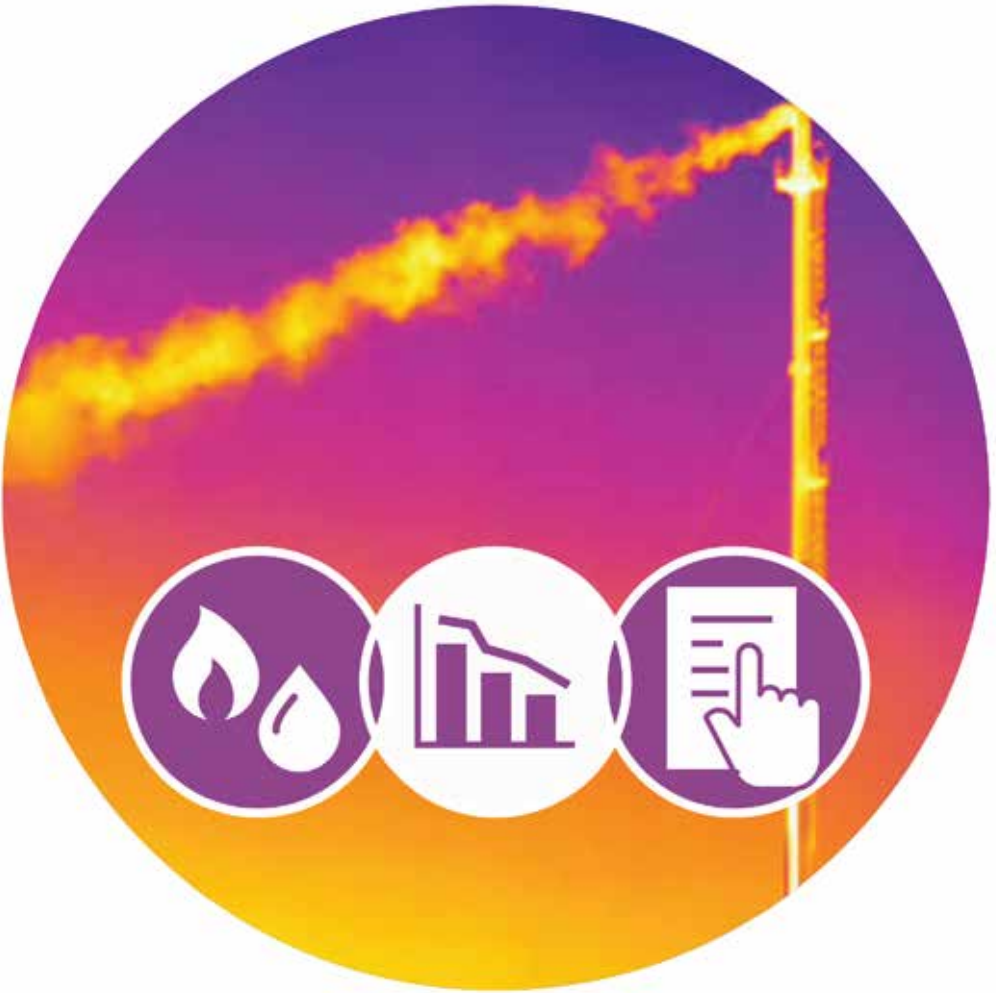
خفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز

دليل لصناع السياسات



رسالة افتتاحية من الوزيرة ريموندو

يشكل تغير المناخ تحديًا عميقًا على مستوى العالم. وقد نهضت الولايات المتحدة لمواجهة هذا التحدي. في الأمر التنفيذي رقم 14008، أقرت إدارة بايدن-هاريس أن الوقت قد حان للعمل لتجنب الآثار الأسوأ لأزمة المناخ وكذلك اغتنام الفرصة التي تضع حدًا لمعضلة تغير المناخ. تشكل وزارة التجارة الأمريكية جزءًا من هذا الجهد الذي تبذله الحكومة بأكملها لمواجهة أزمة المناخ وضمان انتقال عادل وسريع إلى مستقبل منخفض الكربون ومستدام ومزدهر.

تعتبر انبعاثات الميثان مساهمًا رئيسيًا في تغير المناخ. ويشكل الحد من انبعاثات غاز الميثان بدوره فرصة فريدة من نوعها. ولهذا السبب، في عام 2021 أسست الولايات المتحدة وشركاؤها الدوليون التعهد العالمي لغاز الميثان. وبموجب هذا التعهد، تلتزم الدول بشكل جماعي بالحد من انبعاثات غاز الميثان بنسبة 30% بحلول عام 2030 مقارنةً بمستويات عام 2020. كما تعمل الولايات المتحدة وشركاؤها الآن على مساعدة الدول على تبني سياسات الحد من انبعاثات غاز الميثان، وحشد تمويل الميثان، ونشر تقنيات وممارسات الحد من الانبعاثات، وتعديل القوانين واللوائح.

ومن جانب وزارة التجارة الأمريكية، قام مكتب برنامج تطوير القانون التجاري التابع للمستشار العام (CLDP) بمساعدة الدول على تحديث قوانينها ولوائحها التجارية لأكثر من 30 عامًا. والآن، نجح القائمون على برنامج تطوير القانون التجاري في إنشاء دليل مجاني يسهل الوصول إليه ويناسب الغرض لصانعي السياسات والمنظمين للحد من انبعاثات غاز الميثان في سلسلة توريد النفط والغاز.

ولوضع الدليل، عقد القائمون على برنامج تطوير القانون التجاري اجتماعًا مع مجموعة من الخبراء حول الحد من انبعاثات غاز الميثان من الحكومة الأمريكية والمؤسسات متعددة الأطراف والمنظمات غير الحكومية والصناعة والأوساط الأكاديمية. وقد تطوع العديد من المؤلفين وكذلك المؤيدين الآخرين للدليل بشكل جماعي بعدد لا يُحصى من لا حصر له من الساعات. وأسفر ذلك عن وضع دليل يسترشد به المشرعون ومسؤولو الوزارة والهيئات التنظيمية في جميع أنحاء العالم والذي يمكنهم استخدامه الآن لصياغة وتبني وتنفيذ تشريعات جديدة من شأنها أن تحد بسرعة وفعالية من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز.

كما يوسع هذا الدليل أيضًا نطاق السلسلة التي طورها برنامج تطوير القانون التجاري في إطار مبادرة الطاقة لأفريقيا، والذي يسمى *فهم الطاقة*، وهو عبارة عن مكتبة معرفية مفتوحة المصدر ومبسطة من الأدلة التي تشرح مجموعة من المواضيع الأساسية في عقود مشاريع الطاقة والتمويل والمشتريات.

وبالإضافة إلى دعم التعهد العالمي لغاز الميثان والأهداف المناخية للولايات المتحدة، يعزز الدليل أهداف وزارة التجارة الأمريكية المتعلقة بالمناخ والتجارة في مجال التكنولوجيا النظيفة.

إنني ممتنة للقائمين على برنامج تطوير القانون التجاري والمؤلفين والرعاة والداعمين لتطوير هذه المساهمة المهمة في جهودنا الجماعية نحو اتخاذ الإجراءات بشأن المناخ. بالعمل معًا، يمكننا معالجة أزمة المناخ، واغتنام الفرص الاقتصادية، والارتقاء إلى مستوى التحدي.

جينا م. ريموندو

وزيرة التجارة الأمريكية

المحتويات

مرشد الدليل 8

1. فرصة الميثان 13

أ. الدور المتغير للميثان في قطاع النفط والغاز 14
ب. غاز الميثان وتحدي المناخ 15
ج. الميثان في سلسلة قيمة النفط والغاز 17
د. الفرصة: خفض انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز 19

2. التخطيط للحد من انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز 25

أ. خطط العمل الوطنية لغاز الميثان 26
ب. خطط خفض الانبعاثات في قطاع النفط والغاز 29
ج. تكييف سياسات غاز الميثان مع السياقات المحلية 32
د. موارد مفيدة 35

3. البدء في لوائح الحد من انبعاثات غاز الميثان 36

أ. السياسات والاستراتيجيات التنظيمية المحتملة 37
ب. تقييم القوانين والمؤسسات الموجودة 42
ج. مشاركة أصحاب المصلحة 45
د. الاستفادة من العمل التطوعي من قبل الصناعة 46
ه. المناهج المشتركة في اللوائح الحالية 46

4. مصادر الميثان حسب قطاع سوق النفط والغاز 48

أ. مرحلة التنقيب والإنتاج 50
ب. مرحلة النقل والتخزين 54

ج. مرحلة النقل والتكرير 59

5. كشف وإصلاح التسرب (LDAR) 63

أ. مميزات لائحة LDAR 65
ب. مثال: متطلبات LDAR الفيدرالية في كندا 67

6. الإحراق والتنفيس 72

أ. مميزات لوائح الحرق والتنفيس 74
ب. مثال: القيود المفروضة على الحرق والتنفيس في كولومبيا 75
ج. مثال: الانتفاع بالغاز المصاحب في كازاخستان 80

7. معايير المعدات والعمليات 83

أ. كيف تبدو المعدات النموذجية أو تنظيم العمليات 85
ب. مثال: اللوائح القياسية للمعدات في نيجيريا 87

8. قوائم الجرد 93

أ. قوائم جرد الانبعاثات مقابل المراقبة 95
ب. البيانات اللازمة لقوائم جرد الانبعاثات 95
ج. جرد الآبار المسدودة والمهجورة 96
د. اعتبارات التصميم لتطوير برامج إعداد التقارير وقوائم جرد الانبعاثات 98
ه. الموارد المتاحة لدعم تطوير قوائم الجرد 100

9. المراقبة 105

أ. تقنيات المراقبة المتاحة 106
ب. الحاجة إلى المراقبة لدعم الأطر التنظيمية 112
ج. اعتبارات تتعلق ببروتوكولات المراقبة والإبلاغ والتحقق 113
د. الدعم المتاح للحكومات 114
ه. موارد مفيدة 116

10. ضمان الامتثال 118

أ. إيصال التوقعات 120
ب. التنفيذ 124
ج. وضع خطة التفتيش 127

11. تمويل الحد من انبعاثات غاز الميثان 129

أ. الفجوة التمويلية 131
ب. الاتجاهات في التمويل 136
ج. تقديم الحالة الاقتصادية للحد من انبعاثات الميثان 139
د. تحقيق الدخل من نتيجة الحد من انبعاثات غاز الميثان 142

12. بناء القدرات من أجل اتخاذ الإجراءات 146

أ. الخبرة اللازمة لإدارة الميثان 147
ب. وضع استراتيجية لبناء القدرات 149

13. موارد التنفيذ 156

أ. مشورة الخبراء مصممة خصيصًا 157
ب. التمويل 158
ج. الخطوط الإرشادية 160
د. الأدوات 162
ه. مصادر البيانات 164

الملحق: حول الميثان 166

الاختصارات 169

ملاحظات 172

بيانات النسخ 193

مرشد الدليل

لمن هذا الدليل؟

لقد التزم المجتمع الدولي بتسريع وتيرة خفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز لتحقيق أهداف تغير المناخ وتعزيز الأمن الاقتصادي وأمن الطاقة. ومع ذلك، لا تزال العديد من الدول بحاجة إلى فهم كيفية تحقيق هذه الأهداف. يقدم هذا الدليل للمسؤولين الحكوميين مجموعة من الخيارات لخفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز وتوجيهات تصميم اللوائح وتنفيذها. وهو يبني على الدروس المستفادة من المخططات التنظيمية في مختلف الدول. يمكن للمسؤولين الحكوميين العاملين في جميع مجالات قطاع النفط والغاز الاستفادة من هذا الدليل.

ما نطاق هذا الدليل؟

يشرح هذا الدليل فرص خفض انبعاثات غاز الميثان، وتقنيات خفض انبعاثات غاز الميثان، وكيفية تطوير وتنفيذ سياسات ولوائح فعالة لخفض انبعاثات غاز الميثان. ويقدم هذا الدليل أمثلة مفيدة ودراسات حالة للوائح خفض انبعاثات غاز الميثان التي تبنتها الدول في جميع أنحاء العالم في الآونة الأخيرة. هذا الدليل يغطي فقط بعض التقنيات المحددة لخفض انبعاثات غاز الميثان بشكل متعمق ويركز على النقاط البارزة في هذا الموضوع. وكما يلخص النقاط التي يشعر المؤلفون كل بمفرده بأنها ذات أهمية خاصة عند النظر في لوائح خفض انبعاثات غاز الميثان وتنفيذها. لا يهدف هذا الدليل لتأييد مجموعة معينة من سياسات خفض انبعاثات غاز الميثان ولكنه يطرح نظرة عامة على الخيارات.

من كتب هذا الدليل؟

المؤلفون هم من ممارسون متنوعون في مجالات قطاع الطاقة، ومن ضمنهم المسؤولين الحكوميين والمهندسين وخبراء السياسة العامة والمحامين والأكاديميين. هذا الدليل يسعى إلى التقاط خبرتهم العملية الجماعية ومعارفهم الحالية. ومع ذلك، فإنه قد لا يمثل المواقف السياسية للمنظمات و/أو المؤسسات و/أو الدول و/أو الشركات التي ينتمي إليها المؤلفون كل بمفرده. للاطلاع على هذه المواقف، يُرجى الرجوع إلى المنشورات والمواقع الإلكترونية الخاصة بالمنظمات والمؤسسات والدول و/أو الشركات المعنية.

يعد خفض انبعاثات غاز الميثان مشكلة معقدة يتم استخلاصها من خلال التعلم المستمر من قبل العديد من أصحاب المصلحة والتطورات

التكنولوجية. سمحت مجالات التخصص المتنوعة لمؤلفي هذا الدليل بمعالجة هذا التعقيد في صياغة سهلة الفهم - مبرزين القضايا والبدائل مع المؤلفين المشاركين أو غير المشاركين في موضوعات معينة نظرًا لخبراتهم كل بمفرده. ويأمل المؤلفون أن يؤدي هذا الدليل إلى تعزيز تطوير وتنفيذ سياسات ولوائح خفض انبعاثات غاز الميثان والمساهمة في خفض انبعاثات غاز الميثان العالمية من قطاع النفط والغاز.

كيف تم تطوير هذا الدليل؟

تم إنتاج الكتيب باستخدام طريقة Book Sprints (www.booksprints.net) ، والتي تسمح بصياغة وتحرير ونشر منتج كامل في خمسة أيام فقط. يتقدم المؤلفون بالشكر الجزيل لمُيسِّرة Book Sprint، باربرا روهلينغ، على توجيهاتها الصبورة وقيادتها التي لا تتزعزع طوال عملية الصياغة التي استغرقت ما يقرب من 75 ساعة. يشكر المؤلفون أيضًا هنريك فان ليوين ولينارت ولفيرت على تحويل شخبطاتنا المتسرعة إلى رسوم توضيحية جميلة وذات مغزى. نود أيضًا أن نشيد بالعمل الدؤوب لمحرري نسخ Book Sprints، رايوين وايت وكريستين ديفيس.

يود المؤلفون أن يشيدوا بالأفراد والمؤسسات التالية أسماؤهم الذين ساعدوا في تركيز الحوار على بناء توافق في الآراء حول إمكانات هذا الدليل: مكتب موارد الطاقة، وزارة الخارجية الأمريكية؛ المبعوث الخاص المعني بالمناخ، وزارة الخارجية الأمريكية؛ وستيفن جاردنر (برنامج تطوير القانون التجاري، وزارة التجارة الأمريكية). يود المؤلفون أيضًا أن يشكروا أولئك الذين قدموا الدعم طوال عملية الصياغة: مارتن أوزوالد من البنك الدولي؛ وشارين ياواناراجا من صندوق الدفاع عن البيئة؛ دان ماكدوغال من تحالف المناخ والهواء النظيف؛ ميغان ديميتر من برنامج الأمم المتحدة للبيئة؛ مارك ديفيس من كابتيريو؛ رايلي دورين ودانيال بون من كاربون مابر؛ والدكتور غابرييل دريفوس وتاد فيريس من معهد الحوكمة والتنمية المستدامة؛ وأوساسو دورسي من إدارة سلامة خطوط الأنابيب والمواد الخطرة الأمريكية. بالإضافة إلى ذلك، تم إجراء قدر كبير من التخطيط والتطوير في وضع تصور لهذا الدليل. يود المؤلفون أيضًا أن يشكروا التمويل السخي من مكتب موارد الطاقة وبرنامج حوكمة الطاقة والمعادن التابع لوزارة الخارجية الأمريكية، والذي قام بتمويل هذا الدليل بالكامل.

كيف يمكنني استخدام هذا الدليل؟

في إطار تبادل المعرفة مفتوحة المصدر، يهدف هذا الدليل إلى عكس الطبيعة النابضة بالحياة لعملية Book Sprint وأن يكون بمثابة مرجع ونقطة انطلاق لمزيد من المناقشة والمنح الدراسية. تم إصداره بموجب رخصة المشاع الإبداعي الدولي "نَسْبُ المُصنَّف-غير التجاري-الترخيص بالمثل 4.0 **(CC BY NO SA)**. عند اختيار ترخيص النشر هذا، نرحب بقيام أي شخص بنسخ النص واقتباسه وإعادة صياغته وترجمته وإعادة استخدامه لأي غرض غير تجاري دون الحصول على إذن من المؤلفين، طالما أن العمل الناتج صادر أيضًا بموجب رخصة المشاع الإبداعي. تم نشر الدليل في البداية باللغة الإنجليزية. وقد يلي ذلك الترجمات قريبًا. وهو متوفر بصيغة إلكترونية وبتنسيق مطبوع. بالإضافة إلى ذلك، *https://cldp.doc.gov/resources* يمكن استخدام الدليل كمورد تفاعلي عبر الإنترنت. يلتزم العديد من المؤلفين المساهمين أيضًا بالعمل داخل مؤسساتهم لتكييف هذا المورد لاستخدامه كأساس للدورات التدريبية ومبادرات المساعدة الفنية.

