

# الاستخلاص المعزز للنفط وإمكانات تخزين ثاني أكسيد الكربون خارج أمريكا الشمالية - دراسة اقتصادية

كولين وارد وولفجانج هيدج ونايلز هنريك بيشتروم

## عن كابسارك

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

## إشعار قانوني

حقوق التأليف والنشر محفوظة (2018) لمركز الملك عبدالله للدراسات والبحوث البترولية (المركز). ولا يجوز النسخ أو الاقتباس من هذه المادة دون نسبته بشكل واضح و ملائم للمركز.

# النقاط الرئيسية

تخزين ثاني أكسيد الكربون في حقول النفط والذي يعد جزءاً من الاستخلاص المعزز للنفط باستخدام ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يكون حلاً فعالاً من حيث التكلفة لخفض الانبعاثات الكربونية إلى الغلاف الجوي. ونقوم في هذا البحث بتحليل اقتصاديات هذا الخيار لتقدير كمية ثاني أكسيد الكربون التي يمكن تخزينها بشكل مربح في مناطق مختلفة من العالم. ودرسنا الحالات التي يشتري فيها المشغل القائم بالاستخلاص المعزز للنفط باستخدام ثاني أكسيد الكربون الإمدادات أو الحالات التي يدفع ثمنها مقابل تخزينها. واستناداً إلى عدة قواعد بيانات شاملة تتعلق بخصائص ومواقع مخزونات النفط ومصادر الانبعاث، يركز البحث على الفرص المتاحة خارج أمريكا الشمالية. وباستخدام صافي القيمة الحالية مؤشراً للربحية، نقوم بإجراء تحليل التعادل لربط أسعار إمدادات ثاني أكسيد الكربون (الإيجابية أو السلبية) بخيارات التخزين المجدية اقتصادياً. وخلصت الدراسة للنتائج الرئيسية التالية:

من الناحية الاقتصادية، يمكن تخزين ما مجموعه حوالي 40 جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون من مصادر الانبعاث العاملة حالياً بواسطة الاستخلاص المعزز للنفط باستخدام ثاني أكسيد الكربون في مجال تركيزنا. وتجدر الإشارة أن الصين تطلق حالياً 10 جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون سنوياً.

تعتمد إمكانية التخزين على أسعار ثاني أكسيد الكربون، ولكن على نطاق ضيق. فعند سعر 50 دولاراً لبرميل النفط يزداد التخزين بما يتناسب مع سعر ثاني أكسيد الكربون - حتى حوالي 20 دولاراً للطن من ثاني أكسيد الكربون. ويصاحب ارتفاع أسعار ثاني أكسيد الكربون عوائد متناقصة للتخزين.

يمكن تخزين حوالي 6.1 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون، خاصة في روسيا والصين وإندونيسيا وعمان على نحو مربح بسعر عرض سالب أو صفري لثاني أكسيد الكربون - بافتراض أن سعر النفط 50 دولاراً للبرميل. وينطبق ذلك على الحالات الحالية التي لا يحصل فيها المشغل على أي إيرادات لتوفير خدمات التخزين.

لا تشجع النظم المالية الحالية على للتخزين. ومن خلال فرض ضرائب على الاستخلاص المعزز للنفط باستخدام ثاني أكسيد الكربون بنفس القدر المفروض على الإنتاج العادي للنفط، يمكن لذلك أن يقلل من الربحية الإجمالية لمشاريع الاستخلاص المعزز للنفط باستخدام ثاني أكسيد الكربون، وبالتالي يؤثر على فرص التخزين المجدية اقتصادياً.

حالياً، هناك نقص في توفر ثاني أكسيد الكربون الكافي لتلبية الطلب الذي تحدته عمليات الاستخلاص المعزز. فلو توفرت الإمكانيات اللوجستية فالمملكة العربية السعودية لوحدتها قادرة على تخزين حوالي 25 جيغا طن من تلك العمليات. تحقيق الوكالة الدولية للطاقة لسيناريو الدرجتين المؤتيتين يتطلب تخزين 6.8 جيغا طن في السنة بحلول عام 2060 (الوكالة الدولية للطاقة، 2060).

# ملخص لصناع السياسات

الذي يعطي قيمة معادلة صافية (مخفضة بنسبة 10 في المائة) لأسعار النفط المحددة. ويمثل هذا المعيار بداية الربحية والفعالية من حيث التكلفة. وبالنسبة لسعر النفط الثابت، فإن السعر المتزايد لإمدادات ثاني أكسيد الكربون يجعل من عملية تخزين المزيد من ثاني أكسيد الكربون أمراً مربحاً، إلا أن ذلك الأثر ينحسر عند الوصول لنقطة معينة. فعلى سبيل المثال، في خارج أمريكا الشمالية وعند وصول سعر النفط 50 دولاراً للبرميل - وبصرف النظر عن سعر إمدادات ثاني أكسيد الكربون - فإن أقصى إمكانية للتخزين تبلغ 40 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون في ظل استخدام جميع الإمكانيات المتوفرة. وفي هذه الحالة، يمكن النظر لـ 40 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون كفرصة اقتصادية لتخزين ثاني أكسيد الكربون من خلال الاستخلاص المعزز للنفط.

