تلبي مطلبين رئيسيين: توفّر طاقة منخفضة الكربون قابلة للنقل والتوزيع، وتقدّم أرصدة كربون عالية الجودة قابلة للقياس.

وفقًا لوكالة الطاقة الدولية، كان قطاع الطاقة مسؤولاً عن أكبر نسبة من الانبعاثات العالمية (42%) في عام 2022، أي ما يعادل 14.65 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون (**وكالة الطاقة الدولية، 2023**). على مدى عقود، شهدت الدول النامية مثل الصين والهند والبرازيل نموًا هائلاً في الطلب على الطاقة، في حين لم يتجاوز نمو الطلب على الكهرباء في الولايات المتحدة نسبة 0.5% سنويًا في العشرين عامًا الماضية، ولم يطرأ أي تغيير يُذكر في أوروبا (**وكالة الطاقة الدولية، 2020**). ومع ذلك، أدت السياسات الداعمة للكهربة في جميع القطاعات والنمو الهائل في طلب مراكز البيانات إلى تغيير هذا الوضع.

تتوقع إدارة معلومات الطاقة الأمريكية أن ينمو إجمالي إنتاج الطاقة في الولايات المتحدة بنسبة 3% في عام 2024 وبنسبة 1% في عام 2025 (**إدارة معلومات الطاقة، 2024**). وتتوقع شركة مكينزي أن يتراوح نمو الطلب العالمي ما بين 3% و4% سنويًا في الفترة الممتدة بين عامي 2022 و2050 (**مكينزي وشركاه، 2024**).

رغم أنه من المتوقع أن تلبي مصادر الطاقة المتجددة والبطاريات جزءًا كبيرًا من الطلب، إلا أن الحكومات والهيئات التنظيمية ومؤسسات المرافق العامة والمستهلكين أدركوا أهمية موثوقية الشبكة واستوعبوا محدودية الاعتماد على مصادر الطاقة المتقطعة، وبالتالي الحاجة إلى مصادر طاقة قابلة للتوجيه وقادرة على توفير الطاقة الأساسية بشكل دائم مثل محطات الطاقة النووية أو الغاز الطبيعي. ينطبق هذا على وجه الخصوص على النمو السريع في طلب مراكز بيانات الذكاء الاصطناعي، حتى مع الافتراضات المتفائلة حول كفاءة استهلاك الكهرباء. ولتقنية احتجاز الكربون وتخزينه دور كبير في هذا السياق، كما هو موضح ورقة بحثية أصدرتها جوجل في سبتمبر 2023 بعنوان "دور الشركات في تسريع تقنيات الكهرباء النظيفة المتقدمة" التي تضع تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ضمن مجموعة الحلول المقترحة (**جوجل، 2024أ**)

يمكن أن تكون المحفزات التنظيمية أداة سياسية فعالة للتسريع من تنفيذ مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه. فقد صنفت وكالة حماية البيئة الأمريكية تقنية احتجاز الكربون وتخزينه كأفضل نظام لخفض الانبعاثات، وأصدرت في أبريل 2024 قانونًا نهائيًا يفرض استخدام هذه التقنية في محطات توليد طاقة الحمل الأساسي بالغاز الطبيعي التي يزيد عامل السعة فيها عن 40%، وفي المحطات القائمة التي تعمل بالفحم. يمكن لقوانين وكالة حماية البيئة بشأن الطاقة أن تسرّع من نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، لتسهم بذلك في تلبية الطلب المتزايد على طاقة الحمل الأساسي النظيفة وضمان موثوقية الشبكة الكهربائية (**وكالة حماية البيئة الأمريكية،2024**).

لا تقتصر الحاجة إلى تقنية احتجاز الكربون وتخزينه على توربينات الغاز في الولايات المتحدة فحسب، تزداد بقية دول العالم تقبلاً لهذا الاقتراح، وخير دليل على ذلك دعم المملكة المتحدة لمشروع تيسايد والاقتراح الأخير في ألمانيا الذي ينظر في استخدام هذه التقنية في محطات الطاقة التي تعمل بالغاز الطبيعي (**ويرمان وويتنجل، 2024**). سيتم إحالة مشروع القانون إلى البرلمان الألماني (البوندستاغ) لمناقشته وفق الإجراءات البرلمانية. لا يزال نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم محط اهتمام في الصين وجنوب شرق آسيا.

الطلب على أرصدة الإزالة عالية الجودة

يعطي الطلب المتنامي على معاوضة الانبعاثات قوة دافعة لزيادة أرصدة الكربون المتينة والعالية الجودة والمستدامة، لتكون حلًا مكملًا عندما يتعذّر شراء كميات كافية من الطاقة المنخفضة الكربون أو الخالية من الكربون. يأتي هذا الطلب من الشركات ذات الهوامش العالية والنمو السريع التي تحتاج إلى تعويض انبعاثات مراكز بياناتها. بدأ الطلب في أول الأمر على أرصدة الكربون المخزن بتقنية الالتقاط المباشر من الهواء وانتشر الآن ليشمل أرصدة احتجاز وتخزين الكربون الحيوي: وقّعت شركة مايكروسوفت مؤخرًا اتفاقيتي شراء لمشروعي طاقة مزودين بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه: الأول في الدنمارك مع شركة أورستد (3.67 مليون طن على مدى 10 سنوات) والثاني في السويد مع شركة ستوكهولم إكسرجي (3 مليون طن) (**كيمبال، 2024؛ سابتكي، 2024**). وخصصت شركة جوجل 35 مليون دولار أمريكي لأرصدة إزالة الكربون استجابةً لتحدي شراء إزالة ثاني أكسيد الكربون الطوعي من وزارة الطاقة الأمريكية (**جوجل، 2024ب**).

يمضي كل من الاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة واليابان قدمًا في تنفيذ مبادراتهم الخاصة لتشجيع ودمج أرصدة إزالة الكربون في تحقيق أهدافهم المناخية.

وأصدرت الإدارة الأمريكية بيانها ومبادئها السياسية المشتركة بشأن أسواق الكربون الطوعية. (**مجلس الاتحاد الأوروبي، 2024؛ كوانتوم كومموديتي إنتيليجنس، 2024؛ البيت الأبيض، 2024**).

تضيف هذه الأرصدة مصادر إيرادات إضافية وأساسية لنماذج أعمال احتجاز الكربون وتخزينه، ما يزيد من حجم المشاريع وقابليتها للتمويل.

وبنضوج أسواق الكربون الطوعية، يمكن أن توفر الأرصدة عالية الجودة دعمًا لتطبيقات أخرى، مثل الاستخدام في القطاعات الصناعية وقطاع الطاقة.

سندات الاستدامة وسندات التحول والسندات الخضراء

تهدف التمويلات المالية المستدامة إلى زيادة التمويل وتقليل تكلفة رأس المال المخصص للاستثمارات المستدامة. ومع ذلك، فإن عمليات إصدار السندات الخضراء وسندات المناخ عمومًا تفتقر إلى التوحيد القياسي، ولم تشمل تاريخيًا تقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

ومن الأمثلة الحديثة على الشركات التي أصدرت سندات خضراء أو سندات الاستدامة لتمويل مشاريع التقاط الكربون وتخزينه شركة إير ليكويد، وشركة داو كيميكال، وشركة إير برودكتس. إن إصدار سندات خضراء أو سندات استدامة للمساعدة في تمويل مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه يقر بالدور الأساسي الذي تلعبه هذه التقنية في التخفيف من آثار التغير المناخي.

البنوك التنموية متعددة الجنسيات

مع أن تمويل العمل المناخي أمرٌ ضروريٌ لتطوير ودعم الأشخاص الأكثر عرضة لتأثيرات تغير المناخ، إلا أن القيود المالية تشكل تحديًا في تأمين الموارد اللازمة. وقد أُنشِئت البنوك التنموية متعددة الجنسيات للمساعدة في تخفيف الضغوط المالية في البلدان النامية.

تتكون البنوك التنموية متعددة الجنسيات من دول أعضاء تشمل بلدانًا متقدمة ونامية. تشمل البنوك التنموية متعددة الجنسيات الرئيسية خمسة بنوك هي: البنك الدولي وأربعة بنوك تنموية إقليمية هي بنك التنمية الأفريقي، وبنك التنمية الآسيوي، والبنك الأوروبي لإعادة الإعمار والتنمية، وبنك التنمية للبلدان الأمريكية (**خدمة الأبحاث بالكونغرس، 2023**).

وفَّر البنك الدولي، وهو أكبر بنك تنموي متعدد الجنسيات، وحشد تمويلًا مناخيًا بقيمة 38,6 مليار دولار أمريكي، أي 41% من التزامه البالغ 95 مليار دولار أمريكي في شكل ائتمانات وقروض ومنح في عام 2023. (**البنك الدولي، 2023**).

من إجمالي التمويل، خُصِّص مبلغ ضئيل لتمويل تقنية احتجاز الكربون وتخزينه. ومؤخرًا، **أغلِق** الصندوق الاستئماني لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه التابع للبنك الدولي الذي أُنشِئ في عام 2009 وقدَّم ما مجموعه 15,9 مليون دولار أمريكي للمساعدات الفنية في بناء القدرات.

تسعى مبادرة تحدي إدارة الكربون إلى زيادة دعم البنوك التنموية متعددة الجنسيات لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه. إن دعم المزيد من البلدان للمبادرة ومشاركتها النشطة فيها يمكن أن يدفع البنوك التنموية متعددة الجنسيات إلى تخصيص مزيد من مواردها للاستثمار في مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه ويمكن أن تسهم زيادة إدراج تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في المساهمات المحددة وطنيًا لكل دولة في تعزيز الدعم الذي تقدمه البنوك التنموية متعددة الجنسيات لهذه التقنية.

ستساعد هذه الأموال، مثل الصندوق الاستئماني لتقنية احتجاز الكربون وتخزينه، في تمويل أنشطة مثل صياغة التشريعات، وتقييم موارد تخزين ثاني أكسيد الكربون، والنمذجة التقنية الاقتصادية، ودراسات الجدوى، والمشاريع التجريبية صغيرة النطاق.

لا يمكن الاستهانة بأهمية تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في قطاع الطاقة، فهي تسهم في تحقيق إزالة الكربون وتحافظ على أستقرار الشبكة الكهربائية وموثوقيتها.

إطلاق سفينة نورذرن لايتس في أبريل 2024. الصورة مقدمة من شراكة نورذرن لايتس

الجدول 3.3.1
أحدث الصفقات البارزة
(تتمة الجدول في الصفحة التالية)

رأس المال الخاص

يأتي رأس المال الخاص المتاح لنشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في المقام الأول من ميزانيات الشركات لأن تمويل المشاريع بالقروض غير متاح بعد.

مع ذلك، فإن الزخم في استثمارات الأسهم وعمليات الاندماج والاستحواذ يشير إلى تزايد الاهتمام من مصادر تمويل متنوعة، مثل خطط التقاعد، وصناديق البنية التحتية، والأذرع الاستثمارية لشركات النفط والغاز، والأسهم الخاصة. هذا الاهتمام المتزايد من مجموعة متنوعة من المستثمرين يشير إلى الإمكانات التي تمتلكها تقنية احتجاز الكربون وتخزينه لتكون حلًا تجاريًا قابلًا للتطبيق للتخلص من الكربون. في الجدول الآتي أمثلة على الاستثمارات التي حددها المعهد.

استثمارات الأسهم

الأطراف الرئيسية	الوصف	المستثمرون	نوع الاستثمار	القيمة	التاريخ
سفانت	تقنية احتجاز الكربون	صندوق النمو الكندي (CGF)	أداة استثمار حكومية كندية	100 مليون دولار أمريكي	15 أغسطس 2024
44.01	احتجاز ثاني أكسيد الكربون بالتَمَعْدُن	استثمارات إكوينور شروق كابيتال (الإمارات العربية المتحدة)	رأس مال المُخاطِر المؤسسي رأس المال المُخاطِر	37 مليون دولار أمريكي	15 يوليو 2024
توستارك	إزالة ثاني أكسيد الكربون بالتَمَعْدُن	شركاء إزالة الكربون شركة بلوم إنرجي	بلاك روك وتماسيك (رأس المال للنمو / رأس المال المُخاطِر/ التكنولوجيا المناخية)	69 مليون دولار أمريكي	25 يونيو 2024
أير برودكتس - أرامكو	أرامكو وافقت على الاستثمار في شركة الغازات الصناعية للهيدروجين الأزرق، الواقعة في الجبيل والمملوكة لشركة إير برودكتس قدرة.	الهيدروجين منخفض الكربون	ستمتلك أرامكو 50% من مشروع الهيدروجين الأزرق في الجبيل، وستحصل على خيار الاستحواذ على الإنتاج.	لم يُكشف عنه	17 مايو 2024
آيون كلين إنيرجيز	تقنية احتجاز الكربون بعد الاحتراق من المصدر (نظام الأمينات السائلة) (الأمينات بعد الاحتراق)	تشيفرون للطاقة الجديدة رأس المال المباشر للكربون	رأس مال المُخاطِر المؤسسي رأس المال المُخاطِر	45 مليون دولار أمريكي	4 أبريل 2024
إس إل بي - آكر لاحتجاز الكربون	ستستحوذ شركة إس إل بي على 80% من شركة آكر لالتقاط الكربون.	احتجاز وتخزين ثاني أكسيد الكربون	يوفر ذلك لشركة إس إل بي فرصة لدعم تسريع إزالة الكربون الصناعي على نطاق واسع.	حوالي 400 مليون دولار أمريكي	27 مارس 2024 (إعلان)
توتال - تالوس	استحوذت شركة توتال إنرجيز على 100% من حلول تالوس منخفضة الكربون.	نقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون	يمنح ذلك لتوتال إنرجيز حصة بنسبة 25% في مشروع بايو بند (الولايات المتحدة الأمريكية).	148 مليون دولار أمريكي	18 مارس 2024
أفنوس	الاحتجاز من الهواء مباشرة	شركة شل فنترز شركة سافران كربوريت فنترز شركة روشين كابيتال منجمنت شركة نكست إيرا إنرجي شركاء مستقبليون	رأس مال المُخاطِر رأس المال المُخاطِر المؤسسي	36 مليون دولار أمريكي	6 فبراير 2024
إنتروبي	تقنية احتجاز الكربون	صندوق النمو الكندي (CGF)	أداة استثمار حكومية كندية	200 مليون دولار كندي	20 ديسمبر 2023

المصدر: تقارير إعلامية متعددة، تقارير تحليلية منشورة للجمهور، وبيانات من منصة كرنش بيس

الجدول 3.3.1

أحدث الصفقات البارزة (تتمة)

عمليات الاندماج والاستحواذ

الأطراف الرئيسية	الوصف	الصناعة/القطاع	الدوافع والأسباب	القيمة	التاريخ
أوكسي - كاربون إنجينيرينغ	احتجاز الكربون من الهواء مباشرة	احتجاز الكربون من الهواء مباشرة	يوفر لشركة أوكسيدنتال، من خلال شركتها الفرعية بوينت فايف وان، فرصة لتطوير تقنية احتجاز الكربون من الهواء مباشرة وتسريع تطبيقها كحل لإزالة الكربون.	1,1 مليار دولار	3 نوفمبر 2023
إكسون موبيل - دنبري	استحوذت إكسون موبيل على شركة دنبري بصفقة أسهم كاملة	نقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون	يعزز أعمال إكسون موبيل في حلول الكربون منخفض الانبعاثات عبر استغلال بنية دنبري التحتية لتخزين الكربون وأنابيب نقله.	4,9 مليار دولار	2 نوفمبر 2023
إس كيه كابيتال برتنرز - ميلستون للخدمات البيئية	استحوذت شركة إس كيه كابيتال بارتنرز على شركة ميلستون للخدمات البيئية من شركة أمبرجاك كابيتال بارتنرز.	تخزين ثاني أكسيد الكربون	يوفر هذا لشركة إس كيه كابيتال فرصة لتحقيق تقدم أكبر نحو الريادة في مجال احتجاز الكربون وتخزينه والأسواق ذات الصلة.	لم يُكشف عنه	4 أكتوبر 2023
إكوينور - كاربونفرت	استحوذت إكوينور على حصة 25% في مشروع بايو بند	نقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون	يوفر لشركة إكوينور حصة بنسبة 25% في مشروع بايو بند (الولايات المتحدة الأمريكية).	لم يُكشف عنه	28 أغسطس 2023
كربون أبساكلينغ تكنولوجيز	استخدام ثاني أكسيد الكربون	مشاريع أوكسي منخفضة الكربون مشاريع سي آر إتش الاستثمار في المناخ مشاريع الطاقة النظيفة مجموعة مشاريع الطاقة النظيفة مشاريع سيمكس رأس المال المُخاطِر لشركة بي دي سي صندوق تكنولوجيا المناخ لرأس المال التابع لشركة بي دي سي رأس المال أمبليفاي	رأس المال المُخاطِر المؤسسي رأس المال المُخاطِر رأس المال المُخاطِر رأس المال المُخاطِر أنجل جروب رأس المال المُخاطِر المؤسسي رأس المال المُخاطِر رأس المال المُخاطِر رأس المال المُخاطِر	26,1 مليون دولار	31 يوليو 2023
باكاي بارتنرز - إليسيان	استحوذت شركة باكاي بارتنرز على شركة إليسيان لإدارة الكربون من شركة إنكاب فلاتروك ميدستريم.	خدمات احتجاز الكربون كخدمة	يوفر هذا لشركة باكاي فرصة لتطوير بنيتها التحتية وحلولها اللوجستية لدعم انتقال الطاقة.	لم يُكشف عنه	17 يوليو 2023
أفناس	احتجاز الكربون من الهواء مباشرة	شل فينتشرز جت بلو بارتنرز كونوكو فيليبس	رأس المال المُخاطِر رأس المال المُخاطِر المؤسسي الطاقة	80 مليون دولار	13 يوليو 2023

4.0

النظرة الإقليمية العامة

4.1 الأمريكيتان

نظرة عامة

تواصل منطقة الأمركتين ريادتها العالمية في نشر مرافق احتجاز الكربون وتخزينه، إذ يوجد 27 مشروعًا قيد التشغيل و18 مشروعًا قيد الإنشاء في الولايات المتحدة والبرازيل وكندا إلى غاية العام الماضي. ولا تزال الولايات المتحدة تحتل الصدارة العالمية في عدد المرافق البالغة 19 مشروعًا قيد التشغيل، ويرجع بعض ذلك إلى الدعم الاستراتيجي والمستدام الذي توفره الحكومة الفيدرالية.

فضلًا على التمويل الفيدرالي التاريخي الذي توفّر مؤخرًا بموجب قانون البنية التحتية للحزبين لعام 2021 وقانون خفض التضخم لعام 2022 وقانون الرقائق والعلوم لعام 2022، دعمت عدة مكاتب وبرامج من وزارة الطاقة الأمريكية نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه على مدى عقود. على سبيل المثال، استثمرت **مبادرة الكربون الآمن** التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية في ما يقرب من 20 عامًا من البحث والتطوير وتجارب التخزين الجيولوجي الآمن لثاني أكسيد الكربون في الولايات المتحدة، وهو أمر تتفرد به الولايات المتحدة عن باقي الحكومات الوطنية.

إن ريادة الولايات المتحدة في وضع سياسات بشأن تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ونشر مرافقها تعزز الشراكات التعاونية مع كند والبرازيل ودول أخرى في المبادرات الدولية للتخلص من الكربون، مثل **مبادرة تحدي إدارة الكربون**، **والمؤتمر الوزاري للطاقة النظيفة**، ومبادرة مهمة الابتكار. للولايات المتحدة أيضًا تعاون ثنائي في مجال احتجاز الكربون وتخزينه واستخدامه الكربون مع عدة دول، على رأسها الصين، فقد أعلنت في نوفمبر 2023 عن بيان ساني لاندز الثنائي لتطوير ما لا يقل عن خمسة مشاريع تعاونية واسعة النطاق لاحتجاز الكربون وتخزينه واستخدامه في كلا البلدين بحلول عام 2030 (**وزارة الخارجية الأمريكية، 2023**).

على المستوى دون الوطني، تتعاون الولايات الأمريكية لتطوير وتعزيز سياسات احتجاز الكربون وتخزينه وأسواق الكربون.

وعلى المستوى دون الوطني، تتعاون الولايات الأمريكية لتطوير وتعزيز سياسات احتجاز الكربون وتخزينه وأسواق الكربون.

على سبيل المثال، وقّعت ولايتا كولورادو ووايومنغ مذكرة تفاهم في يونيو 2023 لتأسيس شراكة في مجال أنشطة الالتقاط المباشر من الهواء(**ولاية كولورادو، 2023**)، وأصدرت ولايتا كاليفورنيا وواشنطن في مارس 2024 بيانًا مشتركًا مع مقاطعة كيبيك الكندية يعبر عن اهتمام مشترك بربط أسواق الكربون بين هذه المناطق الثلاثة (**ولاية واشنطن،2024**).

يدفع المزج بين سياسات إدارة الكربون المُلزِمة والحوافز إلى نشر المشاريع في جميع أنحاء المنطقة. فقد ارتفع الحد الأدنى لسعر الكربون المفروض فيدراليًا في كندا إلى 80 دولارًا كنديًا للطن، وأقر البرلمان الكندي إعفاء ضريبيًا فيدراليًا لصالح الاستثمار في تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. أما في الولايات المتحدة، ففرضت اللوائح الجديدة الصادرة عن وكالة حماية البيئة تطبيق تقنية احتجاز الكربون وتخ على بعض محطات توليد الطاقة التي تعمل بالفحم والغاز.

تتوسع منشآت احتجاز الكربون وتخزينه في العديد من القطاعات الصناعية في الأمركتين، مثل توليد الطاقة وصناعة الأسمنت. ومع ذلك، كانت منشآت إنتاج الإيثانول والأسمدة ومعالجة الغاز هي السباقة في تبني هذه التقنية، نظرًا لانخفاض تكاليف احتجاز الكربون فيها.

تواجه المشروعات ذات التكاليف الرأسمالية الكبيرة وتكاليف الاحتجاز المرتفعة رياح معاكسة للاقتصاد الكلي. فقد أدت أسعار الفائدة المستمرة في الارتفاع وضغوط التضخم في عامي 2022 و2023 إلى زيادة تكاليف رأس المال وتقليل قيمة الحوافز الضريبية. في كندا، قررت شركة "كابيتال باور" في مايو 2024 أن مشروع احتجاز الكربون وتخزينه في محطة "جينيسي" لتوليد الكهرباء بالغاز الطبيعي قابل للتنفيذ تقنيًا، لكنه غير مجدٍ اقتصاديًا (**سنودون، 2024**)

ومع ذلك، بدأت بعض مشاريع البنية التحتية لإدارة الكربون في الولايات المتحدة في التبلور رغم المقاومة المحلية لإنشاء خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون.

27

منشأة إما قيد الإنشاء وإما في مرحلة التطوير المبكرأو المتقدم.

منشأة قيد التشغيل في الولايات المتحدة وكندا والبرازيل.

310

دور الولايات المتحدة الريادي في تقنية احتجاز الكربون وتخزينه يركز على:

- تعزيز الشراكات الثنائية والمتعددة الأطراف.
- تعزيز التعاون بين الولايات الأمريكية.

- كندا ترفع الحد الأدنى لسعر التلوث الكربوني إلى 80 دولارًا كنديًا للطن، وتخطط لرفعه إلى 170 دولارًا كنديًا للطن بحلول عام 2030.

يعمل المطورون على بناء الثقة المجتمعية من خلال التعاون والمشاركة، ويسعون في الوقت ذاته إلى تجاوز تعقيدات التصاريح في أكتوبر 2023، حصلت شركة "**تالغراس**" على موافقة من لجنة تنظيم الطاقة الفيدرالية لتحويل خط أنابيب "تريل بليزر" في ولاية نبراسكا من نقل الغاز الطبيعي إلى نقل ثاني أكسيد الكربون. وفي أبريل 2024، **أبرمت الشركة اتفاقية منافع مجتمعية** مع مجموعة محلية في الولاية، تضمنت توفير تمويل للمنظمات غير الربحية، ودعم فرق الاستجابة للطوارئ، وتقديم تعويضات لأصحاب الأراضي في المنطقة، إضافةً إلى تخصيص مدفوعات الإتاوات لمالكي الأراضي على مسار خط الأنابيب.

السياسات

الولايات المتحدة

تواصل سياسات الحوافز والتمويل التي قدّمها كل من قانون البنية التحتية للحزبين وقانون تخفيض التضخم وقانون الرقائق والعلوم في تحفيز نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في الولايات المتحدة فمن أصل 12.5 مليار دولار مخصصة لإدارة الكربون بموجب قانون البنية التحتية، تم منح حوالي 2.2 مليار دولار أو يجري التفاوض على منحها. إضافةً إلى ذلك، خُصِّصت 8 مليارات دولار أو يجري التفاوض على تخصيصها لإنشاء مراكز إقليمية للهيدروجين النظيف (**الشكل 1-4.1**). زاد قانون خفض التضخم من قيمة الإعفاءات الضريبية للتخزين الجيولوجي لثاني أكسيد الكربون، وخفض مستويات احتجاز الكربون المطلوبة للتأهل إلى هذه الإعفاءات، وأضاف أحكامًا بشأن الدفع المباشر وقابلية نقل الإعفاءات الضريبية. أما قانون الرقائق والعلوم فقد وفر تمويلًا جديدًا لأبحاث احتجاز الكربون وتخزينه.

أدت الأدوات السياسية والتنظيمية المستدامة على المستوى الفيدرالي إلى نقل جزء من تطوير سياسات احتجاز الكربون وتخزينه إلى الولايات. غير أن مشاريع خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون واجهت تدقيقًا وصعوبة في كسب القبول الاجتماعي من بعض المجتمعات المحلية، ما أدى إلى ظهور قوانين جديدة على مستوى الولايات تتعلق بخطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون. فعلى سبيل المثال، أصدرت ولاية ساوث داكوتا قوانين لسَنّ وثيقة حقوق مالكي الأراضي، وأصبحت ولاية إلينوي ثاني ولاية بعد كاليفورنيا **تمرر قانونًا ولائيًّا** يعلق تطوير خطوط الأنابيب إلى أن تقترح الجهات التنظيمية الفيدرالية متطلبات جديدة.

على المستوى الفيدرالي، أصدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية **معايير الأداء للمصادر الجديدة** للتحكم في انبعاثات الغازات الدفيئة من محطات توليد الطاقة بالفحم القائمة والمحطات الجديدة ذات الحمل الأساسي العاملة بالغاز الطبيعي (**وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2024أ**). تفرض هذه المعايير على المحطات احتجاز 90% من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2032، وتحدد تقنية احتجاز الكربون وتخزينه كأفضل نظام لخفض الانبعاثات من المحطات طويلة الأجل التي تعمل بالفحم والمحطات الجديدة التي تعمل بالغاز بسعة تزيد عن 40%.

تشهد قائمة طلبات تصاريح الآبار من الفئة السادسة نموًا كبيرًا. في أغسطس 2024، أصدرت وكالة حماية البيئة الأمريكية **لوحة تتبع للتصاريح** تظهر وجود 49 مشروعًا مع 148 طلبًا قيد المراجعة في 15 ولاية أمريكية وواحدة من الأمم القبلية. إضافة إلى ذلك، يوجد 39 مشروعًا إضافيًا مع 83 طلبًا قيد المراجعة في ولايات تتمتع بسلطة منح تصاريح الفئة السادسة (**مثل ولايات وايومنغ ولويزيانا وداكوتا الشمالية**). تتصدر **ولاية لويزيانا** هذه القائمة بأكبر عدد من المشاريع والطلبات، 16 مشروعًا و65 طلبًا، بعد حصولها على سلطة إصدار تصاريح الفئة السادسة **في ديسمبر 2023**.

ويشهد الدعم الاستثماري والسياسي لأسواق الكربون الطوعية تزايدًا. ففي مارس 2024، أطلقت وزارة الطاقة الأمريكية تحدي الإزالة الطوعية لثاني أكسيد الكربون بهدف تعزيز عمليات الشراء الطوعي لأرصدة إزالة ثاني أكسيد الكربون عالية الجودة، وتحسين شفافية هذه العمليات، والاعتراف بالمشترين والموردين ذوي الجودة العالية في هذا المجال (**وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2024**).

وقد استجابت الشركات بسرعة، إذ أعلنت شركة جوجل عن تعهدها بشراء ما لا يقل عن 35 مليون دولار أمريكي من أرصدة إزالة ثاني أكسيد الكربون في الإثني عشر شهرًا المقبلة (**جوجل، 2024**).

وأعلنت شركة 1بوينت فايف في يوليو 2024 عن إبرام اتفاقية مع شركة مايكروسوفت لبيع 500,000 طن من أرصدة إزالة ثاني أكسيد الكربون على مدى ست سنوات، وتُكمل اتفاقيتها هذه اتفاقيتي شراء أرصدة إزالة ثاني أكسيد الكربون التي سبق أن أبرمتها مع كلٍّ من **شركة إيه تي آند تي** و**شركة ترافيجورا** (**وان بوينت فايف، 2024**).

في مارس 2024، أصبحت شركة "ريد تريل إنرجي" أول منشأة لإنتاج الإيثانول تصدر أرصدة إزالة ثاني أكسيد الكربون في سوق الكربون الطوعي عبر منصة بورو. سجل الأرض (**بيزنسواير، 2024**).

في مايو 2024، أصدرت الحكومة الأمريكية أيضًا **بيانًا سياسيًّا مشتركًا ومبادئ** للمشاركة المسؤولة في أسواق الكربون الطوعية، منها سبعة مبادئ تركز على نزاهة أرصدة الكربون، لا سيما حماية المناخ والعدالة البيئية، واستخدام أرصدة الكربون، ونزاهة السوق، إلى جانب تسهيل المشاركة الفعّالة في السوق وتقليل تكاليف المعاملات.

عدد طلبات تصاريح آبار الحقن من الفئة السادسة كبير ويزداد باستمرار. أصدرت وكالة حماية البيئة لوحة معلومات لتتبع التصاريح، وقد أظهرت في أغسطس 2024 وجود 49 مشروعًا و148 طلبًا قيد المراجعة في 15 ولاية وأمة قبلية واحدة.

كندا

في الأول من أبريل 2024، رفعت كندا الحد الأدنى لسعر الكربون الفيدرالي إلى 80 دولارًا كنديًا للطن، بزيادة قدرها 15 دولارًا كنديًا للطن، وذلك بموجب قانون تسعير تلوث الغازات الدفيئة الصادر عام 2018. ومع أن هذا القانون يمنح المقاطعات المرونة في اتباع أساليب مختلفة لتسعير الكربون، إلا أن على جميع البرامج الامتثال للمعيار الفيدرالي (80 دولارًا كنديًا للطن)، ومن المقرر أن يستمر هذا السعر في الارتفاع بمقدار 15 دولارًا كنديًا سنويًا ليصل إلى 170 دولارًا كنديًا للطن بحلول عام 2030 (**حكومة كندا، 2024ج**).

يمكن للمشاريع المؤهلة في كندا الاستفادة من عدة حوافز على المستوى الفيدرالي والإقليمي. في يونيو 2024، أقر البرلمان الكندي مشروع القانون C-59، الذي يتضمن إعفاءً ضريبيًّا استثماريًّا لصالح مشروعات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. يغطي هذا الإعفاء

قانون البنية التحتية للحزبين

قانون البنية التحتية للحزبين، المعروف باسم قانون الاستثمار في البنية التحتية والوظائف لعام 2021، خصص 12,5 مليار دولار لإدارة الكربون، تشمل:

50 مليون دولار لتصاريح التخزين الجيولوجي الآمن.

8 مليارات دولار لإنشاء مراكز الهيدروجين النظيف الإقليمية.

قانون خفض التضخم

البند

45 من قانون الضرائب الأمريكي يقدم ائتمانًا لتحفيز احتجاز الكربون وتخزينه وفقًا للتالي:

- **60 دولارًا/طن لاستخدام ثاني أكسيد الكربون** أو تخزينه الآمن في حقول النفط من خلال تعزيز استخراج النفط من المنشآت الصناعية ومحطات توليد الطاقة.
- **85 دولارًا/طن لتخزين ثاني أكسيد الكربون** في التكوينات الجيولوجية المالحة من المنشآت الصناعية ومحطات توليد الطاقة.
- **130 دولارًا/طن لاستخدام ثاني أكسيد الكربون** أو تخزينه الآمن في حقول النفط من خلال تعزيز استخراج النفط من مرافق احتجاز الكربون من الهواء مباشرة.
- **180 دولارًا/طن لتخزين ثاني أكسيد الكربون** في التكوينات الجيولوجية المالحة من مرافق احتجاز الكربون من الهواء مباشرة.

برنامج التحكم في الحقن تحت الأرض التابع لوكالة حماية البيئة الأمريكية

ينظم البرنامج بناء وتشغيل وترخيص وإغلاق آبار الحقن التي تُستخدم لحقن السوائل تحت الأرض لتخزينها أو التخلص منها.

تُعد آبار الفئة السادسة جزءًا من هذا البرنامج وهي مخصصة للتخزين الجيولوجي، وتُستخدم لحقن ثاني أكسيد الكربون في التكوينات الجيولوجية العميقة لتخزينه.

محطات توليد الطاقة بالفحم المزودة بتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في أمريكا الشمالية

في كندا:

محطة ساسك باور بوندراي دام

في الولايات المتحدة:

محطة بيتر نوفا لاحتجاز الكربون

الضريبي المشاريع المؤهلة التي تقوم باحتجاز الكربون الذي قد يُطلق في الغلاف الجوي، أو احتجاز الكربون بالالتقاط المباشر من الهواء، ومشاريع نقل الكربون، ومشاريع تخزين الكربون أو استخدامه. تختلف نسب الإعفاء بحسب نوع المشروع، ولا يُعتبر استخدام ثاني أكسيد الكربون المحتجز لتعزيز استخراج النفط مؤهلاً للحصول على الإعفاء. (**حكومة كندا، 2024أ**).