خالص الاحترام والتقدير،
المؤلفون المساهمون

د. رفيق الإسلام
قسم الطاقة والثروة المعدنية
حكومة بنجلاديش
(بنجلاديش)

تشاتورا ويجيسينغي
هيئة التنمية البترولية
(سيريلانكا)

كينيون ويفر
برنامج تطوير القانون التجاري
وزارة التجارة الأمريكية
(الولايات المتحدة)

ايريك كامب
برنامج تطوير القانون التجاري
وزارة التجارة الأمريكية
(الولايات المتحدة)

محمد باديسي
كلية ديكنسون للقانون بجامعة بنسلفانيا
(الولايات المتحدة)

جيل دامون
كلية الحقوق بجامعة كاليفورنيا في بيركلي
(الولايات المتحدة)

ديانا هينز
هانيويل
(الولايات المتحدة)

ك. س. مايكلز
الوكالة الدولية للطاقة
(فرنسا)

ناديرة أوجير
أمانة الكومنولث
(ترينداد وتوباغو)

دكتور. آدم باكسي
شيفرون
(الولايات المتحدة)

دارين شرودر
فرقة العمل المعنية بالهواء النظيف
(الولايات المتحدة)

ستيف ولفسون
وكالة حماية البيئة الأمريكية
(الولايات المتحدة)

د. ريان وونغ
جامعة نورثمبريا
(المملكة المتحدة)

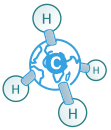
1. فرصة الميثان

لماذا يجب على الدول أن تعمل الآن على الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز

النقاط الرئيسية

- الميثان، هو مكون رئيسي للغاز الطبيعي، وهو سلعة عالمية وغاز دفيئة (GHG) يساهم في تغير المناخ.
- يعد الحد من انبعاثات غاز الميثان على المدى القريب في جميع القطاعات الاقتصادية، بما في ذلك النفط والغاز، أمرًا حيويًا لتحقيق أهداف المناخ العالمي.
- يمكن أن يؤدي الحد من انبعاثات غاز الميثان إلى تحقيق الإيرادات، وتحسين الوصول إلى الطاقة، وخلق فرص العمل، وتعزيز أمن الطاقة، وتوفير الوصول إلى الاستثمار، وتعزيز السلامة، وتعزيز صحة المجتمع، وإظهار القيادة.
- وبوسع الحكومات أن تصمم سياسات فعالة للحد من انبعاثات النفط والغاز من أجل تحقيق هذه المكاسب.
- وينبغي للحكومات اغتنام فرصة غاز الميثان، الحد من الانبعاثات وتعزيز أهدافها الاقتصادية والاجتماعية.

الدور المتغير للميثان في قطاع النفط والغاز



الميثان، ذو الصيغة الكيميائية CH_4، هو المكون الأساسي للغاز الطبيعي. لقد تغير دور الغاز الطبيعي في نظام الطاقة بشكل كبير مع مرور الوقت.

عندما تم اكتشاف النفط وإنتاجه لأول مرة، كان يُنظر إلى الغاز الطبيعي باعتباره خطرًا - منتجًا غير مرغوب فيه يوجد بجانب رواسب النفط. في ذلك الوقت، كان الغاز الطبيعي مصدر إزعاج يجب إدارته. لتسويق النفط، يقوم العديد من المنتجين بالتخلص من الغاز الطبيعي عن طريق تنفيسه في الهواء أو حرقه (أي "إشعاله").

اليوم، يلعب الغاز الطبيعي دورًا مهمًا في مزيج الطاقة لدى العديد من الدول. يتم استخدامه في توليد الطاقة والصناعة والمدن للتدفئة وهو أيضًا مادة خام مهمة لتصنيع الأسمدة والأمونيا والسلع الكيماوية والبتروكيماوية الأخرى. لقد حل إلى حد كبير محل الفحم والوقود السائل في بعض الأسواق في المنازل والصناعات ومحطات الطاقة - مما أدى إلى تحسين جودة الهواء في المدن في جميع أنحاء العالم وتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومع ذلك، فقد أظهرت الدراسات أن استبدال الفحم بالغاز لا يؤدي إلا إلى فائدة مناخية

صافية،[1] عندما تكون معدلات تسرب الميثان أقل من 3.4-2.4 بالمائة.[2]

إن ظهور وسائل النقل على نطاق واسع لتسييل الغاز الطبيعي في الخمسينيات من القرن الماضي يعني أنه لم يعد من الممكن نقل الغاز الطبيعي عن طريق خطوط الأنابيب فقط. وبدلًا من ذلك، يمكن للبلدان التي تواجه انخفاضًا في احتياطياتها المحلية من الغاز الطبيعي، أو التي تفتقر إلى خيارات لتوليد الطاقة الجديدة، أن تستفيد من الغاز الطبيعي المسال (LNG) المستورد.

أصبح الغاز الطبيعي، الذي كان مصدر إزعاج وخطر في السابق، مصدرًا رئيسيًا للطاقة والإيرادات للعديد من الدول التي تعتمد عليه لتحقيق النمو الاقتصادي. وحتى الآن، تعمل بعض الدول على زيادة استخدام الغاز الطبيعي لتحقيق التنمية الاقتصادية أو استبدال مصادر الوقود الأكثر كثافة في الكربون مثل الفحم. وعلى العكس من ذلك، تقوم بلدان أخرى بتقييم التخفيضات المستقبلية في استخدام الغاز الطبيعي كجزء من تخطيطها لتحول الطاقة. هذا وترى وكالة الطاقة الدولية أن المسارات المتسقة مع تحقيق صافي الانبعاثات الصفرية بحلول عام 2050 تتطلب خفض كثافة الانبعاثات من قطاع النفط والغاز إلى النصف بحلول نهاية العقد مع خفض إجمالي استهلاك النفط والغاز.

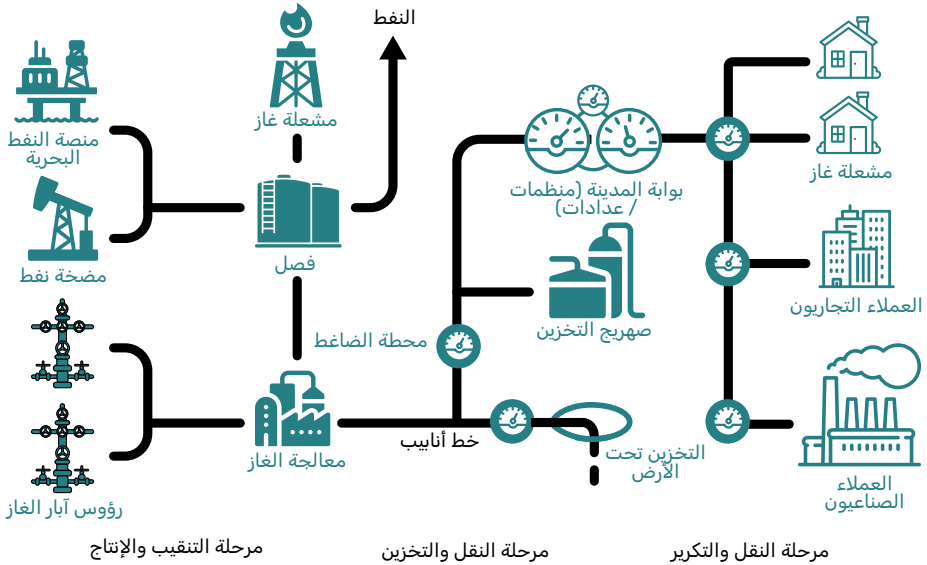
غاز الميثان وتحدي المناخ

الميثان هو أحد غازات الدفيئة القوية قصيرة العمر (GHG)، ويتحلل في الغلاف الجوي خلال فترة حوالي 12 عامًا. وفقًا لتقرير التقييم الخامس الصادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، يقدر تأثير الميثان بنحو 84 مرة أكبر من ثاني أكسيد الكربون عندما متوسطه على مدى 20 عامًا، وأقوى بنحو 28 مرة عندما متوسطه أكثر من 100 عام.[3] وفقًا للإدارة الوطنية للمحيطات والغلاف الجوي، فإن تركيز الميثان في الغلاف الجوي قد تضاعف بأكثر من الضعف منذ عصور ما قبل الصناعة (حوالي 715 جزءًا في المليار (ppb) إلى قرابة 1912 جزءًا في المليار في عام 2022)، ويعد الميثان من جميع المصادر، الطبيعية والبشرية، ثاني أكثر غازات الدفيئة وفرة.[4]

وكما هو مذكور في التعهد العالمي لغاز الميثان، فإن "تدابير انبعاثات غاز الميثان المتاحة بسهولة والفعالة من حيث التكلفة من شأنها تجنب ارتفاع درجات الحرارة بمقدار 0.2 درجة مئوية بحلول عام 2050".[5] ولابد من متابعة الحلول الرامية إلى الحد من انبعاثات غاز الميثان بالتزامن مع خفض انبعاثات اللغازات الدفيئة الأخرى، وخاصة ثاني أكسيد الكربون، من أجل تحقيق أهداف المناخ العالمي بشكل هادف.

يعد الحد من انبعاثات غاز الميثان على المدى القريب عنصرًا حيويًا لتحقيق أهداف المناخ العالمية ويمكن أن يحد من معدل الاحتباس الحراري. توصي الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ بتخفيضات "قوية وسريعة ومستدامة" لانبعاثات غاز الميثان.[6]

الميثان في سلسلة قيمة النفط والغاز



الشكل 1.1: رسم توضيحي للقطاعات المختلفة لسلسلة قيمة النفط والغاز.

يمكن أن ينبعث غاز الميثان عبر سلسلة قيمة النفط والغاز بأكملها، والتي تتكون من ثلاثة أجزاء:

- **مرحلة الانتاج.** إنتاج وجمع ومعالجة النفط والغاز.
- **مرحلة النقل والتخزين.** نقل الغاز عبر خطوط الأنابيب أو كأنشطة الغاز الطبيعي المسال والتخزين.
- **مرحلة النقل والتكرير.** نقل وتكرير النفط وأنظمة توزيع الغاز المحلي للمستهلكين.

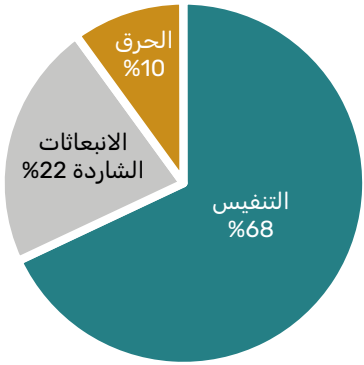
تنقسم معظم انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز إلى واحدة من ثلاث فئات:

الاشتعال. إن حرق الغاز الطبيعي عمدًا لتخفيف الضغط في الظروف المضطربة أو عند إرسال الغاز إلى المبيعات غير مُجدي. إن المشاعل عندما تحرق الغاز الطبيعي، فإن معظم غاز الميثان يتحول إلى ثاني أكسيد الكربون، ولكن يظل جزء من غاز الميثان غير محترق.

التنفيس. الإطلاق المتعمد للغاز الطبيعي الناتج عن عملية أو نشاط ما مباشرة في الهواء.

الانبعاثات الشاردة. الانبعاث غير المقصود لغاز الميثان من التسريبات، على سبيل المثال، من الصمامات أو الفلنجات. بما أن غاز الميثان عديم اللون والرائحة، فلا يمكن اكتشاف التسريبات دون إجراء فحص منتظم.

وتقدر وكالة الطاقة الدولية (IEA) أن انبعاثات غاز الميثان العالمية الناجمة عن أنشطة النفط والغاز بلغت 82 مليون طن متري في عام 2022.[7] يوضح الشكل 1.2 المعدل النسبي لانبعاثات الميثان بين الانبعاثات المشتعلة والتنفيس والانبعاثات الشاردة.



الشكل 1.2: مصادر انبعاثات غاز الميثان في قطاعي البترول والغاز الطبيعي (2021).[8]

الفرصة: خفض انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز

بدأت الحكومات في إعطاء الأولوية لخفض انبعاثات غاز الميثان على المدى القريب في ضوء المعرفة المتزايدة في المنطقة. وقد انضمت أكثر من 150 دولة إلى التعهد العالمي لغاز الميثان حتى كتابة هذا الدليل. يتضمن التعهد العالمي لغاز الميثان، من بين أمور أخرى، التزامات "بالعمل معًا من أجل الحد بشكل جماعي من انبعاثات غاز الميثان العالمية الناتجة عن الأنشطة البشرية في جميع القطاعات بنسبة 30 بالمائة على الأقل تحت مستويات عام 2020 وذلك بحلول عام 2030." وقد اعترفت محافل دولية أخرى بغاز الميثان باعتباره قضية ذات أولوية أيضًا.[9]

إن قطاع النفط والغاز ليس المصدر الوحيد أو الأكبر لانبعاثات غاز الميثان البشرية المنشأ. تتسبب ثلاثة قطاعات رئيسية في معظم انبعاثات غاز الميثان التي يسببها الإنسان في العالم: الطاقة والزراعة والنفايات. كل واحدة من هذه سوف تحتاج إلى نهجها الخاص لخفض انبعاثات غاز الميثان. وبينما تركز هذه الوثيقة على النفط وغاز الميثان، يمكن للحكومات تعظيم فوائد خفض انبعاثات غاز الميثان من خلال النظر في اتخاذ إجراءات متزامنة في قطاعات أخرى.

أظهرت التطورات الأخيرة في مجال الاستشعار عن بعد أن قطاع الطاقة لديه فرص لخفض انبعاثات غاز الميثان على المدى القريب. في عام 2022، قدرت وكالة الطاقة الدولية أن قطاع النفط والغاز في جميع أنحاء العالم

يصدر ما يقرب من 82 مليون طن من غاز الميثان، وأنه يمكن تقليل حوالي 70 بالمائة من انبعاثات الميثان في قطاع الوقود الأحفوري العالمية باستخدام التكنولوجيا المعروفة المتوفرة حاليًا.[10]

يمكن أن يكون خفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز مربحًا للجانبين. يمكن أن يكون خفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز مربحًا للجانبين. إن التخفيض السريع لغاز الميثان الناتج عن النفط والغاز أمر ممكن، ومن الممكن، بل وينبغي له، أن يعمل على تعزيز النمو الاقتصادي على نطاق واسع، وخلق فرص العمل، وصحة المجتمع، وسلامة العمال، والقدرة التنافسية الدولية. يعد خفض انبعاثات غاز الميثان الناتج عن النفط والغاز بمثابة تخفيف لتغير المناخ وفرصة للتنمية الاقتصادية.

لكن "الكيفية" مهمة. إن كيفية تخفيف غاز الميثان سوف تحدد مدى قدرة أي بلد على جني الفوائد الاقتصادية والاجتماعية. سيتطلب خفض انبعاثات غاز الميثان تعديل البيئة التنظيمية والتشغيلية للاستثمار في النفط والغاز. الأسئلة المهمة التي يجب مراعاتها تشمل ما يلي:

- **التكاليف.** من سيتحمل عبء تكاليف التكنولوجيات والممارسات الجديدة؟
- **الإيرادات.** هل ستنخفض إيرادات الخزينة أو المؤسسة الوطنية للنفط (NOC)؟
- **القدرة.** هل ستقوم الحكومات وشركات النفط الوطنية والشركات الخاصة بتطوير ما يكفي من الخبرة والموظفين لتلبية المتطلبات التنظيمية والتشغيلية الجديدة لخفض انبعاثات غاز الميثان؟
- **الوظائف.** ما هو تأثير خفض انبعاثات غاز الميثان على الوظائف؟ هل ستكون له تأثيرات متفاوتة عبر المجتمعات؟
- **التكنولوجيا.** هل ستكون تقنيات المكافحة متاحة وبأسعار معقولة؟

على الرغم من أن هذه المخاوف حقيقية ويجب مواجهتها، إلا أن خفض انبعاثات غاز الميثان الناتج عن أنشطة النفط والغاز يمكن أن يحقق فوائد كبيرة:

- **المزيد من الإيرادات.** يمكن للحكومات أن تستثمر غاز الميثان الذي يتم إهداره الآن. وقد يؤدي ذلك إلى زيادة إيرادات الخزانة وإدارة أفضل للموارد العامة.
- **تحسين الوصول إلى الطاقة.** يمكن للحكومات والمشغلين تحسين حصول السكان على الطاقة من خلال احتجاز واستخدام غاز الميثان للطاقة والتدفئة والطهي.

- **إنشاء فرص عمل.** وتتطلب تكنولوجيات الحد من انبعاثات غاز الميثان موظفين مدربين، مما يحفز فرص العمل الجديدة.[11]
- **تعزيز أمن الطاقة.** إن التخلص من نفايات الميثان يضمن تقليل الاعتماد على مصادر الطاقة المستوردة والمكلفة في بعض الأحيان.
- **الوصول إلى الاستثمارات.** تتطلع الشركات، بما في ذلك شركات النفط الوطنية، إلى الوصول إلى التمويل المناخي أو التمويل الأخضر، ولكن للقيام بذلك، يتعين عليها إظهار أن لديها مقاييس قوية للمناخ والبيئة الاجتماعية والحوكمة (ESG).
- **تحسين السلامة العامة.** إن أنشطة الحد من انبعاثات غاز الميثان قد تؤدي إلى تقليل المخاطر التي يتعرض لها العامة والعمال.
- **تحسين جودة الهواء.** يمكن أن تكون عملية الحد من انبعاثات الميثان ذات فوائد لتخفيض انبعاثات الميثان فوائد مشتركة تتعلق بتحسين جودة الهواء المحلي.
- **القيادة المناخية في المنطقة وفي جميع أنحاء العالم.** إن الحد من انبعاثات غاز الميثان يعد أولوية عالمية قصوى، وسيتم الاعتراف بالدول التي تظهر تقدمًا كدول رائدة على المستوى الإقليمي والعالمي.

الشكل 1.3: رسم توضيحي لفوائد الحد من انبعاثات غاز الميثان.

المزيد من الإيرادات، المزيد من الطاقة: كيفية استفادة الحكومات من استخدام الغاز بدلًا من إحراقه

بعض الحكومات وشركات النفط الوطنية تضيع هذه الفرصة من خلال السماح بحرق الغاز المصاحب. إن تخفيض حرق الغاز يسمح بتوصيل غاز إضافي عبر الأنابيب إلى الأسواق الاستهلاكية أو يتم استخدامه لتوليد الكهرباء. إن مشاريع تحويل الغاز إلى خطوط الأنابيب وتحويل الغاز إلى الطاقة تعتبر مربحة للجانبين للحكومات والصناعة والعامة. وفي بعض الحالات، تتطلب هذه المشاريع القليل من نفقات الميزانية الحكومية، إن وجدت: حيث يتم تسليمها جميعًا من قبل مشغلين من القطاع الخاص الذين سيحققون الربح. علاوة على ذلك، في مشاريع تحويل الغاز إلى طاقة، يمكن للكهرباء الجديدة أن تزيد من استقرار الشبكة وتحد من انبعاثات الهواء الناتجة عن كهربة العمليات.