بما أن إمكانية عملية الاستخلاص المعزز للنفط تتأثر بأسعار إمدادات ثاني أكسيد الكربون، فإن تعديلات طفيفة على السياسة قد تؤثر بشكل كبير على الكمية المخزنة. وتبين لنا أنه حتى عند سعر النفط 50 دولاراً للبرميل، فإن سعر إمدادات ثاني أكسيد الكربون عند 20 دولاراً / طن ثاني أكسيد الكربون يكفي نظرياً لاستنفاد كامل سعة التخزين المربحة خارج أمريكا الشمالية. وعلاوة على ذلك، يمكن تخزين حوالي 6.1 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون عند سعر النفط نفسه عندما يكون سعر ثاني أكسيد الكربون سلبياً (أي أن المشغل القائم بعملية الاستخلاص يدفع مقابل الحصول على ثاني أكسيد الكربون). وتفترض حساباتنا صافي استخدام 0.6 طن من ثاني أكسيد الكربون/ برميل - وهو ما يتجاوز معامل الاستخدام النموذجي البالغ حوالي 0.3 طن من ثاني أكسيد الكربون/ برميل - لعمليات الاستخلاص عادةً. وينطبق هذا الاستخدام المتزايد لثاني أكسيد الكربون مع الحالة التي يزيد فيها المشغل من استهلاك ثاني أكسيد الكربون لإنتاج المزيد من النفط، مما يؤدي إلى زيادة التخزين.

رغم الاهتمام الكبير باستخدام تسعير الكربون أداةً لتحفيز إجراء الاستخلاص المعزز للنفط باستخدام ثاني أكسيد الكربون لخفض الانبعاثات بشكل فعال من حيث التكلفة، إلا أنه لا تتوفر حتى الآن سوى معلومات ضئيلة عن تأثير أسعار الكربون على الجدوى الاقتصادية لتخزين ثاني أكسيد الكربون - وبالتالي الكمية الإجمالية التي يمكن تخزينها بصورة مجدية اقتصادياً. وتستخدم هذه الدراسة منهجية من أسفل لأعلى لتسليط الضوء على هذه المسألة جامعة البيانات المتعلقة بحقول النفط ومصادر الانبعاثات. وبما أن تحليلات فرص التخزين في أمريكا الشمالية متاحة على نطاق واسع، فإن دراستنا تركز على الوضع في مناطق أخرى.

وتقوم المنهجية أولاً على التقصي لتحديد مدى ملاءمة القيام بالاستخلاص المعزز للنفط. ونسعى في الخطوة الثانية إلى ربط مصادر الانبعاثات بفرص عمليات الاستخلاص، مما يسمح بنقل ثاني أكسيد الكربون لمسافات تصل إلى 500 كم. وبالإضافة إلى ذلك، فإننا نشترط أن تنتج المصادر ثاني أكسيد الكربون بكميات تكفي لتلبية ذروة الطلب على ثاني أكسيد الكربون.

وفي الخطوة الأخيرة، نقوم بتقدير تكلفة وإيرادات مشروع الاستخلاص المعزز للنفط لتقييم الربحية والفعالية من حيث التكلفة لتلك العملية من حيث القيمة الحالية الصافية للمشغل، مع مراعاة حالات الجمع المحتملة بين المصدر وأماكن التخزين. وتنظر هذه العملية الحسابية في الحالتين اللتين يدفع فيهما المشغل لعملية الاستخلاص مقابل ما يستخدمه أو ما يخزنه من ثاني أكسيد الكربون. ويعكس ذلك الوضع الراهن في الولايات المتحدة، ويتطابق مع سيناريو تنفيذ سياسات أسعار الكربون للحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي.

تقيّم نتائج تحليلنا بفعالية أكبر بالجمع بين قيمة ثاني أكسيد الكربون ومقدار ثاني أكسيد الكربون المخزن

الظروف الطبيعية، تبلغ إمكانات تخزين ثاني أكسيد الكربون في المملكة العربية السعودية حوالي 25 مليار طن من ثاني أكسيد الكربون، مما يجعلها من أهم متنافسي هذه التقنية عالمياً. بيد أنه في الواقع يمكن للوصول المحدود إلى ثاني أكسيد الكربون أن يكون العامل الرئيسي الذي يحد من تطوير مشاريع ثاني أكسيد الكربون.

تتوقف احتمالية التخزين المجدي اقتصادياً البالغة 40 جيغا طن من ثاني أكسيد الكربون على إمكانية الوصول الفعال من حيث التكلفة إلى إمدادات ثاني أكسيد الكربون من المصادر المشغلة والباعثة لثاني أكسيد الكربون. وإذا تم تجنب العوامل المتعلقة بإمدادات ثاني أكسيد الكربون، ستزداد فرصة التخزين ضمن عمليات الاستخلاص المعزز بشكل كبير. وفي



## عن المشروع

«نحو نطف منخفص الكربون» هو مشروع يدرس التحديات والفرص العالمية للنطف في عالم محدود الكربون. ومع التركيز على القدرة التنافسية للمملكة العربية السعودية في هذه السوق الناشئة، فإننا ندرس كثافة الكربون الحالية لعمليات الاستخراج الأولى، وفرص الحد من تلك الكثافة من خلال استراتيجيات الإدارة والتكنولوجيا، فضلاً عن الآثار الاقتصادية. إن فهم سلوكيات السوق واللاعبين المؤثرين سيوفر رؤى لخيارات السياسات إلى جانب القضايا القانونية والتنظيمية والتجارية التي يجب معالجتها.

### رابط البحث:

[الاستخلاص المعزز للنطف وإمكانات تخزين ثاني أكسيد الكربون خارج أمريكا الشمالية - دراسة اقتصادية](#)



[www.kapsarc.org](http://www.kapsarc.org)