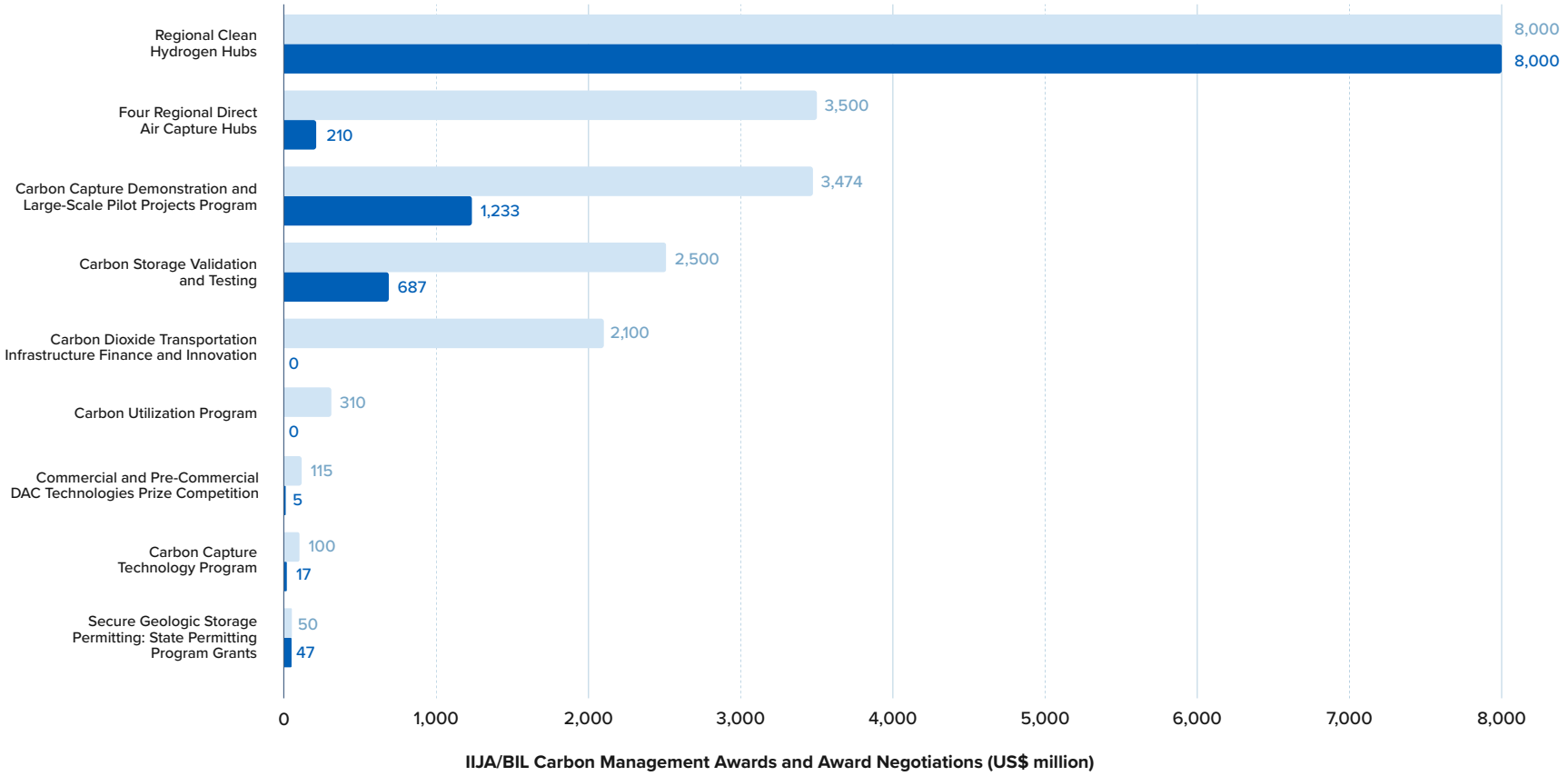
أعلنت **كندا في البيان الاقتصادي لخريف نوفمبر 2023** عن إنشاء صندوق النمو الكندي وأنه سيكون الكيان الفيدرالي الرئيسي المسؤول عن إصدار عقود فروقات الكربون، التي تضمن سعرًا أدنى ثابتًا للكربون. ويمكن تخصيص ما يصل إلى 7 مليارات دولار كندي من أصل قيمة هذا الصندوق البالغة 15 مليار دولار كندي لعقود فروقات الكربون.

في يونيو 2024، أبرم صندوق النمو الكندي اتفاقية الشراء الثانية (وهي نوع من عقود فروقات الكربون) لمشروع تحويل النفايات إلى طاقة التابع لشركة فارم إنرجي في إدمونتون (**حكومة كندا، 2024**). وكان الصندوق قد أبرم أول اتفاقية شراء في عام 2023 للمرحلة الثانية من مشروع غلاسيير التابع لشركة إنتروبي (**حكومة كندا، 2023**). ومن الاستثمارات البارزة الأخرى لصندوق النمو الكندي الاتفاقية المبرمة في يوليو 2024 مع شركة ستراثكونا لتقاسم التكاليف الرأسمالية الأولية للبنية التحتية لاحتجاز الكربون في ستراثكونا بنسبة 50/50، حتى مبلغ يصل إلى مليار دولار كندي (**ستراثكونا، 2024**)

تشمل الحوافز الإقليمية إعفاءات قابلة للتحويل في ساسكاتشوان وبرنامج ألبرتا لتحفيز احتجاز الكربون الذي انطلق في نوفمبر.

الشكل 4.1-1

حالة تمويل برامج إدارة الكربون بموجب قانون الاستثمار في البنية التحتية والوظائف /القانون البنية التحتية للحزبين إلى غاية يونيو 2024.



المفتاح:

- تم التخصيص
- المنحة/مفاوضات بشأن المنحة

تم تخصيص أو التفاوض على ما يقرب من 2,2 مليار دولار أمريكي لدعم إدارة الكربون، بالإضافة إلى 8 مليارات دولار أمريكي تم تخصيصها أو التفاوض عليها لإنشاء مراكز الهيدروجين النظيف الإقليمية.

2023 ويهدف إلى العمل بالتوازي مع الإعفاء الضريبي الاستثماري لصالح مشاريع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه على المستوى الفيدرالي. وسيوفر هذا البرنامج منحة بنسبة 12 بالمئة من التكاليف الرأسمالية الجديدة للمشاريع المؤهلة لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (**حكومة ألبرتا، 2023**).

البرازيل

تمتلك البرازيل إمكانات كبيرة لتصبح مركزًا إقليميًا وعالميًا في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، وذلك بفضل مواردها الجيولوجية الملائمة للتخزين والعمالة الماهرة في قطاع الطاقة.

كانت أنشطة احتجاز الكربون وتخزينه في البرازيل تقتصر إلى حد كبير على عمليات الحقن في طبقات ما قبل الملح في حوض سانتوس التي تنفذها شركة بتروبراس. ومع ذلك، يشهد هذا المجال زخمًا متزايدًا لتوسيع نطاق هذه الأنشطة، مدفوعًا جزئيًا بالاهتمام الكبير من القطاع الزراعي بتقنيات احتجاز وتخزين الكربون الحيوي. تتعاون الوكالة الوطنية للبترول والغاز الطبيعي والوقود الحيوي وشركة بتروبراس ومبادرة البرازيل لاحتجاز الكربون وتخزينه مع الحكومة لإنشاء إطار قانوني وتنظيمي لعمليات احتجاز الكربون وتخزينه في البلاد.

حققت البرازيل إنجازًا بارزًا في 8 أكتوبر 2024 بإقرار مشروع قانون وقود المستقبل رقم 528/2020 قانونًا نافذًا. يُعيِّن هذا القانون الوكالة الوطنية للبترول والغاز الطبيعي والوقود الحيوي كجهة تنظيمية مسؤولة عن عمليات احتجاز الكربون وتخزينه، ويضع الأطر القانونية والالتزامات التي يتعين على المشغلين الالتزام بها للوصول إلى مواقع التخزين الجيولوجي. وبهذا، تكون البرازيل أول دولة في أمريكا الجنوبية تسن تشريعًا خاصًا باحتجاز الكربون وتخزينه، ما يجعلها نموذجًا مرجعيًا للدول الأخرى في المنطقة

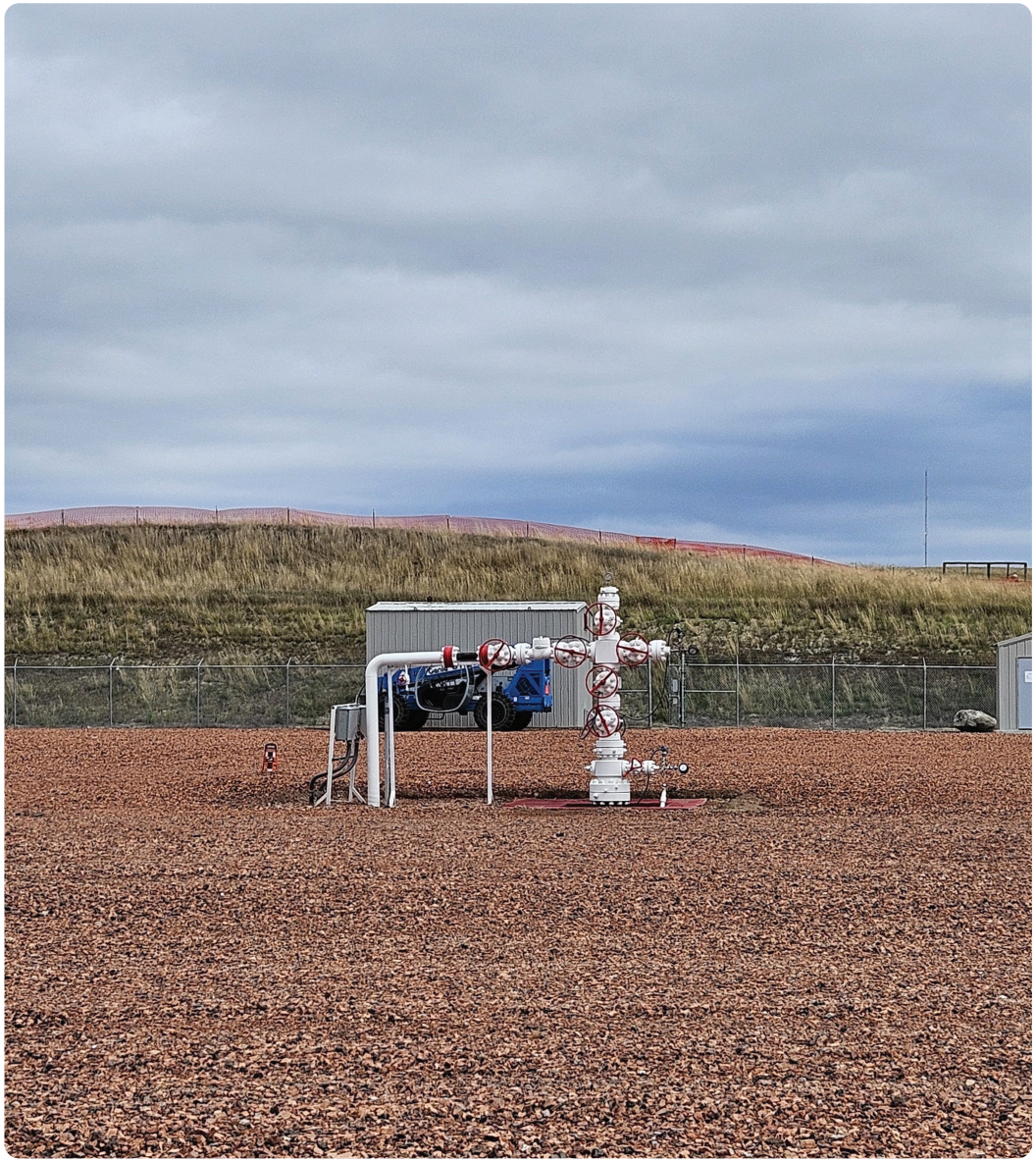
تمتلك البرازيل إمكانية أن تصبح مركزًا إقليميًا وعالميًا لتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، نظرًا لمواردها الجيولوجية الملائمة للتخزين ومهارة القوى العاملة في قطاع الطاقة.

يأتي هذا التطور عقب موافقة مجلس الشيوخ الفيدرالي في 30 أغسطس 2023 على مشروع القانون رقم 2022/1425 الذي يهدف إلى وضع إطار تشريعي وتنظيمي متكامل لعمليات احتجاز الكربون وتخزينه. تشمل الأحكام الرئيسية لهذا القانون منح تراخيص لاستكشاف خزانات التخزين الجيولوجي (برًا وبحرًا وحصريًا للشركات البرازيلية)، وأحكام المسؤولية، ومسؤوليات المراقبة والإدارة بعد إغلاق مواقع التخزين، ووضع قوانين تنظم وصول الغير إلى البنية التحتية لنقل ثاني أكسيد الكربون. (**تشيز، 2024**).

ينظر حاليًا مجلس الشيوخ البرازيلي في مشروعي قانونين آخرين: أحدهما لإنشاء نظام تداول الانبعاثات البرازيلي والآخر لإنشاء برنامج تسريع التحول الطاقي الذي يشجع تطوير منتجات الطاق منخفضة الكربون، بما في ذلك إنتاج الطاقة باستخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

المكسيك

في يونيو 2024، انتخبت المكسيك كلوديا شينباوم كرئيسة لها، وهي عالمة مناخ **ومساهمة في الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ التابع للأمم المتحدة** والتي لا تزال أولويات سياستها في مجال الطاقة، وخاصة فيما يتعلق باحتجاز الكربون وتخزينه، غير واضحة (**فرانكو، 2024؛ أوري، 2024**). في **خريطة الطريق** التي وضعتها للفترة 2024-2030، تقترح شينباوم "إزالة الكربون من مصفوفة الطاقة في أسرع وقت ممكن" (**كيروز، 2024**).



بئر حقن ثاني أكسيد الكربون في موقع احتجاز الكربون التابع لشركة داكوتا غازيفيكيشن بالقرب من مدينة بيولا، في ولاية داكوتا الشمالية. الصورة مقدمة من شركة داكوتا غازيفيكيشن.

الجدول 1-4.4

المشاريع المختارة للحصول على منح التمويل أو المفاوضات على منح التمويل والتي تتجاوز قيمتها 10 ملايين دولار أمريكي بموجب قانون البنية التحتية المدعوم من الحزبين اعتبارًا من يونيو 2024.

اسم المشروع	التمويل بالدولار الأمريكي	المنحة أو المفاوضات المُتعلقة بالمنحة	التاريخ(شهر/يوم/سنة)
مركز الهيدروجين في كاليفورنيا	1,200,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مركز الهيدروجين في ساحل الخليج	1,200,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مركز الهيدروجين في الغرب الأوسط	1,000,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مركز الهيدروجين في شمال غرب المحيط الهادئ	1,000,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مراكز الهيدروجين النظيف الإقليمية - متعددة (مؤسسة إي إف إي، إس آند بي جلوبال، انتركونتيننتال اكستشينج)	1,000,000,000	مفاوضات	2024/17/1
مركز الهيدروجين في الآبالاش	925,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مركز الهيدروجين في هارتلاند	925,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مركز الهيدروجين في وسط المحيط الأطلسي	750,000,000	مفاوضات	2023/13/10
مشروع تندرا	350,000,000	مفاوضات	2023/14/12
مشروع باي تاون لاحتجاز الكربون وتخزينه	270,000,000	مفاوضات	2023/14/12
مشروع سوتر للتخلص من الانبعاثات الكربونية	270,000,000	مفاوضات	2023/14/12
مشروع «كروس رودز»: تقييم منشآت التخزين لإزالة الكربون من شمال إنديانا وشمال شرق إلينوي وجنوب غرب ميشيغان — بي بي كاربون سوليوشنز ذ.م.م	98,240,569	منحة	2023/14/11
مشاريع تجريبية واسعة النطاق لاحتجاز الكربون - مشروع تجريبي لاحتجاز الكربون في مصفاة بيج سبرينج	95,000,000	مفاوضات	2024/2/2
مشروع كاربونسيف المرحلة الثالثة، مجمع تخزين الكربون في بولك، توصيف تفصيلي للموقع - شركة تامبا إلكتريك	88,349,189	منحة	2023/14/11
مشاريع تجريبية واسعة النطاق لاحتجاز الكربون - مشروع تجريبي لاحتجاز الكربون في مصنع فيكسبيرج لعبوات التغليف	88,000,000	مفاوضات	2024/2/2
مشاريع تجريبية واسعة النطاق لاحتجاز الكربون - مشروع تجريبي لاحتجاز الكربون في محطة توليد كين ران	72,000,000	مفاوضات	2024/2/2
مركز احتجاز الهواء المباشر في جنوب تكساس	60,000,000	مفاوضات	2023/11/8
مركز تخزين ثاني أكسيد الكربون في ثلاث ولايات؛ مشروع الثلاث ولايات - مجلس الطاقة في الولايات الجنوبية	55,248,174	منحة	2023/14/11
مشروع سايبرس	50,174,880	منحة	2024/27/3
مشاريع تجريبية واسعة النطاق لاحتجاز الكربون - مشروع تجريبي لاحتجاز الكربون في محطة "دراي فورك" للطاقة	49,000,000	مفاوضات	2024/2/2
مركز فور كورنرز لتخزين الكربون: مشروع كاربونسيف المرحلة الثالثة - معهد نيو مكسيكو للتعدين والتكنولوجيا	41,409,910	منحة	2023/14/11
مشروع كاربونسيف المرحلة الثالثة: مركز تخزين الكربون في سويت ووتر - جامعة وايومنغ	40,504,935	منحة	2023/17/5

المشاريع

الولايات المتحدة

في إشارة إلى الاهتمام الدولي بالتخلص من الانبعاثات الكربونية في قطاع الطاقة وزيادة الجدوى التجارية لاحتجاز الكربون وتخزينه، استأنفت شركة جيه إكس نيبون عملياتها في محطة بيترا نوفا لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في تكساس في سبتمبر 2023 (**جيه إكس نيبون، 2023**). تظل محطة بيترا نوفا المنشأة التشغيلية الوحيدة لاحتجاز الكربون في محطة طاقة تعمل بالفحم في الولايات المتحدة وواحدة من أربع منشآت فقط تعمل في محطات الطاقة التجارية التي تعمل بالفحم على مستوى العالم. سيكون مشروع تندرا في ولاية داكوتا الشمالية، حال اكتماله، ثاني منشأة من نوعها في الولايات المتحدة، وقد **اختير لإجراء مفاوضات بشأن منح تمويل** يصل إلى 350مليون دولار أمريكي من البنك الدولي في لوكسمبورغ في ديسمبر 2023.

تحقق العديد من المشاريع في الولايات المتحدة، والتي تتسم بتكاليف احتجاز منخفضة وحاجة محدودة لبنية تحتية جديدة للنقل، تقدمًا.

في نوفمبر 2023، بدأت منشأة بلو فلينت ايثانول التابعة لمجموعة هارفيستون لاحتجاز الكربون وتخزينه في شمال داكوتا ومنشأة بارنيت زيرو لاحتجاز الكربون وتخزينه (معالجة الغاز الطبيعي) التابعة لشركة "إنلينك" و"بي كيه في" في تكساس عملياتها (**إنلينك، 2023**؛ **هارفيستون، 2023**). في يناير 2024، منحت وكالة حماية البيئة الأمريكية شركة واباش فالي ريسورسيز الموافقة النهائية على ترخيصين لبئرين للتحكم في الحقن تحت الأرض من الفئة السادسة مرتبطين بمنشأة إنتاج الغاز والأسمدة في ولاية إنديانا (**وكالة حماية البيئة الأمريكية، 2024ب**).

تُحرز عملية مد خطوط أنابيبثاني أكيد الكربون تقدمًا مع حصول شركة ساميت لحلول الكربون على الموافقة في يونيو 2024 على القطاع الخاص بولاية آيوا من شبكة خطوط الأنابيب الخاصة بها والتي ستنقل ثاني أكسيد الكربون المحتجز من **57 مصنع للإيثانول** في جميع أنحاء الغرب الأوسط للولايات المتحدة إلى مواقع التخزين في داكوتا الشمالية.

الجدول 4.1-1 (يتبع)

المشاريع المختارة للحصول على منح التمويل أو المفاوضات على منح التمويل والتي تتجاوز قيمتها 10 ملايين دولار أمريكي بموجب قانون البنية التحتية المدعوم من الحزبين اعتبارًا من يونيو 2024.

اسم المشروع	التمويل بالدولار الأمريكي	المنحة أو المفاوضات المُتعلقة بالمنحة	التاريخ(شهر/يوم/سنة)
مشروع فينيكس: عرض توضيحي للتحويل الآمن والموثوق لحقل نفط ناضج لتخزين ثاني أكسيد الكربون المخصص في حوض بيرميان - شركة بروجيو	38,376,061	منحة	2023/14/11
كول كريك لاحتجاز الكربون: تحليل خصائص الموقع والحصول على التصاريح اللازمة - مركز أبحاث الطاقة والبيئة بجامعة داكوتا الشمالية	38,148,520	منحة	2023/17/5
مشروع مركز تخزين لوني ستار - بي بي كوربوريشن أمريكا الشمالية المحدودة	33,411,193	منحة	2023/17/5
نظام التشغيل الريادي كاربونسيف: تطوير العزل التجاري لجنوب كولورادو - مدرسة كولورادو للمناجم	32,671,554	منحة	2023/17/5
مركز تخزين الكربون الأساسي للممر الكيميائي في لويزيانا - شركة ريفر باريش سيكويستريشن المحدودة	25,634,345	منحة	2023/14/11
مشروع تمبرلاندز سيكستريشن - تمبرلاندز سيكستريشن، شركة ذات مسؤولية محدودة	23,779,020	منحة	2023/17/5
مشروع ماغنوليا سيكستريشن - مركز ماغنوليا سيكستريشن	21,570,784	منحة	2023/17/5
مشروع تخزين الكربون في جزيرة القرد - شركة الموارد المتقدمة الدولية	21,175,655	منحة	2023/14/11
مركز لونجليف لاحتجاز الكربون وتخزينه - مجلس الطاقة في الولايات الجنوبية	17,984,523	منحة	2023/17/5
إلينوي باسين ويست كاربونسيف - جامعة إلينوي	17,736,972	منحة	2023/17/5
مشروع بلوبونيت سيكستريشن - مركز بلوبونيت سيكستريشن	16,480,117	منحة	2023/17/5
مشروع مركز احتجاز الهواء المباشر برايري كومباس - المرحلة 1 - مركز أبحاث الطاقة والبيئة بجامعة نورث داكوتا	12,500,000	مفاوضات	2023/11/8
مركز احتجاز الهواء المباشر الإقليمي في وايومنغ - شركة كربون كابتشر.	12,500,000	مفاوضات	2023/11/8
التصميم والتخطيط الهندسي للواجهة الأمامية لمركز احتجاز الهواء المباشر في كاليفورنيا - مؤسسة معهد أبحاث الطاقة الكهربائية.	11,829,634	مفاوضات	2023/11/8
مركز احتجاز الهواء المباشر الإقليمي الجنوبي الغربي - مجلس إدارة ولاية أريزونا نيابة عن جامعة ولاية أريزونا	11,586,146	مفاوضات	2023/11/8
مركز احتجاز الهواء المباشر في الجنوب الشرقي: الاستفادة من العمل القديم في منطقة موبيل - مجلس الطاقة في الولايات الجنوبية	10,242,232	مفاوضات	2023/11/8

تقوم شركة تل جراس بتحويل خط أنابيب تريل بليزر الخاص بها الذي يبلغ طوله حوالي 640 كيلومترًا (400 ميل) من الغاز الطبيعي إلى خدمة نقل وتخزين ثاني أكيد الكربون. حصل المشروع على الموافقة على إنشاء أول بئر لحقن ثاني أكسيد الكربون في وايومنغ في شهر يونيو، كما نجح في بناء الدعم المجتمعي في نبراسكا من خلال التفاوض على **اتفاقية المزايا المجتمعية مع منظمة مجتمعية قائمة على مستوى الدولة.**

أطلقت العديد من شركات احتجاز الهواء المباشر في الولايات المتحدة تسهيلات تجريبية وتجارية خلال العامين الماضيين، مما أدى إلى تأمين استثمارات من بنوك كبرى وشركات تكنولوجيا وشركات طيران للحصول على أرصدة الكربون. في نوفمبر 2023، بدأت شركة هيرلوم عملياتها في منشأتها التي تبلغ طاقتها 1 كيلو طن سنويًا في تريسي، كاليفورنيا، وفي يونيو 2024 أعلنت عن خطط لإنشاء منشأتين جديدتين في لويزيانا (أقصى طاقة احتجاز تبلغ 320 كيلو طن سنويًا) (**هيرلوم، 2023، 2024**). في أوائل شهر أغسطس، بدأت منشأة بانتام التابعة لشركة هايمدال والتي تبلغ طاقتها الإنتاجية 5000 طن سنويًا عملياتها في أوكلاهوما. أصدرت شركة جلوبال ثرموستات وشركة كربون كابتشر، مؤسسة، تفاصيل أنظمة احتجاز الهواء المباشر التجارية الخاصة بهما في أبريل 2023 ويونيو 2024 على التوالي.

تستمر مشاريع التخزين الجيولوجي واسعة النطاق في التطور في مختلف أنحاء المنطقة، حيث تُجري الشركات الدولية عمليات استحواذ واستثمارات لبناء محافظ التخزين الخاصة بها.

في نوفمبر 2023، استحوذت شركة اكسون موبيل على مؤسسة دنبري، وأضافت 15 موقع تخزين بري وأكثر من 2000 كيلومتر من خطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون إلى شبكة اكسون موبيل في الولايات المتحدة، وفي مارس 2024، استحوذت شركة توتال إنرجيز على شركة تالوس لو كربون سوليوشنز، مما يوفر حصة في كل من مشاريع التخزين في بايو بيند (موارد تخزين>1 جيجا طن) وكوستال بيند (موارد تخزين 50-75 مليون طن) (**اكسون موبيل، 2023؛ معهد احتجاز الكربون وتخزينه العالمي، 2023؛ توتال إنرجيز، 2024**).

كاليفورنيا

حصلت شركة كاليفورنيا للموارد في ديسمبر 2023 على موافقة وكالة حماية البيئة الأمريكية على أربعة تصاريح أولية للآبار من الفئة السادسة لمشروع كربون تيرافولت 1 في حقل إلك هيلز الخاص بها في مقاطعة كيرن، كاليفورنيا.

يستهدف مشروع كربون تيرافولت 1 إجراء عملية الحقن الأولى بحلول نهاية عام 2025، بهدف حقن حوالي 1.5 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون مع إجمالي موارد تخزين تقدر بنحو 38 مليون طن (**شركة كاليفورنيا للموارد، 2024**). تقدر شركة كاليفورنيا للموارد إجمالي موارد تخزين ثاني أكسيد الكربون بنحو 190 مليون طن عبر مشاريعها الخمسة.

لويزيانا

حصلت ولاية لويزيانا على أولوية التحكم في الحقن تحت الأرض من الفئة السادسة في **ديسمبر 2023** واعتبارًا من أغسطس 2024 كانت تُقيّم الطلبات الخاصة بـ 65 بئرًا من الفئة السادسة – أكثر من أي ولاية أخرى أو منطقة وكالة حماية البيئة. يعد مركز تخزين الكربون الإقليمي في وسط لويزيانا التابع لشركة كابتشر بوينت أحد أكبر مشاريع التخزين قيد التطوير مع موارد تخزين ثاني أكسيد الكربون المقدرة بنحو **2 جيجا طن** . لدى شركة كابتشر بوينت 12 طلب قيد النظر للحصول على آبار من الفئة السادسة في لويزيانا.

وقعت شركة أون ستريم سي أو 2 ، وهي مشروع مشترك بين شركة كاربونفيرت وشركة كاستكس كربون سليوشنز، مذكرة تفاهم مع شركة الكومنولث للغاز الطبيعي المسال لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون في منشأة قيد التطوير لشركة الكومنولث للغاز الطبيعي المسال في الكاميرون بلويزيانا، وتخزينه في الخارج في مركز كاميرون باريش لثاني أكسيد الكربون (**شركة الكومنولث للغاز الطبيعي المسال، 2023**) الذي يحتوي على أكثر من 250 مليون طن من موارد تخزين ثاني أكسيد الكربون.

وايومنغ

حصلت شركة فرونتير كربون سوليوشنز في ديسمبر 2023 على الموافقة على أول ثلاث تصاريح لحقن الآبار من الفئة السادسة في الولاية كجزء من مركز تخزين الكربون سويت ووتر مفتوح المصدر التابع لشركة فرونتير، والذي يضم أكثر من 550 مليون طن من موارد تخزين ثاني أكسيد الكربون (**شركة فرونتير كربون سوليوشنز، 2023**).

تواصل شركة تل جراس العمل في مركز سيكستريشن في شرق وايومنغ، وفي يونيو 2024 حصلت على موافقة من ولاية وايومنغ على مشروع تصريح بئر حقن من الفئة السادسة لبئر بئر جونيبر 1-I (**إدارة الجودة البيئية في وايومنغ، 2024**)، وسيكون هذا أول بئر في مركز سيكستريشن في شرق وايومنغ، مصمم لحقن 1.5 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون ويسمح له بحقن إجمالي 7 ملايين طن من ثاني أكسيد الكربون. يُخطط **مركز سيكستريشن في شرق وايومنغ** لنقل أكثر من 10 ملايين طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون من منشآت الاحتجاز في نبراسكا وكولورادو ووايومنغ إلى مواقع تخزين مركز سيكستريشن في شرق وايومنغ.

كندا

ولأول مرة، أدرجت هيئة تنظيم الطاقة في ألبرتا فصلاً عن احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في توقعاتها للطاقة، مشيرة إلى أن مشروعين من مشاريع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه واسعة النطاق في كندا، منشأة شل كويست وخط أنابيب الكربون في ألبرتا التابع لشركة وولف ميدستريم، تخزن بشكل دائم إجمالي 2.6 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون (**هيئة تنظيم الطاقة في ألبرتا، 2024**). كما بدأ البناء على امتداد خط أنابيب الكربون في ألبرتا – موصل إدمونتون لخط أنابيب الكربون في ألبرتا – القادر على نقل حوالي 7 ملايين طن سنويًا بكامل طاقته، كما تقدمت باثوايز اليانز بطلب إلى هيئة تنظيم الطاقة في ألبرتا للحصول على موافقة على خط الأنابيب المقترح بطول 400 كيلومتر والذي من شأنه أن ينقل ثاني أكسيد الكربون المحتجز من شمال ألبرتا إلى موقع تخزينه بالقرب من بحيرة كولد (**وولف ميدستريم، 2023**؛ **باككس، 2024**؛ **ستيفنسون، 2024**). ومن الجدير بالذكر أيضًا أنه في يوليو 2024، أعلنت شركة انتروبي عن قرار الاستثمار النهائي بشأن المرحلة الثانية من منشأة جلاسير، والتي ستشمل احتجاز ما بعد الاحتراق على توربين واحد لتوليد لطاقة يعمل بالغاز وتسعة محركات تعمل بالغاز (**أدفانتج إنيرجي، 2024**).

في عام 2022، اختارت ألبرتا 25 مقترحًا لمشروع مركز احتجاز الكربون وتخزينه لتقييم واستكشاف مدى ملاءمة موقع تخزين ثاني أكسيد الكربون في منطقة إدمونتون وفي جميع أنحاء المقاطعة، وقد ألغي أحد هذه المشاريع لاحقًا. (**مجلة النفط والغاز، 2022**؛ **وليامز، 2022**؛ **حكومة ألبرتا، 2024**). إن عملية تقييم موقع التخزين مستمرة؛ ومع ذلك، أعلنت شركة شل في شهر يونيو عن قرار الاستثمار النهائي بشأن المرحلة الأولى من مركز تخزين الكربون أطلس (650 كيلو طن سنويًا)، وأعلنت شركة بايسون عن تقديم طلب حجز الكربون لمشروع مركز ميدوبروك لاحتجاز الكربون وتخزينه بسعة 3 ملايين طن سنويًا، وكلاهما بالقرب من إدمونتون (**بايسون لو كربون فينتشرز، 2024**؛

البرازيل

تواصل شركة بتروبراس عمليات احتجاز الكربون وتخزينه الناجحة في خزاناتها الملحية في حوض سانتوس، حيث حقنت 13 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في عام 2023، مما يزيد إجمالي حقن ثاني أكسيد الكربون التراكمي إلى 53.8 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون (**بتروبراس، 2024**). كما وقعت شركة بتروبراس مذكرة تفاهم مع شركة آرسيلور ميتال لإنتاج الصلب لدراسة جدوى إنشاء مركز لاحتجاز الكربون وتخزينه في ولاية إسبيريتو سانتو (**آرسيلور ميتال، 2024**).

يواصل مطورو المشاريع الآخرون دراسات الجدوى الخاصة باحتجاز الكربون وتخزينه. أعلنت شركة اف إس، وهي شركة منتجة للإيثانول، في مايو 2024 عن استكمال الدراسات الفنية، بما في ذلك حفر بئر طبقي، وتقييم مدى ملاءمة تكوين ديامانتينو لتخزين ثاني أكسيد الكربون في حوض باريسيس في ماتو غروسو لمشروع الطاقة الحيوية الناتجة عن احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه مع إمكانية احتجاز 423 كيلو طن سنويًا (**اف إس، 2024**).

تواصل البرازيل عمليات احتجاز الكربون وتخزينه بنجاح في خزاناتها الملحية في حوض سانتوس، حيث حقنت 13 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون في عام 2023.

المشروع التجريبي لتقنية فروست سي سي التابع لشركة كاربون اميركا في المركز الوطني لاحتجاز الكربون في الولايات المتحدة. الصورة مقدمة من كاربون اميركا.

4.2 آسيا والمحيط الهادئ والهند

نظرة عامة

تتزايد أهمية دور احتجاز الكربون وتخزينه في آسيا في ضوء التقاء عوامل الطلب المتزايد على الطاقة، والاعتماد المستمر على الوقود الأحفوري، والحاجة إلى التخلص من الانبعاثات الكربونية بسرعة. ومع ذلك، فإن الاحتياجات لنشر احتجاز الكربون وتخزينه والقدرة الهيكلية الفعلية للقيام بذلك ليست موزعة بالتساوي، ويرجع ذلك إلى حد كبير إلى التفاوت في موارد التخزين الجيولوجية.

تحتوي المنطقة (باستثناء الصين الواردة في البند 4.3) على مشروع تشغيلي واحد وأربعة منشآت قيد الإنشاء.

بناءً على الحاجة المستمرة المتوقعة للتخزين الجيولوجي الإقليمي، ومن ثمّ الفرصة الاقتصادية المستقبلية الكامنة التي يدعمها، تعمل العديد من البلدان ــ ولا سيما ماليزيا وإندونيسيا وأستراليا ــ الآن على تطوير مواردها الجيولوجية بشكل فعال لإثبات نفسها كمراكز لاحتجاز الكربون وتخزينه في المنطقة. ولتحقيق هذه الغاية، يجري حالياً إبرام العديد من مذكرات التفاهم والاتفاقيات في مختلف أنحاء المنطقة لوضع الأساس للمشاريع العابرة للحدود.