هناك مثالان من مصر يوضحان الفرصة المحتملة. في إحداها، قامت شركة فاروس للطاقة، وهي شركة نفط مستقلة مقرها المملكة المتحدة، بتخفيض حرق الغاز بنسبة 30 بالمائة في عمليات حقول النفط التابعة لها عن طريق تركيب مولدين جديدين للطاقة يعملان بالغاز. وقد أدى هذا أيضًا إلى تقليل التلوث والتكاليف الناجمة عن احتراق الديزل بشكل كبير. استنادًا إلى تقديرات فلير انتل التابعة لشركة كابتيريو، أدى تجنب حرق الغاز وانبعاثات هواء الديزل من هذه المشاريع إلى خفض ما يقرب من 42,000 ثاني أكسيد الكربون ما يعادل طن سنويا.

وفي حقل نفط منفصل، قامت شركة نافتوجاز المملوكة للدولة الأوكرانية بتركيب معدات جديدة لاستعادة الغاز الطبيعي الذي كان سيتم حرقه وشحنه إلى السوق باستخدام خط أنابيب قريب. أدى هذا إلى تقليل الانبعاثات بما يصل إلى 800000 ثاني أكسيد الكربون ما يعادل طن سنويا. تقدر فليرانتل أنه سيتم تسويق ما يقرب من 15 مليون قدم مكعب قياسي يوميًا من الغاز الطبيعي بدلًا من حرقه بسبب مشروع نقل الغاز إلى خطوط الأنابيب.[12]

هل الدول ستغتنم الفرصة؟

كيف سيبدو المستقبل بالنسبة للنفط والغاز؟ سيعتمد هذا على كيفية اغتنام الدول لفرصة خفض انبعاثات غاز الميثان في هذا القطاع. إن الدول التي تتبنى موجة كبيرة من التحليلات والأدوات والمعايير والممارسات والالتزامات الجديدة قادرة على الحد بسرعة من انبعاثات غاز الميثان الناجمة عن قطاع النفط والغاز. هناك فرص لتنمية طموحات الحد من انبعاثات غاز الميثان وتنفيذها.

2. التخطيط للحد من انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز

النقاط الرئيسية

- تخطط الحكومات الوطنية ودون للحد من لخفض انبعاثات غاز الميثان من خلال تحديد أهداف وغايات عالية المستوى للميثان في جميع القطاعات في خطة عمل وطنية لغاز الميثان. وقد اعتمدت عشرات الدول خطط عمل أو تعمل على تطويرها بشأن غاز الميثان.
- يمكن للبلدان التي تطور خطط عمل وطنية وتدابير خاصة بقطاعات محددة أن تتطلع إلى بلدان أخرى للحصول على أمثلة مفيدة لما يمكن إدراجه.
- يمتلك شركاء التنمية الدوليون لقطاع النفط والغاز الموارد اللازمة لتطوير خطط الحد من انبعاثات النفط والغاز، وخرائط الطريق التفصيلية، واللوائح المحددة.
- عند وضع سياسة للحد من انبعاثات غاز الميثان تغطي قطاع النفط والغاز، ينبغي لواضعي السياسات والجهات التنظيمية أن يصمموا السياسة بما يتناسب مع ظروفهم.
- تعتمد خيارات الحد من انبعاثات غاز الميثان على قطاعات الصناعة الثلاثة - مرحلة الانتاج، مرحلة النقل والتخزين، ومرحلة النقل والتكرير.

خطط العمل الوطنية لغاز الميثان

تحدد خطط العمل الوطنية لغاز الميثان طموحات على مستوى الاقتصاد للتحكم في الانبعاثات. تُعد خطة العمل الوطنية مكانًا جيدًا لتحديد أهداف وغايات عالية المستوى فيما يتعلق بغاز الميثان في جميع القطاعات، بما في ذلك النفط والغاز والفحم والنفايات والزراعة. وقد تشمل هذه الأهداف أرقامًا عالية المستوى، أو قائمة بتدابير التخفيف المحددة التي ستتخذها الحكومة، أو كليهما.

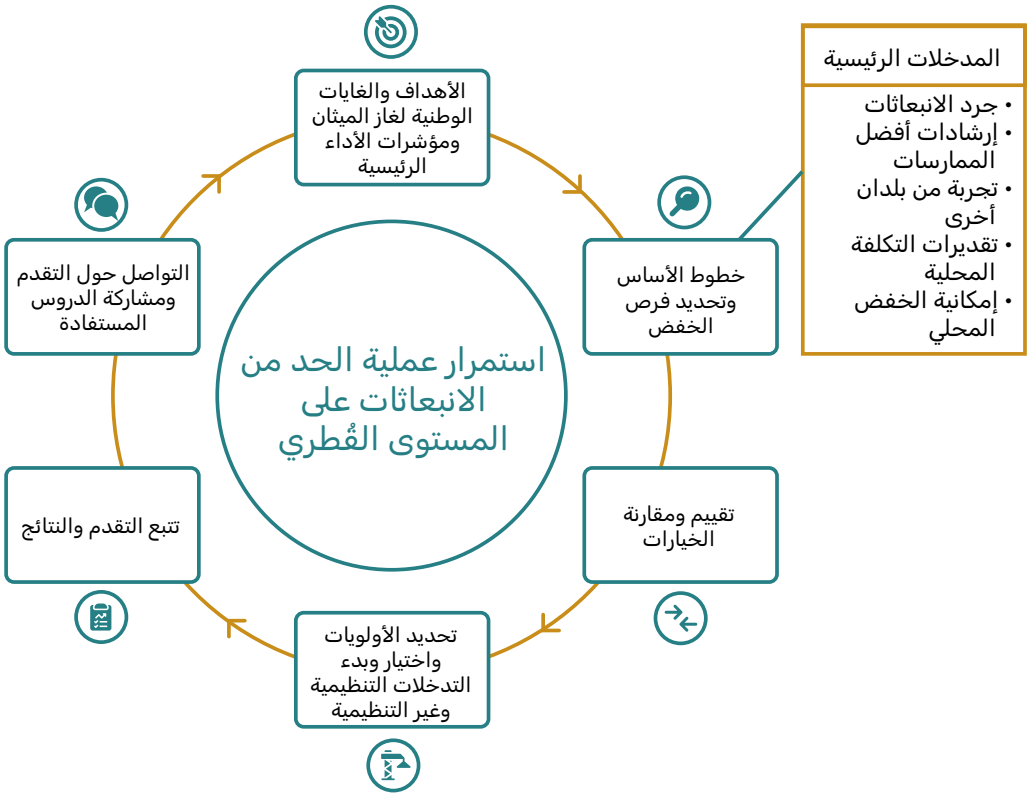
- **في غانا** تحدد خطة العمل الوطنية تدابير محددة للحد من انبعاثات غاز الميثان والملوثات الأخرى في جميع القطاعات، وذلك من أجل خفض ملوثات المناخ قصيرة العمر (2018).[13]
- في **الولايات المتحدة** خطة العمل للحد من انبعاثات الميثان (2021) تفصّل العديد من الخطوات التنظيمية وغير التنظيمية التي تتخذها الحكومة للحد من انبعاثات غاز الميثان الناتج عن النفط والغاز ومدافن النفايات ومناجم الفحم والزراعة وغيرها من الصناعات والمباني.[14]
- **في النرويج** لا تحدد خطة العمل الوطنية لغاز الميثان (2022) هدفًا

منفصلًا للميثان ولكنها تشير بدلًا من ذلك إلى أن غاز الميثان مشمول بالهدف الشامل للنرويج لخفض انبعاثات غازات الدفيئة بنسبة 55 في المائة بحلول عام 2030 و 95-90 في المائة بحلول عام 2050 (مقارنةً بمستويات عام 1990).[15]

- **في كندا** تحدد استراتيجية غاز الميثان (2022) تدابير التخفيض وبرامج الدعم للحد من انبعاثات غاز الميثان المحلية بأكثر من 35 بالمائة بحلول عام 2030 (مقارنة بعام 2020). وبالنسبة لقطاع النفط والغاز، التزمت كندا بخفض الانبعاثات بنسبة 75 بالمئة بحلول عام 2030 مقارنة بعام 2012.[16]

بينما تتابع الدول التقدم نحو تحقيق أهداف سياساتها، يمكنها مراجعة الأهداف والخطط لتعكس التعلم الجديد.

يمكن للبلدان التي تطور خطط عمل جديدة أن تتطلع إلى بلدان أخرى للحصول على أمثلة مفيدة لما يمكن تضمينه. اعتبارًا من مايو 2023، ما يقدر بنحو 50 دولة قد اعتمدت أو تعمل على خطط عمل لغاز الميثان.[17]



الشكل 2.1: استمرار عملية الحد من الانبعاثات على المستوى القُطري.

هناك موارد متاحة لمساعدة الدول في هذه العملية، بما في ذلك برنامج عمل خارطة طريق الميثان (M-RAP) التابع لتحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC).[18]

دراسة حالة: خطة عمل الميثان في فيتنام 2030

يمكن لخطة عمل الميثان أن توضح النية وتحدد عمليات تطوير خارطة طريق أكثر تفصيلًا. تحدد خطة عمل الميثان في فيتنام لعام 2030 أهدافًا للحد من إجمالي الانبعاثات بنسبة 30% كحد أدنى عن مستويات عام 2020 وذلك بحلول عام 2030، جنبًا إلى جنب مع أهداف محددة لقطاعات الزراعة والنفايات والطاقة.

تنص خطة عمل الميثان في فيتنام على أنه "يجب إجراء تخفيضات في انبعاثات الميثان على أساس تحليل التكلفة والعائد وفقًا لخارطة طريق محددة تضمن الحقوق والفوائد المشروعة لكل من الكيانات المؤسسية والفردية وتشجع الابتكارات التي تخدم التنمية الاجتماعية والاقتصادية المستدامة في فيتنام". تتضمن خارطة الطريق هذه أحكامًا تتعلق بما يلي:

- تعزيز نقل التكنولوجيا واعتمادها لدعم تركيب حلول الحد من الانبعاثات.
- إعداد الإطار التنظيمي لإدارة أرصدة الكربون الناتجة عن الحد من انبعاثات غاز الميثان ودعم بواعث الغاز للوصول إلى أسواق الكربون المحلية والدولية.

وتنص الخطة أيضًا على أن يتماشى العمل لخفض انبعاثات غاز الميثان مع السياسات الحالية، وتطلب من مسؤولي الوزارة إدراج الحد من انبعاثات غاز الميثان في استراتيجية الاستجابة لتغير المناخ، والخطة الوطنية للنمو الأخضر، والخطط الرئيسية القطاعية والإقليمية.

خطط خفض الانبعاثات في قطاع النفط والغاز

دعمًا لخطة عمل وطنية على مستوى الاقتصاد، تعمل العديد من الدول على تطوير سياسات وخرائط طريق أكثر تفصيلًا تحدد إجراءات محددة لمعالجة الانبعاثات الصادرة عن قطاع النفط والغاز. وقد طورت وكالة الطاقة الدولية خارطة طريق تنظيمية ومجموعة أدوات لمساعدة صناع السياسات من خلال تحديد الخطوات التي يمكن للحكومات اتخاذها لتصميم وتنفيذ سياسات ولوائح جديدة لغاز الميثان.[19]

ويمكن تجميعها في ثلاث مراحل واسعة: فهم الإعداد، والتصميم التنظيمي، والتنفيذ. يمكن تنفيذ هذه الخطوات بشكل متتابع أو تحدث بشكل متزامن.

فهم الإعدادات	التصميم التنظيمي	التنفيذ
1. فهم السياق القانوني والسياسي 2. وصف طبيعة صناعتك 3. تطوير نمط الانبعاثات 4. بناء القدرات التنظيمية	5. إشراك أصحاب المصلحة 6. تحديد الأهداف التنظيمية 7. اختيار تصميم السياسة المناسب 8. صياغة السياسة	9. تمكين وإنفاذ الامتثال 10. مراجعة سياستك وتحسينها بشكل دوري

الشكل 2.2: خارطة طريق الوكالة الدولية للطاقة لتصميم سياسة فعالة لغاز الميثان.[20]

تقييم تكاليف وفوائد الحد من انبعاثات غاز الميثان

عند وضع أهداف وخطط خاصة بقطاع النفط والغاز، يمكن للبلدان إعطاء الأولوية لأهم مصادر الانبعاثات أو خيارات الحد منها الأكثر فعالية من حيث التكلفة. ويعد برنامج وكالة الطاقة الدولية لتتبع الميثان العالمي نقطة انطلاق جيدة لهذه المعلومات.[21] يوفر المتتبع تقديرات وكالة الطاقة الدولية لانبعاثات غاز الميثان وخيارات الحد منها والتكاليف على أساس كل بلد على حدة. يمكن أن تساعد هذه المعلومات في تحديد المناطق التي تتمتع بأكبر قدر من إمكانات الحد من الانبعاثات، حتى بدون معلومات مفصلة على مستوى الدولة.

بمرور الوقت، يمكن للبلدان العمل على توفير معلومات خاصة بكل بلد حول مصادر الانبعاثات المحتملة وتكاليفها. تم تصميم أداة الحد من انبعاثات غاز الميثان (CoMAT) التابعة لفريق العمل المعني بالهواء النظيف لمساعدة الهيئات التنظيمية في تطوير تقديرات للانبعاثات الحالية وإمكانية الحد منها من خلال خيارات السياسة المختلفة.[22] وفي نهاية المطاف، يمكن أن يساعد منحنى تكلفة الحد من الانبعاثات الهامشية المفصل (MACC) في إظهار مكان إجراء عملية الحد من الانبعاثات يمكن إجراء التخفيضات بأقل تكلفة، وبالتالي توجيه تحديد الأولويات بين خيارات التخفيف المختلفة.

إعداد منحنى تكلفة التخفيض الهامشية

يُظهر منحنى تكلفة التخفيض الهامشية على مستوى الدولة (MACC) فرص التخفيض فيما يتعلق بالتكلفة، والتي يمكن أن تفيد الخيارات حول خيارات التخفيف التي يجب تحديد أولوياتها.

تتوفر العديد من الأدوات للمساعدة في تطوير مراكز MACC ويمكن للخبراء من منظمات مثل CATF وغيرها تقديم المشورة بشأن إنشائها بشكل صحيح.[23]

تشمل المدخلات الرئيسية في هذه العملية ما يلي:

- عادةً ما يتم التعبير عن الكمية السنوية للانبعاثات التي يتم تخفيضها حسب الفرصة، بأطنان الميثان أو انبعاثات ثاني أكسيد الكربون المكافئة.
- تقديرات التكلفة الرأسمالية.
- التكاليف السنوية المتكررة للأنشطة، بما في ذلك العمالة أو الصيانة.
- معدل خصم للمساعدة في تحديد صافي القيمة الحالية أو المؤشرات الاقتصادية الأخرى مع الأخذ في الاعتبار القيمة النسبية للإنفاق الحالي مقابل الإنفاق المستقبلي.
- الاعتبارات المتعلقة بالعمر الافتراضي للمعدات.
- قيمة التوفير في التكاليف، مثل انخفاض تكاليف الصيانة للتدخلات، بما في ذلك القيمة المحتملة للغاز الطبيعي المسترد.

قد يتغير MACC مع تطور التقنيات وتوافرها على نطاق أوسع. لا يزال يجري تطوير تقنيات مراقبة جديدة، مما قد يقلل من تكلفة العثور على الانبعاثات الشاردة وإصلاحها (*انظر الفصل 9: المراقبة*). ومع ذلك، فإن معظم اعتبارات التصميم التي تمت مناقشتها في هذا الفصل راسخة بالفعل.

ونظرًا لضرورة متابعة الحلول المتعلقة بانبعاثات غاز الميثان جنبًا إلى جنب مع خفض ثاني أكسيد الكربون، فسوف تحتاج الحكومات إلى النظر في كيفية تحديد أولويات الإجراءات المتعلقة بغاز الميثان جنبًا إلى جنب مع إجراءات التخفيف التي تستهدف انبعاثات الغازات الدفيئة (GHG) الأخرى وجهود التكيف. يمكن أن تكون التكاليف عاملًا حاسمًا في اتخاذ هذه القرارات، خاصة عندما تكون الموارد محدودة.

احتمالية الاحتباس الحراري: ما يحتاج واضعي السياسات إلى معرفته

يمكن لواضعي السياسات تقدير تأثير ظاهرة الاحتباس الحراري باستخدام إمكانات الاحتباس الحراري (GWP)، والتي تعبر عن طن من اللغازات الدفيئة المنبعثة في ثاني أكسيد الكربون مصطلحات مكافئة لتوفير مقياس واحد لإجمالي انبعاثات غازات الدفيئة (ثاني أكسيد الكربون$_2$المكافئ). أشارت الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ إلى أن "قدرة إحداث الاحتباس الحراري للميثان تتراوح بين 87-84 عند النظر في تأثيره على مدى إطار زمني مدته 20 عامًا (GWP20) وبين 36-28 عند النظر في تأثيره على مدى إطار زمني مدته 100 عام (GWP100). وبناءً على ذلك، يمكن اعتبار طن واحد من غاز الميثان يعادل من 28 إلى 36 طنًا من ثاني أكسيد الكربون$_2$ إذا نظرنا إلى تأثيرها على مدى 100 عام."[24] وبموجب اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وافقت الأطراف على استخدام نقاط الاحترار العالمي لمدة 100 عام (أو GWP100) لإعداد التقارير الوطنية وتتبع التقدم المحرز بموجب المادة 13 من اتفاق باريس، وتحدد المبادئ التوجيهية لإعداد التقارير استخدام قيم GWP100 من تقرير التقييم الخامس للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ IPCC.[25] توفر المبادئ التوجيهية للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ مقاييس متعددة يمكن للبلدان من خلالها الإبلاغ عن انبعاثات اللغازات الدفيئة. وبموجب اتفاق باريس، ستستخدم الدول GWP100 من تقرير التقييم الخامس.

تكييف سياسات غاز الميثان مع السياقات المحلية

ستكون سياسة النفط والغاز والميثان أكثر فعالية إذا تم تصميمها بما يتناسب مع الوضع المحلي للولاية القضائية، بما في ذلك السياق السياسي والتنظيمي، وطبيعة الصناعة، وحجم وموقع مصادر الانبعاثات، وأهداف سياسة الولاية القضائية.

يمكن أن يكون أحد الاعتبارات الرئيسية هو نضج قطاع النفط والغاز في البلاد: سواء كان منتجًا جديدًا، أو منتجًا حاليًا، أو منتجًا في مرحلة متأخرة.