ومن المؤشرات على الإجراءات العاجلة المُتخذه هي الأطر القانونية والتنظيمية الوطنية ودون الوطنية الناشئة لاحتجاز الكربون وتخزينه. وقد أصدرت حكومات العديد من الدول، بما في ذلك كوريا الجنوبية واليابان وإندونيسيا وولاية غرب أستراليا، لوائح خاصة باحتجاز الكربون وتخزينه في العام الماضي. ومن المتوقع أن تفعل ماليزيا نفس الشيء بحلول نهاية عام 2024.

ومن الجدير بالذكر أن جميع الأطر القائمة تراعي عملية تمكين سلاسل القيمة العابرة للحدود لاحتجاز الكربون وتخزينه، مع وجود بعض الأطر التي تسمح صراحة بإمكانية وصول أطراف خارجية إلى احتياطيات التخزين، وعلى الرغم من أن هذا في معظمه مجرد تشريع إطاري يتطلب توضيح الكثير من التفاصيل، فإنه يسلط الضوء على الدافع الأساسي لإنشاء البنية التحتية التنظيمية اللازمة لتحقيق عملية خفض الانبعاثات وتحقيق الفرص الاقتصادية طويلة الأجل.

لا تزال التحديات التي تواجه احتجاز الكربون وتخزينه، وخاصة في الاقتصادات النامية، قائمة، ويشمل ذلك التطوير الكامل للوائح وآليات السياسات المتكاملة، وتمويل البنية الأساسية وتطويرها، وتحقيق الدخل من أنشطة الحد من الانبعاثات التي تتضمن احتجاز الكربون وتخزينه. وفيما يتعلق بمراكز احتجاز الكربون وتخزينه، لا يزال التحدي القائم يتمثل في عملية نقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود واللوائح والسياسات الوطنية والاتفاقيات الدولية المترابطة والمتداخلة المعقدة التي تنظمها.

وتعمل ماليزيا وإندونيسيا وأستراليا حالياً على تطوير مواردها الجيولوجية بشكل فعال لإنشاء مراكز لاحتجاز الكربون وتخزينه في منطقة آسيا والمحيط الهادئ.

اليابان

تدرس جدوى إنشاء 9 شبكات لاحتجاز الكربون وتخزينه:

- 5 شبكات لتخزين ثاني أكسيد الكربون داخل اليابان.
- 4 شبكات لتخزينه في أماكن أخرى في منطقة آسيا والمحيط الهادئ.

4

منشآت قيد الإنشاء وواحدة قيد التشغيل في منطقة آسيا والمحيط الهادئ والهند.

2 مليار دولار أمريكي

محطة تخزين في بحر جاوة قيد التقييم من قبل شركة برتامينا الإندونيسية وإكسون موبيل.
وقّعت برتامينا أيضًا اتفاقية مع شيفرون للتعاون في تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في منطقة شرق كاليمانتان.

ماليزيا وأندونيسيا وأستراليا

تستعد لتطوير التخزين الجيولوجي لثاني أكسيد الكربون.

السياسة

إن عملية إنشاء بيئة استثمارية سليمة لاحتجاز الكربون وتخزينه تبدأ جزئياً، بوضع إعدادات تنظيمية واضحة وثابتة. ولتحقيق هذه الغاية، كان التقدم المحرز في منطقة آسيا والمحيط الهادئ خلال العام الماضي مبهر، حيث اتسم باستمرار التزايد في النشاط. وعلى المستوى الإقليمي، ينصب التركيز على إنشاء سلاسل قيمة تجارية عابرة للحدود الوطنية لاحتجاز الكربون وتخزينه. ويتجلى هذا في عمليات وضع التشريعات الوطنية التي تتضمن أحكاماً لممارسة "أعمال احتجاز الكربون وتخزينه"، فضلاً عن العدد المتزايد من مذكرات التفاهم وخطابات النوايا والاتفاقيات الأخرى بين الحكومات والقطاع الخاص لتصدير ثاني أكسيد الكربون لتخزينه في بلدان أخرى. يجري حاليا تقديم أطر تنظيمية مع حوافز تجارية لنشر احتجاز الكربون وتخزينه، والتي تشمل الإعفاءات الضريبية، ورسوم التخزين، والوصول إلى أسواق الكربون الوطنية.

أستراليا

لا يزال التعاون الدولي نقطة محورية للحكومة الفيدرالية، كما يتضح من إقرار مشروع تعديل قانون حماية البيئة (إلقاء النفايات في البحر) (استخدام التقنيات الجديدة لمكافحة تغير المناخ) لعام 2023 (**برلمان أستراليا، 2023**)، والإعداد اللاحق لقائمة العمل الوطنية (**وزارة التغير المناخي والطاقة والبيئة والمياه الأسترالية، 2024**).

في الموازنة الفيدرالية 2024-2025، خصصت الحكومة 556.1 مليون دولار أسترالي على مدار 10 سنوات لمؤسسة جيوساينس أستراليا لرسم خريطة شاملة للموارد الجوفية في أستراليا، بما في ذلك الموارد الجيولوجية التي لديها القدرة على تخزين ثاني أكسيد الكربون.

في شهر مايو، أصدرت الحكومة استراتيجيتها المستقبلية الخاصة بالغاز (**وزارة الصناعة والعلوم والموارد الأسترالية، 2023**). البند الخامس من الاستراتيجية هو "تعزيز التخزين الجيولوجي لثاني أكسيد الكربون ودعم تحول منطقتنا إلى الصفر الصافي". من خلال هيئة تغير المناخ، تعمل الحكومة على إعداد استراتيجية قطاعية للتخلص من الانبعاثات الكربونية تتضمن احتجاز الكربون وتخزينه للقطاعات الصناعية المعنية (**هيئة تغير المناخ، 2024**).

وعلى المستوى دون الوطني، تتبنى حكومات الولايات والأقاليم نهجا متباينا تجاه احتجاز الكربون وتخزينه. في مايو، أقر برلمان غرب أستراليا مشروع قانون تعديل التشريعات البترولية (2023)، وهو الآن قانون ساري، كما يجري الآن إعداد اللوائح – التشريعات الثانوية. وفي كوينزلاند، رفضت حكومة الولاية سير العمل في مشروع شركة نقل وتخزين الكربون التابع لشركة جلينكور، على الرغم من إشارتها إلى التحليل العلمي الشامل من منظمات مستقلة – احتمالية تلوث المياه الجوفية في الحوض الارتوازي الكبير (**مايلز، 2024**). قدمت حكومة كوينزلاند مشروع قانون لحظر جميع مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه المستقبلية التي تعتزم استخدام أجزاء من الحوض الارتوازي الكبير للتخزين (**برلمان كوينزلاند، 2024**).

1.6مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون

مُخزنه في جزيرة بارو قرب ساحل غرب أستراليا.

منشأة جورجون للغاز الطبيعي المسال التي تضم نظام احتجاز الكربون وتخزينه، غرب أستراليا، الصورة مقدمة من شركة شيفرون

اليابان

في مايو، أقر البرلمان الوطني (البرلمان الياباني) قانون أعمال احتجاز الكربون وتخزينه (**فوكوشيما، 2024**؛ **المنظمة اليابانية للمعادن وأمن الطاقة، 2024**). ويمنح القانون وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة القدرة على تحديد مناطق محددة وتخصيصها لتخزين ثاني أكسيد الكربون وتشغيل نظام تصاريح تُمنح بموجبه الشركات حقوق الحفر الاستكشافي والتخزين. وتصدر تصاريح الحفر والتخزين من خلال عطاء عام يخضع المتقدمين له للتقييم على أساس الكفاءة الفنية والأمن المالي وما إلى ذلك. كما يتضمن القانون تفاصيل حول المراقبة والمسؤولية، بما في ذلك نقل ما بعد الإغلاق.

في فبراير، أطلقت الحكومة اليابانية الدفعة الأولى من سندات المناخ المخطط لها لمدة عشر سنوات بقيمة 130 مليار دولار أميركي (**مبادرة سندات المناخ، 2024**). وبموجب إطار عمل سندات التحول المناخي الصادر في عام 2023، يجب أن توجه العائدات إلى مشاريع محددة تتوافق مع استراتيجية تعزيز التحول الأخضر، التي تهدف إلى تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والأداء الصناعي والتخلص من الانبعاثات الكربونية. سيتم تخصيص 55% من السندات لأنشطة البحث والتطوير المرتبطة بأهداف التحول على المستوى الوطني في مجال الصناعة والطاقة، ومن المتوقع تخصيص 20% منها لاحتجاز الكربون وتخزينه.

ماليزيا

أصدرت الحكومة الماليزية في عام 2023 خارطة طريق وطنية للتحول في مجال الطاقة، والتي تضع الأساس للتحول على المستوى الاقتصادي إلى الصفر الصافي (**وزارة الاقتصاد الماليزية، 2023**). تتضمن خارطة الطريق الوطنية للتحول في مجال الطاقة 10 مشاريع رائدة تعتمد على ستة وسائل للتحول في مجال الطاقة، أحدها هو احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. وفي إطار وسيلة احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، يتمثل هدف الحكومة في تطوير ثلاثة مراكز لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، وتشمل مبادراتها الرئيسية إعداد لوائح احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه وتحسين استخدام تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في القطاعات المعنية من خلال الحوافز السياسية. وسيجري إنشاء أحد مراكز احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في ولاية ساراواك، حيث تمتلك الولاية بالفعل إطاراً تنظيمياً لتسهيل تطويره. ومن المتوقع أن يوضع الإطار التنظيمي الوطني لاحتجاز واستخدام وتخزين الكربون بحلول ديسمبر 2024.

في سبتمبر 2023، أصدرت الحكومة الخطة الصناعية الرئيسية الجديدة 2030، والتي تهدف إلى تعزيز القدرة التنافسية العالمية لقطاع التصنيع الماليزي (**هيئة الاستثمار والتنمية الماليزية، 2023**). تتضمن الخطة الصناعية الرئيسية الجديدة أربع مهام تتضمن 21 استراتيجية و62 خطة عمل. وفي إطار المهمة الثالثة - الحث على تحقيق الصفر الصافي - تم الاعتراف بدور تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في دعم التخلص من الانبعاثات الكربونية في القطاعات التي يصعب فيها التخفيف وأدرجت مع إنشاء قطاع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه كقطاع خاص بها.

إندونيسيا

أصدرت وزارة الطاقة والثروة المعدنية الإندونيسية في أوائل عام 2023 لوائح أولية لاحتجاز الكربون وتخزينه واحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في عمليات التنقيب عن النفط والغاز (**وزارة الطاقة والثروة المعدنية، 2023**). وفي وقت لاحق، في يناير 2024، أصدرت الحكومة اللائحة الرئاسية 2024/14، والتي توفر إطارًا لأنشطة احتجاز الكربون وتخزينه عبر قطاعات متعددة في إندونيسيا (**مجلس التدقيق الإندونيسي، 2024**). وضعت لوائح عامي 2023 و2024 إجراءات للحصول على تصاريح التخزين والسلامة البيئية والمراقبة والمسؤولية بعد الإغلاق، في حين تنص اللائحة الرئاسية 2024/14 على فرض حد أقصى بنسبة 30% على ثاني أكسيد الكربون الوارد من الخارج. ومن الجدير بالذكر أن المرسوم الرئاسي رقم 2024/14 ينص أيضًا على آليات تحفيزية مدمجة. وتشمل هذه الآليات الحوافز الضريبية، والمخصصات لمشغلي أنظمة التخزين لتحقيق الدخل من الأنشطة من خلال فرض الرسوم، فضلاً عن توفير الأساس لتطبيق تسعير الكربون المرتبط بأنشطة احتجاز الكربون وتخزينه (المنظمة بموجب اللائحة الرئاسية 2021/98).

سنغافورة

في ديسمبر 2023، وقع مجلس التنمية الاقتصادية السنغافوري وتحالف مركز شل (المكون من شل سنغافورة وإكسون موبيل آسيا والمحيط الهادئ) مذكرة تفاهم لتنسيق عملية تخطيط وتطوير مشروع بقدرة 2.5 مليون طن سنويًا بحلول عام 2030 (**مجلس التنمية الاقتصادية السنغافوري، 2024**). أبرمت العديد من الاتفاقيات ومذكرات التفاهم بين سنغافورة وبلدان أخرى، وربما كان أبرزها خطاب النوايا مع إندونيسيا، الذي تم توقيعه في يناير (**وزارة التجارة والاستثمار في سنغافورة، 2024**). كما بدأت الحكومة السنغافورية في إجراء مناقشات أولية مع الحكومة الماليزية وشركة بترونas بشأن تصدير ثاني أكسيد الكربون لتخزينه في ماليزيا.

تايلاند

أصدرت الحكومة التايلاندية مشروع تعديل لقانون البترول الحالي (على الرغم من عدم إقرار القانون)، مضيفة "الأعمال المتعلقة بالكربون" إلى القانون، في أوائل عام 2024 والذي يمثل إطارًا تنظيميًا لأنشطة احتجاز الكربون وتخزينه. تشير الأعمال المتعلقة بالكربون إلى الاستكشاف لأغراض احتجاز الكربون وتخزينه (**بيرابان تونغسووان وآخرون، 2024**).

كوريا الجنوبية

أقر المجلس الوطني قانون احتجاز ثاني أكسيد الكربون واستخدامه وتخزينه في يناير 2024 وسيبدأ سريانه في يناير 2025 (**وزارة التجارة والصناعة والطاقة، 2024**)، ويحدد القانون الإجراءات المتعلقة بالتصاريح، وآليات الدعم المالي، ويوفر إطارًا للأنشطة قيد التشغيل، ومعايير السلامة، والمراقبة والمعايير الفنية (**وزارة البترول والغاز الطبيعي، 2023**).

يتعاون المعهد مع الرابطة العالمية للأسمنت والخرسانة ومبادرة احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه الوزارية للطاقة النظيفة لتقديم دراسة حول التخلص من الانبعاثات الكربونية في قطاعات الأسمنت الهندية. وتشتمل الدراسة على أربع نتائج:

- تحديد مراكز الانبعاثات المحتملة، ورسم خريطة لهذه المراكز على مواقع التخزين الجيولوجية القريبة؛ و
- تحديد الثغرات الموجودة في الأطر السياسية والقانونية والتنظيمية لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، والاعتبارات المتعلقة بالحوافز والتعاون الدولي حول احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه؛ و
- تحديد مشاريع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه الرائدة، ووضع دراسات التصميم النظري رفيعة المستوى؛ و
- رفع مستوى الوعي وبناء القدرات حول احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في صناعة الأسمنت.

هذه الدراسة تتم تحت رعاية المؤسسة العالمية لادارة الكربون.

الهند

تتمتع الهند بإمكانات كبيرة في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، وخاصة في قطاعاتها التي يصعب فيها تخفيف تخفيف الانبعاثات. في أعقاب إصدار تقرير السياسة الشامل لنيتي أيوج (مؤسسة فكرية تابع للحكومة المركزية) في عام 2022 بشأن احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، أنشأت وزارة العلوم والتكنولوجيا مركزين وطنيين للتميز في احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (مراكز التميز الوطنية) في عام 2022 ودعمت مركزًا وطنيًا ثالثًا للتميز في عام 2023 (**وزارة العلوم والتكنولوجيا، 2023، 2024**)، وتُجري مراكز التميز الوطنية هذه عمليات بحث وتطوير للتقنيات الرامية إلى تقليل تكلفة احتجاز الكربون وتخزينه وتوفير أفضل ممارسات الحلول المستدامة.

اعتمد مكتب المعايير في الهند مؤخرًا معايير المنظمة الدولية للتوحيد القياسي بشأن احتجاز الكربون وتخزينه، والتي تشمل الاحتجاز والنقل والتخزين المتعلق بالاستخلاص المعزز للنفط والتخزين الجيولوجي. بالإضافة إلى ذلك، أعد مكتب كفاءة الطاقة فريق عمل لبناء إطار عمل لسوق الكربون لكل من ضرائب الكربون وتداول أرصدة الكربون في الهند. أصدرت وزارة الطاقة ووزارة البيئة والغابات وتغير المناخ مسودة تقرير مخطط تداول أرصدة الكربون، للحصول على أراء الجمهور (**الرابطة العالمية للأسمنت والخرسانة، 2024**).

وفي إطار رئاستها لمجموعة العشرين في عام 2023، أصدرت الهند تقارير فنية ومالية تسلط الضوء على أن تقييمات التخزين والسياسات الداعمة من شأنها أن تشجع الاستثمارات في احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (**أرناب دوتا، 2024**).

وفى الوقت الحالي، توجد أربع فرق عمل مشتركة بين الوزارات معنية باحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، بقيادة نيتي أيوج، تعمل بشكل جماعي على جوانب متنوعة من احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، بما في ذلك وضع معايير السلامة

تتمتع الهند بإمكانات كبيرة في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، وخاصة في القطاعات التي يصعب فيها تخفيف الانبعاثات.

المشاريع

وتستمر المشاريع في منطقة آسيا والمحيط الهادئ في الظهور عبر الطيف الكامل ومنحنى التكلفة لطلبات احتجاز الكربون وتخزينه، بدءًا من معالجة الغاز الطبيعي وحتى احتجاز الهواء المباشر باستخدام تقنية احتجاز الكربون وتخزينه. يسعى العديد من مطوري المشاريع إلى إنشاء مراكز تخزين لخدمة كل من الدول المصدرة للانبعاثات المحلية واستقبال ثاني أكسيد الكربون من بلدان أخرى. ويقود مشغلو النفط والغاز في جميع أنحاء المنطقة هذه العملية ويديرونها بشكل رئيسي.

ومع ذلك، فإن سلاسل القيمة الكاملة غالبًا ما تضم مجموعة متنوعة من القطاعات والشركات والحكومات، مما يمهد الطريق لشراكات استراتيجية جديدة وبارزة في مجال احتجاز الكربون وتخزينه.

أستراليا

تحقق العديد من مشاريع الاحتجاز التي يصعب فيها تخفيف الانبعاثات في أستراليا تقدمًا، مما يوفر للمستخدمين المحتملين مراكز تخزين قيد الإنشاء في غرب أستراليا. أكملت شركة ميتسوي إي آند بي أستراليا وشركة ويست فارمرز للكيماويات والطاقة والأسمدة اختبار حقن ثاني أكسيد الكربون بنجاح كجزء من المراحل الأولية لمركز سيجنوس لاحتجاز وتخزين الكربون، ومقره في وسط غرب أستراليا الغربية **(ميتسوي إي آند بي أستراليا، 2024)**. وقعت شركة يارا بيلبارا للأسمدة مذكرة تفاهم مع شركة وودسايد لدراسة جدوى تخزين الانبعاثات المحتجزة من منشآتها في غرب أستراليا في حقل غاز أنجل المستنفد **(وودسايد، 2024)**. وسيكون المركز المقترح متعدد المستخدمين ويمكنه تخزين ما يصل إلى 5 مليون طن سنويًا.

في أغسطس 2023، أعلنت شركة هيكساجون إنيرجي عن اكتمال دراسة الجدوى الأولية لمشروع الأمونيا منخفضة الانبعاثات WAH2، ويتبعها مرحلة التصميم الهندسي الأولي **(هيكساجون إنيرجي، 2024)**. في يونيو، حصلت شركة بايلوت إنيرجي على موافقة حكومية رئيسية لمشروع تخزين ثاني أكسيد الكربون في كليف هيد حيث ستحول البنية التحتية الحالية للنفط والغاز لاستخدامها في التخزين الجيولوجي المخصص - كجزء من مشروع الطاقة النظيفة في الغرب الأوسط في غرب أستراليا **(بايلوت إنيرجي، 2024)**. وفي جنوب أستراليا، من المتوقع أن يبدأ مشروع مومبا التابع لشركة سانتوس عملياته قبل نهاية عام 2024، وتستمر منشأة جورجون التابعة لشركة شيفرون في جزيرة بارو قرب ساحل غرب أستراليا في تخزين ما يقرب من 1.6 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون **(شيفرون، 2024؛ سانتوس، 2024)**.

منشأة جورجون للغاز الطبيعي المسال التي تضم نظام احتجاز الكربون وتخزينه، غرب أستراليا. الصورة مقدمة من شركة شيفرون

إندونيسيا

وقعت شركة النفط والغاز الإندونيسية المدعومة من الحكومة برتامينا اتفاقية مع شركة إكسون موبيل في نوفمبر 2023 لتقييم إمكانات إنشاء مركز في بحر جاوة بقيمة 2 مليار دولار أمريكي **(برتامينا، 2023)**. وفي الشهر ذاته، وقعت شركة برتامينا وشركة شيفرون اتفاقية للتعاون في مجال احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في شرق كاليمانتان، والتي تتضمن دراسة لتقييم جدوى احتجاز الكربون وتخزينه ومشاركة البيانات الجيولوجية والتجارية.

أعلنت شركة بوبوك، وهي شركة أسمدة ومواد كيميائية إندونيسية، عن خططها في أواخر عام 2023 لإعداد مشروعين للأمونيا منخفضة الانبعاثات الكربونية في البلاد، أحدهما بالتعاون مع شركة إنبيكس والآخر مع شركة ميتسوي **(بوبوك إندونيسيا، 2023)**.

اليابان

تستكشف حكومة اليابان تسع شبكات مرشحة لاحتجاز الكربون وتخزينه، مع التركيز على دراسات الجدوى لاحتجاز وتخزين انبعاثات ثاني أكسيد الكربون **(جوجميك، 2024)**. تقع هذه المشاريع في مواقع استراتيجية في جميع أنحاء المناطق الصناعية، وتهدف إلى الاستفادة من البنية التحتية الحالية والتكوينات الجيولوجية المناسبة. ومن المتوقع أن تُخزن خمسة منها ثاني أكسيد الكربون محليًا وأن تخزن أربعة منها ثاني أكسيد الكربون في أماكن أخرى في منطقة آسيا والمحيط الهادئ **(جوجميك، 2024)**. وتتوافق هذه المبادرة مع أهداف اليابان في الحياد الكربوني وأهدافها المتعلقة بتعزيز القدرات التكنولوجية.

ولا تزال اليابان رائدة في التعاون الإقليمي.

بموجب اتفاقية دراسة مشتركة، ستُحقق شركة الطاقة الحرارية جيرا وشركة بتروناس الماليزية في عملية احتجاز ثاني أكسيد الكربون في منطقة خليج طوكيو للنقل والتخزين في ماليزيا **(بتروناس، 2024)**. وعلى نحو مماثل، وقعت شركة بي بي وشركة تشوبو الكتريك مذكرة تفاهم في سبتمبر 2023 للتحقيق في عملية نقل ثاني أكسيد الكربون إلى بلدان أخرى - ربما إندونيسيا - للتخزين الدائم **(بي بي، 2023)**.

ماليزيا

وقعت شركة بتروناس والحكومة الماليزية اتفاقيات ومذكرات تفاهم مع مختلف الحكومات والشركات. وفي فبراير 2024، وقعت شركة بتروناس سي سي إس فينتشرز وشركة بيتروس وائتلاف من الشركات اليابانية اتفاقية موقع تخزين لحقل إم 3 المستنفد قرب ساحل ساراواك، مع التركيز على دراسات الجدوى وخطط التطوير **(بيتروس، 2024)**. كما تشكل شركة بتروناس جزءًا من ائتلاف شيبرد الوارد في بند كوريا الجنوبية.

كوريا الجنوبية

يوفر مشروع شيبرد لاحتجاز الكربون وتخزينه مثالاً بارزًا للشراكات الإقليمية بين القطاعين العام والخاص. يتعاون ائتلاف من مؤيدي القطاع الخاص مع حكومتي كوريا الجنوبية وماليزيا لإعداد مشروع لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون من مصادر متعددة وتجميعه في مركز لنقله إلى ماليزيا من أجل التخزين الدائم. وعلى الرغم من أن المشروع لايزال في مرحلة دراسة الجدوى، إلا أن الائتلاف ذكر أنه حدد موقع مركزي محلي واحد على الأقل (في أولسان) وموقع تخزين ماليزي واحد **(كربون هيرالد، 2023)**. ويتميز مشروع شيبرد بنهجه الواسع النطاق والشامل، والذي سيشمل سلسلة قيمة عابرة للحدود الوطنية لاحتجاز الكربون وتخزينه - وهي مبادرة مهمة في آسيا.

وتُجري الحكومة الكورية الجنوبية أبحاثًا حول مشروع محتمل لاحتجاز الكربون وتخزينه في حوض أوليونج في البحر الشرقي. تبادر شركة النفط الوطنية الكورية باستكشاف وتحديد مواقع التخزين المحتملة في المياه المحيطة بشبه الجزيرة الكورية.

تايلاند

وتُجري شركتي بي تي تي للاستكشاف والإنتاج العامة المحدودة وإنبيكس دراسة لتحديد إمكانية إنشاء مركز لاحتجاز الكربون وتخزينه قرب سواحل تايلاند. تجري مجموعة سيام للأسمنت دراسات جدوى لدعم تنفيذ عملية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في منشآت تصنيع الأسمنت **(إينوي، 2023)**.

4.3 الصين

نظرة عامة

لا تزال عملية تطوير تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في الصين قوية على مدار العام الماضي، ويتبين ذلك من خلال التطورات السياسية وتنفيذ المشاريع والتعاون الدولي.

السياسة

لقد بدأت الصين في معالجة بعض الحواجز واختبار الأدوات السياسية اللازمة لنشر عملية احتجاز الكربون وتخزينه على نطاق أوسع منذ عام 2021. بالإضافة إلى أداة السياسة النقدية "منشأة خفض الانبعاثات الكربونية" التي أطلقها بنك الشعب الصيني في عام 2021، أطلقت اللجنة الوطنية للتنمية والإصلاح، بالتعاون مع 10 وزارات أخرى، **خطة تنفيذ تجربة التكنولوجيا الخضراء ومنخفضة الكربون** في أغسطس 2023.

وتكمن أهمية هذا البرنامج في مكانته باعتباره أول مبادرة سياسية في الصين لدعم مشاريع مختارة باستخدام موازنة الحكومة المركزية. أدرجت تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في هذا البرنامج، إلى جانب تقنيات الطاقة الجديدة (مثل تخزين الطاقة، والهيدروجين الأخضر، وشبكات الطاقة المتقدمة) وتقنيات التخلص من الانبعاثات الكربونية في العمليات.

في أبريل 2024، أعلنت اللجنة الوطنية للتنمية والإصلاح عن **المجموعة الأولى من المشاريع المختارة**. ومن بين 47 مشروعًا مختارًا، هناك ستة مشاريع مرتبطة باحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، بما في ذلك مشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه لمحطة الطاقة التي تعمل بالفحم بقدرة 1.5 مليون طن سنويًا التابع لشركة هوايهنينج، ومشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه التابع لشركة باوتو للصلب في منغوليا الداخلية، ومشروع تخزين جيولوجي في شنشي، ومشروع تعدين الكربون في نينغشيا. كما تشير الوثيقة السياسية الرسمية إلى أنه بالإضافة إلى المنحة الحكومية، ستساعد الحكومة المشاريع المختارة في البحث عن مصادر مالية أخرى منخفضة التكلفة. ويعد هذا البرنامج بمثابة منصة اختبار سياسة تجريبية للحكومة الصينية لتحديد السياسات الأكثر فعالية لتعزيز مشاريع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه التجارية في البلاد.

في 16 يوليو، أعلنت الصين عن خطة عمل جديدة تهدف إلى إزالة الكربون من أسطول محطات الطاقة التي تعمل بالفحم، وحددت هدفًا طموحًا لخفض انبعاثات محطات الطاقة التي تعمل بالفحم إلى مستويات مماثلة لتلك التي تنتجها محطات الطاقة التي تعمل بالغاز بحلول عام 2027، وتتضمن الخطة ثلاث استراتيجيات رئيسية لتحقيق هذا الهدف: الحرق المشترك للأمونيا الخضراء، أو الحرق المشترك للكتلة الحيوية، أو تنفيذ تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. ستدعم الحكومة مبادرات التخلص من الانبعاثات الكربونية هذه من خلال مجموعة من التدابير السياسية والدعم المالي.

ومن التطورات الإيجابية الأخرى أن الصين أعادت إطلاق **سوق الكربون الطوعي** رسميًا، وهو مخطط الصين المعتمد لخفض الانبعاثات، في يناير 2024، والذي يهدف إلى استكمال مخطط الصين الإلزامي لتبادل حقوق إطلاق الانبعاثات كجزء من استراتيجية أوسع نطاقًا لتحقيق الأهداف المُتعلقة بالكربون الوطنية. وضع مخطط الصين المعتمد لخفض الانبعاثات في البداية في عام 2012 ولكن تم إيقافه في عام 2017. ورغم أن احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه لا يدخل ضمن المنهجيات المعلنة الأولى لمخطط الصين المعتمد لخفض الانبعاثات الذي أعيد إطلاقه، والتي تشمل التشجير وزراعة أشجار المانغروف والطاقة الشمسية الحرارية وطاقة الرياح البحرية، فإن أصحاب المصلحة في تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في الصين يبذلون جهوداً لربط التكنولوجيا بالسوق الطوعية. اعتبارًا من يونيو 2024، **كان متوسط سعر مخطط الصين المعتمد لخفض الانبعاثات** حوالي 15 دولارًا أمريكيًا للطن.

1.5 مليون طن سنويًا

أكبر مشروع لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في محطة طاقة على مستوى العالم في طور استكمال إنشائه في تشنغنينغ، مقاطعة قانسو، الصين

6 **مشاريع من أصل 47 مشروعًا**

ضمن الخطة الأولى للصين لتنفيذ تقنيات متقدمة وخضراء ومنخفضة الكربون ترتبط بتقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه

تقنية احتجاز الكربون وتخزينه كانت محورًا رئيسيًا

في التعاون المناخي الثنائي للصين مع:

- فرنسا: من خلال مركز الحياد الكربوني
- الولايات المتحدة: من خلال بيان سانيلاندز

200 ألف طن سنويًا

أكبر مشروع بتقنية الحرق بالأكسجين في قطاع الأسمنت على مستوى العالم يبدأ عملياته التشغيلية في تشينغتشو، مقاطعة شاندونغ، الصين.

محور الاهتمام الرئيسي

لقد أصبح احتجاز الكربون وتخزينه محوراً رئيسياً في التعاون الثنائي بشأن المناخ في الصين. في نوفمبر 2023، أطلقت الصين وفرنسا مركز الحياد الكربوني الصيني الفرنسي، حيث كان احتجاز الكربون وتخزينه موضوعًا رئيسيًا للنقاش. وفي الشهر ذاته، أصدرت الصين والولايات المتحدة بيان سانيلاندز حول تعزيز التعاون لمعالجة أزمة المناخ حيث اتفق الجانبان على دعم خمسة مشاريع تعاونية واسعة النطاق على الأقل لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه بحلول عام 2030، بما في ذلك المصادر الصناعية ومصادر الطاقة.

منذ مطلع الألفية، لعب التعاون الدولي دوراً حيوياً في تطوير تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في الصين. كانت البرامج الرئيسية مثل مبادرة التعاون بين الصين والاتحاد الأوروبي في مجال احتجاز الكربون وتخزينه **COACH** (2006–2009)، **ومبادرة الصين والمملكة المتحدة** بشأن الفحم بمستوى انبعاثات يقترب من الصفر ، **ومشروع التخزين الجيولوجي لثاني أكسيد الكربون** بين الصين وأستراليا ، **ومركز أبحاث الطاقة النظيفة** بين الصين والولايات المتحدة ، مفيدة في بناء القدرات البحثية في الصين وتعزيز العديد من المشاريع التجريبية المهمة.

منذ مطلع الألفية، لعب التعاون الدولي دوراً حيوياً في تطوير تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في الصين.

مشروع هواينيج لونجدونج لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه قيد الإنشاء، الصورة مقدمة من معهد هواينيج لأبحاث الطاقة النظيفة

المشاريع

حققت الصين إنجازات مهمة كل عام منذ أن بدأت شركة سينوبيك التشغيل الكامل لأول مشروع متكامل لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه على نطاق ميجا طن في مقاطعة شاندونغ في أغسطس 2022، شهد عام 2023 تحقيق تقدم مستمر، بما في ذلك إطلاق أول مشروع لتخزين ثاني أكسيد الكربون البحري في الصين، وأول خط أنابيب لنقل ثاني أكسيد الكربون على نطاق تجاري، ومشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في محطة طاقة تعمل بالفحم بقدرة 500 كيلو طن سنويًا.

في يناير 2024، بدأت شركة شركة الصين المتحدة للأسمنت التشغيل التجريبي لأكبر مشروع احتراق للوقود بالأكسجين في العالم في قطاع الأسمنت في قينجزهو، شاندونغ، وهو أيضًا أكبر مشروع لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في الصين في هذا القطاع. يتضمن هذا المشروع الذي تبلغ طاقته 200 كيلو طن سنويًا عمليتين أساسيتين – احتراق الوقود بالأكسجين والإمتزاز بالضغط المتأرجح – لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون. من خلال زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون، يمكن أن يثبت احتراق الوقود بالأكسجين أنه طريقة فعالة من حيث التكلفة لقطاع الأسمنت لإدارة انبعاثات الكربون (**كاراسكو-مالدونادو وآخرون، 2016**). اكتمل التصميم الهندسي للمشروع في ديسمبر 2022، وبدأ البناء في يوليو 2023 وانتهى في ديسمبر 2023.

في مايو 2024، بدأت شركة حقل نفط شينجيانغ، وهي شركة تابعة مملوكة بالكامل لمؤسسة البترول الوطنية الصينية، في بناء المرحلة الأولى من مشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في محطة طاقة تعمل بالفحم بقدرة 2 مليون طن سنويًا. ويعد هذا المشروع جزءًا من مبادرة بناء أكبر تتضمن 2.64 جيجاوات من الطاقة الشمسية ووحدتين للطاقة فوق الحرجة تعملان بالفحم بقدرة 660 ميجاوات. تهدف المرحلة الأولى إلى احتجاز مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون، ومن المتوقع أن تعمل بكامل طاقتها بحلول يونيو 2026. وسيُنقل ثاني أكسيد الكربون المحتجز لتحسين عملية استخراج النفط، والذي تديره أيضًا مؤسسة البترول الوطنية الصينية. والجدير بالذكر أن هذا هو ثاني مشروع واسع النطاق لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه والذي يجري بناؤه بالتزامن مع محطة جديدة لتوليد الطاقة تعمل بالفحم. والمشروع الأول هو مشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في محطة الطاقة التي تعمل بالفحم بقدرة 1.5 مليون طن سنويًا لونغدونغ التابعة لشركة هوانينج في تشنغنينغ بمقاطعة قانسو، والذي يسير على الطريق الصحيح لإكمال البناء. وبمجرد بدء التشغيل، سيصبح مشروع هوانينج الذي تبلغ طاقته الإنتاجية 1.5 مليون طن سنويًا أكبر مشروع لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في العالم لمحطة طاقة تعمل بالفحم. سيُستخدم جزء من ثاني أكسيد الكربون المحتجز للتخزين الجيولوجي، ويُرسل الباقي لعمليات تعزيز استخراج النفط.