الجدول 2.1: مقارنة نقاط البداية مقابل فرص الحد من انبعاث غاز الميثان من النفط والغاز.

نقاط انطلاق مختلفة	فرصة لتجنب غاز الميثان والحد منه في البلدان
المنتجين الجدد يمكن للبلدان التي ليس لديها إنتاج حالي أو لا يوجد بها إنتاج محدود أن تضع لوائح في وقت واحد أثناء تطوير فهمها لعمليات النفط والغاز.	اشتراط تصميم المرافق الجديدة وفقًا لمعايير انبعاثات غاز الميثان التي تقترب من الصفر - حيث يمكن أن يؤدي تنفيذ ذلك بشكل صحيح في البداية إلى تجنب عمليات التعديل التحديثي الأكثر تكلفة وتطبيق أفضل الممارسات في مرحلة التصميم.
المنتجون في المرحلة المبكرة والمتوسطة تختلف الظروف بناءً على حجم الصناعة وتعقيدها. على سبيل المثال، دولة جزيرة لديها حقل بحري واحد مقابل دول تنتج غازًا بريًا وبحريًا وتقليديًا وغير تقليدي.	ركز أولًا على أكبر البواعث (البواعث الفائقة) للحصول على أكبر قدر من التخفيضات بأقل استثمار ممكن. يمكن تصميم تحديد الأولويات مع التركيز على فعالية التكلفة.
منتجو المرحلة المتأخرة وقد تحتاج إلى استمرار الإنتاج، والآبار تقترب من التوقف عن التشغيل أو التخلي عنها.	البحث عن فرص التخفيض المستمرة للإنتاج النشط، الأمر الذي قد يتطلب الذهاب إلى أبعد من التدابير التنظيمية الأولية. يمكن للسياسات تطوير برامج لسد الآبار والتخلي عنها بشكل صحيح للحد من من انبعاثات غاز الميثان المحتملة.

هناك العديد من الاعتبارات المهمة عند وضع سياسة للحد من انبعاثات غاز الميثان في النفط والغاز.

الاعتبارات المحلية. قد تختلف تكاليف السلع أو المعدات بشكل كبير في جميع أنحاء العالم. وبالمثل، قد تخضع السلع والخدمات لمتطلبات المحتوى المحلي التي قد لا تتمتع بالقدرة التصنيعية لتقنيات محددة للحد من انبعاثات غاز الميثان.

سلاسل التوريد والخدمات اللوجستية. تعتمد العديد من الدول حاليًا لوائح ومتطلبات التحكم الخاصة بغاز الميثان. في حين أن السوق سوف يوازن في نهاية المطاف بين العرض والطلب على هذه التقنيات، فقد تكون

هناك تحديات قصيرة المدى في الحصول على قطع معدات محددة، مما قد يستلزم جداول زمنية تدريجية معقولة للضوابط الهندسية. على سبيل المثال، أشار معهد البترول الأمريكي (API) مؤخرًا إلى أوقات الطلب المتأخر لمدة عام واحد لأنظمة الهواء المضغوط و 2-1.5 عام للألواح الشمسية، وهي تقنيات مهمة للحد من انبعاثات غاز الميثان. ومع ذلك، يشير تقرير حديث صادر عن داتو للأبحاث Datu Research، استنادًا إلى مقابلات مع مقدمي التقنيات الخالية من الانبعاثات، إلى أن الموردين مجهزون جيدًا لتلبية الطلب المتوقع في الولايات المتحدة. يمكن للمنظمين التعرف على حالة سلسلة التوريد من شركات النفط المحلية و قطاع الغاز ومقدمي التكنولوجيا.

الخدمات المحلية والتدريب. بالنسبة لأنواع معينة من فرص الحد من انبعاثات غاز الميثان، سيحتاج المشغلون والمقاولون إلى التدريب على الإجراءات أو ممارسات الصيانة للحد من انبعاثات غاز الميثان بشكل فعال. يُعد توفر موظفي الصيانة محليًا والمصادر المستمرة لقطع الغيار والمواد أمرًا حيويًا للتنفيذ الفعال لخيارات التخفيض الأخرى.

القدرة على تحمل الظروف الجوية المحلية. ستؤثر الظروف الجوية المحلية، مثل درجات الحرارة القصوى أو مستويات هطول الأمطار، على معايير تصميم المعدات. قد لا تنطبق دراسات الحالة وحلول التخفيض التي تم تطويرها لعملية أو موقع واحد على عملية أو موقع آخر.

المصادر الجديدة مقابل المصادر الموجودة. قد تكون تكاليف التحكم في انبعاثات غاز الميثان في تصميم المرافق الجديدة أقل من تكاليف إعادة تأهيل المصادر الحالية لأسباب مختلفة. تتضمن بعض الأمثلة التأكد من أن حجم توليد الطاقة في الموقع يتناسب مع الحمل الكهربائي المرتبط بضواغط الهواء أو وحدات استعادة البخار أو توفر مساحة على سطح السفينة على منصة بحرية لوحدة معالجة إضافية مطلوبة للحد من انبعاثات غاز الميثان. ويمكن للمنتجين الجدد الاستفادة من الشركاء المحليين والدوليين واعتماد أفضل الممارسات التنظيمية من الأسواق الأكثر رسوخاً، والتكيف مع الظروف المحلية. وإذا تم تصميم المرافق الجديدة باستخدام أفضل تقنيات التخفيف المتاحة، فمن الممكن الوصول إلى انبعاثات غاز الميثان التي تقترب من الصفر.

موارد مفيدة

شراكة النفط والغاز والميثان: الوثائق والنماذج الإرشادية.
https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates

الشراكة البيئية: اتخاذ الإجراءات – برامج الأداء البيئي.
https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/taking-action

المبادئ التوجيهية للميثان: الموارد - أدلة أفضل الممارسات ومجموعات الأدوات.
https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides

برنامج نجم الغاز الطبيعي: التقنيات الموصى بها لخفض انبعاثات غاز الميثان.
https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-mitigation-technologies-platform

شركة إكسون موبيل: تخفيف انبعاثات غاز الميثان من صناعة النفط والغاز: الإطار التنظيمي النموذجي.
https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-Framework.pdf

المساعدة من تحالف المناخ والهواء النظيف.
https://www.ccacoalition.org/content/methane-technical-assistance

إرشادات من فرقة عمل الهواء النظيف.
/https://www.catf.us/methane/international-oil-gas

تقرير وكالة الطاقة الدولية: خفض تسرب غاز الميثان من صناعة النفط والغاز.
https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap

3. البدء في لوائح الحد من انبعاثات غاز الميثان

النقاط الرئيسية

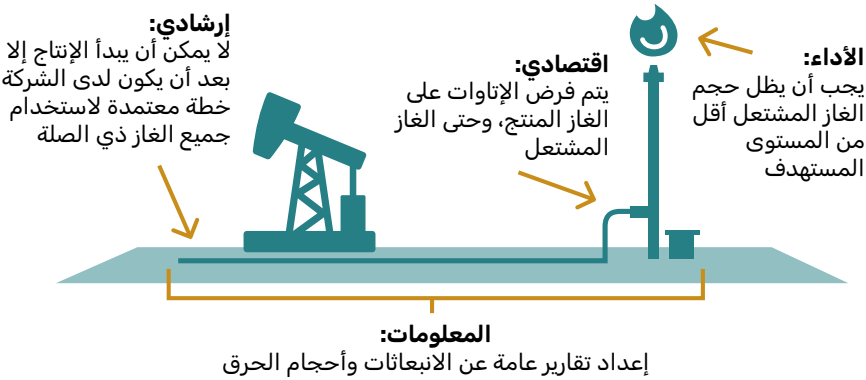
- يعد فهم التدابير التي يمكن تطبيقها للحد من انبعاثات غاز الميثان نقطة انطلاق جيدة في تطوير لوائح جديدة.
- هناك أربعة أساليب رئيسية لتنظيم غاز الميثان - التوجيهي، والأداء، والاقتصادي، والمعلوماتي. أنهم لا يستبعدون بعضهم البعض؛ ومن المرجح أن يتضمن النظام التنظيمي عناصر من مناهج متعددة.
- وسيحدد الإطار القانوني والتنظيمي الحالي الإجراءات التنظيمية الممكنة ومن لديه السلطة لتطوير سياسات جديدة.
- إن إشراك أصحاب المصلحة الرئيسيين في وضع سياسات الحد من غاز الميثان يمنحهم صوتًا في القرارات التي تؤثر عليهم ويفيد عملية صنع السياسات.
- ربما تكون الجهات الفاعلة في الصناعة قد اتخذت بالفعل إجراءات طوعية يمكن للتدابير التنظيمية البناء عليها وتعزيزها.
- إن النظر إلى اللوائح التنظيمية الحالية في الدول الأخرى يمكن أن يعطي نظرة ثاقبة للخيارات التنظيمية الأكثر فعالية. على سبيل المثال، تتضمن اللوائح الحالية عادةً متطلبات اكتشاف التسرب وإصلاحه، وقيود الحرق والتهوية، ومعايير لمعدات وعمليات محددة.

السياسات والاستراتيجيات التنظيمية المحتملة

تتمثل نقطة البداية الجيدة في وضع سياسة أو تنظيم جديد في فهم الأنواع المختلفة من الاستراتيجيات التنظيمية التي يمكن تطبيقها على الحد من انبعاثات غاز الميثان. بعد دراسة استقصائية للأنظمة الحالية المتعلقة بالنفط والغاز والميثان، قامت وكالة الطاقة الدولية بتصنيف الأساليب المختلفة التي يمكن تطبيقها على انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز.[26]

- **التدابير** التوجيهية تتطلب مباشرةً من الكيانات اتخاذ أو عدم اتخاذ إجراءات محددة أو ترتيبات. وتشمل هذه المتطلبات اكتشاف التسرب وإصلاحه (LDAR)، ومعايير المعدات، والحظر أو الوقف الاختياري.
- **مقاييس الأداء** تحدد معيار أداء إلزامي للكيانات الخاضعة للتنظيم ولكنها لا تملي كيفية تحقيق الهدف. يمكن تعيينها على نطاق واسع (على سبيل المثال، معايير الأداء على مستوى المنشأة) أو على نطاق أكثر محدودية (على سبيل المثال، معايير الأداء لكفاءة الشعلة).

- **التدابير** الاقتصادية تحفزعلى اتخاذ إجراءات من خلال فرض رسوم أو تقديم حوافز مالية لسلوكيات معينة. وتتراوح هذه التدابير بين حوافز محددة نسبيًا، مثل الضرائب على إحراق الغاز وتنفيسه أو الإعانات المباشرة لإجراءات الحد من الانبعاثات، إلى تدابير أوسع تربط خفض انبعاثات غاز الميثان بأسواق الكربون المتعددة القطاعات.
- **المقاييس**المعلوماتية تم تصميمها لتحسين حالة المعلومات حول الانبعاثات وقد تتضمن متطلبات تقوم الكيانات المنظمة بتقدير انبعاثاتها وقياسها والإبلاغ عنها إلى الهيئات العامة. هذه التقارير يمكن أن تتراوح ما بين تقارير بسيطة عن المصادر والمرافق الحالية إلى تقارير تفصيلية عن معدلات الانبعاثات والبيانات المقاسة. على سبيل المثال، يمكن أن يتضمن هذا النظام نشر قائمة أعلى لمصادر الانبعاثات أو بيانات الانبعاثات الكاملة المتاحة للاستهلاك العام. ومن الممكن أن تشكل التدابير المعلوماتية في حد ذاتها أدوات قوية للحد من الانبعاثات عندما تصبح البيانات متاحة للعامة وتواجه الشركات المساءلة العامة.



الشكل 3.1: توضيح لمختلف الأساليب التنظيمية المحتملة باستخدام مثال للغاز المصاحب.

هذه الأساليب الأربعة لا يستبعد بعضها بعضًا، ومن المرجح أن يتضمن أي نظام تنظيمي معين عناصر من مناهج متعددة. على سبيل المثال، قد تتضمن التدابير التنظيمية لبلد ما متطلبًا إلزاميًا لاكتشاف التسرب وإصلاحه (إجراء توجيهي)، وضريبة على حرق الغاز (إجراء اقتصادي)، ومعيار إعداد التقارير الذي يتطلب من الشركات الإبلاغ عن حجم الغاز المشتعل والنتيجة المحددة لكل حملة من حملات اكتشاف التسرب وإصلاحه (مقياس المعلومات).

المزايا المقارنة

في جميع أنحاء العالم، هناك العديد من الأمثلة على اللوائح المتعلقة بالنفط وغاز الميثان من كل نوع من هذه الأنواع الأربعة الرئيسية من اللوائح. عند اختيار النهج والعناصر التي سيتم استخدامها، هناك العديد من الاعتبارات المختلفة ذات الصلة اعتمادًا على الوضع المحدد في بلد ما.

سهولة التنفيذ. إن اللوائح التنظيمية التوجيهية جيدة التصميم تكون عمومًا سهلة نسبيًا بالنسبة للهيئات التنظيمية والشركات لتنفيذها لأنها لا لبس فيها، كما أن إطار الإبلاغ والامتثال يمكن أن يكون بسيطًا. لهذا السبب، فإن معظم اللوائح الحالية للحد من انبعاثات غاز الميثان هي لوائح توجيهية. قد يكون هذا الاعتبار حاسمًا بالنسبة للولايات القضائية ذات الموارد التنظيمية المحدودة. ومن ناحية أخرى، يمكن أن يكون تنفيذ الأدوات الاقتصادية أكثر صعوبة، لا سيما إذا كانت تعتمد على عوامل خارجية مثل خطة أوسع لتسعير الكربون أو إطار دولي للتعويضات.

الفعالية. قد تكون الأساليب المختلفة أكثر فعالية اعتمادًا على الظروف الوطنية المحددة. على سبيل المثال، من الممكن أن تعمل القواعد التنظيمية القائمة على المعلومات على تمكين الأدوات الاقتصادية أو القائمة على الأداء، ولكنها لا تؤدي عمومًا إلى تخفيضات في حد ذاتها.

الحاجة إلى بيانات عالية الجودة. ويعتبر نوع البيانات المطلوبة، سواء كانت الانبعاثات أو غيرها من البيانات، أحد الاعتبارات المهمة. إن الضريبة على حرق الغاز لن تؤدي إلا إلى تقليل الانبعاثات إذا تمكنت الشركات من التأكد من أن خفض حرق الغاز سيؤدي إلى خفض فاتورتها الضريبية. يمكن أن يتطلب مثل هذا البرنامج قياس أحجام الشعلات والإبلاغ عن بيانات القياس إلى الوكالة الحكومية ذات الصلة.

المرونة أو الصلابة في النظام التنظيمي. تميل الأساليب الإرشادية إلى أن تقتصر على خيارات التكنولوجيا الموجودة عند الانتهاء من اللائحة التنظيمية. في المقابل، يسمح الأداء والأساليب الاقتصادية للشركات باختيار كيفية الامتثال عندما تصبح التقنيات الجديدة متاحة.

على الرغم من أن هذه اعتبارات شائعة عند اختيار النهج التنظيمي، إلا أنه يتم أيضًا أخذ العوامل الأخرى المتعلقة بالمعايير الدولية وديناميكيات السوق والصدمات الجيوسياسية والتعقيدات المحلية ومقبولية أصحاب المصلحة في الاعتبار.

الجدول 3.1: جدول من الوكالة الدولية للطاقة بشأن النهج التنظيمية والعيوب والفوائد.[27]

النهج التنظيمي	تكاليف المعاملات	الصلابة	الشروط المسبقة	تؤخذ في الاعتبار عندما...	أمثلة
توجيهي	**منخفض** سهلة الإدارة لكل من الهيئات التنظيمية والشركات	**عالي** سيتم إجراء التغييرات الموصوفة فقط	**معتدل** معرفة انبعاثات المرافق اللازمة	لقد حددت فرص التخفيض الرئيسية	الحظر (غينيا الاستوائية[28])
على أساس الأداء أو النتيجة	**معتدل** هناك حاجة إلى الرصد والقياس والمتابعة	**منخفض** يشجع على إيجاد حلول مختلفة	**عالي** يتطلب معلومات عن خط الأساس والانبعاثات الإجمالية	لديك فهم معقول للانبعاثات وقدرات المراقبة	حدود المنشأة (البرتا، كندا[29])
اقتصادي	**عالي** يتطلب أنظمة تحقق قوية	**منخفض** تمكن استراتيجيات التخفيض الخاصة بالشركة	**معتدل** يتطلب معرفة بانبعاثات خط الأساس ومساهمات غاز الميثان ذات الصلة	يوجد نظام مراقبة وترغب في تعبئة حلول مختلفة	الإتاوات (البرازيل[30])
المبنية على المعلومات	**عالي** مطالب بجمع وتحليل ونقل المعلومات	**معتدل** يسمح بحلول أخرى في بعض الحالات	**منخفض** لا حاجة للمعلومات السابقة	أنت بحاجة إلى فهم أفضل لانبعاثات غاز الميثان وفرص خفضها	القياس والإبلاغ (ساسكاتشوان، كندا[31])

غالبًا ما يتم الجمع بين أساليب مختلفة، على سبيل المثال، وضعت فيتنام [32] لائحة تتضمن قيودًا على حرق الغاز (إرشادية)، مما يمنح الحكومة حق منح الحق في استخدام الغاز الذي سيتم حرقه مجانًا (اقتصاديًا) والمطالبة بالإبلاغ عن فقدان الغاز (مبني على المعلومات).

تقييم القوانين والمؤسسات الموجودة

قد يكون لدى بعض الدول بالفعل قوانين أو لوائح أو معايير أو سياسات أخرى تتناول أو يمكن أن تعالج مسألة خفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز. ومع ذلك، قد تختلف هذه الأطر القانونية في نوع النظم والإجراءات والمعايير القانونية لمعالجة انبعاثات الميثان. قد تحتاج بعض الدول إلى وضع لوائح جديدة لمعالجة انبعاثات غاز الميثان.

في بعض الدول، قد تكون السلطة المتأصلة لحماية الموارد الوطنية واستخدامها المفيد واسعة بشكل خاص. قد تحتاج ولايات قضائية أخرى إلى أحكام قانونية دقيقة لتوفير السلطة القانونية لمعالجة مصادر محددة لانبعاثات الميثان. قد تقوم بعض الدول بتجريب سياسات مؤقتة لتوجيه عملية تطوير هيئة قانونية لمعالجة انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز.