ولا تزال الصين في المراحل الأولى من إعداد إطار الرصد والإبلاغ والتحقق الخاص بها، بما في ذلك مشاريع تعزيز استخراج النفط (**يانغ، 2024**). وتشارك الصين، لبناء القاعدة المعرفية الخاصة بها، بشكل فعال في إعداد المعايير الدولية لاحتجاز الكربون وتخزينه من خلال آيزو/TC265، كما تستفيد من الدروس المستخلصة من الفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ وأسواق الكربون الطوعية العالمية.

وفي الوقت نفسه، تواصل شركات سينوك وإكسون موبيل وشل تطوير مركز دایاوان في مقاطعة قوانغدونغ. وتحقق شركات سينوبيك وباوو وشل وبي إيه إس إف تقدماً في مجموعتهم المشتركة في منطقة شرق الصين. يهدف كلا المركزين إلى تطوير القدرة على احتجاز ما يصل إلى 10 ملايين طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون على المدى الطويل ودعم التخلص من الانبعاثات الكربونية في جميع أنحاء المنطقة

يقع مركز دایاوان في منطقة دایاوان الصناعية للبتروكيماويات، وهي واحدة من أكبر القواعد الصناعية للبتروكيماويات في الصين

وتشمل بعض التطورات الأخرى للمشروع ما يلي:

- بدأت شركة **هوانينج** مشروعًا تجريبيًا لاحتجاز الكربون في إحدى محطات توليد الطاقة الجديدة ذات الدورة المركبة بالغاز الطبيعي في جزيرة هاينان بسعة 2 كيلو طن سنويًا في يوليو 2023.

حققت الصين إنجازات مهمة كل عام منذ عام 2022 عندما بدأت شركة سينوبيك التشغيل الكامل لمشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه الأول على نطاق ميجا طن في مقاطعة شاندونغ.

صورة أرشيفية

- وبعد شهر واحد، أكملت شركة تابعة لشركة **دونغ فانغ للكهرباء** بناء أكبر منشأة تجريبية للاحتراق الكيميائي الحلقي في العالم في سيتشوان، بطاقة حرارية تصل إلى 4 ميجاوات.
- بدأت شركة **موارد الصين** في إنشاء مشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه بطاقة 60 كيلو طن سنويًا في أحد مصانع الأسمنت التابعة لها في جزيرة هاينان في ديسمبر 2023.
- وقعت شركة إكسون موبيل وشركة باوو، أكبر مُنتجي الصلب في العالم، **مذكرة تفاهم** في يناير 2024 لاستكشاف فرص التخلص من الانبعاثات الكربونية، بما في ذلك احتجاز الكربون وتخزينه.
- وتم تحقيق **تقدم** كبير في مايو 2024 في بناء المرحلة الأولى من مشروع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه بقدرة 3 ملايين طن سنويًا في منطقة نينغشيا والذي تنفذه مجموعة الصين الوطنية للاستثمار في الطاقة، ومن المقرر أن يبدأ التشغيل في أكتوبر 2024. تهدف المرحلة الأولى إلى احتجاز 500 كيلو طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون من منشأة تحويل الفحم إلى وقود سائل لتعزيز استخلاص النفط.

ومن الجدير بالذكر اهتمام تكتلات التكنولوجيا المتعددة الجنسيات في الصين بدعم تقنية احتجاز الكربون وتخزينه. أطلقت شركة تينسنت في مارس 2023 برنامج كاربون اكس لدعم التقنيات والقدرات الجديدة المطلوبة لتحقيق الحياد الكربوني مع الالتزام بسداد مبلغ 28 مليون دولار أمريكي على مدى ثلاث سنوات. وكان محور الاهتمام في السنة الأولى هو تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. بعد عدة جولات من الاختيار، تم اختيار **13 فريقًا** من بين 320 متقدمًا للحصول على دعم من شركة تينسنت في مايو 2024. وتتراوح المشاريع الفائزة من مشاريع تُظهر مذيبات احتجاز الكربون المتغير الطور إلى إعداد عمليات جرد مواقع التخزين الجيولوجية، بتمويل إجمالي يبلغ حوالي **14 مليون دولار أمريكي**.

4.4 أوروبا والمملكة المتحدة

نظرة عامة

اكتسبت تقنية احتجاز الكربون وتخزينه أهمية كبيرة في الأجندة المتعلقة بالمناخ والصناعة في الاتحاد الأوروبي في عام 2024. في جميع أنحاء أوروبا، يوجد خمسة مشاريع قيد التنفيذ، و10 مشاريع في مرحلة الإنشاء.

تشمل مراحل التنفيذ الرئيسية منذ تقرير الحالة العالمية للعام الماضي إصدار استراتيجية إدارة الكربون الصناعي بالاتحاد الأوروبي والتي طال انتظارها، وسن قانون الصفر الصافي الصناعي، واختيار 14 مشروعًا لبنية تحتية عابرة للحدود لثاني أكسيد الكربون ضمن قائمة المشاريع ذات الاهتمام المشترك والمشاريع ذات الاهتمام المتبادل.

وتحقق العديد من البلدان الأوروبية تقدماً كبيراً في تعزيز سياساتها وأطرها التنظيمية في مجال احتجاز الكربون وتخزينه. بحلول نهاية عام 2024، تبنى عدد متزايد من الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي - إلى جانب أيسلندا والنرويج وسويسرا والمملكة المتحدة - استراتيجيات وخرائط طريق لنشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه (**الشكل 1-4.4**)، أو قام بتحسين أطرها التنظيمية لتسهيل توسيع نطاق التكنولوجيا، أو أبرم اتفاقيات مع حكومات أخرى لتعزيز التعاون الثنائي في هذا القطاع (**الجدول 1-4.4**).

ولعبت المبادرات التي تقودها الصناعة أيضًا دورًا حيويًا في تعزيز التعاون الدولي والدعوة إلى المزيد من الدعم الحكومي. تعد الزيادة الكبيرة في الإعلانات عن مشاريع النقل والتخزين المخصصة في عام 2024، والتي يتسم معظمها ببُعد عابر للحدود، دلالة إيجابية. ومع ذلك، لكي تتمكن المنطقة من تحقيق أهدافها في مجال التخلص من الانبعاثات الكربونية والقدرة التنافسية، يجب أن تبلغ المزيد من المبادرات إلى قرارات استثمارية نهائية وتنتقل إلى مرحلة البناء.

لقد لعبت المبادرات التي يديرها القطاع دوراً حاسماً في تعزيز التعاون الدولي.

4 مليارات يورو

الميزانية القياسية لصندوق الابتكار التابع للمفوضية الأوروبية لدعم تقنيات إزالة الكربون، بما في ذلك تقنية احتجاز الكربون وتخزينه

21.7 مليار جنيه إسترليني

أعلنت الحكومة البريطانية عن تخصيصها في 25 عامًا القادمة لدعم مجمعين لاحتجاز الكربون وتخزينه

14

مشروعًا للبنية التحتية العابرة للحدود لثاني أكسيد الكربون تم اختيارها كـمشاريع ذات اهتمام مشترك ومشاريع ذات مصلحة متبادلة

أبرز المحطات

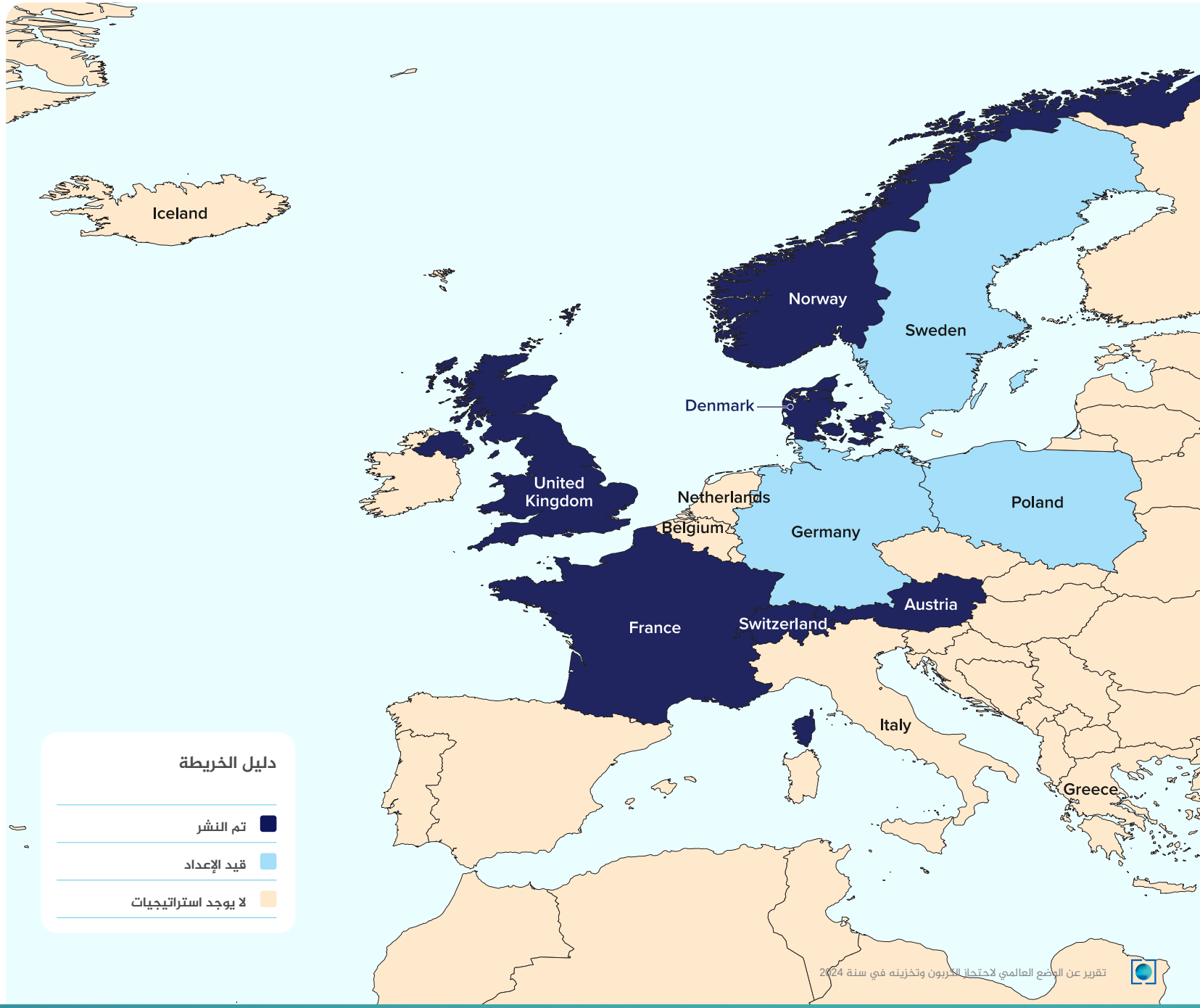
- ✔ إصدار استراتيجية الإتحاد الأوروبي لإدارة الكربون الصناعي.
- ✔ إقرار قانون الصناعة بصفر انبعاثات

الهدف المناخي للاتحاد الأوروبي لعام 2040

يربط بوضوح بين تقنية احتجاز الكربون وتخزينه وإزالة الكربون والأهداف المناخية المقترحة، ويكمل الأهداف الحالية التي تشمل:خفض انبعاثات الغازات الدفيئة بنسبة 55% بحلول عام 2030. تحقيق الصفر الصافي بحلول عام 2050.

الشكل 1-4.4

نظرة عامة على استراتيجيات إدارة الكربون الوطنية وخرائط الطريق لنشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه



السياسات

الاتحاد الأوروبي

في الاتحاد الأوروبي، شهد هذا العام اختتام دورة سياسية مع انتهاء ولاية المفوضية الأوروبية والبرلمان الأوروبي. ورغم التحديات المستمرة الناجمة عن جائحة كوفيد19-، والغزو الروسي لأوكرانيا، والأزمات الاقتصادية، فإن المشروع الرائد للمفوضية الأوروبية للفترة 2019-2024، وهو الصفقة الخضراء الأوروبية، أدى إلى اعتماد العديد من استراتيجيات المناخ والطاقة والقوانين التشريعية التي عززت مكانة مصادر الطاقة المتجددة والتقنيات منخفضة الكربون. كما أكد الاتحاد الأوروبي التزامه بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه، معترفًا بالدور الحيوي الذي تلعبه هذه التقنية في تحقيق الأهداف المُتعلقة بالمناخ بعد أكثر من عقد من نشر التوجيه المتعلق باحتجاز الكربون وتخزينه.

ومن هذا المنطلق، كشفت المفوضية الأوروبية في فبراير 2024 عن هدفها المتعلقة بالمناخ المقترح للاتحاد الأوروبي بحلول عام 2040، والذي يُكمل الأهداف الحالية المتمثلة في خفض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 55% بحلول عام 2030 وتحقيق صفر انبعاثات بحلول عام 2050 (**المفوضية الأوروبية، 2024ج**)، وكان تحقيق هذه الأهداف مرتبطًا بشكل صريح بنشر تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه وإزالة ثاني أكسيد الكربون، كما يتبين من النشر المتزامن لاستراتيجية إدارة الكربون الصناعي للاتحاد الأوروبي (**المفوضية الأوروبية، 2024د**). من نوفمبر 2023 إلى أبريل 2024، أطلقت المفوضية الأوروبية دعوة جديدة لتقديم مقترحات بموجب صندوق الابتكار، بموازنة قياسية تبلغ 4 مليارات يورو لنشر تقنيات التخلص من الانبعاثات الكربونية، بما في ذلك احتجاز الكربون وتخزينه وإزالة ثاني أكسيد الكربون (**المفوضية الأوروبية، 2024ب**)، كما نشرت وثائقها التوجيهية المنقحة لدعم تنفيذ التوجيه المُتعلق احتجاز الكربون وتخزينه في يوليو 2024.

وخلال الفترة التي سبقت الانتخابات الأوروبية في شهر يونيو، سارع البرلمان الأوروبي والمجلس إلى اعتماد العديد من الملفات التشريعية الهامة لدعم تقنية احتجاز الكربون وتخزينه.

تم إقرار قانون الصفر الصافي الصناعي، الذي يشبه قانون خفض التضخم الأمريكي، لتشجيع الاستثمار في التقنيات التي تحقق الصفر الصافي، بما في ذلك احتجاز الكربون وتخزينه، مع إلزام منتجي النفط والغاز بالاستثمار بشكل جماعي في 50 مليون طن سنويًا من قدرة حقن ثاني أكسيد الكربون في الاتحاد الأوروبي بحلول عام 2030 (**الجريدة الرسمية للاتحاد الأوروبي، 2024ب**). كما اعتُمدت مجموعة الهيدروجين في

الاتحاد الأوروبي، والتي كانت قيد التطوير منذ ديسمبر 2021، مما يمهد الطريق للتقدم المستقبلي في مجال الهيدروجين منخفض الكربون، والذي يشمل تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه (**الجريدة الرسمية للاتحاد الأوروبي، 2024أ**).

الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي

ومن بين التحولات السياسية الأكثر أهمية في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي إعادة النظر في القيود الأولية المفروضة على احتجاز الكربون وتخزينه، ولا سيما في النمسا وألمانيا. في نوفمبر 2023، أعلن مجلس الوزراء النمساوي عن خطط لاستراتيجية وطنية لإدارة الكربون، والتي اعتُمدت رسميًا في يونيو 2024 (**الوزارة الاتحادية النمساوية للعمل المناخي، 2024**). وكذلك، أعلنت الوزارة الاتحادية للشؤون الاقتصادية وحماية المناخ الألمانية في فبراير 2024 عن النقاط الرئيسية لاستراتيجيتها لإدارة الكربون ومشروع قانون لتعديل قانون تخزين ثاني أكسيد الكربون، الذي وافقت عليه الحكومة الاتحادية في مايو (**الوزارة الاتحادية للشؤون الاقتصادية وحماية المناخ الألمانية، 2024**). بعد سنوات عديدة من الرفض، ستُمكن هذه الخطوات من احتجاز ثاني أكسيد الكربون ونقله وتخزينه (قرب السواحل الألمانية).

قامت فرنسا وإيطاليا بزيادة أنشطتهما السياسية والتنظيمية في مجال احتجاز الكربون وتخزينه بشكل كبير. في يوليو 2024، أصدرت فرنسا استراتيجية وطنية محدثة لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، بناءً على النسخة المقدمة للتشاور في يونيو 2023 (**الحكومة الفرنسية، 2023**؛ **وزارة الاقتصاد الفرنسية، 2024أ**)، ويكمن أحد الجوانب المحورية في استعداد البلاد لتطوير قدرتها على تخزين ثاني أكسيد الكربون محليًا.

ولتحقيق هذه الغاية، أوصت وزارة الاقتصاد والمالية والسيادة الصناعية والرقمية في أبريل 2024 بإجراء تعديلات على قانون التعدين لتسهيل تحويل الخزانات الهيدروكربونية الساحلية إلى منشآت تخزين ثاني أكسيد الكربون، وأطلقت دعوة لإبداء الرغبة في تحديد اللاعبين المستقبليين المحتملين عبر سلسلة قيمة احتجاز الكربون وتخزينه (**وزارة الاقتصاد الفرنسية، 2024ج، 2024ب5**}).

وفي إيطاليا، تضمنت التطورات الرئيسية اعتماد مرسوم الطاقة في فبراير 2024، بهدف معالجة الثغرات التنظيمية في تراخيص تخزين ثاني أكسيد الكربون وإجراءات التفويض، ومرسوم البنية التحتية في يونيو الذي أعد لجنة احتجاز الكربون وتخزينه المُكلفة بتحديد المناطق المناسبة لتخزين ثاني أكسيد الكربون وفحص طلبات الاستكشاف (**الجريدة الرسمية للجمهورية الإيطالية، 2024**؛ **وزارة البيئة والأمن الطاقي الإيطالية، 2024**).

وتشمل التطورات الأخرى الجديرة بالذكر اعتماد المراسيم المُتعلقة بخطوط أنابيب ثاني أكسيد الكربون من برلماني والونيا وفلاندرز في بلجيكا في مارس 2024، والتي تتناول النطاق المحدود لتوجيه الاتحاد الأوروبي بشأن احتجاز الكربون وتخزينه في هذا الجانب (الجريدة الرسمية البلجيكية، 2024أ، 2024ب)، وفي الوقت ذاته، أصدرت وزارة المناخ والطاقة والإمداد في الدنمارك في يونيو أول تراخيص لاستكشاف تخزين ثاني أكسيد الكربون في المناطق الساحلية في البلاد (**وكالة الطاقة الدنماركية، 2024**).

وأخيرا، تعهدت الدنمارك والسويد بتقديم الدعم المالي لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الاحيائية. في أبريل 2024، دعمت وكالة الطاقة الدنماركية ثلاثة مشاريع الطاقة الحيوية الناتجة عن احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه عبر مخزون الانبعاثات السلبية الخاص بها من خلال احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه (**وكالة الطاقة الدنماركية، 2024**). بالإضافة إلى ذلك، في يوليو 2024، حصلت السويد على موافقة من المفوضية بموجب قواعد المساعدات الحكومية لتخصيص 3 مليارات يورو لدعم مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه التي تهدف إلى تقليل الانبعاثات الناتجة عن احتراق الكتلة الحيوية أو معالجتها (**المفوضية الأوروبية، 2024أ**).

المملكة المتحدة ودول رابطة التجارة الحرة الأوروبية (افتا)

بعيداً عن الاتحاد الأوروبي، حققت المملكة المتحدة ودول افتا (أيسلندا وليختنشتاين والنرويج وسويسرا) خطوات كبيرة في تعزيز سياسات احتجاز الكربون وتخزينه منذ فترة إعداد التقارير الأخيرة. في نوفمبر 2023، عززت المملكة المتحدة دعمها من خلال إطلاق مسرع نمو الصناعة الخضراء - وهو صندوق بقيمة 960 مليون جنيه إسترليني لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، وإزالة الغازات المسببة للاحتباس الحراري، والهيدروجين (**وزارة أمن الطاقة والصفر الصافي في المملكة المتحدة، 2024أ**). في ديسمبر، كشفت المملكة المتحدة عن رؤيتها لسوق احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه التنافسي بحلول عام 2035 واستشارت الجمهور حول مواضيع مثل قانون شبكة احتجاز الكربون وتخزينه لتحديد الترتيبات التجارية والتشغيلية والفنية المستقبلية لاستخدام شبكات ثاني أكسيد الكربون، وفي مايو 2024، دمج عملية إزالة الغازات المسببة للاحتباس الحراري في نظام تبادل حقوق إطلاق الانبعاثات في المملكة المتحدة (**وزارة أمن الطاقة والصفر الصافي في المملكة المتحدة، 2023ب، 2023أ، 2024ب3**}).

في أكتوبر 2024، أعلنت حكومة المملكة المتحدة عن دعم تمويلي يصل إلى 21.7 مليار جنيه استرليني على مدى السنوات الخمس والعشرين المقبلة لمجموعتين من تقنيات احتجاز وتخزين الكربون.

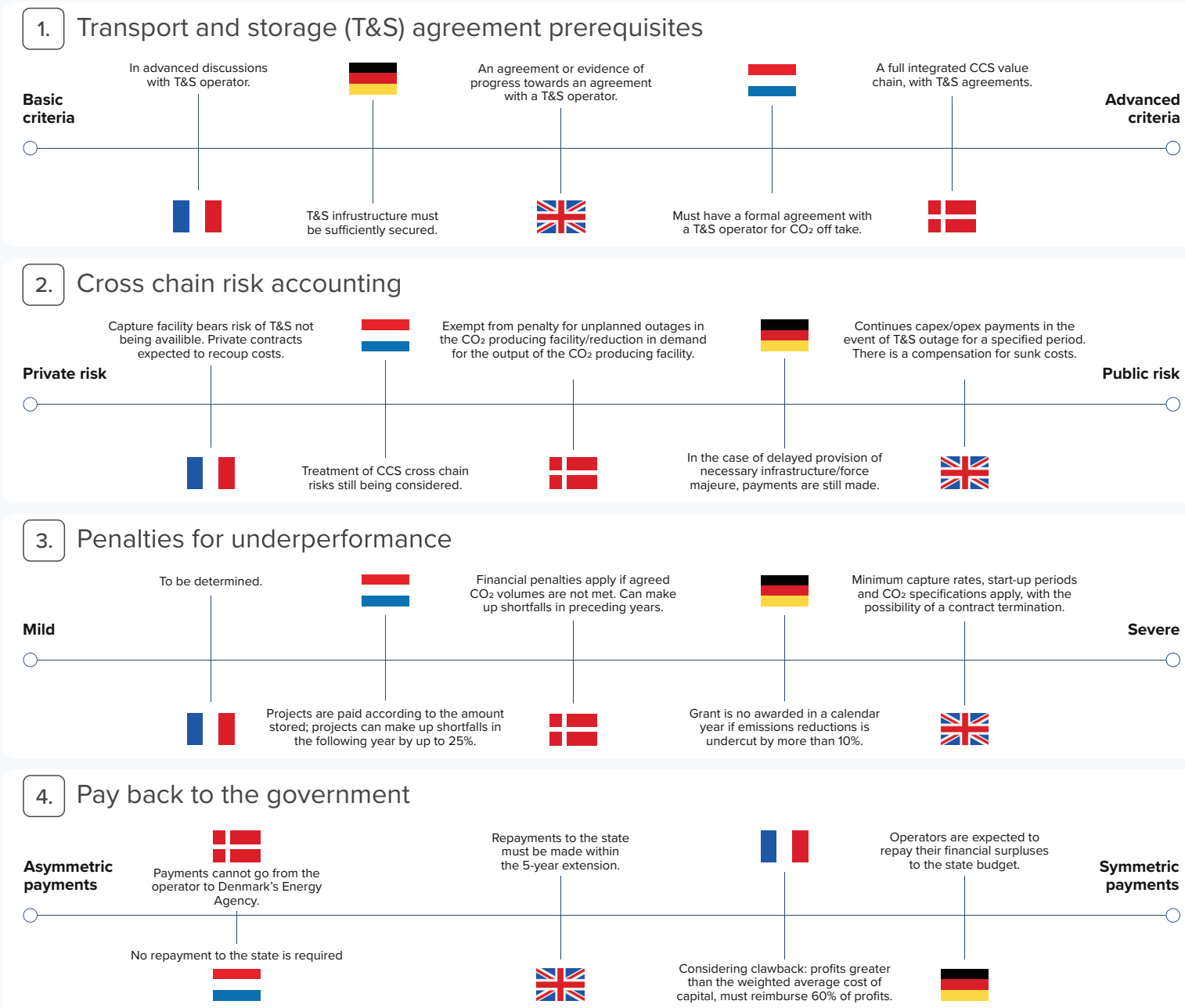
واصلت النرويج عملية تسهيل تخزين ثاني أكسيد الكربون على جرفها القاري من خلال تحديد منطقتين إضافيتين للاستكشاف في مارس 2024، تلاهما ثلاث مناطق أخرى في يونيو (**الحكومة النرويجية، 2024**).

في يونيو، وافق برلمان أيسلندا على مشروع قانون لمواءمة قانونه المُتعلق بالنظافة والوقاية من التلوث مع توجيه الاتحاد الأوروبي بشأن احتجاز الكربون وتخزينه (**البرلمان الوطني الآيسلندي الأعلى، 2024**). وفى النهاية، أعلنت سويسرا عن اعتزامها التصديق على تعديل عام 2009 للمادة 6 من بروتوكول لندن في نوفمبر 2023 ونشرت مقترحات تشريعية جديدة في يناير 2024 تهدف إلى تقديم فرص التمويل لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه وإزالة ثاني أكسيد الكربون (**الاتحاد السويسري، 2023، 2024**).

من بين التحولات السياسية الأكثر أهمية في الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي مراجعة القيود الأولية المفروضة على تقنية احتجاز الكربون وتخزينه، ولا سيما في النمسا وألمانيا.

محطة ليلاك1- التجريبية في محطة هايدلبيرج ماتيريالز في ليكسهي، بلجيكا. الصورة مقدمة من شركة ليلاك المحدودة.

الشكل 4.4-2 نظرة عامة على مخططات عقود الكربون مقابل الفروقات في أوروبا



دراسة الحالة 1

في فبراير 2024، انخفضت أسعار نظام تبادل حقوق إطلاق الانبعاثات في الاتحاد الأوروبي إلى حوالي 52 يورو لطن ثاني أكسيد الكربون، من ذروة بلغت 100 يورو للطن في العام السابق (**إمبر، 2024**). وشملت العوامل المساهمة انخفاض أسعار الغاز، وانخفاض الطلب على الطاقة الصناعية، وخطة تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري الروسي وتسريع التحوُّل الأخضر التابعة للاتحاد الأوروبي التي تقدم مخصصات إضافية في السوق لتسريع التحول في مجال الطاقة وتقليل الاعتماد على الغاز الروسي.

وعلى الرغم من التحديات التي تفرضها أسعار الكربون المنخفضة ــ مثل انخفاض الإيرادات لبعض الصناديق العامة وضعف الحوافز لتقنيات الحد من الانبعاثات ــ فقد نفذت العديد من البلدان الأوروبية، بما في ذلك الدنمارك وفرنسا وألمانيا وهولندا والمملكة المتحدة، أو خططت لمخططات عقود الكربون مقابل الفروقات،

وتختلف هذه المخططات، مقارنة بالشكل 4.4-2، في التصميم ولكنها تشترك في الهدف المتمثل في سد الفجوة المالية بين مخصصات الانبعاثات وتكاليف تقنيات الطاقة النظيفة. على وجه التحديد، يتم تعويض الدول المصدرة للانبعاثات عندما تنخفض أسعار الكربون إلى سعر أقل من تكلفة نشر تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، مما يضمن حوافز مالية متسقة للاستثمارات المقدمة لتقنيات التخفيف من آثار المناخ.

1. المدى الذي يجب فيه وضع الاتفاقيات بين مشغل النقل والتخزين قبل تقديم العطاءات.
2. مدى إدارة القطاع العام أو الخاص للمخاطر في جزء من سلسلة التوريد في شكل عدم توفر/تعطل النقل والتخزين.
3. مدى العقوبة المالية عبر المخططات إذا لم تتمكن المنشأة من الوفاء بالتزاماتها فيما يتعلق بغاز ثاني أكسيد الكربون المخزن.
4. ما إذا كان المخطط يتضمن آلية استرداد تتطلب دفع المبالغ الفائضة للحكومة في حالة تحقيق أرباح أعلى من سعر سوق الكربون

منشأة بريفيك لاحتجاز الكربون وتخزينه في بريفيك، النرويج. الصورة مقدمة من شركة إس إل بي كابتوري.

المشاريع

اعتبارًا من يوليو 2024، يوجد 191 مشروعًا تجاريًا لاحتجاز الكربون وتخزينه قيد التشغيل أو في مراحل مختلفة من التطوير في أوروبا، وهو ما يمثل زيادة بنسبة 62% منذ تقرير الحالة العالمية للعام الماضي.

تضاعف عدد منشآت نقل ثاني أكسيد الكربون وتخزينه المخصصة التي يجري تطويرها في أوروبا خلال عام واحد، وهو ما يختلف عن الأعوام الخمسة والعشرين الماضية التي كانت تهيمن عليها إعلانات احتجاز الكربون على التطورات المُتعلقة بالتخزين. وتستهدف 23 منشأة عبر خط الأنابيب الكامل للتطوير والتشغيل، بإدارة شركات النفط والغاز في المقام الأول، التكوينات الملحية العميقة، في حين تركز 18 منشأة أخرى على الحقول المستنفدة. بالإضافة إلى ذلك، يوجد العديد من مواقع تخزين التمعدن الكربوني في آيسلندا التي دخلت حيز التنفيذ أو قيد التطوير، على الرغم من أن نطاقها المحتمل لا يزال قيد التقييم.

ويرجع الارتفاع في الطلب على التخزين إلى حد كبير إلى ظهور شبكات احتجاز الكربون وتخزينه، والتي تدعمها السياسات والحوافز التي حولت نقل ثاني أكسيد الكربون وتخزينه إلى نموذج أعمال مخصص.

وقد دفع هذا التحول الحكومات الأوروبية إلى إصدار تصاريح لاستكشاف وتخزين ثاني أكسيد الكربون، بحريًا وبريًا، بما يزيد على 40 ألف كيلومتر مربع، وهو ما يعادل تقريبا مساحة سطح هولندا.

تتركز أغلب مشاريع النقل والتخزين حول بحر الشمال. في هولندا، بدأ إنشاء البنية التحتية لمشروع بورثوس، الذي يهدف إلى إنشاء شبكة نقل وتخزين في ميناء روتردام، في أبريل 2024 (**بورثوس، 2024**). واعتبارًا من عام 2026، من المتوقع تخزين حوالي 2.5 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون، بسعة إجمالية تبلغ حوالي 37 مليون طن. كما أحرزت شركة أراميس والتي تركز على احتجاز ثاني أكسيد الكربون من المصادر الصناعية لتخزينه في حقول بحر الشمال تقدمًا، حيث بدأت بتروفاك في التصميم الهندسي الأمامي لنظام النقل والتخزين الخاص بها (**بتروفاك، 2024**) .

في الدنمارك، تأكد دور مركز نورني لتخزين الكربون، الذي يهدف إلى تطوير مجموعة من منشآت استقبال ثاني أكسيد الكربون في الموانئ الدنماركية وخطوط الأنابيب لنقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون، كمشروع ذي اهتمام مشترك من الاتحاد الأوروبي في أبريل 2024، مع الاعتراف بدوره كمشروع ذي أولوية له تأثير كبير على الاتحاد الأوروبي (**مركز نورني لاحتجاز الكربون وتخزينه، 2024**).

في النرويج، وقعت شركة الأضواء الشمالية، وهي إحدى الشركات المتخصصة في توريد وسائل نقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون ، أول عقد تجاري لاحتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود في أوروبا مع شركة يارا انترناشونال في ديسمبر 2023، وسيتضمن العقد احتجاز 800000 طن من ثاني أكسيد الكربون من مصنع هولندي لإنتاج الأمونيا وتخزينه في خزان على عمق 2600 متر تحت قاع بحر النرويج اعتبارًا من عام 2026 (**يارا، 2023**).

في المملكة المتحدة، أصدرت الحكومة أمرًا بالموافقة على التطوير في مارس 2024 لخط أنابيب ثاني أكسيد الكربون هاينت الذي سينقل ثاني أكسيد الكربون المحتجز من المناطق الصناعية في شمال غرب إنجلترا وشمال ويلز إلى خزانات الغاز المستنفدة في خليج ليفربول (**حكومة المملكة المتحدة، 2024**).

ويعمل عدد قليل من البلدان على تكثيف جهوده لخلق فرص مماثلة للتخلص من الانبعاثات الكربونية بالنسبة للدول المصدرة للانبعاثات في جنوب وشرق أوروبا. في منطقة البحر الأبيض المتوسط، تُجري الحكومة اليونانية محادثات مع المفوضية الأوروبية لتقديم مساعدات حكومية إلى برينوس، وهو موقع لتخزين ثاني أكسيد الكربون من المتوقع أن يتلقى قرار الاستثمار النهائي في أواخر عام 2024 ويبدأ العمليات في أوائل عام 2026 بسعة تخزين أولية تصل إلى 1 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون (**إنيرجي بريس، 2023**؛ **ستاندرد آند بورز جلوبال 2024**).

من فبراير إلى مايو 2024، بدأت شركة نقل الغاز الإيطالية، سنام، أول دراسة استقصائية للسوق حول الطلب المحتمل على نقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون في موقع رافينا حيث بدأت عمليات الحفن التجريبية. وبمجرد تشغيله بالكامل في عام 2027، من المتوقع أن يخزن 4 ملايين طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون (**سنام، 2024**).