دراسة حالة: كيف تعمل سريلانكا على تطوير إطارها التنظيمي

تعد سريلانكا مثالًا على الكيفية التي يمكن بها للحكومة أن تطور نهجها في تنظيم تطوير النفط والغاز وكيف أنها مستعدة لدمج خفض انبعاثات غاز الميثان في سياساتها التنظيمية الحالية. يعود تاريخ التنقيب عن النفط في سريلانكا إلى الستينيات. وفي الفترة من 1960 إلى 1984، تم الحصول على كميات كبيرة من البيانات السيزمية ثنائية الأبعاد، وتم حفر سبعة آبار قبالة الساحل الشمالي الغربي. تم تجديد جهود الاستكشاف مع مشغل زلزالي نرويجي قام بتطوير بيانات زلزالية ثنائية الأبعاد عالية الجودة في عامي 2001 و 2005 في حوض مانار. ومع ذلك، خلال هذا الوقت، لم يكن من الواضح ما إذا كان لدى سريلانكا أي لوائح بيئية أو مبادئ توجيهية للعمليات النفطية. وبدلًا من هذه اللوائح، ضمنت حكومة سريلانكا (GOSL) أن يستخدم المشغلون أفضل ممارسات حقول النفط من خلال مراجعة معايير إجراءات المشغلين (SOP) والموافقة عليها.

وبتشجيع من نتائج العمليات المذكورة أعلاه، قررت حكومة سريلانكا GOSL منذ ذلك الحين سن إطار قانوني وتنظيمي جديد واعتماد مبادئ توجيهية جديدة للعمليات النفطية. ونتيجة لذلك، أصدرت أمانة تنمية الموارد البترولية (PRDS)، المنشأة بموجب قانون الموارد البترولية رقم 26 لسنة 2003، المبادئ التوجيهية للبرامج الجيوفيزيائية والجيولوجية والبيئية والجيوتقنية للعمليات البترولية في عام 2008 والمبادئ التوجيهية لبرامج الحفر البحري في عام 2011. بالإضافة إلى ذلك، أصدرت هيئة حماية البيئة البحرية، وهي الجهة المسؤولة عن تطهير العمليات البترولية بيئيًا، اللائحة رقم 1 لعام 2011 بشأن التنقيب عن الموارد الطبيعية واستغلالها في البحر بما في ذلك البترول (حماية البيئة البحرية) .

بموجب هذه الأنظمة، تم إجراء العديد من المسوحات السيزمية البحرية ثنائية وثلاثية الأبعاد، وحفر أربعة آبار بحرية، مما أدى إلى اكتشافين للغاز. في عام 2020، وافق مجلس الوزراء السريلانكي على سياسته الوطنية بشأن الغاز الطبيعي في سريلانكا لدعم عملية تسويق الغاز الطبيعي.

أصدرت حكومة سريلانكا GOSL مؤخرًا قانونًا جديدًا للموارد البترولية رقم 21 لعام 2021 وأنشأت كيانًا جديدًا لتنظيم جميع العمليات النفطية في سريلانكا، وهي هيئة تنمية البترول في سريلانكا (PDASL). لقد نشرت هيئة تنمية البترول في سريلانكا PDASL العديد من اللوائح لتحديد إجراءات الدخول إلى برامج الاستكشاف وإنشاء البيانات والترخيص. بالإضافة إلى ذلك، من المتوقع أن تقوم هيئة تنمية البترول في سريلانكا PDASL بصياغة لوائح فنية جديدة للعمليات النفطية، بما في ذلك المجالات المتعلقة بالصحة والسلامة والبيئة مع الأخذ في الاعتبار خفض انبعاثات غاز الميثان واستخدام الغاز.

تلعب الجهود دون الوطنية أيضًا دورًا رئيسيًا في إدارة الانبعاثات في بعض الولايات القضائية. وتشمل هذه اللوائح في العديد من الولايات الأمريكية، مثل كاليفورنيا ونيو مكسيكو وكولورادو، بالإضافة إلى المقاطعات الكندية، مثل ألبرتا وكولومبيا البريطانية. بالإضافة إلى ذلك، عملت المبادرات التي تركز على المناخ، مثل شبكة المدن الأربعين C40 وائتلاف الحكومات المحلية Under 2، على توحيد الكيانات دون الوطنية في جميع أنحاء العالم في معالجة انبعاثات غاز الميثان.

يمكن أن تكون إجراءات الموافقة على المشروع حاسمة لتقييم خيارات إدارة انبعاثات غاز الميثان إلى جانب الجدوى والتأثيرات والتخفيف. تتطلب بعض الولايات القضائية النظر في انبعاثات غاز الميثان المتوقعة قبل الموافقة على المشروع، على سبيل المثال، كجزء من تقييم الأثر البيئي أو خطة إدارة اللغازات الدفيئة GHG. قد تتضمن الموافقة شروطًا للتخفيف من الآثار البيئية، بما في ذلك المراقبة أو الإجراءات التشغيلية أو القيود على انبعاثات غاز الميثان.

مشاركة أصحاب المصلحة

إن مشاركة أصحاب المصلحة تمنح المجتمعات المتضررة صوتًا في القرارات وتفيد عملية صنع القرار. قد تتكون هذه العملية من إشعار عام وفرصة للتعليق وتوفير الشفافية. المشاركة الفعالة لأصحاب المصلحة يمكن أن تعزز القبول.

الشكل 3.2: أصحاب المصلحة في تنظيم خفض انبعاثات غاز الميثان.

قد تكون مجموعات المجتمع المدني والوكالات البيئية مهتمة بانبعاثات غاز الميثان كجزء من استراتيجية وطنية أو دون وطنية لخفض انبعاثات غازات الدفيئة GHG. وقد يسعون أيضًا إلى ضمان اتخاذ الخطوات اللازمة لضمان حصول المجتمعات المحرومة على فرص للمشاركة الهادفة وحمايتها في القرارات التي تؤثر عليها.

قد تكون الصناعة مهتمة بشكل خاص بالتكاليف ومساحة الابتكار مع تطور التقنيات. في كثير من الحالات، يمتلك القطاع معلومات حيوية يحتاجها الهيئات التنظيمية للتأكد من أن اللوائح مجدية وعملية. إذا قام المشغلون بتعيين نقطة اتصال، فيمكن لهؤلاء الأفراد دعم معالجة حدث انبعاث لاحق. يجب على الوكالات والمشغلين الاحتفاظ بقوائم اتصال محدثة للممثلين لضمان التواصل في الوقت المناسب وبسرعة الاستجابة.

قد تكون الوكالات الحكومية التي تدير الموارد الطبيعية أو الشؤون المالية أو تشرف على مشغلي النفط والغاز مهتمة بالغاز الطبيعي المهدر نتيجة لممارسات مثل إحراق الغاز وتنفيسه. قد تكون وكالات الطاقة مهتمة بشكل خاص بضمان وتوسيع الوصول إلى الطاقة.

الاستفادة من العمل التطوعي من قبل الصناعة

في بعض الحالات، يمكن لواضعي السياسات والجهات التنظيمية الاستفادة من مبادرات الصناعة الحالية بشأن خفض انبعاثات غاز الميثان. يمكن للبلدان التي لديها موارد أقل وقدرات أولية أقل أن تبدأ رحلة سياسات غاز الميثان من خلال العمل مع الصناعة لتعزيز الإجراءات التطوعية والتعرف على خيارات سياسات غاز الميثان وأفضل الممارسات.

تقدم جهود الصناعة المشتركة، مثل مبادرة النفط والغاز بشأن المناخ التي تهدف إلى تحقيق انبعاثات صفر من غاز الميثان، مبادئ توجيهية ومعايير وقوانين قياسية لمشاركة أفضل الممارسات وتحسين أداء الصناعة. تشمل الأمثلة الأخرى ما يلي:

- الشراكة البيئية.
- المبادئ التوجيهية للميثان.
- مبادرة النفط والغاز بشأن المناخ.
- شراكة النفط وغازالميثان 2.0.

ونظرًا للهدف المشترك المتمثل في خفض انبعاث غاز الميثان على المستوى العالمي في الأمد القريب، فإن العديد من الحكومات تدرس بكل جدية كافة الأدوات المتاحة لخفض انبعاث غاز الميثان، سواء كانت طوعية أو غير ذلك، من خلال دمجها في برامجها التنظيمية. ينبغي للحكومات أن تنظر في احتمال أن يكون لخيارات السياسة عواقب غير مقصودة على أنشطة انبعاثات غاز الميثان الطوعية.

المناهج المشتركة في اللوائح الحالية

على مدى السنوات القليلة الماضية، نفذت العديد من الدول لوائح لخفض انبعاثات غاز الميثان والتي قد توفر أمثلة عملية لولايات قضائية أخرى. وتشمل هذه الدول كندا وكولومبيا والمكسيك ونيجيريا والنرويج والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي. كما نوقش أعلاه، طورت الولايات القضائية دون الوطنية أيضًا لوائح خاصة بغاز الميثان في بعض الدول، بما في ذلك ألبرتا (كندا) وكاليفورنيا وكولورادو ونيو مكسيكو (الولايات المتحدة). يمكن أن تكون هذه الأمثلة أيضًا نقطة انطلاق جيدة لفهم الخيارات التي قد تكون فعالة.

تركز معظم لوائح الميثان الحالية على الأساليب الإرشادية أو المعلوماتية. تتضمن المخططات التنظيمية الحالية عادةً (1) متطلبات اكتشاف التسرب وإصلاحه LDAR؛ (2) قيود الحرق والتهوية؛ و (3) معايير المعدات وعمليات محددة. وتناقش هذه بالتفصيل في الفصول اللاحقة. ويتم دعم فعالية هذه المخططات التنظيمية وغيرها بدورها من خلال جرد متطور لانبعاثات غاز الميثان (وغازات الدفيئة) استنادًا إلى برنامج للرصد والإبلاغ والتحقق (MRV). الفصول المتعلقة بالمخزونات والقياس والإبلاغ والتحقق MRV تتبع مناقشة المخططات التنظيمية الثلاثة.

4. مصادرالميثان حسب قطاع سوق النفط والغاز

تمتلك قطاعات سلسلة قيمة الميثان الثلاثة معدات ومكونات وعمليات فريدة من نوعها. تختلف إجراءات التخفيض المحددة وتكاليفها بشكل كبير. على سبيل المثال، يرتبط الحرق عمومًا بأنشطة الإنتاج الأولية وهو أقل شيوعًا في القطاعات المتوسطة والنهائية. ولهذه الأسباب، يمكن للتركيبة المحددة لصناعة بلد ما أن تحدد الأولويات بين خيارات التخفيف المختلفة.

دراسة حالة: تعديل أنظمة توزيع الغاز (بنغلاديش)

بالنسبة لبنجلاديش، تعتبر قطاعات الغاز في مراحل النقل والتكرير من الأولويات. وتقوم حاليًا بتحديث نظام توزيع الغاز الخاص بها. وقد لاحظت بنجلاديش تسربات كثيرة لغاز الميثان في خطوط أنابيب توزيع الغاز القديمة. تم بناء خطوط الأنابيب هذه لأول مرة منذ عقود.

تم اكتشاف الغاز الطبيعي في عام 1962، وبعد ذلك بعامين، تم إنشاء شركة تيتاس لنقل وتوزيع الغاز (TGTDCL). بدأت شركة TGTDCL في بناء شبكة توزيع الغاز في ذلك الوقت. ولا تزال اليوم أكبر شركة لتوزيع الغاز، حيث توفر أكثر من 50 بالمائة من إجمالي إمدادات الغاز الطبيعي للمستهلكين.

برزت تسريبات الغاز الطبيعي من شبكة التوزيع بشكل حاد عندما بدأت بنغلاديش في استيراد الغاز الطبيعي المسال في أواخر عام 2018 لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة. الغاز الطبيعي المسال باهظ الثمن، وكذلك خسائر الغاز الطبيعي المسال في نظام خطوط أنابيب الغاز. في المقام الأول من أجل كفاءة الطاقة وتوفير التكاليف، قررت TGTDCL تحديث النظام.

منذ ذلك الحين، أعدت شركة TGTDCL مشروعًا لاستبدال أو تحديث شبكة الغاز القديمة الخاصة بها في مناطق شركات مدينة دكا ونارايانجانج. تضم خدمات شبكة TGTDCL حوالي 2.8 مليون مستهلك سكني.

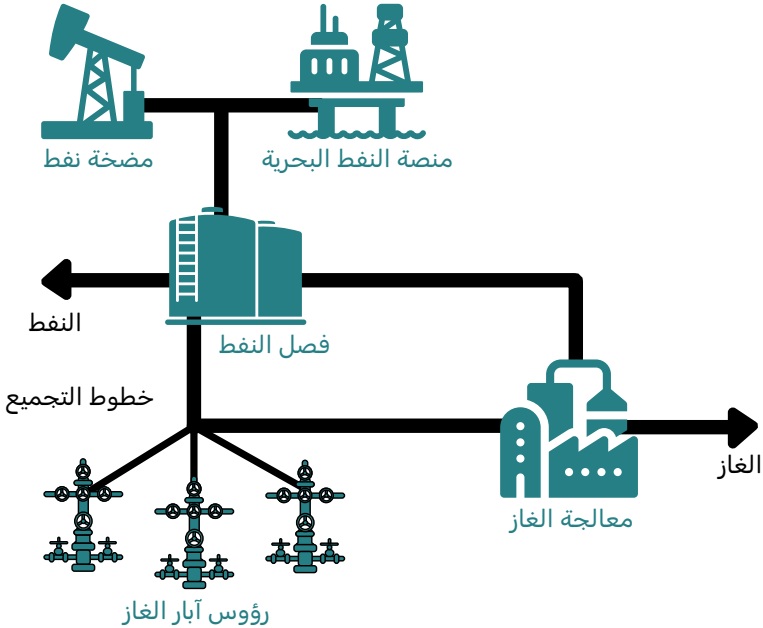
أجرت شركة TGTDCL دراسة جدوى لإنشاء أو استبدال حوالي 2750 كيلومترًا من خطوط الأنابيب وتعديل 18 محطة غاز طبيعي. والأهم من ذلك، أن المشروع سيشمل رسم خرائط نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، والتحكم الإشرافي والحصول على البيانات (SCADA)، وأنظمة تحديد العيوب في الشبكة التي تمت ترقيتها. في نهاية المطاف، ستقوم شركة TGTDCL بإدراج هذه الشبكة الحديثة ضمن نظام أتمتة قطاع الطاقة.

بالنسبة لبنجلاديش، فإن قطاع النقل والتكرير يمثل أولوية. وعلى الرغم من أن شركة TGTDCL تقوم بتحديث خطوط أنابيب الغاز الخاصة بها لتحقيق الكفاءة التشغيلية وتحسين الضمانات المالية، فإن انخفاض التسربات سيساعد في تحقيق الأهداف المناخية، والحفاظ على الموارد، وتحسين البيئة المحلية والسلامة العامة.

توضح الجداول أدناه المصادر الرئيسية لانبعاثات غاز الميثان في قطاعات التنقيب والانتاج والنقل والتخزين والتكرير. وهي تصف مصادر الانبعاثات المألوفة، وخيارات التخفيض الأولية لمعالجتها، والمقايضات المحتملة[33]

مرحلة التنقيب والإنتاج

يتكون قطاع التنقيب والإنتاج من آبار النفط والغاز (البرية والبحرية)، ومرافق فصل النفط، ومرافق معالجة الغاز، وخطوط الأنابيب المجمعة والمسافات القصيرة بين هذه المرافق.



الشكل 4.1: توضيح البنية التحتية للنفط والغاز.

الجدول 4.1: مصادر/فرص مختارة لتخفيض غاز الميثان في مجال استخراج النفط والغاز.

أجهزة التحكم والمضخات الهوائية. الأجهزة التي تستخدم الغاز الطبيعي المضغوط لإجراءات التحكم في العمليات أو ضخ السوائل عند عدم توفر الكهرباء.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
التعديلات التحديثية عالية النزف أو البدائل.[34]	استبدل أنواعًا معينة من وحدات التحكم ذات الانبعاثات العالية بخيارات تنفث كمية أقل من الغاز الطبيعي.	غير محدد.
فحص وحدات التحكم في التهوية المتقطعة.[35]	تأكد من أن وحدات التحكم في التهوية المتقطعة لا تقوم بتنفيس الغاز خارج فترات التشغيل النشطة.	يتطلب وجود برنامج اكتشاف التسرب وإصلاحه LDAR للانبعاثات الشاردة.
الاستبدال بالهواء المضغوط (يمكن استبدال أي/كل النزيف المرتفع، والنزيف المتقطع، والنزيف المنخفض، والمضخات).[36]	استبدال الغاز الطبيعي المضغوط بالهواء المضغوط.	يتطلب الوصول إلى الكهرباء أو توليدها في الموقع، وهو ما يمكن تحقيقه عن طريق الطاقة الشمسية في الموقع.

تفريغ السوائل يدويًا. تحويل البئر مؤقتًا إلى موقع منخفض الضغط لإزالة المياه المتراكمة.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
الموظفين في الموقع أثناء عملية التفريغ.[37]	يبقى المشغل في الموقع حتى يتم الانتهاء من التفريغ وإعادة البئر إلى الإنتاج.	غير محدد.

صهاريج تخزين المواد الهيدروكربونية. انبعاثات الغازات المصاحبة لانخفاض الضغط وحركة السوائل في صهاريج التخزين.[38]

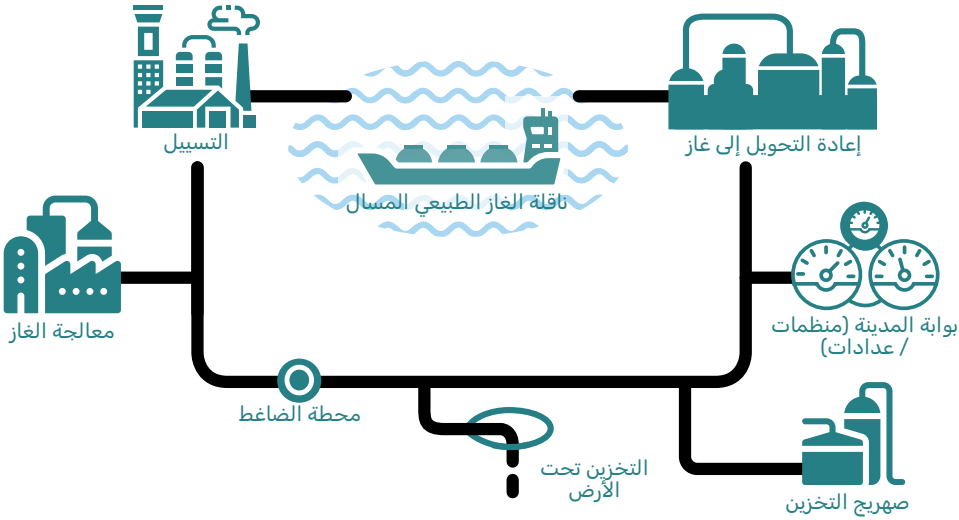
خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
الطريق إلى جهاز تحكم مثل الشعلة.	توهج بدلًا من تنفيس الغاز.	حدد المواقف التي تكون فيها هناك حاجة إلى غاز إضافي لحرق الأبخرة.
الطريق إلى نظام استعادة البخار.	التقاط الغاز للبيع أو الاستخدام المفيد في الموقع.	بعض تصميمات الخزانات غير متوافقة مع أنظمة استعادة البخار؛ عدم كفاية التصميم للتعامل مع الانبعاثات.