وعلى الرغم من التطورات السياسية المحدودة في مجال احتجاز الكربون وتخزينه، فقد حققت بولندا تقدماً واعداً على صعيد المشاريع. وتشمل المبادرات الرئيسية مشروع جو فور ايكو بلانيت المدعوم من صندوق الابتكار، والذي من المقرر أن يبدأ تشغيله في مصنع أسمنت لافارج في كوجاوي بحلول عام 2027، مع الحصول على تصريح بناء في يونيو 2024 (**هولسيم، 2024**)، ومشروع ايكو تو سي مشروع ذو اهتمام مشترك - مشروع ذو اهتمام متبادل، والذي يهدف إلى ربط الدول المصدرة للانبعاثات الصناعية في بليسو بمواقع تخزين ثاني أكسيد الكربون.

وأخيرًا، تحرز مبادرات احتجاز الهواء المباشر في المنطقة تقدمًا حيث يبدأ مصنع ماموث، أكبر مصنع في العالم، عملياته في آيسلندا في مايو 2024 (**كلايميووركس، 2024**).

تضاعف عدد منشآت نقل وتخزين ثاني أكسيد الكربون التي يجري تطويرها في أوروبا خلال عام واحد.

دراسة الحالة 2
- التعاون الدولي في مجال احتجاز الكربون وتخزينه: مبادرات الحكومة الأوروبية

قد شهدت أوروبا زيادة كبيرة في عمليات اعتماد مذكرات التفاهم وخطابات النوايا وغيرها من أشكال الشراكات الثنائية، بما في ذلك احتجاز الكربون وتخزينه، في السنوات الأخيرة بهدف تعزيز تبادل المعرفة، وتعزيز التعاون التجاري والمالي، وتسهيل النقل عبر الحدود لثاني أكسيد الكربون للتخزين الجيولوجي.

يقدم الجدول 1-4.4 نظرة عامة على هذه الترتيبات من عام 2020 إلى عام 2024.

ويسلط هذا الاتجاه الضوء على الالتزام المتنامي بين الدول الأوروبية للتعاون في مجال احتجاز الكربون وتخزينه لتحقيق أهدافها المتعلقة بالمناخ. والجدير بالذكر أن 12 اتفاقية من هذه الاتفاقيات وُقعت خلال الفترة المشمولة بالتقرير من نوفمبر 2023 إلى أكتوبر 2024، مما يشير إلى تسارع كبير في الجهود التعاونية. اكتملت مراحل تنفيذ مهمة في أبريل 2024 عندما أبرمت خمس دول اتفاقيات ثنائية تتوافق مع متطلبات بروتوكول لندن، مما يمثل خطوة حاسمة في تطوير سوق احتجاز الكربون وتخزينه الإقليمي (**حكومة هولندا، 2024**).

الجدول 1-4.4 نظرة عامة على الاتفاقيات والشراكات الثنائية التي اعتمدتها الدول الأوروبية، بما في ذلك احتجاز الكربون وتخزينه (2020-2024)

	النمسا	بلجيكا	الدنمارك	فرنسا	ألمانيا	آيسلندا	هولندا	النرويج	السويد	سويسرا	المملكة المتحدة
النمسا			مذكرة تفاهم (يوليو 2024)								
بلجيكا			مذكرة تفاهم (سبتمبر 2022)		إعلان مشترك (فبراير 2023)		مذكرة تفاهم (يونيو 2023)	مذكرة تفاهم (أبريل 2024)			مذكرة تفاهم (فبراير 2022)
الدنمارك	مذكرة تفاهم (يوليو 2024)	مذكرة تفاهم (سبتمبر 2022)		خطاب نوايا (مارس 2024)1}؛ مذكرة تفاهم (مارس 2024)	إعلان مشترك (أبريل 2023)		مذكرة تفاهم (أغسطس 2022)1}؛ مذكرة تفاهم (أكتوبر 2023)5}	مذكرة تفاهم (يونيو 2023)1}؛ مذكرة تفاهم (أبريل 2024)	مذكرة تفاهم (أبريل 2024)		مذكرة تفاهم (أبريل 2023)
فرنس			خطاب نوايا (مارس 2024)1}؛ مذكرة تفاهم (مارس 2024)				معاهدة (أبريل 2023)	خطاب نوايا (ديسمبر 2022)؛خطاب نوايا (يناير 2024)			بيان تعاون (مارس 2023)
ألماني		إعلان مشترك (فبراير 2023)	إعلان مشترك (أبريل 2023)					إعلان مشترك (يناير 2023)			إعلان مشترك (نوفمبر 2023)
آيسلند										إعلان نوايا (يوليو 2021)	
هولند		مذكرة تفاهم (يونيو 2023)	مذكرة تفاهم (أغسطس 2022)1}؛ مذكرة تفاهم (أكتوبر 2023)5}	معاهدة (أبريل 2023)				مذكرة تفاهم (أبريل 2024)		مذكرة تفاهم (مارس 2022)	
النرويج		مذكرة تفاهم (أبريل 2024)	مذكرة تفاهم (يونيو 2023)1}؛ مذكرة تفاهم (أبريل 2024)	خطاب نوايا (ديسمبر 2022)؛ خطاب نوايا (يناير 2024)	إعلان مشترك (يناير 2023)		مذكرة تفاهم (أبريل 2024)		مذكرة تفاهم (أبريل 2024)	إعلان نوايا (مايو 2024)	
السويد			مذكرة تفاهم (أبريل 2024)					مذكرة تفاهم (أبريل 2024)		مذكرة تفاهم (ديسمبر 2023)	
سويسر						إعلان نوايا (يوليو 2021)	مذكرة تفاهم (مارس 2022)	إعلان نوايا (مايو 2024)	مذكرة تفاهم (ديسمبر 2023)		
المملكة المتحدة		مذكرة تفاهم (فبراير 2022)	مذكرة تفاهم (أبريل 2023)	بيان تعاون (مارس 2023)	إعلان مشترك (نوفمبر 2023)						

4.5 الشرق الأوسط وأفريقيا

نظرة عامة

تضم منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا ثلاثة مشاريع قيد التشغيل وستة مشاريع قيد الإنشاء. كان تبني تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في المنطقة يرجع في البداية إلى الاستخلاص المعزز للنفط لأنه قدم حافزًا اقتصاديًا لشركات النفط الوطنية. لقد أدت الحاجة الملحة لتحقيق الالتزامات المتعلقة بالمناخ وأهداف الحياد الكربوني منذ ذلك الحين إلى تحويل التركيز نحو التخلص من الانبعاثات الكربونية من قطاعات الطاقة والصناعة كثيفة الانبعاثات الكربونية.

يؤكد الحث على استخدام الوقود منخفض الكربون، بما في ذلك الهيدروجين منخفض الكربون، ووقود الطيران المستدام، ووقود الشحن منخفض الكربون (مثل الأمونيا منخفضة الكربون)، على الحاجة إلى احتجاز الكربون وتخزينه. وعلاوة على ذلك، فإن إنشاء أسواق الكربون في المنطقة يدعم بشكل أكبر مبادرات احتجاز الكربون وإزالته. وشهدت المنطقة تقدماً كبيراً، مع الإعلان عن العديد من المشاريع والاستثمارات والشراكات.

وفي الإمارات العربية المتحدة، وسعت أدنوك محفظة احتجاز الكربون وتخزينه من خلال الاستحواذ على حصة 10% في شركة ستوريجا، وهي شركة تطوير تقنية احتجاز الكربون وتخزينه ومقرها المملكة المتحدة ولاعب رئيسي في مشروع أكورن في اسكتلندا. (**أدنوك، 2024ب**). ويكمل هذا الاستثمار مبادرات احتجاز الكربون وتخزينه الحالية لدى أدنوك، مثل مشروع الريادة التشغيلي ومشروع حبشان، الذي توصل مؤخرًا إلى قرار الاستثمار النهائي.(**معهد احتجاز الكربون وتخزينه العالمي، 2023**) (**أدنوك، 2023**). كما زادت الشركة ميزانيتها بشكل كبير لمشاريع التخلص من الانبعاثات الكربونية إلى 23 مليار دولار أمريكي، بهدف توسيع منصات إدارة الكربون المحلية والدولية. (**بيني، 2024**). علاوة على ذلك، وقعت أدنوك اتفاقية مع بنك اليابان للتعاون الدولي (**الجبيك**) لإنشاء منشأة تمويل أخضر بقيمة 3 مليارات دولار أمريكي (**أدنوك، 2024أ**).

بالإضافة إلى ذلك، تتعاون أدنوك مع شركة سانتوس الأسترالية لاستكشاف منصة لإدارة الكربون وتطوير البنية التحتية لشحن ونقل غاز ثاني أكسيد الكربون، بينما تتعاون أيضًا مع شركة ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة لدعم التخلص من الانبعاثات الكربونية من مواقع إنتاج النفط والغاز وإنتاج الهيدروجين والأمونيا منخفضي الكربون (**مجلة أوفشور، 2023**)(**ميتسوبيشي للصناعات الثقيلة، 2023**). لتسهيل نقل ثاني أكسيد الكربون عبر الحدود، وقعت دولة الإمارات العربية المتحدة مذكرة تفاهم مع كوريا الجنوبية لتعزيز التعاون في مجال إنتاج الهيدروجين منخفض الكربون واحتجاز الكربون وتخزينه.

حددت المملكة العربية السعودية هدفًا عامًا يتمثل في احتجاز وتخزين 44 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2035. وتتخذ المملكة العربية السعودية أيضًا أشكالاً جديدة من التعاون الدولي. وتعتزم البلاد، بالتعاون مع الصين، استكشاف طلبات احتجاز الكربون وتخزينه خارج قطاع النفط والغاز، بما في ذلك التخلص من الانبعاثات الكربونية الصناعية، في إطار اقتصاد الكربون الدائري (**كابسارك، 2024**). بالإضافة إلى ذلك، اتخذت حكومتا المملكة العربية السعودية والمملكة المتحدة خطوات نحو تعزيز التعاون في مجال احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه والهيدروجين منخفض الكربون (**حكومة المملكة المتحدة، 2024**). كما بُذلت جهود ثنائية مماثلة طوال عام 2024 بين المملكة العربية السعودية وكل من الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة وموريتانيا وأوزبكستان والأردن.

في سلطنة عمان، تهدف شركة أوكيو لشبكات الغاز إلى الاستفادة من البنية التحتية الشاملة لخطوط الأنابيب لنقل الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون بينما تستكشف مشاريع جديدة لاحتجاز الكربون وتخزينه والاستخلاص المعزز للنفط. وقعت شركة أوكسيدنتال وشركة أوكيو لشبكات الغاز مذكرة تفاهم لدراسة نشر تقنية احتجاز الكربون وتخزينه بالتزامن مع مشاريع الاستخلاص المعزز للنفط، بما يتماشى مع تطوير الإطار التنظيمي الأوسع نطاقًا في سلطنة عمان لتقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه للهيدروجين الأزرق وتقنية احتجاز الكربون وتخزينه. (**أوكسيدنتال، 2023**) (**وزارة الطاقة والمعادن - سلطنة عمان، 2023**).

وشاركت سلطنة عمان في محادثات مع الولايات المتحدة لتعزيز التعاون في مجال الحفاظ على البيئة وتطوير الطاقة النظيفة، بما في ذلك تقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه. وفي المغرب، وقعت الحكومة مذكرة تفاهم مع النرويج للتعاون بشأن المادة السادسة من اتفاق باريس، مع التركيز على آليات سوق الكربون وبرامج بناء القدرات (**بينوا إيفان، 2024**).

44 مليون طن سنويًا

هدف المملكة العربية السعودية لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه بحلول عام 2035.

3 منشآت قيد التشغيل

6 منشآت قيد الإنشاء

في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا

المملكة العربية السعودية

تعزز تعاونها مع الصين والمملكة المتحدة والاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة وموريتانيا وأوزبكستان والأردن.

23 مليار دولار

ميزانية مشروع أدنوك لإزالة الكربون

10 مليون طن سنويًا

هدف أدنوك في الإمارات لاحتجاز الكربون بحلول عام 2030، وتحقيق عمليات بصفر انبعاثات بحلول عام 2045

بالإضافة إلى ذلك، وقعت شركة إكسارو ومجلس علوم الأرض في جنوب أفريقيا مذكرة تفاهم للتعاون في مبادرات احتجاز الكربون وتخزينه بهدف الحد من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

وتسلط هذه الاستثمارات والاتفاقيات الضوء على الالتزام المتزايد في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا باستخدام تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه كتقنيات استراتيجية للحد من انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري وتحقيق الحياد الكربوني. وتستغل كل دولة قوتها ومواردها الفريدة لتعزيز مبادرات احتجاز الكربون وتخزينه، مما يدل على وجود زخم إقليمي نحو التنمية المستدامة والعمل المناخي.

السياسة

تشهد عملية وضع سياسات احتجاز الكربون وتخزينه في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا تقدما سريعًا، مع أهداف طموحة للتخلص من الانبعاثات الكربونية والالتزامات الدولية المتعلقة بالمناخ. وقد حددت عدة بلدان في المنطقة استراتيجيات شاملة لدمج تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في إطار جهودها الأوسع نطاقا للحد من انبعاثات الكربون.

وفي مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين، أطلقت دولة الإمارات العربية المتحدة خارطة الطريق الخاصة بها للتخلص من الانبعاثات الكربونية الصناعية، حيث من المتوقع أن يُشكل احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه والكهرباء النظيفة والهيدروجين وتعزيز الكفاءة مجتمعة 70% من نسبة خفض الانبعاثات في القطاع الصناعي. وتتضمن خارطة الطريق هدفًا لخفض الانبعاثات التراكمية بمقدار 2.9 جيجا طن بحلول عام 2050، وهو ما يعادل عملية خفض الانبعاثات بنسبة 93%. (**حكومة الإمارات العربية المتحدة، 2023**). وتسلط استراتيجية الإمارات العربية المتحدة طويلة الأمد الضوء أيضًا على احتجاز الكربون وتخزينه كتقنية رئيسية لإزالة الكربون من القطاعات الصناعية التي يصعب فيها تخفيف الانبعاثات، ومن المتوقع أن تساهم بنسبة 32% في تحقيق هدف الحياد الكربوني للقطاع، أي ما يعادل 43.5 مليون طن سنويًا من قدرة احتجاز الكربون وتخزينه بحلول عام 2050.

في يوليو 2023، كشفت دولة الإمارات العربية المتحدة عن استراتيجيتها المحدثة للطاقة 2050 والاستراتيجية الوطنية للهيدروجين، بهدف تعزيز إنتاج الهيدروجين من خلال الحوافز، بما في ذلك نظام محتمل الحد الأقصى للانبعاثات وتداولها تجارياً. وتستهدف الاستراتيجية إنتاج 7 ملايين طن سنويًا من الهيدروجين منخفض الكربون بحلول عام 2050 (**إيه آند أو شيرمان، 2023**).

وفي الوقت ذاته، ضاعفت أدنوك هدفها في احتجاز الكربون إلى 10 ملايين طن سنويًا بحلول عام 2030 قبل مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين، بما يتماشى مع هدفها طويل الأمد المتمثل في تحقيق عمليات صفرية الانبعاثات بحلول عام 2045. (**ستاندرد آند بورز جلوبال، 2023**).

أعلنت دولة الإمارات العربية المتحدة عن تفاصيل سياستها العامة بشأن وقود الطيران المستدام، والتي تهدف إلى دعم التخلص من الانبعاثات الكربونية من قطاع الطيران ووضع الأسس لإنشاء مركز إقليمي لوقود الطيران منخفض الكربون (**حكومة الإمارات العربية المتحدة، 2024**).

كما تتزايد أهمية أسواق الكربون في دولة الإمارات العربية المتحدة. تأسست «إيركربون للتداول Air Carbon Exchange (ACX)» في أواخر عام 2022، وهي عبارة عن بورصة طوعية منظمة لتداول أرصدة الكربون في أبو ظبي. ومن المتوقع أن تشجع هذه المبادرة على تحقيق زيادة كبيرة في تداول أرصدة الكربون في جميع أنحاء دولة الإمارات العربية المتحدة والمنطقة على نطاق أوسع، مع قيمة سوقية تقدر بنحو 40 مليار دولار أمريكي بحلول عام 2030. وتعهد تحالف الإمارات للكربون بشراء أرصدة كربون أفريقية بقيمة 450 مليون دولار أمريكي بحلول عام 2030، مما يعكس التزامًا قويًا بدمج تقنية احتجاز الكربون وتخزينه في استراتيجية سوق الكربون الخاصة به (**الإمارات العربية المتحدة، 2023ب**).

نشرت أرامكو السعودية تقريرها للاستدامة لعام 2023 وأعلنت عن زيادة هدفها لاحتجاز الكربون وتخزينه إلى 14 مليون طن سنويًا بحلول عام 2035 (**أرامكو السعودية، 2023**). بالإضافة إلى ذلك، أعلنت المملكة العربية السعودية في أوائل عام 2024 عن إطلاق مخطط محلي لأرصدة الكربون، وهو آلية تداول غازات الاحتباس الحراري والتعويض عنها، والتي ستمكن الشركات من تعويض الانبعاثات عن طريق شراء أرصدة متوافقة مع المادة 6 من اتفاق باريس. وبالإضافة إلى ذلك، تقدمت شركات سعودية، بما في ذلك شركة الخطوط الجوية السعودية بعطاءات للحصول على مليوني طن من أرصدة الكربون في مزاد كبير في كينيا، وهو ما يبرز النهج الاستباقي للبلاد في تداول الكربون. (**ميريري، 2023**).

كما تحقق مصر خطوات كبيرة في سياسة احتجاز الكربون وتخزينه، حيث وافقت الهيئة العامة للرقابة المالية على العديد من هيئات إصدار الشهادات لمشاريع خفض انبعاثات الكربون، وهي خطوة حاسمة في إنشاء سوق كربون منظمة (**ديلي نيوز، 2024**).

أطلقت سلطنة عمان إطار عمل تقنية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه والهيدروجين الأزرق، بقيادة وزارة الطاقة والمعادن. يتعاون المعهد مع شركة تنمية نفط عمان في عملية إعداد الإرشادات التي من شأنها دعم الحكومة في تصميم وتنفيذ التشريعات الخاصة باحتجاز الكربون وتخزينه (**مسقط ديلي، 2023**). وتؤكد المساهمات المحددة وطنيًا الثانية المحدثة لسلطنة عمان على أهمية احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه على نطاق واسع، فضلًا عن إمكانية استفادة الدولة كذلك من أساليب الانبعاثات السلبية الهندسية، مثل احتجاز الكربون من الهواء مباشرة، لتقليل الانبعاثات بعد عام 2030 (**أرغوس، 2023**).

نشر المجلس العالمي للبصمة الكربونية الذي يتخذ من قطر مقراً له منهجية لمشاريع احتجاز الكربون وتخزينه والتي تشمل احتجاز ثاني أكسيد الكربون ونقله وتخزينه جيولوجيًا.

تمكن منهجيات المجلس العالمي للبصمة الكربونية أصحاب المشاريع من حساب ومراقبة والإبلاغ عن خفض الانبعاثات أو إزالتها من مشاريع التخفيف من غازات الاحتباس الحراري المؤهلة، مما يسهل وصولهم إلى سوق الكربون العالمية (**المجلس العالمي للبصمة الكربونية، 2024**). بالإضافة إلى ذلك، وقع المجلس العالمي للبصمة الكربونية مذكرة تفاهم مع تحالف دول غرب أفريقيا بشأن أسواق الكربون وتمويل الأعمال المتعلقة بالمناخ لتعزيز عملية تطبيق المادة 6.2 من اتفاق باريس وتطوير أدوات سوق الكربون في غرب أفريقيا.

وحدة سيكلون سي.سي الصناعية التجريبية في دولة الإمارات العربية المتحدة. الصورة مقدمة من شركة كربون كلين.

(**المجلس العالمي للبصمة الكربونية، 2023**). علاوة على ذلك،
دخل المجلس العالمي للبصمة الكربونية في شراكة مع الأسواق البيئية العالمية لشراء السجل العالمي للكربون، وهو حل متكامل لسجل الكربون (**جورد، 2023**).

في مختلف أنحاء منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا، هناك اعتراف متزايد بأهمية احتجاز الكربون وتخزينه في تحقيق الأهداف المُتعلقة بالمناخ. وتؤكد هذه التطورات السياسية على الالتزام الإقليمي بتسخير تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه وإزالة ثاني أكسيد الكربون من أجل الحد من انبعاثات الكربون. وتعتبر الحوافز المالية، مثل الإعفاءات الضريبية والمنح والإعانات، ضرورية لتقليل عوائق الاستثمار الأولية وجعل تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية. كما يمكن أن تؤدي عملية وضع آليات تسعير الكربون إلى تحفيز الاستثمارات من خلال تقديم حافز مالي لخفض الانبعاثات. لقد أثبت مفهوم المشاريع المشتركة أنه وسيلة فعالة لنشر مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه. ويتبين ذلك من خلال مشروع الريادة ومركز الجبيل، اللذين تم إطلاقهما أو يجري تطويرهما كمشاريع مشتركة.

المشاريع

تشكل منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا مركزًا واعدًا لتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، حيث تُظهر العديد من المشاريع التشغيلية التزام المنطقة بخفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. وعلى وجه الخصوص، أثبتت دول مجلس التعاون الخليجي، وبشكل خاص المملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة وقطر، طموحاتها في تحقيق الصفر الصافي وفى المسائل المتعلقة بالمناخ في العديد من مشاريع احتجاز الكربون وتخزينه التشغيلية واسعة النطاق. تنتج الإمارات العربية المتحدة الصلب منخفض الكربون منذ عام 2016 من خلال منشأة إنتاج الصلب المتكاملة لاحتجاز الكربون وتخزينه والتي تبلغ طاقتها 0.8 مليون طن سنويًا، في حين تحتجز قطر وتخزن 2.1 مليون طن سنويًا من ثاني أكسيد الكربون في منشأة راس لفان للغاز الطبيعي المسال. تقود المملكة العربية السعودية مهمة احتجاز الكربون وتخزينه في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا من خلال مشروع العثمانية الذي تبلغ طاقته 0.8 مليون طن سنويً ومركز احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في الجبيل، والذي من المتوقع أن يصل إلى سعة 9 ملايين طن سنويًا بحلول عام 2027 (**معهد احتجاز الكربون وتخزينه العالمي، 2023**). إلى جانب هذه المشاريع التشغيلية والمخطط لها، تعمل المنطقة أيضًا على تطوير العديد من المشاريع والمبادرات الجديدة، والاستثمار بشكل كبير في تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه.

وقعت أرامكو السعودية اتفاقيات شراكة مع شركة سيمنز أيه جي وسبيريتس في مجال احتجاز الكربون من الهواء مباشرة (**سي إن بي سي، 2023**) (**أرامكو، 2024**)، كما وقعت الشركة اتفاقيات لإثبات الجدوى الفنية والجدوى التجارية لمنشأة الوقود الكهربائي التركيبي مع إينوفا، بهدف إنتاج 35 برميلاً يوميًا من البنزين التركيبي منخفض الكربون من الهيدروجين القائم على الطاقة المتجددة وثاني أكسيد الكربون المحتجز (**أرامكو، 2023**). بالإضافة إلى ذلك، أطلقت المملكة العربية السعودية منشأة لاحتجاز الكربون في رابغ لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون من مصنع أحادي إيثيلين جلايكول (**عرب نيوز، 2023**). تستعد المملكة لتوليد الطاقة الكهربائية المتكاملة بتقنية احتجاز الكربون وتخزينه بمشاريع تصل إلى 7200 ميجاوات، مع التأكيد على جاهزية وحدة احتجاز الكربون (**عرب نيوز 2024، 2024**). وقعت شركة أكر لاحتجاز الكربون وأرامكو مذكرة تفاهم لبحث حلول احتجاز الكربون وتخزينه المعيارية في المملكة العربية السعودية (**أكر، 2023**)

تبوأت دولة الإمارات العربية المتحدة مكانتها كمرشح أول إقليمي في مجال احتجاز الكربون وتخزينه للعديد من المشاريع البارزة. أعلنت شركة أدنوك مؤخرًا عن خططها للشراكة مع شركة بوسكو لإنتاج الهيدروجين منخفض الكربون في منشأة في جوانجيانج (**هيدروجين سنترال، 2024**). ويأتي هذا في أعقاب قرار الاستثمار النهائي السابق حيث منحت أدنوك عقدًا لشركة بتروفاك لمشروع حبشان لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، بقيمة تزيد عن 600 مليون دولار أمريكي، لبناء وحدات احتجاز الكربون والبنية التحتية المرتبطة بها (**بتروفاك، 2023**). يوجد مشروعان تجاريان قيد الإنشاء لشركة أدنوك: امتياز حبشان وغشا بسعة 1.5 مليون طن سنويًا لكل منهما. وكجزء من تعاون آخر، ستستخدم أدنوك تقنية سيكلون سي.سي المعيارية من كربون كلين في مشروع البتروكيماويات في الرويس (**كربون كلين، 2023**). بالإضافة إلى ذلك، تخطط مؤسسة نفط الشارقة الوطنية (سنوك) لمشروع مركز احتجاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه من مصادر انبعاثات مختلفة، وتخزينه في حقل غاز متطور الإنتاج على اليابسة، وربما تداول أرصدة الكربون.. وقعت شركة سوميتومو وسنوك مذكرة تفاهم لدراسة جدوى مشروع احتجاز الكربون وتخزينه في الشارقة (**سوميتومو، 2023**).

تشكل منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا مركزاً واعداً لتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه، حيث تظهر العديد من المشاريع التشغيلية التزام المنطقة بخفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري.

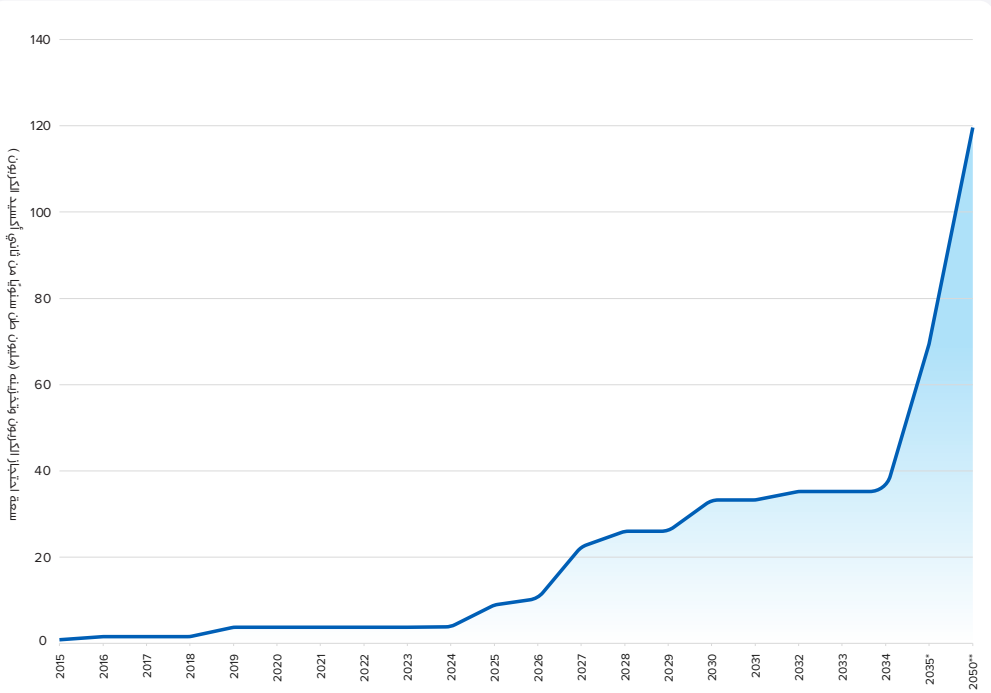
تحقق سلطنة عمان تقدماً كبيراً في مجال احتجاز الكربون وتخزينه من خلال مشاريع متعددة تهدف إلى تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. بدأت شركة 44.01 الناشئة في مجال تعدين ثاني أكسيد الكربون عملياتها باستخدام تقنية احتجاز الهواء في مشروعها التجريبي لاحتجاز الهواء المباشر والتعدين في جبال الحجر، حيث أكملت بنجاح اختبارات السلامة والحقن الأولية (**44.01، 2023**). يعتزم تحالف صحار للصفر الصافي في سلطنة عمان إدخال منشأة احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه في ميناء صحار كجزء من هدفه لتحقيق الحياد الكربوني بحلول عام 2050 (**أوفشور إنيرجي، 2023ب**). أطلقت شركة تنمية نفط عمان مشروعًا تجريبيًا مخصصًا لاستخدام ثاني أكسيد الكربون في عملية الاستخلاص المعزز للنفط في شمال عمان. (**راج، 2023**). بالإضافة إلى ذلك، تتعاون شركة جندال شديد للحديد والصلب لإنشاء مصنع تجريبي لاحتجاز ثاني أكسيد الكربون من غاز المداخن، مع خطط توسع لاحتجاز 0.7 مليون طن سنويًا بحلول عام 2027 (**مصانع الفولاذ في العالم، 2023**).

في البحرين، تعتزم شركة ميتسوي أو إس كيه لاينز وبابكو إنيرجيز إنشاء سلسلة قيمة لاحتجاز الكربون وتخزينه عبر الحدود حيث تشحن شركة ميتسوي أو إس كيه لاينز ثاني أكسيد الكربون المسال وتحجزه شركة بابكو (**أوفشور إنيرجي، 2023أ**).

أحرزت مصر تقدماً في تحديد مواقع تخزين الكربون المحتملة، حيث قامت شركة شلمبرجير بفحص وتصنيف مواقع تخزين ثاني أكسيد الكربون لشركة كايرون في الصحراء الغربية المصرية، مما يساعد كايرون وشركائها في تحقيق هدف الصفر الصفري بحلول عام 2040 من خلال احتجاز 350 ألف طن من ثاني أكسيد الكربون سنويًا وعزله واستخدام 15 ألف طن إضافية سنوياً (**شلمبرجير، 2024**).

الشكل 1-4.5

القدرة التشغيلية والمخطط لها لاحتجاز الكربون وتخزينه في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا (مليون طن سنويا) بحلول عام 2050



نتائج مؤتمر الأطراف الثامن والعشرين

في جنوب أفريقيا، أكمل مجلس علوم الأرض وشركة مزانسي للتنقيب والحفر والتعدين أعمال الحفر للمشروع التجريبي لاحتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، مما يمثل خطوة حاسمة في عملية إعداد مشروع احتجاز الكربون وتخزينه (**مجلس علوم الأرض، 2024**). في كينيا، تستعرض شركة أوكتافيا كربون تكنولوجيا احتجاز الهواء المباشر وأدوات الرصد والإبلاغ والتحقق من خلال مشروع تجريبي يتمتع بقدرة إزالة أولية تبلغ 250 طنًا من ثاني أكسيد الكربون، مع زيادة القدرة إلى 1000 طن سنويًا (**كربون هيرالد، 2024**). علاوة على ذلك، أعلنت شركة كلايموورکس وشركة جريت كاربون فالي عن نيتهما استكشاف عملية إعداد مشاريع واسعة النطاق لاحتجاز الهواء المباشر وتخزينه في كينيا (**كلايموورکس، 2023**).

ويعد تطور تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا، وخاصة في دول مجلس التعاون الخليجي، أمراً واعداً. ومن المتوقع أن تصل سعة خط أنابيب المشروع بحلول عام 2035 إلى 65 مليون طن سنويا على الأقل، بفضل المشاريع المعلنة والتزامات الحكومات والشركات.

تتزايد مشاريع احتجاز الهواء المباشر، وخاصة في كينيا والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة وسلطنة عمان، حيث تُدمج في كثير من الأحيان مع عملية تعدين ثاني أكسيد الكربون أو إنتاج وقود الطيران المستدام. يُحدد التطور المستقبلي لهذه المشاريع من خلال السياسات والاتفاقيات المتعلقة بإزالة ثاني أكسيد الكربون وشراء وقود الطيران المستدام.

ويعد تطور تقنيات احتجاز الكربون وتخزينه في منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا، وخاصة في دول مجلس التعاون الخليجي، أمراً واعداً. من المتوقع أن تصل سعة خط أنابيب المشروع إلى 65 مليون طن سنويا على الأقل بحلول عام 2035.