السدادات الرطبة لضاغط الطرد المركزي. يصبح الميثان محصورًا في أنظمة مانعة للتسرب (رطبة) قائمة على الزيت والتي يجب تطهيرها للحفاظ على وظيفة الضاغط.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
إعادة توجيه الغاز.	التقاط الغاز عن طريق استعادة البخار أو التوجيه إلى شفط الضاغط.	تحويل إلى تكنولوجيا السدادة الجافة ذات الانبعاثات المنخفضة.
التحويل إلى تقنية السدادة الجافة ذات الانبعاثات المنخفضة.	استبدال أو تصميم نظام السدادة بتكنولوجيا ذات انبعاث أقل.	إن تحويل بعض تصميمات الضواغط القديمة ليس ممكنًا.

مرحلة النقل والتخزين

يشمل قطاع مرحلة النقل والتخزين الطريق البنية التحتية للنقل، مثل خطوط الأنابيب لمسافات طويلة ومحطات الضغط المرتبطة بها، ومرافق الغاز الطبيعي المسال والناقلات، ومرافق التخزين.



الشكل 4.2: رسم توضيحي للبنية التحتية للنفط والغاز.

الجدول 4.2: مصادر/فرص مختارة لتخفيض غاز الميثان في قطاع النفط والغاز.

الأجهزة الهوائية. الأجهزة التي تستخدم الغاز المضغوط لإجراءات التحكم في العمليات أو ضخ السوائل عند عدم توفر الكهرباء.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
التعديلات التحديثية عالية النزف أو البدائل.[39]	استبدل وحدات التحكم ذات الانبعاثات العالية بوحدات التحكم التي تنفث كميات أقل من الغاز.	غير محدد.
فحص وحدات التحكم في التهوية المتقطعة.[40]	تأكد من عدم تنفيس وحدات التحكم في التهوية المتقطعة خارج فترات التشغيل النشطة.	يتطلب وجود برنامج LDAR للانبعاثات الشاردة.
الاستبدال بالهواء المضغوط (يمكن استبدال أي/كل النزيف المرتفع، والنزيف المتقطع، والنزيف المنخفض، والمضخات).[41]	استبدال الغاز الطبيعي المضغوط بالهواء المضغوط.	يتطلب الوصول إلى الكهرباء أو توليدها في الموقع، وهو ما يمكن تحقيقه عن طريق الطاقة الشمسية في الموقع.

صهاريج تخزين المواد الهيدروكربونية. انبعاثات الغازات المصاحبة لانخفاض الضغط وحركة السوائل في صهاريج التخزين.[42]

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
الطريق إلى جهاز تحكم مثل الشعلة.	حرق بدلًا من تنفيس الغاز.	حدد المواقف التي تكون فيها هناك حاجة إلى غاز إضافي لحرق الأبخرة.
الطريق إلى نظام استعادة البخار.	التقاط الغاز للبيع أو الاستخدام المفيد في الموقع.	بعض تصميمات الخزانات القديمة غير متوافقة مع أنظمة استعادة البخار.

السدادات الرطبة لضاغط الطرد المركزي. يصبح الميثان محصورًا في أنظمة مانعة للتسرب (رطبة) قائمة على الزيت والتي يجب تطهيرها للحفاظ على وظيفة الضاغط.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
إعادة توجيه الغاز.	التقاط الغاز عن طريق استعادة البخار أو التوجيه إلى شفط الضاغط.	هناك حاجة لدراسات التصميم الهندسي لضمان التشغيل الآمن.
تحويل إلى تكنولوجيا السدادة الجافة ذات الانبعاثات المنخفضة.	استبدال أو تصميم نظام السدادة بتكنولوجيا ذات انبعاث أقل.	إن تحويل بعض تصميمات الضواغط القديمة ليس ممكنًا.[43]

الضواغط الترددية - فتحة تعبئة القضيب. لا تحدث انبعاثات تعبئة القضيب عادةً حول الحلقات ولكن من خلال حشية الأنف حول علبة التعبئة، وبين أكواب التعبئة، وبين الحلقات والعمود. مع تآكل الحلقات، أو إذا كان التوافق بين حلقات تعبئة القضيب والقضيب فضفاضًا جدًا، يمكن أن يتسرب المزيد من الغاز.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
استبدال عبوات القضبان بناءً على إطار زمني محدد مسبقًا أو ساعات التشغيل.	استبدل عبوة قضيب الضاغط الترددي كل 26000 ساعة أو كل 36 شهرًا.	تضمن جدولة وقت التوقف عن العمل تلبية المحطة لمتطلبات الموثوقية والطلب، خاصة إذا كانت متصلة بمرافق عامة أو بنية تحتية حيوية.
التقاط أو إشعال أو التحكم في تنفيس الغاز.	قم بتوجيه فتحة التعبئة إلى نظام الالتقاط للاستخدام المفيد أو توجيه الشعلة لتحقيق انخفاض بنسبة 95 بالمائة على الأقل في انبعاثات الميثان.	جدولة وقت التوقف عن العمل كما هو موضح أعلاه، والقيود المحتملة على المساحة، والاضطرابات المحتملة في الأنظمة المرتبطة.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
الرصد على أساس الظروف.	استخدام بيانات المراقبة أو الاختبار المستمرة لتتبع الانبعاثات وتطوير برنامج صيانة تنبؤي.	تكاليف البدء؛ التكوين الأولي لأجهزة الاستشعار والبرامج المرتبطة بها؛ ومنحنى التعلم لنظام جديد.

انهيار خطوط أنابيب النقل بين محطات الضاغط. الانفجارات هي إطلاق الغاز من خط الأنابيب مما يؤدي إلى انخفاض ضغط النظام أو انخفاض الضغط بالكامل. وهي مطلوبة عادة للصيانة.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
التقاط الغاز المنفس.[44]	قم بتوجيه الغاز إلى الضاغط أو نظام الالتقاط للاستخدام المفيد، أو توجيهه إلى الشعلة، أو الاستفادة من وصلات الأنابيب الموجودة بين أنظمة الضغط العالي والمنخفض.[45]	تخطيط وتنسيق واسع النطاق مع التحكم في الغاز لتقليل وقت التوقف عن العمل؛ قد لا تكون بعض فرص الطريق متاحة بسبب مخاوف تتعلق بالسلامة؛ يضيف التفريغ المتواصل بنية تحتية جديدة، مما يزيد من نقاط الصيانة والتسرب.

محطة الضاغط وعداد النقل ومحطات التنظيم أو المرافق فوق الأرض. الغاز الشارد والمنفث المصاحب للمنشآت الموجودة فوق الأرض.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
اكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR بشكل دوري؛ إعادة تصميم أنظمة التنفيس أو أنظمة التصريف في حالات الطوارئ لمحاكاة أو إعادة توجيه الغاز مرة أخرى إلى النظام أثناء الاختبار؛ تثبيت المراقبة المستمرة.	إجراء برامج الفحص والصيانة الروتينية أو برامج اكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR على فترات زمنية محددة؛ تثبيت المراقبة المستمرة في محطات الضاغط؛ ودمج القدرة على عدم تنفيس الغاز أثناء اختبار السلامة لأنظمة التصريف في حالات الطوارئ.	يمكن أن تتطلب إعادة تصميم أنظمة التصريف في حالات الطوارئ استخدام رأس مال كثيف وتعطيل العمليات الأخرى؛ فعالية تكلفة أنظمة الرصد المستمر في حالة انخفاض مخاطر أحداث الانبعاثات الكبيرة؛ إن دمج البنية التحتية الجديدة سيكون له تكاليف أولية وصيانة مستمرة.

المحركات أو أجهزة الاحتراق الأخرى في الموقع (مثل المشاعل). يسمح الاحتراق غير الكامل للميثان بالانزلاق إلى غاز المداخن في الغلاف الجوي.

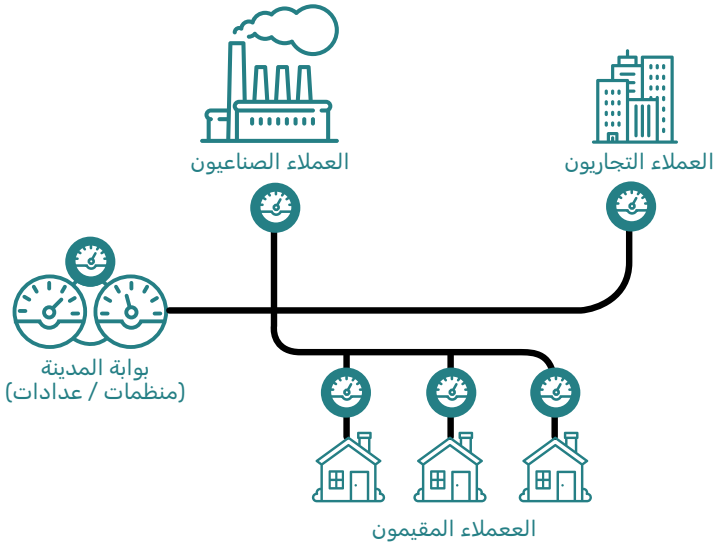
خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
برامج الضبط والصيانة الدورية؛ أنظمة مراقبة العمليات وتحسين التحكم.	برامج الصيانة الدورية للتأكد من أن المحرك أو جهاز الاحتراق يعمل حسب التصميم وحسب المواصفات. تثبيت أنظمة المراقبة والتحكم لتحقيق كفاءة الاحتراق المثلى.	مهارات جديدة لتعلم كيفية ضبط وصيانة المعدات بشكل صحيح لتحقيق كفاءة الاحتراق المثلى أو تعلم أنظمة جديدة لمراقبة العمليات والتحكم فيها.

خطوط الأنابيب. يمكن أن يحدث تسرب من خطوط أنابيب النقل من خلال فشل السلامة بسبب التآكل والأضرار غير المقصودة الناجمة عن الأحداث الجوية (مثل الانهيارات الأرضية) أو من طرف ثالث (الحفريات).

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
برنامج سلامة خطوط الأنابيب؛ برامج اكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR؛ أنظمة المراقبة المستمرة.	برامج سلامة خطوط الأنابيب مع التفتيش الداخلي والخارجي؛ مسوحات اكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR الدورية (الجوية والتجوال)؛ تركيب المراقبة المستمرة على طول خطوط الأنابيب.	تتطلب برامج النزاهة الاجتهاد والخبرة في تقييم ومعالجة التهديدات المحددة باستخدام أدوات إدارة البيانات الجيدة؛ قد تكون هناك حاجة إلى تدريب ومهارات جديدة.

مرحلة النقل والتكرير

يتكون قطاع الغاز في مرحلة النقل والتكرير في المقام الأول من شبكات التوزيع المصممة للوصول إلى المستهلكين النهائيين، سواء كانوا مقيمين أو تجاريين أو صناعيين.



الشكل 4.3: رسم توضيحي للبنية التحتية للغاز في المصب.

خطوط الأنابيب (الأنابيب والخدمات). يمكن أن تتسرب خطوط أنابيب التوزيع من خلال فشل السلامة (عادةً بسبب تآكل الفولاذ عند وصلات الحديد الزهر والتشقق الناتج عن المواد البلاستيكية غير الحديثة) أو الأضرار غير المقصودة في قطاع الحفر التي يقوم بها طرف ثالث.

الجدول 4.3: مصادر/فرص مختارة لتخفيض غاز الميثان في غاز المصب.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
برامج سلامة خطوط الأنابيب.	برامج إدارة سلامة التوزيع لتحديد التهديدات ومراقبة الأداء المستمر. استخدام المسوحات الجوية والمتنقلة وتقنيات المراقبة المستمرة لاستشعار النقاط. إعطاء الأولوية لإصلاح التسريبات الأكبر. تسريع استبدال أنظمة الأنابيب المعرضة للتسرب.	قد تستغرق عملية إعادة تأهيل واستبدال خطوط الأنابيب سنوات وتتطلب رأس مال كبير مقدمًا. سيتطلب إثبات التخفيضات إيجاد بدائل لطرق معامل الانبعاثات التقليدية - طرق جديدة لربط الانبعاثات بالتسريبات الفعلية ومدتها قبل الإصلاح. يعد تطوير منحنيات فعالية التكلفة أو تكلفة التخفيض الهامشية أمرًا بالغ الأهمية لضمان إمكانية إعطاء الأولوية لاكتشاف التسرب وإصلاحه LDAR المعزز لتحقيق أقصى قدر من التأثير.
برامج اكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR المحسنة.	تعمل برامج اكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR المحسنة على زيادة الدراسات الاستقصائية في المناطق ذات الأداء الضعيف. استخدم تحليل شجرة القرار لإيجاد التسريبات الأكبر.	تكاليف رأس المال والتشغيل. يعد تطوير منحنيات فعالية التكلفة أو تكلفة التخفيض الهامشية أمرًا بالغ الأهمية لضمان إمكانية إعطاء الأولوية لاكتشاف التسريب وإصلاحه LDAR المعزز لتحقيق أقصى قدر من التأثير.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
برامج الوقاية من الأضرار (على سبيل المثال، اتصل قبل أن تحفر 811).	تقلل هذه البرامج من مخاطر تمزق خطوط الأنابيب بسبب أنشطة الحفر من خلال الحفاظ على نظام يسهل الوصول إليه للمطورين للحصول على معلومات حول موقع خطوط الأنابيب قبل الحفر.	قد يكون من الصعب الحصول على بيانات نظم المعلومات الجغرافية لمواقع خطوط الأنابيب. يجب بناء قاعدة بيانات المعلومات. الوقت والتكلفة لبناء الوعي العام بالبرنامج.

عدادات العملاء. الانبعاثات الشاردة من المكونات المتسربة (على سبيل المثال، التركيبات السائبة) أو التنفيس من منظمات الضغط. قد تحتوي العدادات التجارية/الصناعية على أجهزة تعمل بالهواء المضغوط وقدرة أعلى على الانبعاث لأنها تعمل عند ضغوط أعلى من العدادات السكنية.

خيار التخفيض	الوصف	الاعتبارات
تعزيز الكشف عن التسرب والإصلاح المتسارع.	تعزيز اكتشاف التسرب من خلال المسوحات الجوية والمتنقلة وتركيب نقاط الاستشعار حيث يمكن استخدام تحليلات البيانات للعثور على التسريبات. قم بتسريع عملية الإصلاح أو تحديد أولوياتها بناءً على التسريبات من أنظمة الضغط العالي (إن لم تكن حساسة للسلامة).	القيود المفروضة على التمويل والقدرات البشرية. وكما هو الحال بالنسبة لخطوط الأنابيب، توجد حاجة للانتقال من عوامل الانبعاثات التقليدية إلى أساليب العوامل القائمة على التسرب لإثبات التخفيضات وتطوير ملفات تعريف أكثر دقة للانبعاثات.

خيار التخفيض	الوصف	تحديات التنفيذ المعروفة
تركيب شبكات العدادات المتطورة.	يمكن لشبكات العدادات المتقدمة استخدام تحليلات البيانات على جانب العميل من العداد للعثور على التسريبات من خلال الحالات الشاذة في معدلات الاستهلاك بالساعة.	تكاليف رأس المال والتشغيل. تكاليف التدريب والتكامل في البنية التحتية لتكنولوجيا المعلومات.
إعادة تصميم العداد لتقليل نقاط التسرب.	قد تتضمن إعادة تصميم العدادات التغيير من الإزاحة إلى العدادات الصوتية للأغراض السكنية أو إزالة نقاط التسرب حيثما أمكن ذلك.	تكاليف رأس المال والتشغيل.

5. كشف وإصلاح التسرب (LDAR)

النقاط الرئيسية

- تم تصميم برامج اكتشاف التسرب وإصلاحه (LDAR) لتحديد ومعالجة الانبعاثات غير المقصودة أو الهاربة من المعدات.
- يمكن تنفيذ متطلبات اكتشاف التسرب وإصلاحه LDAR دون توفر بيانات موسعة أو قياسات محددة لمستوى الانبعاثات الشاردة.
- تتضمن ميزات التصميم المهمة للوائح LDAR ما يلي:
  - نطاق المرافق التي سيتم تفتيشها.
  - تقنيات الكشف التي سيتم استخدامها وتحديد عتبة الكشف.
  - تواتر عمليات التفتيش.
  - متطلبات الإصلاح، بما في ذلك المواعيد النهائية.
  - إعداد التقارير وحفظ السجلات وإصدار الشهادات.
- تمت مناقشة لائحة LDAR الفيدرالية في كندا كتوضيح لميزات التصميم هذه.

الانبعاثات الشاردة، أو التسريبات، هي خسائر غير مقصودة للميثان. تحدث التسريبات عادةً عند عدة نقاط اتصال، مثل القيم، عبر سلسلة القيمة. في حين أن الانبعاثات الناجمة عن تسرب فردي قد لا تكون كبيرة، فإن معدلات انبعاث غاز الميثان الجماعية من الشوارد هي واحدة من أكبر مصادر الانبعاثات من قطاع النفط والغاز.

تتضمن برامج LDAR عمليات مسح دورية للموقع من قبل موظفين مؤهلين. في حالة اكتشاف تسربات، يتعين على المشغل إصلاح تلك التسريبات خلال فترة محددة. بالإضافة إلى ذلك، يُطلب من المشغلين عمومًا توثيق عملية LDAR وتقديم تقارير منتظمة إلى الحكومة.

لا تتطلب برامج LDAR بيانات انبعاثات غاز الميثان الأولية القوية لتعمل. يمكن للمشغلين البدء في إجراء مسوحات للكشف عن التسرب وإصلاح التسريبات، مما يؤدي إلى انخفاض غاز الميثان، حتى قبل جمع البيانات الشاملة. ومع ذلك، فإن البيانات التي يجمعها المشغلون أثناء برامج LDAR، مثل نوع وتكرار بعض التسريبات، يمكن أن تكون معلومات قيمة للمساعدة في تحديد الإجراءات المستقبلية.

مميزات لائحة LDAR

الشكل 5.1: مميزات لائحة LDAR.

تحدد العديد من اعتبارات التصميم فعالية برامج LDAR:

نطاق المرافق التي تم تفتيشها. يمكن لمتطلبات LDAR تحديد المرافق التي يجب فحصها. يمكن أن تستند الاستثناءات إلى الحجم أو الإنتاجية أو خصائص أخرى. على سبيل المثال، قد يتم استبعاد المرافق الأصغر حجمًا أو قد تكون لها متطلبات مختلفة. قد يكون تكرار المسوحات أقل بالنسبة للمرافق البعيدة جدًا. قد تتضمن برامج LDAR استثناءات للمكونات التي تم تصنيفها على أنها غير آمنة للمراقبة.

يمكن أن تحدث التسريبات في جميع أنواع المرافق، سواء كانت كبيرة أو صغيرة. قد يعالج البرنامج الذي يركز على مجموعة فرعية من مصادر الانبعاثات عددًا أقل من التسريبات ولكنه يكون أكثر فعالية من حيث التكلفة. إذا كانت اللائحة تغطي فقط مجموعة فرعية من المصادر، فإن تغطية المصادر الأكثر احتمالية للتسرب سيكون ضروريًا.

تكنولوجيا الكشف وعتبة الكشف. قد تتطلب لوائح LDAR أساليب أو تقنيات محددة لإجراء مسح المصدر. وتشمل هذه، على سبيل المثال لا الحصر، عمليات الفحص الصوتي والمرئي والشمي (الرائحة) (AVO)، والعديد من أدوات المراقبة المحمولة مثل المتشممون لطريقة EPA 21، وكاميرات

تصوير الغاز البصري (OGI). بالنسبة للأجهزة وكاميرات OGI، قد تحدد اللوائح متطلبات المعايرة والتشغيل للجهاز. يمكن أن تتضمن هذه عتبة اكتشاف محددة لحجم التسرب الذي يمكن للجهاز اكتشافه. ومع ذلك، قد لا تتطلب لوائح LDAR بالضرورة تحديد كمية التسريبات الفردية بما يتجاوز ما إذا كانت أعلى من عتبة الكشف.

تعد عمليات فحص AVO غير مكلفة حيث يتم تجميعها بين الواجبات الروتينية الأخرى في المنشأة ولا تتطلب معدات خاصة. ومع ذلك، فإن فعاليتها في اكتشاف التسربات تكون أفضل في المواقع ذات المعدات البسيطة (مثل رؤوس الآبار) ومستويات الضوضاء المنخفضة. تعد كاميرات OGI، التي تتطلب تدريبًا متخصصًا للتشغيل والاستخدام، أكثر فعالية في اكتشاف التسريبات.

هناك نقاش مستمر حول كيفية التأكد من أن لوائح LDAR تشجع الابتكار وتطوير التقنيات المتقدمة، مثل المسوحات الجوية من الطائرات أو الطائرات بدون طيار والأقمار الصناعية والمراقبة المستمرة. أنشأت بعض الولايات القضائية عمليات للمشغلين لتقديم التماس لاستخدام نهج بديل من خلال إثبات أنه يمكنهم تحقيق نفس مستوى تخفيضات الانبعاثات على الأقل مثل تقنيات الكشف المحددة في اللائحة. تشمل الخيارات المحتملة الأخرى تطوير إطار مشترك لتقييم معادلة تقنيات المراقبة الناشئة لتحديد تخفيضات الانبعاثات.

ونظرًا لعدد خيارات الكشف المختلفة وحقيقة أن التكنولوجيا تتقدم بسرعة، فقد اختارت بعض الهيئات التنظيمية دمج الأساليب المستمدة من ولايات قضائية أخرى في لوائحها التنظيمية. على سبيل المثال، تشير العديد من الولايات القضائية بالفعل إلى معيار الكشف عن الأجهزة التابع لوكالة حماية البيئة الأمريكية - طريقة وكالة حماية البيئة EPA رقم 21 . يمكن العثور على مزيد من التفاصيل حول هذه التقنيات في *الفصل 8: قوائم الجرد* و *الفصل 9: المراقبة*.

تواتر عمليات التفتيش. يؤثر تكرار عمليات التفتيش (السنوي، ربع السنوي، وما إلى ذلك) على إمكانية خفض الانبعاثات لبرنامج LDAR. تؤدي عمليات المسح المتكررة إلى اكتشاف التسريبات وإصلاحها بشكل أسرع ولكن بتكلفة إضافية. وفي مرحلة ما، يمكن أن تصل المسوحات الإضافية إلى نقطة تناقص العائدات. أحد مصادر التوجيه بشأن وتيرة المسح والقياسات هو MiQ، الذي يوفر معيارًا لإصدار شهادات انبعاثات غاز الميثان.[46]

متطلبات الإصلاح. يمكن أن تطلب لوائح LDAR من الشركات إصلاح أي تسرب تم اكتشافه أثناء عمليات المسح الدورية. يمكن أن تتطلب اللائحة جدولًا زمنيًا محددًا لهذه الإصلاحات، مثل 30 يومًا. قد تكون هناك حاجة إلى فترة أطول للإصلاحات المعقدة. يضمن الموعد النهائي للإصلاح الأقصر إصلاح

التسريبات بسرعة أكبر ولكن يمكن أن يكون لها آثار تشغيلية على المرافق. تنص بعض اللوائح على أنه إذا كان من الممكن إجراء الإصلاح دون إغلاق المنشأة، فستكون الإصلاحات مطلوبة في إطار زمني قصير، مثل 30 يومًا، ولكنها تسمح بإطار زمني أطول للإصلاحات التي تتطلب إيقاف التشغيل الكامل.

إعداد التقارير، وإصدار الشهادات، والتدقيق. قد تطلب لوائح LDAR من الشركات الاحتفاظ بسجلات لاستطلاعات الكشف عن التسرب، والتسريبات المكتشفة، وإجراءات الإصلاح. ويمكن القيام بذلك من خلال قوالب محددة أو أداة إعداد التقارير عبر الإنترنت. قد تتضمن هذه التقارير ما يلي:

- تاريخ المسح.
- نوع أداة الكشف.
- تفاصيل عن المصدر الذي تم مسحه (الموقع ونوع المنشأة).
- معلومات عن أي تسرب تم اكتشافه (نوع المكون، نوع الخدمة، إلخ).
- الإجراءات المتخذة بشأن الإصلاحات، بما في ذلك التواريخ.
- نتيجة الإصلاحات، بما في ذلك متابعة المسوحات.

تتطلب بعض اللوائح أن تكون تقارير LDAR معتمدة أو مدققة من قبل جهة خارجية. يمكن أن تساعد هذه الممارسة الجهة التنظيمية في ضمان اكتمال التقارير ودقتها، مع فرض أعباء إدارية إضافية على المشغلين.

مثال: متطلبات LDAR الفيدرالية في كندا

في عام 2018، أنشأت الحكومة الفيدرالية الكندية متطلبًا وطنيًا لـ LDAR يتضمن العديد من الميزات المذكورة أعلاه.[47]

نطاق المرافق التي تم تفتيشها. لا تنطبق لائحة كندا إلا على المرافق الكبيرة، والتي تغطي عمومًا جميع منشآت النفط والغاز في مرحلة التنقيب والإنتاج، بما في ذلك منصات الآبار ومحطات الضغط، التي تنتج أو تتعامل مع أكثر من 60.000 متر مكعب من الغاز الطبيعي سنويًا.[48] كما تستثني المادة 28(1) من اللائحة صراحةً بعض قطع المعدات من متطلبات LDAR:

القسم 28(1) لا تنطبق الأقسام من 29 إلى 36 فيما يتعلق بما يلي:

- *(أ) أحد مكونات المعدات المستخدمة في رأس البئر في موقع لا يوجد فيه رأس بئر أو معدات أخرى باستثناء خطوط أنابيب التجميع أو العداد المتصل برأس البئر؛*
- *(ب) زوج من صمامات العزل على خط أنابيب النقل في حالة عدم وجود معدات أخرى على جزء خط الأنابيب الذي يمكن عزله عن طريق إغلاق الصمامات؛ و*
- *(ج) أحد مكونات المعدات المستخدمة في منشأة النفط والغاز في مرحلة التنقيب والإنتاج والتي قد يشكل فحصها خطرًا جسيمًا على صحة الإنسان أو سلامته.*

ومن خلال تحديد المرافق أو المعدات أو الظروف المعفاة، تركز اللوائح الكندية عمليات التفتيش على مصادر التسريبات الأكثر أهمية لتحقيق تخفيضات ذات معنى. على سبيل المثال، نظرًا لأن التسربات غالبًا ما تحدث من مكونات أو معدات في منشأة ما، فإن مواقع رؤوس الآبار فقط التي تحتوي على مكونات قليلة ولا توجد بها معدات أخرى (مثل صهاريج التخزين والضواغط وما إلى ذلك) تُعفى بسبب انخفاض احتمال حدوث تسربات. وبالمثل، تم استثناء صمامات العزل الموجودة على خطوط أنابيب النقل في (ب) لأن احتمالية الانبعاث من هذه المكونات في هذه المرافق منخفضة. يغطي الاستثناء الثالث في (ج) أي حالة يمكن أن يشكل فيها التفتيش خطرًا على صحة الإنسان أو سلامته، مما يوفر قدرًا أقل من الوضوح بشأن المكان الذي سيتم تطبيقه فيه. يمكن أن تؤدي الإعفاءات إلى تقليل الأعباء الملقاة على عاتق المشغلين ولكنها قد تفوت الانبعاثات الصادرة عن بواعث الميثان الكبيرة وتزيد الأعباء على عاتق الجهة التنظيمية لمعالجة طلبات الإعفاء.

تكنولوجيا الكشف وعتبة الكشف. تتطلب كندا عمليات تفتيش قائمة على الأدوات. تحدد أداتين مؤهلتين للاستخدام: (1) أدوات المراقبة المحمولة التي تلبي بعض المواصفات التشغيلية والمعايرة و(2) أدوات OGI القادرة على تلبية متطلبات الكشف المحددة. ينص القسم 30(2) على أن أداة المراقبة المحمولة يجب أن تتوافق مع الطريقة 21 الخاصة بوكالة حماية البيئة EPA في مواصفاتها وتطبيقها ومعايرتها. بالنسبة لكاميرات OGI، تحدد اللائحة حدًا للتركيز "بحد أقصى 500 جزء في المليون [من حيث الحجم] وبمعدل تدفق لا يقل عن 60 [جرامًا/ساعة] يتسرب من فوهة يبلغ قطرها 0.635 سم". ويتضمن أيضًا متطلبات تتعلق بمسافة المشاهدة.[49]

إن طلب استخدام هذه الأدوات يمكن أن يستلزم تكاليف التدريب والمعدات ولكن يمكن اكتشاف التسربات التي قد تفوتها طرق AVO. من خلال الإشارة إلى المواصفات الحالية من جهة تنظيمية أخرى، تتجنب القاعدة الكندية الحاجة إلى تطوير معيار فني مفصل مع ضمان الاتساق بالنسبة للمشغلين

الذين يجب أن يمتثلوا لنفس المواصفات في ولاياتهم القضائية.

تسمح اللائحة الكندية للمشغلين بإنشاء برنامج LDAR بديل طالما أنه "ينتج عنه على الأكثر نفس الكمية من تلك الانبعاثات الهاربة التي قد تنجم عن" برنامج LDAR بما يتماشى مع اللائحة.[50] وتنص اللائحة أيضًا على أن البرنامج البديل يجب أن يشتمل على العناصر التالية:

(أ) التفتيش على التسريبات؛

(ب) تشغيل وصيانة ومعايرة أدوات كشف التسرب، إن وجدت؛ و

(ج) إصلاح التسريبات المكتشفة.[51]

تتيح هذه المرونة للمشغل استخدام أداة غير مدرجة بشكل مباشر ضمن اللوائح أو الفحص بترددات مختلفة. إن استخدام برنامج بديل يضع العبء على المشغل لإثبات فعالية البرنامج من خلال المستندات الداعمة التي يجب تقديمها إلى الجهة التنظيمية.

تواتر عمليات التفتيش. تحدد اللائحة الكندية الإطار الزمني لعمليات التفتيش الأولية واللاحقة:

30(3) فترة التفتيش هي كما يلي:

(أ) للفحص الأول، في أو قبل 1 مايو 2020، واليوم الذي يقع بعد 60 يومًا من اليوم الذي بدأ فيه الإنتاج في المنشأة لأول مرة؛ و

(ب) لعمليات التفتيش اللاحقة، ثلاث مرات على الأقل في السنة وبعد 60 يومًا على الأقل من الفحص السابق.

على سبيل المثال، سيُطلب من منشأة جديدة إجراء فحص LDAR في غضون 60 يومًا بعد اليوم الأول للإنتاج ثم ثلاث مرات على الأقل سنويًا في كل منشأة مع 60 يومًا على الأقل بين عمليات التفتيش. يسمح هذا التردد للمشغلين بتحديد أفضل جدول زمني للفحص عبر منشآت متعددة ضمن حدود اللائحة.

متطلبات الإصلاح. تتطلب اللائحة الكندية إصلاح التسريبات المكتشفة. يختلف الموعد النهائي للإصلاح حسب سهولة إجراء الإصلاح. عندما يكون من الممكن إجراء الإصلاح أثناء تشغيل المكون، يجب على المشغل إجراء الإصلاح خلال 30 يومًا:

32 (1) يجب إصلاح التسرب من أحد مكونات المعدات الذي تم اكتشافه، سواء نتيجة الفحص أو غير ذلك.

(أ) إذا كان من الممكن إجراء الإصلاح أثناء تشغيل مكون المعدات، في غضون 30 يومًا بعد اليوم الذي تم اكتشافه فيه.

ومع ذلك، إذا كان الإصلاح يتطلب إيقاف التشغيل، فيمكن تنفيذ الإصلاح أثناء

إيقاف التشغيل المخطط التالي:

32(1) (تابع)

(ب) في أي حالة أخرى، خلال الفترة التي تسبق نهاية عملية الإغلاق المخطط لها التالية ما لم يتم تمديد تلك الفترة بموجب المادة 33.

وتنص اللائحة أيضًا على أن الموعد النهائي لإجراء عملية الإغلاق المخطط لها التالية يعتمد على الحجم النسبي للتسرب مقارنة بالانبعاثات التي ستنبعث في عملية الإصلاح:

(2) يجب جدولة عملية الإغلاق المخطط لها التالية في موعد لا يتجاوز التاريخ الذي يتم فيه تحديد الحجم المقدر للغاز الهيدروكربوني، معبرًا عنه بالمتر القياسي المكعب والتي تبدأ من اليوم الذي تم فيه اكتشاف التسرب، إذا لم يتم إجراء أي إصلاحات، فإن الانبعاثات من مكون المعدات المتسرب المعني ومن جميع مكونات المعدات الأخرى التي تتسرب أيضًا اعتبارًا من ذلك اليوم تساوي حجم الغاز الهيدروكربوني، معبرًا عنها بالمتر القياسي المكعب التي قد تنبعث نتيجة لتطهير الغاز الهيدروكربوني من مكونات المعدات لإصلاحها.

بمعنى آخر، نظرًا لأن إيقاف تشغيل المكونات وإصلاحها قد يتطلب تنفيس الغاز داخل المكون، فيجب جدولة الإصلاح قبل أن تتجاوز الانبعاثات التراكمية الناتجة عن التسرب الانبعاثات المتوقعة التي قد يسببها إيقاف التشغيل.[52] ويتيح هذا النهج مرونة للشركات في تحديد موعد للإصلاح مع توفير حدود لضمان عدم استمرار التسرب إلى أجل غير مسمى .

إعداد التقارير، وإصدار الشهادات، والتدقيق. تتطلب اللائحة الكندية من المشغلين إنشاء السجلات والمستندات الداعمة والاحتفاظ بها، بما في ذلك:

- كل معايرة لأدوات التفتيش.
- تاريخ عمليات التفتيش.
- نوع وموقع المعدات مع إحداثيات نظام تحديد المواقع العالمي GPS.
- نوع الأداة المستخدمة.
- في حالة OGI، تم تسجيل الصور مع مؤشرات مدمجة للبيانات والوقت.
- التسريبات التي تم اكتشافها وتوثيق الخطوات المتخذة لإصلاح التسريبات.[53]

تشترط كندا إنشاء هذه السجلات في غضون 30 يومًا بعد توفر المعلومات

والاحتفاظ بهذه السجلات لمدة خمس سنوات.[54] وتتطلب اللائحة تقديمها في غضون 60 يومًا عند الطلب.[55] هذا النهج يقلل من العبء الإداري المستمر على الجهة التنظيمية من تلقي التقارير ومراجعتها مع توفير آلية للمسؤولين الحكوميين للحصول على المعلومات للمراجعة حسب الحاجة. قد يؤدي عدم الامتثال لتقارير هذه اللائحة أو غيرها من الأحكام إلى تعريض المشغل لعقوبات مالية.

لمعرفة المزيد عن آليات الامتثال، راجع *الفصل 10: ضمان الامتثال*.

6. الإحراق والتنفيس

النقاط الرئيسية

- تعد معالجة حرق الغاز الطبيعي وتنفيسه إحدى الطرق الرئيسية التي يمكن للهيئات التنظيمية من خلالها الحد من انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز.
- إن تقنيات تقليل أو القضاء على عمليات الحرق والتنفيس الروتينية معروفة جيدًا، ويمكن نشرها في ظل البنية التحتية المناسبة.
- وقد اعتمد عدد من الدول لوائح لخفض حرق وتنفيس الغاز. تتضمن لوائح الحرق والتنفيس بشكل عام العديد من السمات الرئيسية، التي يناقشها هذا الفصل بمزيد من التفصيل.
- وقد أصدرت كولومبيا وكازاخستان مؤخرًا لوائح جديدة لخفض إحراق الغاز وتنفيسه. ينظر هذا القسم إلى نصوص لوائحها كمصدر لرؤية ثاقبة حول كيفية قيام الهيئات التنظيمية الأخرى بصياغة لوائحها الخاصة بحرق وتنفيس الغاز.