5.0

FACILITIES LIST

Operational

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Occidental Terrell	United States	1972	Natural Gas / LNG	0.5	Enhanced Oil Recovery
Enid Fertilizer	United States	1982	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.2	Enhanced Oil Recovery
ExxonMobil Shute Creek Gas	United States	1986	Natural Gas / LNG	7	Enhanced Oil Recovery
Hungary's Mol Szank Field CO2-EOR	Hungary	1992	Natural Gas / LNG	0.16	Enhanced Oil Recovery
Sleipner CCS project	Norway	1996	Natural Gas / LNG	1	Deep Saline Formation
Great Plains Synfuels Plant and Weyburn-Midale	United States	2000	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	3	Enhanced Oil Recovery
Core Energy CO2-EOR South Chester plant	United States	2003	Natural Gas / LNG	0.35	Enhanced Oil Recovery
Equinor Snohvit	Norway	2008	Natural Gas / LNG	0.7	Deep Saline Formation
Petrobras Santos Basin Pre-Salt Oil Field	Brazil	2008	Natural Gas / LNG	10.6	Enhanced Oil Recovery
Arkalon CO_2 Compression Facility	United States	2009	Bioenergy / Ethanol	0.5	Enhanced Oil Recovery
Longfellow WTO Century Plant	United States	2010	Natural Gas / LNG	5	Enhanced Oil Recovery
Yanchang Integrated Demonstration	China	2012	Chemical	0.05	Enhanced Oil Recovery
Bonanza BioEnergy CCS	United States	2012	Bioenergy / Ethanol	0.1	Enhanced Oil Recovery
Air Products Valero Port Arthur Refinery	United States	2013	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.9	Enhanced Oil Recovery
Coffeyville Gasification Plant	United States	2013	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.9	Enhanced Oil Recovery
Contango Lost Cabin Gas Plant	United States	2013	Natural Gas / LNG	0.9	Enhanced Oil Recovery
SaskPower Boundary Dam	Canada	2014	Power Generation and Heat	1	Enhanced Oil Recovery
Xinjiang Dunhua Karamay	China	2015	Chemical	0.1	Enhanced Oil Recovery
Saudi Aramco Uthmaniyah	Saudi Arabia	2015	Natural Gas / LNG	0.8	Enhanced Oil Recovery
Shell Quest	Canada	2015	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.3	Deep Saline Formation
ADNOC Al-Reyadah	United Arab Emirates	2016	Iron and Steel	0.8	Enhanced Oil Recovery
ADM Illinois Industrial	United States	2017	Bioenergy / Ethanol	1	Deep Saline Formation
Petra Nova Carbon Capture	United States	2017	Power Generation and Heat	1.4	Enhanced Oil Recovery
CNPC Jilin Oil Field	China	2018	Natural Gas / LNG	0.6	Enhanced Oil Recovery
QatarEnergy LNG	Qatar	2019	Natural Gas / LNG	2.2	Deep Saline Formation
Chevron Gorgon	Australia	2019	Natural Gas / LNG	4	Deep Saline Formation
WCS Redwater	Canada	2020	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.3	Enhanced Oil Recovery
NWR Sturgeon Refinery	Canada	2020	Oil Refining	1.6	Enhanced Oil Recovery

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Enhance Clive Oil Field	Canada	2020	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
Wolf Alberta Carbon Trunk Line	Canada	2020	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
Climeworks Orca	Iceland	2021	Direct Air Capture	0.004	Mineral Carbonation
Yangchang Yan'an CO_2-EOR	China	2021	Chemical	0.1	Enhanced Oil Recovery
China National Energy Guohua Jinjie	China	2021	Power Generation and Heat	0.15	Under Evaluation
Sinopec Nanjing Chemical	China	2021	Chemical	0.2	Enhanced Oil Recovery
Dark Horse Storage	United States	2021	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Red Trail Energy Richardton Ethanol	United States	2022	Bioenergy / Ethanol	0.18	Deep Saline Formation
Yangchang Yulin CO_2-EOR	China	2022	Chemical	0.3	Enhanced Oil Recovery
Entropy Glacier Gas Plant (Phase 1A,1B)	Canada	2022	Natural Gas / LNG	0.32	Deep Saline Formation
Sinopec Qilu-Shengli	China	2022	Chemical	1	Enhanced Oil Recovery
Heirloom DAC California	United States	2023	Direct Air Capture	0.001	Mineral Carbonation
Huaneng Yangpu Gas-fired Carbon Capture Demo Project	China	2023	Power Generation and Heat	0.002	Enhanced Oil Recovery
Guanghui Energy Methanol Plant	China	2023	Chemical	0.1	Enhanced Oil Recovery
Harvestone Blue Flint Ethanol	United States	2023	Bioenergy / Ethanol	0.2	Deep Saline Formation
CNOOC Enping	China	2023	Natural Gas / LNG	0.3	Deep Saline Formation
Sinopec Jinling Petrochemical (Nanjing Refinery)	China	2023	Oil Refining	0.3	Enhanced Oil Recovery
China National Energy Taizhou	China	2023	Power Generation and Heat	0.5	Enhanced Oil Recovery
Barnett Zero CCS	United States	2023	Natural Gas / LNG	0.185	Deep Saline Formation
CarbFix Mammoth	Iceland	2024	Direct Air Capture	0.03	Mineral Carbonation
Qingzhou Oxy-Fuel Combustion Carbon Capture Project	China	2024	Cement and Concrete	0.2	Enhanced Oil Recovery
Bantam DAC Oklahoma[1]	United States	2024	Direct Air Capture	0.005	Enhanced Oil Recovery

[1] Facility commenced operations in early August 2024, replaces utilisation facility that has been removed.

In Construction

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
44.01 Project Hajar	Oman	2024	Direct Air Capture	0.001	Mineral Carbonation
Air Products Blue But Better	Canada	2024	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	3	Enhanced Oil Recovery
Baotou Steel	China	2024	Iron and Steel	0.5	Under Evaluation
China National Energy Ningxia	China	2024	Chemical	3	Enhanced Oil Recovery
China National Energy Xinjiang Chemicals CCUS	China	2024	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
Cotton Cove CCS	United States	2024	Natural Gas / LNG	0.045	Enhanced Oil Recovery
Heidelberg Materials Brevik Cement Plant	Norway	2024	Cement and Concrete	0.4	Deep Saline Formation
Huaneng Longdong Energy Base	China	2024	Power Generation and Heat	1.5	Under Evaluation
Santos Moomba CCS	Australia	2024	Natural Gas / LNG	1.7	Depleted Oil and Gas Field
Xinjiang Jinlong Shenwu	China	2024	Power Generation and Heat	0.2	Enhanced Oil Recovery
ADNOC Ghasha Concession Fields	United Arab Emirates	2025	Natural Gas / LNG	1.5	Enhanced Oil Recovery
ADNOC Habshan	United Arab Emirates	2025	Natural Gas / LNG	1.5	Under Evaluation
CF Industries Donaldsonville	United States	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	N/A
Linde Beaumont hydrogen plant	United States	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2.2	N/A
Northern Lights Transport and Storage	Norway	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
OCI Iowa Fertiliser Company	United States	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.45	N/A
Petronas Kasawari	Malaysia	2025	Natural Gas / LNG	3.3	Depleted Oil and Gas Field
Qatar Petroleum North Field East	Qatar	2025	Natural Gas / LNG	2.9	Under Evaluation
Shell Atlas Carbon Storage Hub	Canada	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Shell Polaris (Scotford Complex)	Canada	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.75	N/A
Silverstone	Iceland	2025	Power Generation and Heat	0.03	Mineral Carbonation
STRATOS (1PointFive Direct Air Capture)	United States	2025	Direct Air Capture	0.5	Deep Saline Formation
Summit Central City Biorefinery	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.33	Deep Saline Formation
Summit Wood River Biorefinery	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.35	Deep Saline Formation
Summit York Biorefinery	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.14	Deep Saline Formation
Air Liquide Rotterdam	Netherlands	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.5	Depleted oil and Gas field
Air Products Louisiana Clean Energy Complex	United States	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	5	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Asnaes CHP Plant	Denmark	2026	Power Generation and Heat	0.28	Deep Saline Formation
Avedore CHP Plant	Denmark	2026	Power Generation and Heat	0.15	Deep Saline Formation
Entropy Glacier Gas Plant Phase 2	Canada	2026	Power Generation and Heat	0.16	Under Evaluation
Porthos CO_2 Transport and Storage	Netherlands	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
QAFCO Ammonia-7 Blue Ammonia Facility	Qatar	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.5	Under Evaluation
Summit Mid-West Express Trunk Pipeline	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Yara Sluiskil	Netherlands	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.8	Deep Saline Formation
Air Products Rotterdam	Netherlands	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Depleted Oil and Gas Field
Shell Pernis Refinery Rotterdam	Netherlands	2026	Oil Refining	1.15	Depleted Oil and Gas Field
CapturePoint Solutions Central Louisiana Regional Carbon Storage (CENLA) Hub	United States	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Dow Fort Saskatchewan ethylene CCS	Canada	2027	Chemical	Under Evaluation	Enhanced Oil Recovery
Saudi Aramco Jubail Hub	Saudi Arabia	2027	Natural Gas / LNG	9	Deep Saline Formation
Total Energies Papua LNG	Papua New Guinea	2027	Natural Gas / LNG	1	Enhanced Gas Recovery
OASIS Shelby County	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
PTTEP Arthit	Thailand	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	1	Deep Saline Formation
Targa Red Hills natural gas processing complex	United States	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	0.5	Deep Saline Formation
Yulin Integrated Coal Liquefication	China	Under Evaluation	Chemical	4	Enhanced Oil Recovery

Advanced Development

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Buxton Lime Net Zero	United Kingdom	2024	Cement and Concrete	0.02	N/A
Mote Wood Waste to Hydrogen Facility	United States	2024	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.15	N/A
Parc Adfer CCS	United Kingdom	2024	Waste-to-Energy	0.235	Deep Saline Formation
FCL Regina Refinery	Canada	2024	Oil Refining	0.25	N/A
Summit Madison Biorefinery	United States	2024	Bioenergy / Ethanol	0.25	Deep Saline Formation
Summit Mount Vernon Biorefinery	United States	2024	Bioenergy / Ethanol	0.25	Deep Saline Formation
Aemetis Keyes Ethanol	United States	2024	Bioenergy / Ethanol	0.4	Deep Saline Formation
Entropy Athabasca Leismer	Canada	2024	Oil Refining	0.44	N/A
Venture Global LNG CP2	United States	2024	Natural Gas / LNG	0.5	Deep Saline Formation
Carbon Connect Delta	Belgium	2024	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Tallgrass Energy Eastern Wyoming Sequestration Hub	United States	2024	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Whitecap Resources Southeast Saskatchewan Hub	Canada	2024	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Alba Aluminium Bahrain	Bahrain	2024	Aluminium	Under Evaluation	Under Evaluation
Freeport LNG CCS project	United States	2024	Natural Gas / LNG	Under Evaluation	N/A
KVA Linth CCS	Switzerland	2025	Waste-to-Energy	0.12	N/A
Bridgeport Ethanol	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.17	Deep Saline Formation
Lone Cypress Hydrogen	United States	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.2	N/A
Amager Bakke Waste to Energy	Denmark	2025	Power Generation and Heat	0.5	N/A
One Earth Energy Ethanol	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.5	N/A
Acorn Carbon Capture, Storage and Hydrogen	United Kingdom	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1	N/A
Lehigh Cement Plant	Canada	2025	Cement and Concrete	1	Under Evaluation
Holcim Cement	United States	2025	Cement and Concrete	1.3	N/A
Cal Capture	United States	2025	Power Generation and Heat	1.55	Depleted Oil and Gas Field
Net Zero Teesside - CCGT Facility	United Kingdom	2025	Power Generation and Heat	2	Deep Saline Formation
Caledonia Clean Energy CCS	United Kingdom	2025	Power Generation and Heat	3	Under Evaluation
East Coast Cluster Humber Pipeline (HCCP)	United Kingdom	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
East Coast Cluster Teesside Pipeline	United Kingdom	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Maroa (Decatur Addition)	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Northern Endurance Transport and Storage	United Kingdom	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Prinos CO_2 Storage	Greece	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Project Greensand	Denmark	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Wolf Lamont Carbon Hub	Canada	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Frog Lake Capture	Canada	2025	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
SK Energy Shepherd	South Korea	2025	Various	Under Evaluation	Under Evaluation
Starwood Energy Power Plant	United States	2025	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Enhanced Oil Recovery
Heirloom Shreveport Dac	United States	2026	Direct Air Capture	0.017	N/A
Kvitebjørn Waste to Energy	Norway	2026	Waste-to-Energy	0.06	Deep Saline Formation
Summit Huron Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.09	Deep Saline Formation
Summit Galva Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.11	Deep Saline Formation
Summit Aberdeen Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.14	Deep Saline Formation
Summit Norfolk Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.15	Deep Saline Formation
Summit Atkinson Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.16	Deep Saline Formation
Summit Lamberton Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.16	Deep Saline Formation
Summit Merrill Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.16	Deep Saline Formation
Summit Otter Tail Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.17	Deep Saline Formation
Summit Redfield Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.17	Deep Saline Formation
Summit Superior Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.17	Deep Saline Formation
Summit Granite Falls Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.18	Deep Saline Formation
Summit Heron Lake Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.19	Deep Saline Formation
Summit Sioux Center Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.19	Deep Saline Formation
Summit Goldfield Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.22	Deep Saline Formation
Summit Onida Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.23	Deep Saline Formation
Summit Steamboat Rock Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.23	Deep Saline Formation
Summit Bushmills Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.24	N/A
Summit Shenandoah Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.24	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Summit Nevada Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.26	Deep Saline Formation
Summit Wentworth Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.26	Deep Saline Formation
Summit Plainview Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.32	Deep Saline Formation
Summit Fairmont Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.34	Deep Saline Formation
Summit Grand Junction Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.34	Deep Saline Formation
Summit Mason City Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.34	Deep Saline Formation
Summit Obion Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.34	Deep Saline Formation
Project Intersect - Hereford Ethanol Plant	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.35	Enhanced Oil Recovery
Project Intersect - Plainview Ethanol Plant	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.35	Enhanced Oil Recovery
Summit Watertown Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.37	Deep Saline Formation
Hafslund Oslo Celsio Waste-to-Energy Plant	Norway	2026	Waste-to-Energy	0.4	Deep Saline Formation
Redcar Energy Centre	United Kingdom	2026	Power Generation and Heat	0.4	Deep Saline Formation
Storegga Acorn Hydrogen	United Kingdom	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.4	N/A
Summit Mina Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.4	Deep Saline Formation
Summit Marcus Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.46	Deep Saline Formation
NorDAC Kollsnes	Norway	2026	Direct Air Capture	0.5	Deep Saline Formation
Summit Casselton Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.5	Deep Saline Formation
Summit Lawler Biorefinery	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.57	Deep Saline Formation
Alto's Pekin CCS	United States	2026	Bioenergy / Ethanol	0.6	Under Evaluation
Nucor Steel DRI	United States	2026	Iron and Steel	0.8	Under Evaluation
TotalEnergies Zeeland refinery (H2ero)	Netherlands	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.8	N/A
Northeast Scotland DAC	United Kingdom	2026	Direct Air Capture	1	N/A
Wabash Valley Resources West Terre Haute fertilizer plant	United States	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.75	Under Evaluation
Repsol Sakakemang	Indonesia	2026	Natural Gas / LNG	2	Depleted Oil and Gas Field
BP Tangguh LNG	Indonesia	2026	Natural Gas / LNG	3	Enhanced Gas Recovery
BP Lone Star Storage Hub	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
ExxonMobil South East Australia Carbon Capture Hub	Australia	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Hafslund Oslo Celsio - Truck Route	Norway	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Longleaf CCS	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Pilot Energy Cliff Head (Mid-West Clean Energy)	Australia	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Stella Maris CCS	Northern Europe	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Summit Mid-West Express Storage	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Synergia Energy Medway Transport and Storage	United Kingdom	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Air Products Refinery Rotterdam	Netherlands	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
PTTEP Lang Lebah	Malaysia	2026	Natural Gas / LNG	Under Evaluation	Depleted Oil and Gas Field
Strathcona Resources Cold Lake CCS Hub	Canada	2026	Oil Refining	Under Evaluation	N/A
Umea Dava plant CCS (Flagship THREE)	Sweden	2027	Power Generation and Heat	0.072	Under Evaluation
Gibson CCS	Canada	2027	Waste-to-Energy	0.1	N/A
BOC Teesside Hydrogen	United Kingdom	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.2	Deep Saline Formation
Geismar CCS	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.3	Enhanced Oil Recovery
Phillips 66 Humber Refinery	United Kingdom	2027	Oil Refining	0.5	N/A
EET HPP1 Hydrogen	United Kingdom	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.6	Depleted Oil and Gas Field
8 Rivers Whitetail Clean Energy	United Kingdom	2027	Power Generation and Heat	0.8	Deep Saline Formation
Beccs Stockholm	Sweden	2027	Bioenergy / Ethanol	0.8	Under Evaluation
Hydrogen to Humber Saltend	United Kingdom	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.89	Deep Saline Formation
Viridor Runcorn ERF CCS	United Kingdom	2027	Bioenergy / Ethanol	0.9	N/A
Lake Charles Methanol II	United States	2027	Chemical	1	Under Evaluation
Air Liquide Houston Ship Channel Ammonia Production	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.6	Under Evaluation
BP and Equinor NZT Power Teesworks	United Kingdom	2027	Power Generation and Heat	2	Deep Saline Formation
BP H2Teesside	United Kingdom	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	Deep Saline Formation
SSE Thermal Keadby 3 Power Station	United Kingdom	2027	Power Generation and Heat	2.6	Deep Saline Formation
FCL Belle Plaine Ethanol Complex	Canada	2027	Bioenergy / Ethanol	3	Enhanced Oil Recovery
VPI Immingham Power Plant	United Kingdom	2027	Power Generation and Heat	3	N/A
Sustainable Fuels Group (CIP blue ammonia plant)	United States	2027	Bioenergy / Ethanol	5	N/A
Drax BECCS	United Kingdom	2027	Power Generation and Heat	8	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
CarbFix CODA Transport and Storage	Iceland	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Mineral Carbonation
Eni Hynet North West CO_2 Transport and Storage	United Kingdom	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Havstjerne Storage	Norway	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Heartland Generation Battle River Carbon Hub	Canada	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Sutter Decarbonization	United States	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Vault 44.01 Rocky Mountain Carbon Vault	Canada	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Victorian Government Carbon Net	Australia	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Abadi CCS	Indonesia	2027	Natural Gas / LNG	Under Evaluation	Under Evaluation
Commonwealth LNG CCS	United States	2027	Natural Gas / LNG	Under Evaluation	N/A
St. Charles Clean Fuels Hydrogen Louisiana	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Yara Hydrogen Texas	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Hanson Padeswood Cement CCS	United Kingdom	2028	Cement and Concrete	0.8	N/A
Prax Lindsey Carbon Capture (PLCCP)	United Kingdom	2028	Oil Refining	1	Deep Saline Formation
EET HPP2 Hydrogen	United Kingdom	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.2	Depleted Oil and Gas Field
8 Rivers Cormorant Clean Energy	United States	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.4	N/A
H2BE	Belgium	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.7	Under Evaluation
Barents Blue	Norway	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	Deep Saline Formation
H2M (Equinor Hydrogen 2 Magnum)	Netherlands	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	Under Evaluation
Kellas Midstream H2NorthEast	United Kingdom	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	Deep Saline Formation
Project Tundra	United States	2028	Power Generation and Heat	4	Under Evaluation
ExxonMobil Baytown Low Carbon Hydrogen	United States	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	7	N/A
Santos Bayu-Undan	Timor-Leste	2028	Natural Gas / LNG	10	Depleted Oil and Gas Field
Aramis	Netherlands	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Eni L10 Transport and Storage	Netherlands	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Gemah field EOR	Indonesia	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
Neptune Bunter CCS	United Kingdom	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Santos Reindeer	Australia	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
WH2V Terminal	Belgium, Germany, Netherlands, Switzerland, USA	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Aukra Hydrogen Hub	Norway	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Deep Saline Formation
Cleco Diamond Vault	United States	2028	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Deep Saline Formation
H2GE Rostock	Germany	2029	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	N/A
Horisont Energi Polaris Storage	Norway	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Neptune Trudvang Storage Project	Norway	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Cerilon gas-to-liquids complex	United States	2029	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
Broceni CCS	Latvia	2030	Cement and Concrete	0.75	Under Evaluation
CORY EfW CCS	United Kingdom	2030	Power Generation and Heat	1.3	Depleted Oil and Gas Field
BASF Antwerp (Kairos@C)	Belgium	2030	Chemical	1.42	N/A
Slite CCS	Sweden	2030	Cement and Concrete	1.8	Under Evaluation
RWE Pembroke Power Station	United Kingdom	2030	Power Generation and Heat	5	N/A
CCS Baltic Consortium	Latvia, Lithuania	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Mineral Carbonation
Harbour Energy Viking Transport and Storage	United Kingdom	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Higashi-Niigata Region CCS	Japan	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Malaysia Northern Malay Peninsula CCS Project	Japan, Malaysia	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Malaysia Southern Malay Peninsula CCS Project	Japan, Malaysia	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Metropolitan CCS	Japan	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Morecambe Net Zero Cluster	United Kingdom	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Oceania CCS	Japan	2030	CO_{2_2} Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Oil Sands CCUS Pathways to Net Zero	Canada	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Pathways Alliance Oil Sands Pathways to Net Zero	Canada	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Project Lochridge (Gulf of Mexico CCS Partnership Hub)	United States	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Ruby Project	Denmark	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Tohoku Region CCS	Japan	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Tomakomai Region CCS	Japan	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Western Kyushu offshore CCS	Japan	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
GE Gas Power CCUS	United States	2030	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
INEOS Antwerp	Belgium	2030	Chemical	Under Evaluation	N/A
Summit Gevo, Isobutanol and Ethanol, Luverne, Minnesota	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	N/A
Summit Gevo, Lake Preston, South Dakota	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	N/A
Summit Hanlontown	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	N/A
Summit St. Ansgar, Iowa	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	N/A
Synergy Energy Medway Power Station	United Kingdom	2030	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
Summit Gevo, Northwest Iowa Project, Iowa	United States	2031	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	N/A
Pertamina Jatibarang	Indonesia	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	0.146	Enhanced Oil Recovery
Russel Storage Complex	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.15	Deep Saline Formation
Summit Gevo Lake Preston Biorefinery	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.29	Deep Saline Formation
Protos Energy Recovery Facility	United Kingdom	Under Evaluation	Waste-to-Energy	0.38	N/A
Summit Marion Ethanol	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.45	N/A
Summit Grand Forks Blue Ammonia	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.5	N/A
Venture Global LNG Calcasieu Pass	United States	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	0.5	Deep Saline Formation
Venture Global LNG Plaquemines	United States	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	0.5	Deep Saline Formation
Project Cypress	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	1	N/A
Sinopec Shengli Power Plant	China	Under Evaluation	Power Generation and Heat	1	Enhanced Oil Recovery
South Texas DAC Hub	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	1	Deep Saline Formation
Marquis Industrial Complex	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	1.2	Deep Saline Formation
Hinton Bioenergy Carbon Capture and Sequestration (BECCS)	Canada	Under Evaluation	Pulp and Paper	1.3	Under Evaluation
Golden Spread Electric Mustang Station	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	1.5	N/A
EPRI Cane Run	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	1.7	Under Evaluation
Southern Company Plant Daniel Capture	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	1.8	Deep Saline Formation
Baytown Carbon Capture and Storage	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	2	N/A
Mitchell Heidelberg Materials CCUS	United States	Under Evaluation	Cement and Concrete	2	Dedicated Geological Storage
Pelican Rindge Tract CCS	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	2	Deep Saline Formation
Sempra Hackberry Carbon Sequestration	United States	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	2	Deep Saline Formation
Calpine Delta Energy Centre	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	2.36	N/A

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Cypress Carbon Capture	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	2.6	N/A
Holcim Ste. Genevieve Cement Plant	United States	Under Evaluation	Cement and Concrete	2.75	Under Evaluation
Indiana Burns Habor Capture	United States	Under Evaluation	Iron and Steel	2.8	N/A
ION Polk Power Station	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	3.7	Under Evaluation
Gerald Gentleman Station	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	4.3	Enhanced Oil Recovery
Calpine Texas Deer Park Energy Centre	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	5	N/A
Project Bison Wyoming	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	5	N/A
Prairie State Generating Station	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	7.6	Deep Saline Formation
Four Corners Power Plant Integrated CCS	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	9.5	Under Evaluation
Aker BP Poseidon Norway	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
CarbonSAFE Eos	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Chevron Bayou Bend	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
CNPC Xinjiang Karamay Coal-Fired Power Plant Integrated Project	China	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
CO2NEXT Terminal	Netherlands	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
CO2TransPorts	Belgium, Netherlands	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Coal Creek Carbon Capture (Site Characterization and Permitting)	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Corpus Christi-Mississippi Pipeline	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Gassum Storage	Denmark	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Havnsø. Storage	Denmark	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Illinois Basin West CarbonSAFE III	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Magnolia Sequestration Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Malaysia Sarawak Offshore CCS Project	Malaysia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Minerva Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Mitchell CarbonSAFE	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Monkey Island Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Montezuma NorCal Carbon Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Norvik Infrastructure CCS East (NICE)	Sweden	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Pineywoods CCS Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Project Crossroads	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Project Diamond CO_2 Transport	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Project WyoTCH	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Protos CO_2 network (phase 1)	United Kingdom	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
River Parish Sequestration	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Sweetwater Carbon Storage Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Tampa Regional Intermodal HUB	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Timberland Sequestration	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Trailblazer Pipeline	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Tri-State CCS Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
ADNOC Rabdan Blue Ammonia	United Arab Emirates	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
Air Liquide Northern California	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Air Liquide US Gulf Coast Carbon Capture	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Appalachian Regional Clean Hydrogen Hub (ARCH2)	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
ArcelorMittal Texas (formerly voestalpine Texas)	United States	Under Evaluation	Iron and Steel	Under Evaluation	N/A
Babcock & Wilcox Filer City CCS	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	Under Evaluation
Bakken Energy Resources Heartland Hydrogen Hub	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
Black Hills Energy's Neil Simpson Power Plant CCS	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
CF Industries Blue Point	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Coal Creek Station power plant	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
CPV Shay Energy Center (CPV West Virginia Natural Gas Power Station)	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
Gulf Coast Hydrogen Hub (HyVelocity H2Hub)	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
Martres-Tolosane Cement Plant	France	Under Evaluation	Cement and Concrete	Under Evaluation	N/A
Pecos County Capture	United States	Under Evaluation	Oil Refining	Under Evaluation	N/A
Shepard Energy Centre	Canada	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
Southern Company Farley DAC	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	Under Evaluation	Under Evaluation
Sumitomo Hydrogen Energy Supply Chain (HESC)	Australia	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Deep Saline Formation

Early Development

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Imperial Oil Strathcona refinery	Canada	2024	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.5	N/A
Tanjung Enim CCS	Indonesia	2024	Chemical	1	Enhanced Oil Recovery
Wolf Central Storage Hub Edmonton	Canada	2024	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Cygnus CCS Hub	Australia	2024	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
AspiraDAC	Australia	2025	Direct Air Capture	0.00031	Under Evaluation
Poet Arthur, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Ashton, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Big Stone, SD	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Chancellor, SD	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Coon Rapids, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Corning, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Emmetsburg, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Fairbank, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Fairmont, NE	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Gowrie, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Groton, SD	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Hanlon town, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Hudson, SD	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Iowa Falls, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Jewell, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Menlo, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Mitchell, SD	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
Poet Shell Rock, IA	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	0.28	N/A
IOCL Koyali	India	2025	Oil Refining	0.54	Enhanced Oil Recovery
8 Rivers Capital Saskatchewan NET Power Plant	Canada	2025	Power Generation and Heat	0.95	Deep Saline Formation
CNPC Songliao Basin Hub	China	2025	Power Generation and Heat	3	Under Evaluation
INEOS Greenport Scandinavia	Denmark	2025	Power Generation and Heat	3	N/A
Pieridae Energy Caroline Power	Canada	2025	Power Generation and Heat	3	N/A
Next Decade Rio Grande LNG	United States	2025	Natural Gas / LNG	5.5	Under Evaluation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
The Illinois Clean Fuels	United States	2025	Chemical	8.13	Under Evaluation
Alberta Carbon Grid	Canada	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Bison Meadowbrook Storage Hub	Canada	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
CRC Carbon TerraVault I	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Enbridge Wabamun Carbon Hub	Canada	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Equinor North Sea Pipeline Zeebrugge	Belgium	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Fluxys-Equinor Belgium-Norway Trunk Line	Belgium, Norway	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Gemini (formerly Denbury Ascension Parish sequestration)	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Leo Sequestration Site	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Liberty CCUS hub	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Dedicated Geological Storage
Livingston Parish Sequestration Hub (Pelican)	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Midland Basin Project (Dusek CCS)	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Wolf Mt. Simon Hub (Iowa Illinois Carbon Pipeline)	United States	2025	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
ADM Clinton	United States	2025	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	Deep Saline Formation
ArcelorMittal Sestao CCS	Spain	2025	Iron and Steel	Under Evaluation	Under Evaluation
PAU Central Sulawesi Clean Fuel Ammonia	Indonesia	2025	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Depleted Oil and Gas Field
St. Lawrence River Valley DAC hub	Canada	2025	Direct Air Capture	Under Evaluation	Deep Saline Formation
Yosemite Hydrogen Project	United States	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.04	N/A
FREVAR Waste to Energy	Norway	2026	Waste-to-Energy	0.06	Deep Saline Formation
Lapis Energy El Dorado	United States	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.45	Deep Saline Formation
KeyState Natural Gas Synthesis	United States	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.5	Deep Saline Formation
Preem CCS	Sweden	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.5	Deep Saline Formation
Air Liquide Normandy	France	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.6	N/A
Holcim Cement (Höver)	Germany	2026	Cement and Concrete	1.3	N/A
Velocys Bayou Fuels Negative Emission	United States	2026	Chemical	1.5	Under Evaluation
INPEX CCS Darwin	Australia	2026	Natural Gas / LNG	2	Deep Saline Formation
Aries Sequestration	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Bayou Bend Louisiana Transport and Storage	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Bluebonnet Hub	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Callisto Mediterranean CO_2 Network	France, Italy	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Coastal Bend Transport and Storage	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Corvus Sequestration Site	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Cygnus Sequestration Site	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Enhance Energy Origins Carbon Storage Hub	Canada	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Fidelis Norne Carbon Storage Hub	Denmark	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Norne storage hub	Denmark	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Orion Sequestration Site	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
RETI East Calgary Region Carbon Sequestration Hub	Canada	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Storegga Acorn Transport and Storage	United Kingdom	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Synergia Energy Damhead Pipeline	United Kingdom	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Synergia Energy Isle of Grain Transport	United Kingdom	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Virgo Sequestration Site	United States	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Whitecap Resources Rolling Hills Hub	Canada	2026	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
B&W's BrightLoopTM	United States	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
North East Alliance blue ammonia Yakutia	Russia	2026	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
Pannonia Bio refinery	Hungary	2026	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	Under Evaluation
SUEZ Tees Valley Energy Recovery Facility (TVERF)	United Kingdom	2026	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	Deep Saline Formation
Synergia Energy Grain Power Station	United Kingdom	2026	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
Suez Waste to Energy	United Kingdom	2027	Bioenergy / Ethanol	0.24	Deep Saline Formation
Grannus Blue Ammonia and Hydrogen CCS	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.37	N/A
GO4ECOPLANET	Poland	2027	Cement and Concrete	1	Under Evaluation
Calpine Sutter Energy Center	United States	2027	Power Generation and Heat	1.75	Deep Saline Formation
Adams Fork Energy Clean Ammonia	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2.7	Deep Saline Formation
Novatek Obskiy Blue Ammonia	Russia	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	4	Under Evaluation
Novatek Yamal LNG	Russia	2027	Natural Gas / LNG	5	Under Evaluation
Clean Hydrogen Works Ascension Clean Energy	United States	2027	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	12	Under Evaluation
ECO2CEE	Poland	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Eni Ravenna Hub	Italy	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Fluxys Ghent Carbon Hub	Belgium	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Stanlow Terminal	United Kingdom	2027	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Eni Structures A&E	Libya	2027	Natural Gas / LNG	Under Evaluation	Under Evaluation
North Star CCS	Canada	2027	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
Öresundskraft Filborna CCS	Sweden	2027	Waste-to-Energy	Under Evaluation	Under Evaluation
Holcim KOdeCO Koromačno Plant	Croatia	2028	Cement and Concrete	0.37	Under Evaluation
Sysav Waste CCS	Sweden	2028	Waste-to-Energy	0.5	Under Evaluation
Air Liquide CalCC	France	2028	Cement and Concrete	0.6	Under Evaluation
EQIOM K6	France	2028	Cement and Concrete	0.8	Under Evaluation
Heidelberg Materials CBR Antoing Cement Plant (Project Anthemis)	Belgium	2028	Cement and Concrete	0.8	Under Evaluation
HeidelbergCement ANRAV	Bulgaria	2028	Cement and Concrete	0.8	Depleted Oil and Gas Field
Motor Oil Hellas IRIS	Greece	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.85	N/A
Net Power Odessa Gas Plant CCS	United States	2028	Power Generation and Heat	0.85	N/A
Direct Air Capture and Storage (DAC+S) Kenya	Kenya	2028	Direct Air Capture	1	Mineral Carbonation
Olympus	Greece	2028	Cement and Concrete	1	Under Evaluation
Pertamina Sukowati	Indonesia	2028	Oil Refining	1.4	Enhanced Oil Recovery
Suncor and ATCO Heartland Hydrogen	Canada	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	N/A
Onyx Power Blue Hydrogen Plant	Netherlands	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2.5	Under Evaluation
Mountaineer Gigasystem	United States	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	10	N/A
Central Sumatera Basin CCS hub	Indonesia	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
D'Artagnan Dunkirk CO_2 Hub	France	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Delta Rhine Corridor	Netherlands	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
ECO2Normandy	France	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Equinor Smeaheia Transport and Storage	Norway, France, Netherlands	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Gismarvik CO_2 Terminal (Koole Terminal)	Norway	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
KNOC Donghae	South Korea	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
OGE CO_2 Grid	Germany	2028	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Greenlight Electricity CCS	Canada	2028	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Yara-BASF Gulf Coast	United States	2028	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
CO2NTESSA	Croatia	2029	Cement and Concrete	0.7	Deep Saline Formation
GeZero	Germany	2029	Cement and Concrete	0.7	N/A
EVEREST	Germany	2029	Cement and Concrete	1	Under Evaluation
Holcim GO4ZERO Obourg Plant	Belgium	2029	Cement and Concrete	1.1	N/A
Uniper Humber Hub Blue Project	United Kingdom	2029	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.6	N/A
$7CO_2$	United kingdom	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Carbone Aceh Arun Hub	Indonesia	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
CO_2 Highway Europe Pipeline	France, Norway	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
EU2NSEA	Germany	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Greenstore	Denmark	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Perenco UKCS Poseidon	United Kingdom	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Sunda Asri Basin CCUS hub	Indonesia	2029	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Lyse Forus Energigjenvinning Stavanger	Norway	2030	Waste-to-Energy	0.1	Under Evaluation
Statkraft CCS	Norway	2030	Waste-to-Energy	0.3	N/A
Valero Albert City	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Albion	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Aurora	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Charles City	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Fort Dodge	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Hartley	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Lakota	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Valero Welcome	United States	2030	Bioenergy / Ethanol	0.3875	Deep Saline Formation
Kalundborg CCS	Denmark	2030	Oil Refining	0.43	Deep Saline Formation
Soderenergi bio-CCS	Sweden	2030	Bioenergy / Ethanol	0.5	Under Evaluation
Holcim Exshaw Cement	Canada	2030	Cement and Concrete	1	Deep Saline Formation
INEOS Grangemouth	United Kingdom	2030	Oil Refining	1	N/A
Orlen Plock CO_2 Capture	Poland	2030	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1	Deep Saline Formation
Enfinium Ferrybridge	United Kingdom	2030	Waste-to-Energy	1.2	Deep Saline Formation
ExxonMobil Blue Hydrogen Fawley Refinery	United Kingdom	2030	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	2	Under Evaluation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Peak Cluster	United Kingdom	2030	Cement and Concrete	3	Under Evaluation
deepC Store CStore1	Australia	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Eni Bacton Thames Net Zero Transport and Storage	United Kingdom	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
ExxonMobil Houston Ship Channel Innovation Zone	United States	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
GOCO2 (Grand Ouest CO_2)	France	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Mitsui Offshore Malay	Japan	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
NOR-GE Pipeline	Germany, Norway	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Offshore Malay CCS	Malaysia	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
PYCASSO	France	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Ramba CCUS	Indonesia	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
Wintershall Dea North Sea CO_2 Corridor	Belgium, Germany	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Borealis Antwerp	Belgium	2030	Chemical	Under Evaluation	N/A
ExxonMobil Antwerp Refinery	Belgium	2030	Chemical	Under Evaluation	N/A
Gonfreville Raffinerie	France	2030	Oil Refining	Under Evaluation	Under Evaluation
DUC Bifrost	Denmark	2030	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Orion CCS	United Kingdom	2031	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
CO2nnectNow	Germany	2032	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Osage CCS	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	0.007	Enhanced Oil Recovery
CO2ncrEAT	Belgium	Under Evaluation	Cement and Concrete	0.012	N/A
Florida Regional DAC Hub	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	0.05	Deep Saline Formation
Fortum Waste Nyborg	Denmark	Under Evaluation	Waste-to-Energy	0.16	Under Evaluation
Kutina Petrokemija Ammonia	Croatia	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	0.19	Enhanced Oil Recovery
Beach Energy Otway CCS	Australia	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	0.2	Under Evaluation
BIR Waste-to-Energy Bergen	Norway	Under Evaluation	Waste-to-Energy	0.2	Deep Saline Formation
Harvestone Dakota Spirit AgEnergy	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.2	Deep Saline Formation
Waste-to-energy Aker CCS	France	Under Evaluation	Power Generation and Heat	0.2	Under Evaluation
Byron Generation Station Nuclear DACS	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	0.25	N/A
Singleton Birch ZerCaL250	United Kingdom	Under Evaluation	Cement and Concrete	0.25	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Chevron San Joaquin	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	0.3	Depleted Oil and Gas Field
Fjernvarme Fyn Odense CHP plant	Denmark	Under Evaluation	Waste-to-Energy	0.325	Under Evaluation
Aemetis Riverbank Ethanol	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.4	Deep Saline Formation
Cementir Aalborg Plant	Denmark	Under Evaluation	Cement and Concrete	0.4	N/A
Hoosier (Cardinal ethanol facility)	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.4	Deep Saline Formation
FS Lucas do Rio Verde BECCS	Brazil	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	0.423	Under Evaluation
Röhm Chemical Plants Capture	Germany	Under Evaluation	Chemical	0.5	N/A
Mendota Biomass Carbon Removal and Storage Project (BiCRS)	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	0.6	Under Evaluation
RWE Great Yarmouth Carbon Capture	United Kingdom	Under Evaluation	Power Generation and Heat	0.6	N/A
National Cement Lebec CCS	United States	Under Evaluation	Cement and Concrete	0.95	N/A
Louisiana Green Fuels (LGF) CCS	United States	Under Evaluation	Chemical	1.36	N/A
SSE Thermal Peterhead Power Station	United Kingdom	Under Evaluation	Power Generation and Heat	1.5	N/A
Belridge CCS	United States	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	1.6	Depleted Oil and Gas Field
Pacific Northwest Hydrogen Hub	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	1.7	
Ackerman CCS	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	1.8	N/A
IFESTOS	Greece	Under Evaluation	Cement and Concrete	1.9	N/A
Fidelis New Energy Cyclus Power Generation	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	2	Under Evaluation
RWE Stallingborough	United Kingdom	Under Evaluation	Power Generation and Heat	2	N/A
S-HUB	Singapore	Under Evaluation	Various	2.5	Under Evaluation
RWE Straythorpe	United Kingdom	Under Evaluation	Power Generation and Heat	4	N/A
Alaska Railbelt Carbon Capture and Storage (ARCCS)	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Albondigas Storage	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Angel CCS Hub	Australia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Appalachian Basin Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
ARC Resources Greenview Region	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Atlas Storage	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Bison North Drumheller Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Borg CO_2	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
BP Nagoya port cluster	Japan, Indonesia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Buru Energy Carnarvon Basin Storage	Australia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
C Zero	Germany	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
California-Nevada CO_2 Storage Project (CANstore)	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Mineral Carbonation
Calpine Hermiston Power (HERO Basalt CarbonSafe)	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Mineral Carbonation
Cambay CCS Hub	India	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Cameron Parish CO_2 Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Carbon TerraVault 2	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Carbon TerraVault 3	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Carbon TerraVault 4	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Carbon TerraVault 5	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Chevron Mitsui CO_2 shipping SGP-AUS	Singapore	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
City of Medicine Hat Project Clear Horizon	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Dedicated Geological Storage
CNPC Junggar Basin Hub	China	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
CO2NNECTION Intermodal Transport Hubs	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Coastal Bend Offshore CO_2 Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Crescent Midstream Louisiana Offshore Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Daya Bay Hub	China	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Delaware Basin Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
El Camino	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Enhance Grande Prairie Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
EnQuest's Carbon Storage Hub	United Kingdom	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Entropy Bow Valley Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
ExxonMobil Indonesia Regional Storage Hub	Indonesia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
ExxonMobil Vermilion parish storage (Pecan island)	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Frontier Carbon Solutions Holdings Sweetwater Carbon Storage Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Geothermal CCS Croatia	Croatia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Goose Lake Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
Humberside CCS (Shell and Esso)	United Kingdom	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Iroko Storage	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Kinno CS Storage	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Kiwetinohk Maskwa Swan Hills Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Kiwetinohk Opal Carbon Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
LA CCS	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Lorain CCS	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Neptune BC05 CCS	United Kingdom	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Neptune Ciaster CCS	United Kingdom	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
NorthRiver Grand Prairie Net Zero Gateway Storage Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Orchard Carbon Storage Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Polk Carbon Storage Complex	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Project ACCESS	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
PTTEP Northern Gulf of Thailand CCS	Thailand	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Quebec Carbon Sequestration	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Mineral Carbonation
Red Hills CO_2 Storage Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Roughrider Carbon Storage Hub	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
SNOC Sharjah	United Arab Emirates	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Depleted Oil and Gas Field
Stryde CO_2 storage	Brazil	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Dedicated Geological Storage
Susitna Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Tidewater Brazeau Carbon Sequestration Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Tidewater Ram River Carbon Sequestration Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Tourmaline Clearwater CCUS	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Train to Zero Carbon Capture Rail Link	United Kingdom	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	N/A
Tulare County Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Unita Basin Carbon SAFE	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Vault 44.01 Athabasca Banks Carbon Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Vault Linden Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
Virginia CarbonSafe storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
West Bay Storage	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation

Facility Name	Country	Operational Year	Industry	Capture Capacity (Mtpa CO_2)	Storage Code
West Java sea rig-to-CCS	Indonesia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Under Evaluation
West Lake Pincher Creek Carbon Sequestration Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
William Echo Springs CarbonSAFE	United States	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Wintershall Dea Havstjerne	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Wintershall Dea Luna	Norway	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Wolf East Calgary Region Carbon Sequestration Hub	Canada	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Deep Saline Formation
Zutica and Ivanic grad Storage	Croatia	Under Evaluation	CO_2 Transport / Storage	N/A (CO_2 Transport and Storage)	Enhanced Oil Recovery
ADM Cedar Rapids	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	Deep Saline Formation
C.GEN North Killingholme Power	United Kingdom	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Deep Saline Formation
Corpus Christi Integrated Ammonia CCS	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Energy Recovery Facility Edmonton EcoPark	United Kingdom	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
HALO Hydrogen Hub	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Harvestone Iroquois Bioenergy	United States	Under Evaluation	Bioenergy / Ethanol	Under Evaluation	Deep Saline Formation
Hexagon Energy Blue Ammonia Northern Territory	Australia	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Idku Egypt	Egypt	Under Evaluation	Natural Gas / LNG	Under Evaluation	Depleted Oil and Gas Field
Indramayu CCS	Indonesia	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
Japan Malaysia steel CCS	Japan, Malaysia	Under Evaluation	Iron and Steel	Under Evaluation	N/A
KDW Ammonia Kemmerer CCS	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	Under Evaluation
Kentucky Paradise Combined Cycle Plant Capture	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
Lighthouse Green Fuels Project	United Kingdom	Under Evaluation	Chemical	Under Evaluation	Under Evaluation
Limeco Waste-to-Energy Dietikon	Switzerland	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
Mississippi Paradise Combined Cycle Plant Capture	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	N/A
Moraine Power Generation Capture	Canada	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Deep Saline Formation
PacifiCorp Dave Johnston Plant	United States	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Enhanced Oil Recovery
Pelican Gulf Coast Carbon Removal	United States	Under Evaluation	Direct Air Capture	Under Evaluation	Deep Saline Formation
Southeast Hydrogen Hub	United States	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A
Tambak Lorok CCS	Indonesia	Under Evaluation	Power Generation and Heat	Under Evaluation	Under Evaluation
Yara Pilbara Ammonia	Australia	Under Evaluation	Hydrogen / Ammonia / Fertiliser	Under Evaluation	N/A

6.0

REFERENCES

2.0 Global Collaboration for CCS

Asia CCUS Network (2024) Asia CCUS Network. Available at: https://www.asiaccusnetwork-eria.org/our-network-members (Accessed: 20 June 2024).

Carbon Management Challenge (2024) Carbon Management Challenge. Available at: https://www.carbonmanagementchallenge.org/cmc/ (Accessed: 7 June 2024).

Clean Energy Ministerial (2024) Clean Energy Ministerial - Carbon Capture Utilization and Storage. Available at: https://www.cleanenergyministerial.org/initiatives-campaigns/carbon-capture-utilization-and-storage/ (Accessed: 7 June 2024).

Department of Energy (2023) Biden-Harris Administration Announces Up To $1.2 Billion For Nation's First Direct Air Capture Demonstrations in Texas and Louisiana. Available at: https://www.energy.gov/articles/biden-harris-administration-announces-12-billion-nations-first-direct-air-capture (Accessed: 20 June 2024).

Ellina Levina, Bruno Gerrits and Mathilde Blanchard (2023) CCS in Europe: Regional Overview.

European Commission (2024) Communication from the commission to the European parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions: Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU. Strasbourg.

Government of the Netherlands (2024) Five northern European countries conclude international arrangements on transport and storage of carbon across borders. Available at: https://www.government.nl/latest/news/2024/04/15/five-northern-european-countries-conclude-international-arrange-ments-on-transport-and-storage-of-carbon-across-borders (Accessed: 7 June 2024).

IEAGHG (2024) IEAGHG. Available at: https://ieaghg.org/ (Accessed: 20 June 2024).

Mission Innovation (2024) Mission Innovation. Available at: https://explore.mission-innovation.net/ (Accessed: 7 June 2024).

Sarah Glubb and Nirmal Narayanan (2022) Saudi Aramco partners with energy ministry to establish carbon capture and storage hub, Arab News.

Shepherd CCS (2024) Shepherd CCS. Available at: https://shepherdccs.com/ (Accessed: 19 June 2024).

Singapore Ministry of Trade & Industry (2024) Singapore and Indonesia sign Letter of Intent to collaborate on carbon capture and storage (CCS). Available at: https://www.mti.gov.sg/Newsroom/Press-Releases/2024/02/Singapore-and-Indonesia-sign-Letter-of-Intent-to-collaborate-on-carbon-capture-and-storage (Accessed: 7 June 2024).

UNFCCC (2024) The Paris Agreement, What is the Paris Agreement. Available at: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement (Accessed: 7 June 2024).

US Department of State (2023) Sunnylands Statement on Enhancing Cooperation to Address the Climate Crisis.

3.1 Global Facilities and Trends

ADNOC (no date a) ADNOC Gas Awards $615m Contract for One of MENA's Largest Integrated Carbon Capture Projects, https://adnocgas.ae/en/news-and-media/press-releases/2023/adnoc-gas-awards-contract-for-one-of-menas-largest-integrated-cc-projects.

ADNOC (no date b) "ADNOC Takes FID on World's First Project That Aims to Operate with Net Zero Emissions," https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2023/adnoc-takes-fid-on-worlds-first-project-that-aims-to-operate-with-net-zero-emissions.

ADNOC (no date c) Hail & Ghasha Project, https://www.adnoc.ae/en/our-projects/hail-ghasha.

Belgian Official Gazette (2024a) Decree on the transport of carbon dioxide by pipeline (Flemish Region). Available at: www.moniteur.be.

Belgian Official Gazette (2024b) Decree on the transport of carbon dioxide by pipeline (Walloon Region). Available at: https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2024/07/12_1.pdf#page=603 (Accessed: July 15, 2024).

Carbon Herald (2023) Shell & Hanwha Join The Shepherd CCS Project In Korea, Carbon Herald. Available at: https://carbonherald.com/shell-hanwha-join-the-shepherd-ccs-project-in-korea/ (Accessed: July 10, 2024).

Climeworks (no date) Climeworks and Great Carbon Valley chart path to large-scale direct air capture and storage deployment in Kenya, https://climeworks.com/press-release/climeworks-and-great-carbon-valley-chart-path-to-large-scale-dac.

Council of the EU (2024) Industrial policy: Council gives final approval to the net-zero industry act, Council of the EU. Available at: Industrial policy: Council gives final approval to the net-zero industry act (europa.eu) (Accessed: June 27, 2024).

Euractive (2024) France strikes CO2 storage deal with Denmark, Euractive. Available at: France strikes CO2 storage deal with Denmark – Euractiv (Accessed: June 27, 2024).

European Commission (2023) Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), European Commission. Available at: Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM) | Access2Markets (europa.eu) (Accessed: June 27, 2024).

European Commission (2024) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions "Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU."

Fennell, P. et al. (2022) "Going net zero for cement and steel," Nature, 603, pp. 574–577.

French Government (2023) Stratégie CCUS: Capture, stockage, et utilisation du carbone. Available at: https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/files_cni/files/actualite/20230623_consultation_ccus.pdf (Accessed: July 15, 2024).

Global CCS Institute (2024a) EU Industrial Carbon Management Strategy: GCCSI Perspective, Global CCS Institute. Available at: EU Industrial Carbon Management Strategy: GCCSI Perspective - Global CCS Institute (Accessed: June 27, 2024).

Global CCS Institute (2024b) Five Northern European Countries strengthen cooperation on cross-border CO2 transport and storage, Global CCS Institute. Available at: Five Northern European Countries Strengthen Cooperation on Cross-border CO2 Transport and Storage - Global CCS Institute (Accessed: June 27, 2024).

Government of Canada (2023a) Deputy Prime Minister welcomes the Canada Growth Fund's first carbon contract for difference. Available at: https://www.canada.ca/en/department-finance/news/2023/12/deputy-prime-minister-welcomes-the-canada-growth-funds-first-carbon-contract-for-difference.html (Accessed: June 17, 2024).

Government of Canada (2023b) The federal carbon polluting pricing benchmark. Available at: https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/pricing-pollution-how-it-will-work/carbon-pollution-pricing-federal-benchmark-information.html (Accessed: August 15, 2024).

Government of Canada (2024a) Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Investment Tax Credit (ITC). Available at: https://www.canada.ca/en/revenue-agency/services/tax/businesses/topics/corporations/business-tax-credits/clean-economy-itc/carbon-capture-itc.html (Accessed: June 24, 2024).

Government of Canada (2024b) Deputy Prime Minister welcomes the Canada Growth Fund's fourth investment.

Government of Canada (2024c) Update to the Pan-Canadian Approach to Carbon Pollution Pricing 2023-2030. Available at: https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/pricing-pollution-how-it-will-work/carbon-pollution-pricing-federal-benchmark-information/federal-benchmark-2023-2030.html (Accessed: June 17, 2024).

Government of the UK - Department for Energy Security and Net Zero (2024) Carbon Capture, Usage and Storage Industrial Carbon Capture business models Update for Track-1 Expansion and Track-2 . Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/661530cdc4c84d6602346a13/ccus-iccc-business-models-update-april-2024.pdf (Accessed: July 12, 2024).

Indonesian Ministry of Energy and Mineral Resources (2024) Ministry of Energy and Mineral Resources. Available at: https://www.esdm.go.id/en/ (Accessed: July 12, 2024).

Japan's Ministry of Economy, T. and I. (2024) Energy and Environment Policy. Available at: https://www.meti.go.jp/english/press/category_05.html (Accessed: July 12, 2024).

JOGMEC (2024) Pioneering efforts toward CCS commercialization - Nine projects selected as candidates for design work, etc., with a view to commencing CO2 storage by FY2030. Available at: https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_10_00191.html (Accessed: July 10, 2024).

Kementerian ESDM (2023) Aturan CCS/CCUS Diteken, Upaya Indonesia Capai Rendah Emisi dan Tingkatkan Produksi Migas. Available at: https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/aturan-ccs-ccus-diteken-upaya-indonesia-capai-rendah-emisi-dan-tingkatkan-produksi-migas (Accessed: July 11, 2024).

L'Echo (2024) "Northern Lights, la vitrine à 1,4 milliard de la Norvège pour convaincre l'Europe de lui envoyer son CO2," 22 June. Available at: https://www.lecho.be/entreprises/energie/northern-lights-la-vitrine-a-1-4-milliard-de-la-norvege-pour-convaincre-l-europe-de-lui-envoyer-son-co2/10552452.html (Accessed: July 15, 2024).

Malaysian Investment and Development Authority (2023) LAUNCH OF THE NEW INDUSTRIAL MASTER PLAN 2030 (NIMP 2030). Available at: https://www.mida.gov.my/launch-of-the-new-industrial-master-plan-2030-nimp-2030/ (Accessed: June 27, 2024).

Maryam Ahmed Yousef Al Nofli (no date) Oman unveils ambitious carbon capture plans, https://www.omanobserver.om/article/1155117/business/oman-unveils-ambitious-carbon-capture-plans.

Ministry of Climate Change and Environment (no date) The United Arab Emirates' First Long-Term Strategy (LTS) Demonstrating Commitment to Net Zero by 2050 , https://unfccc.int/sites/default/files/resource/UAE_LTLEDS.pdf.

Ministry of Energy and Infrastructure (no date) National Hydrogen Strategy, https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/national-hydrogen-strategy.

Ministry of Trade and Investment Singapore (2024) Singapore and Indonesia sign Letter of Intent to collaborate on carbon capture and storage (CCS). Available at: https://www.mti.gov.sg/Newsroom/Press-Releases/2024/02/Singapore-and-Indonesia-sign-Letter-of-Intent-to-collaborate-on-carbon-capture-and-storage (Accessed: June 19, 2024).

Official Journal of the EU (2024) Regulation (EU) 2024/1735 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology manufacturing ecosystem and amending Regulation (EU) 2018/1724 (Text with EEA relevance). Available at: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1735/oj.

Porthos (2023) First CO2 storage project in the Netherlands is launched, Porthos. Available at: First CO2 storage project in the Netherlands is launched - Porthos (porthosco2.nl) (Accessed: June 27, 2024).

Porthos (2024) First drilling under seawall. Available at: https://www.porthosco2.nl/en/first-drilling-under-seawall/ (Accessed: June 28, 2024).

QatarEnergy (no date) Taking action on climate change , https://www.qatarenergy.qa/en/Sustainability/Pages/ClimateChangeAndEnvironmentalAction.aspx.

Saudi & Middle East Green Initiatives (no date) Saudi Arabia accelerates climate action, https://www.greeninitiatives.gov.sa/knowledge-hub/saudi-arabia-accelerates-climate-action-by-2030-278-mtpa-emissions-to-be-reduced-over-600-million-trees-planted-and-30-of-the-country-s-land-and-sea-protected/.

Saudi Aramco (no date a) Aramco sustainability report details next steps towards operational net-zero ambition, https://www.aramco.com/en/news-media/news/2022/aramco-sustainability-report-details-next-steps-towards-operational-net-zero-ambition.

Saudi Aramco (no date b) Carbon capture, utilization, and storage, https://www.aramco.com/en/what-we-do/energy-innovation/advancing-energy-solutions/carbon-capture-utilization-and-storage.

Saudi Aramco (no date c) Saudi Aramco Sustainability Report: Investing in growth Innovating for sustainability, https://www.aramco.com/-/media/publications/corporate-reports/sustainability-reports/report-2023/english/2023-saudi-aramco-sustainability-report-full-en.pdf.

Singapore Ministry of Sustainability and the Environment (2024) Carbon Pricing Act. Available at: https://www.mse.gov.sg/policies/climate-change/cpa (Accessed: July 12, 2024).

Singapore Ministry of Trade and Industry (2024) Singapore and Indonesia sign Letter of Intent to collaborate on carbon capture and storage (CCS), Ministry of Trade and Industry Singapore. Available at: Singapore and Indonesia sign Letter of Intent to collaborate on carbon capture and storage (CCS) (mti.gov.sg) (Accessed: June 27, 2024).

UK Department for Energy Security & Net Zero (2023) Carbon Capture, Usage and Storage: a vision to establish a competitive market. Available at: https://www.gov.uk/government/publications/carbon-capture-usage-and-storage-a-vision-to-establish-a-competitive-market/carbon-capture-usage-and-storage-a-vision-to-establish-a-competitive-market#fn:1 (Accessed: July 15, 2024).

United States - Environment Protection Agency Press Office (2024) Biden-Harris Administration Finalizes Suite of Standards to Reduce Pollution from Fossil Fuel-Fired Power Plants, United States - Environment Protection Agency. Available at: https://www.epa.gov/newsreleases/biden-harris-administration-finalizes-suite-standards-reduce-pollution-fossil-fuel (Accessed: July 12, 2024).

Worley (no date) Supporting QatarEnergy LNG's decarbonization ambitions through carbon sequestration, https://www.worley.com/en/insights/our-news/conventional-energy/2023/supporting-qatarenergy-lng-carbon-sequestration.

Yara International (2023) Yara invests in CCS in Sluiskil and signs binding CO2 transport and storage agreement with Northern Lights – the world's first cross-border CCS-agreement in operation, Yara. Available at: Yara invests in CCS in Sluiskil and signs binding CO2 transport and storage agreement with Northern Lights – the world's first cross-border CCS-agreement in operation | Yara International (Accessed: June 27, 2024).

3.2 International policy, legal and regulation

KAPSARC (2024a) Paris Agreement Article 6 and Geological CO2 storage: The State of Affairs After COP28. Available at: https://www.kapsarc.org/research/publications/paris-agreement-article-6-and-geological-co2-storage-the-state-of-affairs-after-cop-28/ (Accessed: 20 August 2024).

KAPSARC (2024b) Paris Agreement Article 6 and Geological CO2 storage: The State of Affairs After COP28. Available at: https://www.kapsarc.org/research/publications/paris-agreement-article-6-and-geological-co2-storage-the-state-of-affairs-after-cop-28/ (Accessed: 20 August 2024).

UNCC (2024) Global Stocktake. Available at: https://unfccc.int/topics/global-stocktake (Accessed: 20 August 2024).

US DOE FECM (2024) USE IT Act Carbon Dioxide Capture, Utilization, and Sequestration(CCUS) Permitting Task Forces, Office of Fossil Energy and Carbon Management. Available at: https://www.energy.gov/fecm/use-it-act-carbon-dioxide-capture-utilization-and-sequestration-ccus-permitting-task-forces (Accessed: 20 August 2024).

3.3 CCS Business Models and Finance

ADNOC (2024) Gas Processing. Available at: https://adnocgas.ae/en/our-operations/gas-processing (Accessed: 6 June 2024).

Enters Letter of Intent with Vault to Advance Carbon Capture and Storage Initiative. Available at: https://ir.altoingredients.com/news-events/press-releases/detail/616/alto-ingredients-inc-enters-letter-of-intent-with (Accessed: 6 June 2024).

Caramichael, J. and Rapp, A.C. (2022) 'The Green Corporate Bond Issuance Premium', International Finance Discussion Paper, (1346), pp. 1–46. Available at: https://doi.org/10.17016/ifdp.2022.1346.

Congressional Research Service (2023) Multilateral Development Banks: Overview and Issues for Congress. Available at: https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R41170/26 (Accessed: 6 June 2024).

EIA (2024) Short-Term Energy Outlook: Electricity, Coal, and Renewables. Available at: https://www.eia.gov/outlooks/steo/report/elec_coal_renew.php (Accessed: 6 June 2024).

Energy Intelligence (2024) UK Carbon Capture Contracts Awarded at Teesside.

ESA (2020) The Full-Scale CCS Project. Available at: https://www.eftasurv.int/cms/sites/default/files/documents/gopro/COL%20-%20State%20aid%20-%20Norway%20-%20the%20Full-Scale%20CCS%20Project%20-%20Non-conf06.11.202013-50-01.pdf (Accessed: 6 June 2024).

EU Council (2024) Climate action: Council and Parliament agree to establish an EU carbon removals certification framework. Available at: https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/02/20/climate-action-council-and-parliament-agree-to-establish-an-eu-carbon-removals-certification-framework/ (Accessed: 6 June 2024).

Flammer, C. (2021) 'Corporate green bonds', Journal of Financial Economics, 142(2), pp. 499–516. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2021.01.010.

Google (2024) Our pledge to support carbon removal solutions. Available at: https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/pledge-to-support-carbon-removal-solutions/ (Accessed: 6 June 2024).

IEA (2020) Historical electricity demand growth by region, 2000-2020. Available at: https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/historical-electricity-demand-growth-by-region-2000-2020 (Accessed: 6 June 2024).

IEA (2023) CO_2 Emissions in 2022. Available at: https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022 (Accessed: 6 June 2024).

Kimball, S. (2024) Microsoft signs deal with Swedish partner to remove 3.3 million metric tons of carbon dioxide. Available at: https://www.cnbc.com/2024/05/06/microsoft-signs-deal-to-remove-3point3-million-metric-tons-of-carbon-dioxide.html (Accessed: 6 June 2024).

McKinsey & Company (2024) Global Energy Perspective 2023: Power outlook. Available at: https://www.mckinsey.com/industries/oil-and-gas/our-insights/global-energy-perspective-2023-power-outlook (Accessed: 6 June 2024).

NETL (2024) Carbon Capture Newsletter. Available at: https://netl.doe.gov/sites/default/files/publication/NETL-May-2024-Carbon-Capture-Newsletter.pdf (Accessed: 6 June 2024).

Quantum Commodity Intelligence (2024) FEATURE: Japan opens domestic emissions trading scheme to overseas CDRs from some project types. Available at: https://www.qcintel.com/carbon/article/feature-japan-opens-domestic-emissions-trading-scheme-to-overseas-cdrs-from-some-project-types-23901.html (Accessed: 6 June 2024).

Ranevska, S. (2024) Rising Costs Challenge Dutch CO_2 Capture Project Porthos. Available at: https://carbonherald.com/rising-costs-challenge-dutch-co2-capture-project-porthos/ (Accessed: 6 June 2024).

Saptakee, S. (2024) Ørsted Secures Major Carbon Removal Deal with Microsoft. Available at: https://carboncredits.com/orsted-secures-major-carbon-removal-deal-with-microsoft/ (Accessed: 6 June 2024).

US EPA (2024) BSER at a Glance. Available at: https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/cps-table-of-all-bser-final-rule-4-24-2024.pdf (Accessed: 6 June 2024).

Wehrmann, B. and Wettengel, J. (2024) Germany to open door for onshore CO_2 storage in federal states. Available at: https://www.cleanenergywire.org/news/germany-open-door-onshore-co2-storage-federal-states (Accessed: 6 June 2024).

White House (2024) FACT SHEET: Biden-Harris Administration Announces New Principles for High-Integrity Voluntary Carbon Markets. Available at: https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2024/05/28/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-new-principles-for-high-integrity-voluntary-carbon-markets/ (Accessed: 6 June 2024).

World Bank (2023) Climate Finance Update. Available at: https://www.worldbank.org/en/news/factsheet/2023/10/10/climate-finance-update (Accessed: 6 June 2024).

4.1 Americas

1PointFive (2024) 1PointFive Announces Agreement to Sell 500,000 Metric Tons of Direct Air Capture Carbon Removal Credits to Microsoft. Available at: https://www.1pointfive.com/news/1pointfive-and-microsoft-announce-agreement-for-direct-air-capture-cdr-credits (Accessed: 11 July 2024).

Advantage Energy (2024) Entropy Inc. Announces Glacier Phase 2 Final Investment Details, First Clean Power Investment, and Corporate Update. Available at: https://www.newswire.ca/news-releases/entropy-inc-announces-glacier-phase-2-final-investment-details-first-clean-power-investment-and-corporate-update-845568667.html (Accessed: 12 July 2024).

AER (2024) Alberta Energy Outlook: ST98 Executive Summary. Available at: https://static.aer.ca/prd/documents/sts/ST98/2024/st98-2024-executive-summary.pdf (Accessed: 28 June 2024).

ArcelorMittal (2024) Petrobras and ArcelorMittal sign agreement for low carbon business studies and assessments. Available at: https://corporate.arcelormittal.com/media/news-articles/petrobras-and-arcelormittal-sign-agreement-for-low-carbon-business-studies-and-assessments (Accessed: 27 June 2024).

Bakx, K. (2024) Fate of giant carbon capture project still uncertain, but Pathways Alliance hopeful for deal with feds. Available at: https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/bakx-pathways-oilsands-wilkinson-ccfd-itc-1.7163777 (Accessed: 28 June 2024).

Bison Low Carbon Ventures (2024) Bison Announces Mizuho Bank Investment in Alberta CCS Projects. Available at: https://www.prnewswire.com/news-releases/bison-announces-mizuho-bank-investment-in-alberta-ccs-projects-302113656.html (Accessed: 26 June 2024).

Businesswire (2024) Red Trail Energy Is First Ethanol Plant to Enter Voluntary Carbon Markets. Available at: https://www.businesswire.com/news/home/20240306717962/en/Red-Trail-Energy-Is-First-Ethanol-Plant-to-Enter-Voluntary-Carbon-Markets (Accessed: 24 June 2024).

California Resources Corporation (2024) Q1 2024 RESULTS. Available at: https://www.crc.com/investor-relations/default.aspx (Accessed: 26 June 2024).

Chyzh, A. (2024) CCUS in Brazil: Current policies and potential measures to encourage investment, Illuminem. Available at: https://illuminem.com/illuminemvoices/ccus-in-brazil-current-policies-and-potential-measures-to-encourage-investment (Accessed: 10 July 2024).

Commonwealth LNG (2023) Commonwealth LNG Signs Carbon Capture and Storage MOU With OnStream CO2. Available at: https://www.prnewswire.com/news-releases/commonwealth-lng-signs-carbon-capture-and-storage-mou-with-onstream-co2-301998256.html (Accessed: 8 July 2024).

EnLink (2023) BKV and EnLink Midstream Commence First Carbon Capture and Sequestration Project in the Barnett Shale. Available at: https://investors.enlink.com/news-events/press-releases/detail/288/bkv-and-enlink-midstream-commence-first-carbon-capture-and (Accessed: 26 June 2024).

ExxonMobil (2023) ExxonMobil completes acquisition of Denbury. Available at: https://corporate.exxonmobil.com/news/news-releases/2023/1102_exxonmobil-completes-acquisition-of-denbury (Accessed: 27 June 2024).

Franco, M. (2024) Claudia Sheinbaum to become Mexico's first woman president. Available at: https://www.axios.com/2024/06/03/claudia-sheinbaum-mexico-president (Accessed: 25 June 2024).

Frontier Carbon Solutions (2023) Frontier Carbon Solutions Secures First Class VI UIC Permits in Wyoming; Establishes Company as Leading Carbon Storage Hub in the Mountain West. Available at: https://www.prnewswire.com/news-releases/frontier-carbon-solutions-secures-first-class-vi-uic-permits-in-wyoming-establishes-company-as-leading-carbon-storage-hub-in-the-mountain-west-302017415.html (Accessed: 27 June 2024).

FS (2024) 'FS confirms geological feasibility of BECCS project and will be able to produce the world's first carbon-negative ethanol'. Available at: https://www.prnewswire.com/news-releases/fs-confirms-geological-feasibility-of-beccs-project-and-will-be-able-to-produce-the-worlds-first-carbon-negative-ethanol-302158599.html (Accessed: 28 June 2024).

Global CCS Institute (2023) Global Status of CCS 2023. Available at: https://status23.globalccsinstitute.com/ (Accessed: 27 June 2024).

Google (2024) Our pledge to support carbon removal solutions. Available at: https://blog.google/outreach-initiatives/sustainability/pledge-to-support-carbon-removal-solutions/ (Accessed: 21 June 2024).

Government of Alberta (2023) Alberta Carbon Capture Incentive Program. Available at: https://www.alberta.ca/alberta-carbon-capture-incentive-program (Accessed: 24 June 2024).

Government of Alberta (2024) Carbon capture, utilization and storage – Carbon Sequestration Tenure. Available at: https://www.alberta.ca/carbon-capture-utilization-and-storage-carbon-sequestration-tenure (Accessed: 26 June 2024).

Government of Canada (2023) Deputy Prime Minister welcomes the Canada Growth Fund's first carbon contract for difference. Available at: https://www.canada.ca/en/department-finance/news/2023/12/deputy-prime-minister-welcomes-the-canada-growth-funds-first-carbon-contract-for-difference.html (Accessed: 17 June 2024).

Government of Canada (2024a) Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS) Investment Tax Credit (ITC). Available at: https://www.canada.ca/en/revenue-agency/services/tax/businesses/topics/corporations/business-tax-credits/clean-economy-itc/carbon-capture-itc.html (Accessed: 24 June 2024).

Government of Canada (2024b) Deputy Prime Minister welcomes the Canada Growth Fund's fourth investment.

Government of Canada (2024c) Update to the Pan-Canadian Approach to Carbon Pollution Pricing 2023-2030. Available at: https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/pricing-pollution-how-it-will-work/carbon-pollution-pricing-federal-benchmark-information/federal-benchmark-2023-2030.html (Accessed: 17 June 2024).

Harvestone (2023) Harvestone Celebrates Vision Carbon ZERO at Blue Flint Facility. Available at: https://harvestonelcp.com/story-harvestone-celebrates-vision-carbon-zero-blue-flint-facility-375-238130 (Accessed: 26 June 2024).

Heirloom (2023) Heirloom unveils America's first commercial Direct Air Capture facility. Available at: https://www.heirloomcarbon.com/news/heirloom-unveils-americas-first-commercial-direct-air-capture-facility (Accessed: 27 June 2024).

Heirloom (2024) 'Heirloom to build two Direct Air Capture (DAC) facilities in Northwest Louisiana'. Available at: https://www.heirloomcarbon.com/news/two-direct-air-capture-facilities-in-northwest-louisiana (Accessed: 27 June 2024).

JX Nippon (2023) Restart of the large-scale Petra Nova Carbon Capture Facility in the U.S. Available at: https://www.nex.jx-group.co.jp/english/newsrelease/upload_files/20230913EN.pdf (Accessed: 26 June 2024).

Oil and Gas Journal (2022) Alberta selects 19 more CCS proposals. Available at: https://www.ogj.com/energy-transition/article/14283991/alberta-selects-19-more-ccs-proposals (Accessed: 26 June 2024).

Oré, D. (2024) Mexico's Sheinbaum seen tapping political heavyweights for state energy jobs. Available at: https://www.reuters.com/world/americas/mexicos-sheinbaum-seen-tapping-political-heavyweights-state-energy-jobs-2024-06-12/ (Accessed: 25 June 2024).

Petrobras (2024) 'Email communication'.

Quiroz, Y. (2024) Mexico election 2024: What the manifestos say on energy and climate change. Available at: https://www.carbonbrief.org/mexico-election-2024-what-the-manifestos-say-on-energy-and-climate-change/ (Accessed: 25 June 2024).

Shell (2024) Shell to build carbon capture and storage projects in Canada. Available at: https://www.shell.com/news-and-insights/newsroom/news-and-media-releases/2024/shell-to-build-carbon-capture-and-storage-projects-in-canada.html (Accessed: 26 June 2024).

Snowdon, W. (2024) Plans for $2.4B carbon capture and storage project near Edmonton have been cancelled. Available at: https://www.cbc.ca/news/canada/edmonton/plans-for-2-4b-carbon-capture-and-storage-project-near-edmonton-have-been-cancelled-1.7191573 (Accessed: 6 June 2024).

State of Colorado (2023) Wyoming and Colorado Sign a Memorandum of Understanding Regarding Direct Air Capture.

State of Washington (2024) California, Québec and Washington agree to explore linkage. Available at: https://ecology.wa.gov/about-us/who-we-are/news/2024-news-stories/mar-20-shared-carbon-market (Accessed: 11 July 2024).

Stephenson, A. (2024) Pathways Alliance to file for regulator approval on carbon capture project. Available at: https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/pathways-alliance-carbon-capture-pipeline-project-1.7151291 (Accessed: 28 June 2024).

Strathcona (2024) Strathcona Resources Announces up to $2 Billion Carbon Capture Partnership with Canada Growth Fund. Available at: https://www.prnewswire.com/news-releases/strathcona-resources-announces-up-to-2-billion-carbon-capture-partnership-with-canada-growth-fund-302194131.html (Accessed: 16 July 2024).

TotalEnergies (2024) United States: TotalEnergies acquires Talos Low Carbon Solutions, a pioneer in the growing American Carbon Storage industry. Available at: https://totalenergies.com/media/news/press-releases/united-states-totalenergies-acquires-talos-low-carbon-solutions-pioneer (Accessed: 27 June 2024).

US Department of State (2023) Sunnylands Statement on Enhancing Cooperation to Address the Climate Crisis. Available at: https://www.state.gov/sunnylands-statement-on-enhancing-cooperation-to-address-the-climate-crisis/ (Accessed: 8 July 2024).

US DOE (2024) DOE is Helping YOU Buy Good Carbon Dioxide Removal Credits. Available at: https://www.energy.gov/fecm/articles/doe-helping-you-buy-good-carbon-dioxide-removal-credits (Accessed: 21 June 2024).

US EPA (2024a) 40 CFR 60, Federal Register. Available at: https://www.federalregister.gov/documents/2024/05/09/2024-09233/new-source-performance-standards-for-greenhouse-gas-emissions-from-new-modified-and-reconstructed (Accessed: 21 June 2024).

US EPA (2024b) EPA Approves Permits to Begin Construction of Wabash Carbon Services Underground Injection Wells in Indiana's Vermillion and Vigo Counties. Available at: https://www.epa.gov/newsreleases/epa-approves-permits-begin-construction-wabash-carbon-services-underground-injection (Accessed: 26 June 2024).

Williams, N. (2022) Alberta picks six proposals to develop Canada's first carbon storage hubs. Available at: https://www.reuters.com/business/environment/enbridge-shell-among-projects-picked-explore-developing-canadas-first-carbon-2022-03-31/ (Accessed: 26 June 2024).

Wolf Midstream (2023) Wolf Midstream to Extend Alberta Carbon Trunk Line into the Edmonton Region, Enabling Large-Scale Emissions Reduction. Available at: https://wolfmidstream.com/wolf-midstream-to-extend-alberta-carbon-trunk-line-into-the-edmonton-region-enabling-large-scale-emissions-reduction/#:~:text=CALGARY%2C%20ALBERTA%2C%20September%205%2C,the%20Edmonton%20Region%20to%20support (Accessed: 28 June 2024).

Wyoming DEQ (2024) Public Notice: Notice of Proposed Underground Injection Control Permit Geologic Sequestration Site. Available at: https://content.govdelivery.com/accounts/WYDEQ/bulletins/39f7e70 (Accessed: 26 June 2024). d

4.2 APAC and India

Arnab Dutta (2024) A movement towards zero-carbon scenario in India via CCUS track. Available at: https://asiacleanenergyforum.adb.org/wp-content/uploads/2024/06/Arnab-Dutta.pdf (Accessed: 10 July 2024).

Australian Department of Climate Change Energy the Environment and Water (2024) Interim National Action List for offshore carbon dioxide sequestration. Available at: https://www.dcceew.gov.au/environment/marine/publications/interim-national-action-list-offshore-carbon-dioxide-sequestration#:~:text=A%20National%20Action%20List%3A,marine%20environment%20and%20human%20health. (Accessed: 19 June 2024).

Australian Department of Industry Science and Resources (2023) Future Gas Strategy, SP Global. Available at: https://www.industry.gov.au/publications/future-gas-strategy (Accessed: 19 June 2024).

Australian Department of Industry Science and Resources (2024) Investments to map Australian resources that will power our future prosperity. Available at: https://www.industry.gov.au/news/investments-map-australian-resources-will-power-our-future-prosperity (Accessed: 19 June 2024).

bp (2023) bp signs MoU to evaluate CO_2 storage in Tangguh. Available at: https://www.bp.com/en_id/indonesia/home/news/press-releases/bp-signs-mou-to-evaluate-co2-storage-in-tangguh.html (Accessed: 19 June 2024).

BPK RI (2024) Penyelenggaraan Kegiatan Penangkapan dan Penyimpanan Karbon. Available at: https://peraturan.bpk.go.id/Details/276843/perpres-no-14-tahun-2024 (Accessed: 11 July 2024).

Carbon Herald (2023) Shell & Hanwha Join The Shepherd CCS Project In Korea, Carbon Herald. Available at: https://carbonherald.com/shell-hanwha-join-the-shepherd-ccs-project-in-korea/ (Accessed: 10 July 2024).

Chevron (2024) reducing greenhouse gas emissions for a lower carbon future. Available at: https://australia.chevron.com/what-we-do/gorgon-project/carbon-capture-and-storage (Accessed: 10 July 2024).

Climate Bonds Initiative (2024) Japan will issue $11bn Climate Transition Bond, Certified under the Climate Bonds Standard. Available at: https://www.climatebonds.net/resources/press-releases/2024/02/japan-will-issue-11bn-climate-transition-bond-certified-under (Accessed: 19 June 2024).

Climate Change Authority (2024) Targets and Progress Review Issues Paper. Available at: https://www.climatechangeauthority.gov.au/targets-and-progress-review-issues-paper (Accessed: 19 June 2024).

Department of Science and Technology (2023) Year End Review 2023 of the Department of Science and Technology. Available at: https://pib.gov.in/Pressreleaseshare.aspx?PRID=1991614 (Accessed: 10 July 2024).

Department of Science and Technology (2024) India to have two National Centres of Excellence in Carbon Capture & Utilization at IIT Bombay & at JNCASR, Bengaluru, supported by DST. Available at: https://dst.gov.in/india-have-two-national-centres-excellence-carbon-capture-utilization-iit-bombay-jncasr-bengaluru (Accessed: 10 July 2024).

EDB Singapore (2024) ExxonMobil and Shell selected to work with the Government of Singapore on a carbon capture and storage value chain. Available at: https://www.edb.gov.sg/en/about-edb/media-releases-publications/exxonmobil-and-shell-selected-to-work-with-singapore-on-a-carbon-capture-and-storage-value-chain.html (Accessed: 19 June 2024).

Fukushima, M. and K.H. (2024) Japan's CCS Bill in Brief, Nishimura & Asahi Newsletter. Available at: https://www.nishimura.com/sites/default/files/newsletters/file/natural_resources_energy_240306_en.pdf (Accessed: 19 June 2024).

Global Cement and Concrete Association (2024) Accelerating CCUS Deployment in the Global Cement Sector - India Focus. Available at: https://gccassociation.org/wp-content/uploads/2024/06/GMT20240625-105853_Recording_1920x1080-1.mp4 (Accessed: 10 July 2024).

Hexagon Energy (2024) WAH2 – Low Emissions Ammonia. Available at: https://hxgenergymaterials.com.au/projects/blue-hydrogen-wah2/ (Accessed: 27 June 2024).

Inoue (2023) Thailand's SCG to test carbon capture tech for cement industry, Nikkei Asia. Available at: https://asia.nikkei.com/Spotlight/Environment/Climate-Change/Thailand-s-SCG-to-test-carbon-capture-tech-for-cement-industry (Accessed: 10 July 2024).

JOGMEC (2024) Pioneering efforts toward CCS commercialization - Nine projects selected as candidates for design work, etc., with a view to commencing CO_2 storage by FY2030. Available at: https://www.jogmec.go.jp/news/release/news_10_00191.html (Accessed: 10 July 2024).

Kementerian ESDM (2023) Aturan CCS/CCUS Diteken, Upaya Indonesia Capai Rendah Emisi dan Tingkatkan Produksi Migas. Available at: https://www.esdm.go.id/en/media-center/news-archives/aturan-ccs-ccus-diteken-upaya-indonesia-capai-rendah-emisi-dan-tingkatkan-produksi-migas (Accessed: 11 July 2024).

Malaysian Investment and Development Authority (2023) Launch of the New Industrial Master Plan 2030 (NIMP 2030). Available at: https://www.mida.gov.my/launch-of-the-new-industrial-master-plan-2030-nimp-2030/ (Accessed: 27 June 2024).

Miles, F.B.L. (2024) Miles More Protections for Great Artesian Basin. Available at: https://statements.qld.gov.au/statements/100453 (Accessed: 19 June 2024).

Ministry of Economy Malaysia (2023) National Energy Transition Roadmap. Available at: https://www.ekonomi.gov.my/sites/default/files/2023-09/National%20Energy%20Transition%20Roadmap_0.pdf (Accessed: 27 June 2024).

Ministry of Petroleum & Natural Gas (2023) CO_2 Capture HUBS. Available at: https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1945425 (Accessed: 10 July 2024).

Ministry of Trade and Investment Singapore (2024) Singapore and Indonesia sign Letter of Intent to collaborate on carbon capture and storage (CCS). Available at: https://www.mti.gov.sg/Newsroom/Press-Releases/2024/02/Singapore-and-Indonesia-sign-Letter-of-Intent-to-collaborate-on-carbon-capture-and-storage (Accessed: 19 June 2024).

Mitsui E&P Australia (2024) Cygnus Hub (CCS development). Available at: https://www.mepau.com.au/project/cygnus-hub/ (Accessed: 27 June 2024).

MOTIE (2024) 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률안」 국회 통과. Available at: https://www.motie.go.kr/kor/article/ATCL3f49a5a8c/168448/view (Accessed: 11 July 2024).

Parliament of Australia (2023) Environment Protection (Sea Dumping) Amendment (Using New Technologies to Fight Climate Change) Bill 2023. Parliament of Australia. Available at: https://www.aph.gov.au/Parliamentary_Business/Bills_Legislation/Bills_Search_Results/Result?bId=r7052 (Accessed: 19 June 2024).

Peerapan Tungsuwan et al. (2024) Thailand: Draft amendment to the Petroleum Act to regulate carbon storage business, Global Compliance News. Available at: https://www.globalcompliancenews.com/2024/01/15/https-insightplus-bakermckenzie-com-bm-energy-mining-infrastructure_1-thailand-draft-amendment-to-the-petroleum-act-to-regulate-carbon-storage-business_29122023/ (Accessed: 19 June 2024).

Pertamina (2023) Pertamina-ExxonMobil Explores Carbon Capture Storage Hub Development. Available at: https://www.pertamina.com/en/news-room/news-release/pertamina-exxonmobil-explores-carbon-capture-storage-hub-development (Accessed: 19 June 2024).

PETRONAS (2024) PETRONAS and JERA to Explore Feasibility of the Entire CCS Value Chain Between Japan and Malaysia. Available at: https://www.petronas.com/media/media-releases/petronas-and-jera-explore-feasibility-entire-ccs-value-chain-between-japan-and (Accessed: 19 June 2024).

PETROS (2024) PETROS, PETRONAS, and Japanese consortium parties sign landmark storage site agreement. Available at: https://www.petroleumsarawak.com/news-media/media-centre/press-releases/2024/29-feb-2024-petros-petronas-and-japanese-consortium-parties-sign-landmark-storage-site-agreement (Accessed: 19 June 2024).

Pilot Energy (2024) MWCEP receives Declaration of Greenhouse Gas Storage Formation for Cliff Head CO_2 Storage Project. Available at: https://www.pilotenergy.com.au/sites/default/files/asx-announcements/61211519.pdf (Accessed: 27 June 2024).

Pupuk Indonesia (2023) Pupuk Indonesia is Optimistic that AIPF 2023 will Increase the Strategic Role of National Development. Available at: https://www.pupuk-indonesia.com/media-info/311/detail (Accessed: 27 June 2024).

Queensland Parliament (2024) Mineral and Energy Resources and Other Legislation Amendment Bill 2024. Available at: https://documents.parliament.qld.gov.au/bills/2024/3200/Mineral-and-Energy-Resources-and-Other-Legislation-Amendment-Bill-2024---Govt-ACID-5848.pdf (Accessed: 10 July 2024).

Santos (2024) Santos secures Moomba carbon capture and storage finance to drive decarbonisation. Available at: Santos secures Moomba carbon capture and storage finance to drive decarbonisation (Accessed: 10 July 2024).

Woodside (2024) Angel CCS joint venture and Yara collaborate on carbon capture and storage. Available at: https://www.woodside.com/docs/default-source/media-releases/angel-ccs-jv-and-yara-collaborate-on-carbon-capture-and-storage.pdf?sfvrsn=6465c43b_17 (Accessed: 27 June 2024).

4.3 China

Carrasco-Maldonado, F. et al. (2016) Oxy-fuel combustion technology for cement production – State of the art research and technology development, International Journal of Greenhouse Gas Control, 45, pp. 189–199. Available at: https://doi.org/ https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.12.014.

Yang, X. (2024) A Gap Analysis of China's Regulatory Framework for CO_2 Geological Storage. Global CCS Institute. Melbourne, Australia.

4.4 Europe & UK

Austrian Federal Ministry for Climate Action, E.E.M.I. and T. (2024) Federal government adopts carbon management strategy as a contribution to achieving climate neutrality. Available at: https://www.bmk.gv.at/service/presse/gewessler/2024/0627_carbonmanagement.html (Accessed: 18 July 2024).

Belgian Official Gazette (2024a) Decree on the transport of carbon dioxide by pipeline (Flemish Region). Available at: www.moniteur.be.

Belgian Official Gazette (2024b) Decree on the transport of carbon dioxide by pipeline (Walloon Region). Available at: https://www.ejustice.just.fgov.be/mopdf/2024/07/12_1.pdf#page=603 (Accessed: 15 July 2024).

Cimeworks (2024) Climeworks switches on world's largest direct air capture plant. Available at: https://climeworks.com/press-release/climeworks-switches-on-worlds-largest-direct-air-capture-plant-mammoth (Accessed: 18 July 2024).

Danish Energy Agency (2024) First licenses in Danish history to explore onshore CO2 storage potentials awarded. Available at: https://ens.dk/en/press/first-licenses-danish-history-explore-onshore-co2-storage-potentials-awarded (Accessed: 25 June 2024).

Ember (2024) The price of emissions allowances in the EU. Available at: https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/ (Accessed: 27 June 2024).

energypress (2023) Prinos CCS state aid talks with European Commission begin. Available at: https://energypress.eu/prinos-ccs-state-aid-talks-with-brussels-underway/ (Accessed: 28 June 2024).

European Commission (2024a) Commission approves €3 billion Swedish State aid scheme to support the roll-out of biogenic carbon dioxide capture and storage. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_3583 (Accessed: 18 July 2024).

European Commission (2024b) Commission opens €4 billion call for proposals for net-zero technologies under the Innovation Fund. Available at: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_23_5948 (Accessed: 18 July 2024).

European Commission (2024c) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Securing our future: Europe's 2040 climate target and path to climate neutrality by 2050 building a sustainable, just and prosperous society'. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52024DC0063 (Accessed: 21 March 2024).

European Commission (2024d) Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Towards an ambitious Industrial Carbon Management for the EU'.

French Government (2023) Stratégie CCUS: Capture, stockage, et utilisation du carbone. Available at: https://www.conseil-national-industrie.gouv.fr/files_cni/files/actualite/20230623_consultation_ccus.pdf (Accessed: 15 July 2024).

French Ministry of Economy, F. and I. and D.S. (2024a) État des lieux et perspectives de déploiement du CCUS en France. Available at: https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/industrie/etat-des-lieux-et-perspectives-de-deploiement-du-ccus-en-france.pdf (Accessed: 18 July 2024).

French Ministry of Economy, F. and I. and D.S. (2024b) Roland Lescure lance un appel à manifestation d'intérêt pour développer les capacités de capture et stockage de carbone de la France. Available at: https://www.economie.gouv.fr/actualites/appel-manifestation-dinteret-developper-capacites-stockage-carbone#:~:text=Roland%20Lescure%2C%20ministre%20d%C3%A9l%C3%A9gu%C3%A9%20charg%C3%A9,jusqu'au%2026%20juillet%202024. (Accessed: 25 June 2024).

French Ministry of Economy, F. and I. and D.S. (2024c) Simplification des procédures minières pour accélérer la transition énergétique et renforcer la sécurité d'approvisionnement française. Available at: https://presse.economie.gouv.fr/simplification-des-procedures-minieres-pour-accelerer-la-transition-energetique-et-renforcer-la-securite-dapprovisionnement-francaise/ (Accessed: 25 June 2024).

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (2024) Legge 2 febbraio 2024, n. 11. Available at: https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2024/02/07/24G00022/sg (Accessed: 25 June 2024).

German Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (2024) Cabinet clears path for CCS in Germany. Available at: https://www.bmwk.de/Redaktion/EN/Pressemitteilungen/2024/05/20240529-cabinet-clears-path-for-ccs-in-germany.html (Accessed: 19 July 2024).

Government of the Netherlands (2024) Five northern European countries conclude international arrangements on transport and storage of carbon across borders. Available at: https://www.government.nl/latest/news/2024/04/15/five-northern-european-countries-conclude-international-arrange-ments-on-transport-and-storage-of-carbon-across-borders (Accessed: 18 July 2024).

Holcim (2024) Holcim to spend two billion zlotys to capture 1 million tons of CO2 in Kujawy each year. Available at: https://www.go4ecoplanet.com/en/blog-en/holcim-to-spend-two-billion-zlotys-to-capture-1-million-tons-of-co2-in-kujawy-each-year (Accessed: 28 June 2024).

Icelandic Supreme National Parliament (2024) Sanitation and Pollution Prevention Act. Available at: https://www.althingi.is/lagas/nuna/1998007.html (Accessed: 25 June 2024).

Italian Ministry of Environment and Energy Security (2024) Energy transition, CCS Committee established. Gava: "A step forward, the only available solution to decarbonize hard to abate". Available at: https://www.mase.gov.it/notizie/transizione-energetica-istituito-il-comitato-ccs-gava-passo-avanti-unica-soluzione (Accessed: 18 July 2024).

Norne CCS (2024) About Project Norne. Available at: https://norneccs.com/en/about/ (Accessed: 18 July 2024).

Norwegian Government (2024) Norway leads the way in offering commercial CO2 storage. Available at: https://www.regjeringen.no/en/aktuelt/norway-leads-the-way-in-offering-commercial-co2-storage/id3037033/#:~:text=Based%20on%20this%20process%2C%20the,the%20second%20half%20of%202024. (Accessed: 28 June 2024).

Official Journal of the EU (2024a) Directive (EU) 2024/1788 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on common rules for the internal markets for renewable gas, natural gas and hydrogen, amending Directive (EU) 2023/1791 and repealing Directive 2009/73/EC (recast) (Text with EEA relevance). Available at: http://data.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj.

Official Journal of the EU (2024b) REGULATION (EU) 2024/1735 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 13 June 2024 on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology manufacturing ecosystem and amending Regulation (EU) 2018/1724 (Text with EEA relevance). Available at: http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1735/oj.

Petrofac (2024) Petrofac delivering FEED for Aramis, the Netherlands' flagship CCS project. Available at: https://www.petrofac.com/media/news/petrofac-delivering-feed-for-aramis-the-netherlands-flagship-ccs-project/ (Accessed: 28 June 2024).

Porthos (2024) First drilling under seawall. Available at: https://www.porthosco2.nl/en/first-drilling-under-seawall/ (Accessed: 28 June 2024).

SNAM (2024) Snam launches its first survey on the potential market for hydrogen and CCS. Available at: https://www.snam.it/en/our-businesses/hydrogen/survey-on-potential-market-for-hydrogen-and-CCS.html (Accessed: 28 June 2024).

S&P Global (2024) European CCS industry continues to face delays as challenges stack up. Available at: https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/market-insights/latest-news/energy-transition/062624-european-ccs-industry-continues-to-face-delays-as-challenges-stack-up (Accessed: 28 June 2024).

Swiss Confederation (2023) Federal Council lays groundwork for export of CO2 for sub-seabed storage. Available at: https://www.eda.admin.ch/countries/lebanon/en/home/news/news.html/content/eda/en/meta/news/2023/11/22/98800 (Accessed: 18 July 2024).

Swiss Confederation (2024) Le Conseil fédéral met en consultation l'ordonnance sur la protection du climat. Available at: https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiques.msg-id-99780.html (Accessed: 18 July 2024).

UK Department for Energy Security and Net Zero (2023a) Carbon capture and storage (CCS) Network Code: updated Heads of Terms.

UK Department for Energy Security and Net Zero (2023b) New vision to create competitive carbon capture market follows unprecedented £20 billion investment.

UK Department for Energy Security and Net Zero (2024a) Green Industries Growth Accelerator: hydrogen and CCUS supply chains.

UK Department for Energy Security and Net Zero (2024b) Integrating greenhouse gas removals in the UK Emissions Trading Scheme.

UK Government (2024) Hynet Carbon Dioxide Pipeline development consent decision announced. Available at: https://www.gov.uk/government/news/hynet-carbon-dioxide-pipeline-development-consent-decision-announced (Accessed: 28 June 2024).

Yara (2023) Yara invests in CCS in Sluiskil and signs binding CO2 transport and storage agreement with Northern Lights – the world's first cross-border CCS-agreement in operation. Available at: https://www.yara.com/corporate-releases/yara-invests-in-ccs-in-sluiskil-and-signs-binding-co2-transport-and-storage-agreement-with-northern-lights--the-worlds-first-cross-border-ccs-agreement-in-operation2/ (Accessed: 28 June 2024).

4.5 Middle East & Africa

44.01 (2023) 44.01 Oman. Available at: https://4401.earth/44-01-and-aircapture-announce-dac-mineralization-collaboration-in-oman/ (Accessed: 25 June 2024).

ADNOC (2023) ADNOC Habshan Project.

ADNOC (2024a) ADNOC and JBIC. Available at: https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2023/adnoc-and-jbic-sign-3-billion-green-financing-agreement (Accessed: 11 July 2024).

ADNOC (2024b) ADNOC Investment in Storegga. Available at: https://www.adnoc.ae/en/news-and-media/press-releases/2023/adnoc-makes-strategic-investment-in-storegga-broadening-its-carbon-management-portfolio (Accessed: 24 June 2024).

Aker (2023) Aramco Aker . Available at: https://akercarboncapture.com/?cision_id=0F48832CB9D3BCB8 (Accessed: 25 June 2024).

A&O Shearman (2023) 9 Key takeaways fro UAE's hydrogen strategy. Available at: https://www.aoshearman.com/en/insights/nine-key-takeaways-from-the-uaes-new-hydrogen-strategy (Accessed: 25 June 2024).

Arab News (2023) Saudi Rabigh Plant. Available at: https://www.arabnews.com/node/2429751/business-economy (Accessed: 25 June 2024).

Arab News 2024 (2024) KSA Power Plants. Available at: https://www.arabnews.com/node/2435581/business-economy (Accessed: 25 June 2024).

Aramco (2023) Aramco and ENOWA. Available at: https://www.aramco.com/en/news-media/news/2023/aramco-and-enowa-to-develop-first-of-its-kind-efuel-demonstration-plant (Accessed: 25 June 2024).

Aramco (2024) Saudi Aramco Spiritus. Available at: https://www.aramco.com/en/news-media/news/2024/aramco-signs-three-mous-during-visit-of-us-secretary-of-energy (Accessed: 29 June 2024).

Argus (2023) Oman NDCs. Available at: https://www.argusmedia.com/en/news-and-insights/latest-market-news/2514405-cop-oman-updates-ndc-with-more-ambitious-2030-goal (Accessed: 25 June 2024).

Benny, J. (2024) ADNOC Decarbonization Projects. Available at: https://www.thenationalnews.com/business/energy/2024/01/22/adnoc-board-boosts-budget-allocation-for-decarbonisation-projects-to-23bn/ (Accessed: 24 June 2024).

Benoit-Ivan, W. (2024) Morocco and Norway Cooperate on Article 6. Available at: https://www.afrik21.africa/en/morocco-and-norway-cooperate-on-article-6-of-the-paris-climate-agreement/#:~:text=The%20main%20aim%20is%20to,now%20be%20doing%20just%20that. (Accessed: 24 June 2024).

Carbon Herald (2024) Octavia Carbon. Available at: https://carbonherald.com/octavia-carbon-is-harnessing-kenyas-potential-for-direct-air-capture/ (Accessed: 29 June 2024).

CarbonClean (2023) ADNOC CarbonClean. Available at: https://www.carbonclean.com/en/press-releases/adnoc-pr#:~:text=carbon%20capture%20solutions.-,ADNOC%20has%20selected%20Carbon%20Clean%27s%20innovative%20modular%20CycloneCC%20technology%20for,Complex%20in%20Abu%20Dhabi%2C%20UAE. (Accessed: 25 June 2024).

Climeworks (2023) Climeworks Project Kenya. Available at: https://climeworks.com/press-release/climeworks-and-great-carbon-valley-chart-path-to-large-scale-dac (Accessed: 11 July 2024).

CNBC (2023) Aramco and Siemens Energy. Available at: https://www.cnbc.com/2023/10/09/aramco-siemens-energy-launch-direct-air-capture-project-.html (Accessed: 25 June 2024).

Council of Geoscience (2024) Council of Geoscience. Available at: https://www.geoscience.org.za/media/news/1800m-drilling-completed-signaling-a-promising-development-for-ccus-in-south-africa/ (Accessed: 25 June 2024).

Daily News (2024) Egypt FRA. Available at: https://www.dailynewsegypt.com/2024/02/15/fra-approves-three-organizations-for-carbon-emissions-reduction-project-verification-certification/ (Accessed: 25 June 2024).

GCC (2024) GCC Methodology 2024.

Global Carbon Council (2023) GCC and West African Alliance. Available at: https://www.globalcarboncouncil.com/west-african-alliance-join-forces-with-global-carbon-council-to-accelerate-climate-action/ (Accessed: 24 June 2024).

Global CCS Institute (2023) Global Status of CCS Report. Available at: https://status23.globalccsinstitute.com/ (Accessed: 16 May 2024).

GORD (2023) GCC and GEM. Available at: https://www.gord.qa/news/gcc-to-acquire-global-carbon-registry/ (Accessed: 24 June 2024).

Hydrogen Central (2024) ADNOC Posco. Available at: https://hydrogen-central.com/posco-teams-up-with-uae-adnoc-for-blue-hydrogen/ (Accessed: 25 June 2024).

KAPSARC (2024) 'KS 2023 WB02 Saudi China Collaboration Under the Circular Carbon Economy Priorities and Opportunities in CCUS (1)'.

MHI (2023) ADNOC MHI Agreement. Available at: https://www.mhi.com/news/23120805.html (Accessed: 24 June 2024).

Miriri, D. (2023) Saudi companies buy carbon credit in Kenya Auction. Available at: https://www.reuters.com/sustainability/saudi-firms-bid-2-mln-tonnes-carbon-credits-kenya-auction-2023-06-14/ (Accessed: 24 June 2024).

Muscat Daily (2023) PDO GCCSI. Available at: https://www.muscatdaily.com/2023/12/06/pdo-partners-with-global-ccs-institute-for-carbon-capture-and-storage-in-oman/ (Accessed: 25 June 2024).

Occidential (2023) Oxy OQGN MoU. Available at: https://carboncapturemagazine.com/articles/oxy-oman-and-oq-gas-networks-sign-mou-for-carbon-management (Accessed: 24 June 2024).

Offshore Energy (2023a) Bapco. Available at: https://www.offshore-energy.biz/mol-bapco-energies-eye-development-of-cross-border-co2-transport-and-sequestration/ (Accessed: 25 June 2024).

Offshore Energy (2023b) Sohar Oman. Available at: https://www.offshore-energy.biz/sohar-port-partners-form-net-zero-alliance-to-boost-omans-carbon-neutral-efforts/ (Accessed: 25 June 2024).

Offshore Magazine (2023) ADNOC and Santos partnership. Available at: https://www.offshore-mag.com/energy-transition/article/14301856/adnoc-santos-explore-carbon-management-partnership (Accessed: 24 June 2024).

Oman Ministry of Energy and Minerals (2023) Oman MEM Regulatory and strategic framework. Available at: https://mem.gov.om/en-us/Media-Center/Events/ArtMID/542/ArticleID/1365/Memorandum-of-Cooperation-on-Carbon-Capture-and-Blue-Hydrogen-to-Develop-Regulatory-and-Strategic-Frameworks (Accessed: 24 June 2024).

Petrofac (2023) ADNOC Petrofac. Available at: https://www.petrofac.com/media/news/adnoc-gas-awards-petrofac-contract-for-landmark-carbon-capture-utilisation-and-storage-project/#:~:text=The%20contract%20is%20valued%20at,(CO2)%20recovery%20and%20injection. (Accessed: 25 June 2024).

Raj, M. (2023) PDO EOR Pilot. Available at: https://www.omanobserver.om/article/1146239/business/energy/pdo-launches-co2-enhanced-oil-recovery-project-in-oman (Accessed: 25 June 2024).

Saudi Aramco (2023) Saudi Aramco Sustainability Report.

SLB (2024) SLB Egypt. Available at: https://www.slb.com/resource-library/case-study-with-navigation/sne/onshore-egypt-screening-and-ranking-cs (Accessed: 25 June 2024).

S&P Global (2023) ADNOC CCS Target. Available at: ADNOC, the UAE's national oil company, has doubled its carbon capture target ahead of the COP28 summit (Accessed: 25 June 2024).

Steel Mill of the world (2023) Jindal Shadeed Iron and Steel. Available at: https://www.steelmillsoftheworld.com/news/newsdisplay_moreover.asp?slno=66416 (Accessed: 25 June 2024).

Sumitomo (2023) SNOC Sumitomo. Available at: https://www.sumitomocorp.com/en/easia/news/topics/2023/group/20230725#:~:text=Sumitomo%20Corporation%2C%20through%20its%20wholly,%22)%2C%20to%20conduct%20a%20joint (Accessed: 25 June 2024).

UAE (2023a) National Hydrogen Strategy.

UAE (2023b) UAE Carbon Alliance.

UAE (2024) UAE Carbon Market.

UAE Government (2023) UAE Decarbonization roadmap. Available at: https://u.ae/en/information-and-services/environment-and-energy/cop (Accessed: 25 June 2024).

UAE GOvernment (2024) UAE SAF Policy. Available at: https://u.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/policies/transport-and-infrastructure/general-policy-for-sustainable-aviation-fuel (Accessed: 29 June 2024).

UK Government (2024) 'KSA and UK Strategic Partnership'. Available at: https://www.gov.uk/government/publications/united-kingdom-and-kingdom-of-saudi-arabia-strategic-partnership-council-economic-and-social-pillar-joint-statement--2/the-kingdom-of-saudi-arabia-and-united-kingdom-strategic-partnership-council-economic-and-social-pillar-joint-statement-html (Accessed: 24 June 2024).

GLOBAL CCS INSTITUTE

Find out more
The Global CCS Institute is a leading international carbon capture and storage (CCS) think tank. Our more than 200 international members include governments, companies, research bodies and NGOs, all with a commitment to CCS as part of achieving a net-zero future.

Any questions
Get in touch with the institute at info@globalccsinsitute.com or through our website at globalccsinstitute.com/contact

Head office
Level 23, Tower 5, 727 Collins Street,
Melbourne VIC 3008
Australia
+61 (0)3 8620 7300

Please use the following to reference the report:
Global CCS Institute, 2024. The Global Status of CCS: 2024. Australia

Design by Principle Design
principledesign.com.au

Copyright © 2024 Global CCS Institute

The information in this document is supplied by the Global Carbon Capture and Storage Institute Ltd (Global CCS Institute) and is subject to the provisions outlined in this section. The receipt of this document by the persons or entity named at the front of this document or any other recipient (Recipient) evidences acceptance of these provisions. This document is addressed solely to the Recipient and is for their sole review only and may not be provided or disclosed to any other person without the prior written consent of Global CCS Institute. If these provisions are not agreed and accepted by the Recipient, this document and any copies of it must be immediately returned to Global CCS Institute or otherwise destroyed.

This document has been made available to the Recipient for information purposes only and is not intended to be and does not constitute any form of offering document, advice or recommendation. To the maximum extent permitted by law, Global CCS Institute and its affiliates, associates, related bodies corporate, shareholders, officers, employees, partners, representatives, agents, advisers and consultants (each a Relevant Person) expressly disclaim all liability for any loss or damage (including but not limited to for negligence, default or lack of care) for use or reliance on the information in this document or any information which is made available in connection with any further or related enquiries, including any commercial or investment decisions made on the basis of information provided in this document.

This document has been prepared on the basis of publicly available information or other information known to Global CCS Institute at the time this document was compiled, and the accuracy of such information has not been independently verified by the Global CCS Institute or any Relevant Person. Global CCS Institute does not guarantee that the information in this publication is totally reliable, accurate or complete and therefore the information in this document must not be relied upon when making commercial, investment or other decisions. Neither the Global CCS Institute nor any Relevant Persons make any representation or warranty (express or implied) as to the accuracy, sufficiency or completeness of the contents of this document and accept no liability for use or reliance of any information in this document.