الحرق يتم التحكم فيه من خلال حرق الغاز الطبيعي لأسباب تشغيلية أو تتعلق بالسلامة أوأسباب اقتصادية. **التنفيس** هو الإطلاق المتعمد للغاز الطبيعي في الغلاف الجوي. من منظور انبعاثات اللغازات الدفيئة، يعد حرق الغاز أفضل من التنفيس لأنه يؤدي إلى حرق غاز الميثان وتحويله إلى ثاني أكسيد الكربون بدلًا من إطلاق غاز الميثان مباشرة - الذي له قدرة أعلى على الاحتباس الحراري - في الغلاف الجوي.

يركز هذا الفصل على الحالات التي يتم فيها حرق الغاز الطبيعي أو تنفيسه عمدًا لأسباب تشغيلية أو تتعلق بالسلامة أو اقتصادية. لاحظ أن التنفيس الناتج عن التشغيل المنتظم للمعدات أو الصيانة أو العمليات الأخرى مشمول في قسم معايير المعدات في *الفصل7: معايير المعدات والعمليات.*

يعد الحرق والتنفيس إهدارًا لموارد الطاقة ومصدرًا لانبعاثات الغازات الدفيئة في قطاع النفط والغاز. أنها تساهم في مستويات تلوث الهواء المحلي أيضًا. يُطلق الغاز المشتعل ثاني أكسيد الكربون$_{CO2}$والكربون الأسود (السخام) وكمية معينة من غاز الميثان غير المحترق. وحتى أفضل الشعلات أداءً لا تحقق كفاءة تدمير بنسبة 100% (بعض الافتراضات تصل إلى 98%؛ وتقدر وكالة الطاقة الدولية أن كفاءة التدمير النموذجية تبلغ 92%)، والعديد منها يحقق كفاءات أقل بكثير.

مميزات لوائح الحرق والتنفيس

تعتبر قيود الحرق والتنفيس شائعة نسبيًا. في الآونة الأخيرة، اتخذت بعض الولايات القضائية خطوات لتوسيع أو تعزيز القوانين التي تهدف إلى الحد من حرق الغاز والتنفيس، بما في ذلك كولومبيا ونيجيريا وكازاخستان. واعتمدت بلدان أخرى لوائح تحظر إلى حد كبير حرق الغاز الروتيني، بما في ذلك هولندا والنرويج وولاية نيو مكسيكو الأمريكية.

توجد خيارات تنظيمية مجربة ومختبرة أمام الجهات التنظيمية للحد من أو منع الحرق أو التنفيس الروتيني، خاصة بالنسبة للغاز المصاحب الناتج عن إنتاج النفط. وهي تشمل:

عندما يكون هناك حاجة إلى تصريح. تتطلب بعض الولايات القضائية أن يحصل المشغلون على تصريح أو ترخيص لإشعال الغاز. في حالة وقوع حدث غير مخطط له، قد تتطلب اللائحة من المشغلين تقديم تقرير بعد وقوعه. يوفر شرط الترخيص فرصة للولاية القضائية لجمع المعلومات حول عمليات الحرق والتنفيس التي تحدث، والتي يمكن أن تساعدها في فهم مستويات الانبعاثات الإجمالية. يمكن أخذ تكاليف الالتزام بحدود الحرق بعين الاعتبار في عملية الموافقة على التصريح.

الاستثناءات من حظر الحرق والتنفيس. غالبًا ما يُسمح بالحرق لأغراض السلامة أو لحماية صحة الإنسان. وتسمح بعض الدول باستثناءات من حظر حرق الغاز عندما يكون حرق الغاز غير مبرر اقتصاديًا، أو باهظ التكلفة، أو عندما تكون تكلفة استخدام الغاز أكبر من القيمة المستلمة. وقد نصت بعض الولايات القضائية على أن الافتقار إلى البنية التحتية المتاحة لخطوط الأنابيب لا يبرر إحراق الغاز. عند تحديد الاستثناءات المسموح بها، قد تقوم الحكومات بموازنة التكاليف التي ستتحملها الصناعة مقابل تقليل الانبعاثات وتجنب إهدار الغاز الطبيعي. وقد يكون التأثير على عائدات النفط أحد الاعتبارات أيضًا.

تقليل الحرق بمرور الوقت. الشراكة العالمية لخفض حرق الغاز التابعة للبنك الدولي (GGFR)[56] تؤمن التزامات عالمية من الحكومات والشركات لإنهاء حرق الغاز الروتيني. وقد وقعت بعض الدول والشركات على مبادرة صفر حرق روتيني بحلول عام 2030.[57] وقد أدرجت بعض الدول هذا الهدف أو تاريخًا مستهدفًا سابقًا، مثل عام 2025، في لوائحها التنظيمية.

كفاءة الشعلة. ليس كل الغاز الطبيعي الذي يتم حرقه سيتم حرقه بالكامل. قد لا تعمل بعض المشاعل بشكل صحيح وتعمل بكفاءة أقل من معايير الصناعة.[58] قد تنطفئ بعض ألسنة المشاعل (وتسمى أيضًا المشاعل الدليلية أو الأضواء التجريبية)، مما يؤدي إلى انبعاث غاز الميثان. يُعد تحسين

كفاءة الشعلة أحد المجالات البحثية الهامة لتطوير التكنولوجيا والحد من الانبعاثات.[59]

لدى بعض الدول لوائح تحدد معايير التصميم أو ظروف التشغيل لمعدات الشعلة لضمان الحد الأدنى من مستويات كفاءة التدمير للشعلات.[60]

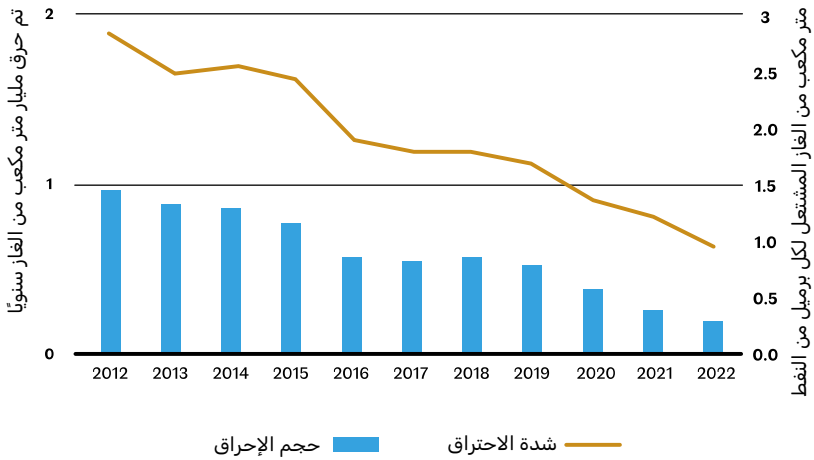
الإتاوات والجزاءات والحوافز الاقتصادية الأخرى. يمكن أن تتضمن لوائح الحرق والتنفيس عنصرًا توجيهيًا، مثل الحظر أو شرط الترخيص، وعنصرًا اقتصاديًا، مثل رسوم الإتاوات. من السهل نسبيًا قياس الحرق ومعايرته (*انظر الفصل 9: المراقبة*) لذلك تكون الحوافز الاقتصادية أكثر قابلية للتطبيق فيما يتعلق بحرق الغازات مقارنةً بالانبعاثات الشاردة (أو التنفيس). يمكن أن توفر إتاوة أو ضريبة إحراق الغاز حافزًا نقديًا للشركات لخفض حرقها. يمكن فرض هذه الرسوم على جميع الكميات المشتعلة أو الكميات التي تزيد عن الحد الأدنى. يمكن لهذه التدابير أن تتأثر بمعدل الإتاوة والبنية التحتية وأسعار الغاز والطلب.

القياس والإبلاغ. تطلب العديد من الحكومات من المشغلين الإبلاغ عن كميات الغاز المشتعل أو المتنفس. في بعض الحالات، يلزم القياس المباشر للكميات المشتعلة، بينما في حالات أخرى، يتم تقدير الكميات باستخدام نسبة الغاز إلى النفط وحجم إنتاج النفط.

حوافز لزيادة استخدام الغاز. وقد طورت بعض الدول حوافز للمساعدة في إنشاء سوق محلية أو غيرها من فرص الاستخدام المحتملة للغاز الذي كان من الممكن حرقه. تطلب بعض الدول من المشغلين تطوير خطط لاستخدام الغاز وتقديم استثمارات مباشرة في البنية التحتية لاستخدام الغاز أو حوافز أخرى لتشجيع استخدام الغاز. ويعمل مشروع حديث في أنجولا على إعادة توجيه الغاز الذي كان سيتم حرقه إلى صادرات الغاز الطبيعي المسال.[61]

مثال: القيود المفروضة على الحرق والتنفيس في كولومبيا

لقد نجحت كولومبيا في خفض حرق الغاز بشكل كبير من خلال اللوائح والجهود التي تبذلها المؤسسة الوطنية للنفط، إيكوبترول. بين عامي 2012 و 2022، خفضت كولومبيا أحجامها المطلقة من غاز الشعلة بنسبة 75 في المائة، في حين انخفض الإنتاج بنحو 20 في المائة. وخلال الفترة نفسها، انخفضت كثافة حرق الغاز (متر مكعب من الغاز المحترق لكل برميل من النفط المنتج) بنحو 65%، مما جعل كولومبيا واحدة من أفضل الدول أداءً في الحد من حرق الغاز على مستوى العالم، إلى جانب النرويج وكندا والبرازيل.



الشكل 6.1: أحجام حرق الغاز وكثافته في كولومبيا، 2012-2022.[62]

تشمل لوائح الغاز الطبيعي المرتبطة بكولومبيا ما يلي:

- إنفاذ إجراءات الحرق والتنفيس من قبل الجهات التنظيمية، والوكالة الوطنية للمحروقات (ANH)، ووزارة المناجم والطاقة (MME).
- المدفوعات المالية من قبل المشغلين إلى الحكومة بشأن الحرق والتنفيس.
- تشجيع سوق الغاز المحلية التنافسية من خلال الوصول المفتوح وغير التمييزي إلى البنية التحتية للغاز.

وينص قرار كولومبيا التاريخي رقم 40066، الذي تم اعتماده في عام 2022، على ما يلي:

- التنفيس محظور في كل من الاستكشاف والإنتاج، مع استثناءات أثناء حالات الطوارئ أو الصيانة.
- تتطلب جميع أعمال الحرق الحصول على تصريح مسبق من الجهة التنظيمية، والذي يجب تضمينه في التصريح السنوي.
- بشكل عام، لا يُسمح بحرق الغاز، مع استثناءات محدودة، تشمل أسباب تتعلق بالسلامة والصيانة المخططة وعدم الجدوى الاقتصادية.
- يجب تقدير إحراق الغاز الناتج عن الأحداث غير المخطط لها مسبقًا استنادًا إلى العام السابق ويخضع للتخلص التدريجي على مدى خمس سنوات.

- يجب على المشغلين دفع إتاوات على الغاز المشتعل أو المتنفس أو الغاز المهدر ما لم يتم الحصول على تصريح بذلك.[63]

يتناول القرار 40066 السمات الرئيسية للوائح التنفيس والحرق:

عندما يكون هناك حاجة إلى تصريح. يحظر القرار 40066 التنفيس المتعمد للغاز المصاحب ويتطلب تجميعه للاستخدام أو توجيهه إلى الشعلة حيث تمنع الظروف الفنية أو الاقتصادية الاستخدام. يتضمن هذا الحكم استثناءات محدودة دون الحصول على إذن مسبق. يتعين على المشغل إبلاغ الجهة التنظيمية خلال 24 ساعة من حدوث الانبعاثات.

القرار 40066 يحظر على المشغلين حرق الغاز الطبيعي دون الحصول على تصريح وتصريح حرق صادر من ANH. مطلوب تصريح سنوي.

للحصول على تصريح حرق الغاز السنوي، يجب على المشغلين تقديم طلب قبل 30 يومًا على الأقل من بدء العمليات أو انتهاء التصريح الحالي، مع معلومات عن مستويات حرق الغاز المتوقعة لكل من هذه الأسباب، والمبرر، والمعلومات الداعمة. لحرق الغاز لأنه غير مجدٍ اقتصاديًا، يجب على المشغل إثبات أنه لا يمكن تسويق الغاز المصاحب تجاريًا.

المادة 18 تحدد ما يجب على المشغل تقديمه للحصول على التصريح السنوي:

[مقتطف من المادة 18:]

1. *أسباب ومبررات إحراق الغاز الطبيعي.*
2. *يتم تحديد الحد الأقصى لحجم الغاز الطبيعي الذي سيتم حرقه وفقًا للمادة 17 من هذا القرار.*
3. *الحجم المقدر للغاز الذي سيتم حرقه لأسباب تتعلق بالسلامة، مدعومًا بالحسابات أو القيم التي يحددها المورد.*
4. *الحجم المقدر للغاز الطبيعي غير المجدي اقتصاديًا مدعمًا بالدراسة الفنية والاقتصادية الخاصة به.*
5. *الحجم المقدر للأحداث المخططة للغاز المدعومة بموجب خطة الصيانة.*
6. *في حالة عرض حجم الغاز الناتج عن أحداث غير مخطط لها، يجب تبريرها حسب الأصول من خلال تقديم خطة التحسين التشغيلي.*
7. *الحجم المقدر للغاز الناتج عن التنفيس المتعمد الذي تم جمعه من أجل الحرق مدعومًا بالحسابات ذات الصلة.*
8. *البدائل والدعم لتنفيذ استخدام الغاز، عند الاقتضاء.*[64]

بالإضافة إلى ذلك، يلزم الحصول على تصريح حرق في حالة خاصة للأحداث غير المدرجة في التصريح السنوي والناتجة عن إدارة الغاز أو لأسباب لا تعزى إلى الممارسات التشغيلية. إذا لم يتم تقديم التصريح، فيجب على المشغل تقديم الإخطار خلال 24 ساعة. يجب على الوكالة الوطنية للمحروقات ANH اتخاذ قرار بشأن كل طلب تصريح خلال 30 يومًا من استلامه. قد تطلب ANH أيضًا معلومات إضافية لتقييم طلب التصريح خلال 7 أيام من استلامه.

الاستثناءات من حظر الحرق والتنفيس. يقدم القرار 40066 (المادة 34) ثلاثة استثناءات لحظر التنفيس.

1. قد يحدث التنفيس في حالات الطوارئ، ويجب إبلاغ ANH خلال 24 ساعة من انتهاء حالة الطوارئ.
2. قد يحدث التنفيس فيما يتعلق ببرنامج الصيانة الوقائية للمنشأة، ويجب إخطار ANH خلال 24 ساعة.
3. عندما يكون حجم الغاز أقل من الحجم اللازم للحفاظ على احتراق ضوء الشعلة.

يمكن منح تراخيص حرق الغاز في الحالات التالية:

- أسباب تتعلق بالسلامة.
- يخضع الحرق الروتيني للقيود الواردة في اللائحة (على سبيل المثال، العمليات التجريبية).
- عندما لا يكون الاستيلاء مجديًا اقتصاديًا (مع إثبات المبررات).
- عملية الحرق المتعلقة بأحداث الصيانة المخطط لها.
- الغاز المتجمع والذي كان من الممكن أن يتم تنفيسه عمدًا.
- الأحداث غير المخطط لها والتي لها ما يبررها على النحو الواجب.

يجب على المشغلين تقديم الوثائق الداعمة لتبرير الحرق. وينص القرار على أنه سيتم منح ترخيص الحرق عندما يتم تجميع الغاز والذي كان سيتم تنفيسه لولا ذلك. وهذا يلغي الحافز لتنفيس الغاز بدلًا من الحصول على تصريح حرق الغاز.

تقليل الحرق بمرور الوقت. يتضمن القرار 40066 حسابًا للحجم الأقصى للغاز الذي يمكن حرقه، وهو في الأساس مجموع تقديرات الحرق المصرح به بموجب كل من الاستثناءات المذكورة أعلاه. ومع ذلك، يجب أن ينخفض الحد الأقصى المسموح به بسبب الأحداث غير المخطط لها بنسبة 20 بالمائة كل عام على مدى خمس سنوات، حتى يصل إلى الصفر في السنة الخامسة. ينطبق هذا التخلص التدريجي فقط على تلك الفئة المحددة من حرق الغاز

(الأحداث غير المخطط لها) ولا ينطبق على الحالات التي لا يكون فيها الاحتجاز مجديًا اقتصاديًا أو على الحالات المحدودة التي يُسمح فيها بالحرق الروتيني.

كفاءة الشعلة. يتطلب القرار 40066 (المادة 22) من المشغلين التحقق سنويًا من أن كل شعلة قد تم فحصها وأنها تعمل ضمن النطاقات المقبولة. يمكن للمشغل إجراء التحقق بنفسه، بشرط أن يكون لديه المعدات والقدرات التقنية اللازمة. ويجب أيضًا تركيب معدات المراقبة للتأكد من أن الشعلة تعمل بشكل صحيح:

[مقتطف من المادة 22:]

ولهذا سيتم استخدام أفضل التقنيات المتاحة لمراقبة اللهب، مثل كاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء لتحديد الدخان الناتج عن احتراق الهيدروكربونات السائلة أو طائرات بدون طيار لقياس الانبعاثات للتحقق من حالة نظام الإشعال للطيارين أو المعدات المماثلة.[65]

إذا تم العثور على مسائل أو مشكلات، فيجب على المشغل (1) إجراء الإصلاحات في أسرع وقت ممكن، على ألا تتجاوز 6 أشهر بأي حال من الأحوال، و (2) إبلاغ الهيئة التنظيمية بالحالة.

الإتاوات والجزاءات والحوافز الاقتصادية الأخرى. أنشأ القرار 40066 والقرارات السابقة له حافزين ماليين للمشغلين لتحفيزهم على عدم حرق أكثر من المسموح به بموجب تصريحهم:

- **الإتاوات.** تنص المادة 18 على أن الإتاوات ستكون مستحقة على أي حرق يتجاوز الحجم المسموح به في تصريح الحرق. وبالتالي، فإن أي مبلغ يبلغون عنه يتجاوز التصريح سيكون خاضعًا تلقائيًا لدفعات الإتاوات.
- **عقوبة إدارية.** وبموجب القرار 40066 وقانون النفط لعام 1953، فإن عقوبة المخالفات (إحراق أكثر من المسموح به بموجب التصريح) ستكون 5000 دولار.

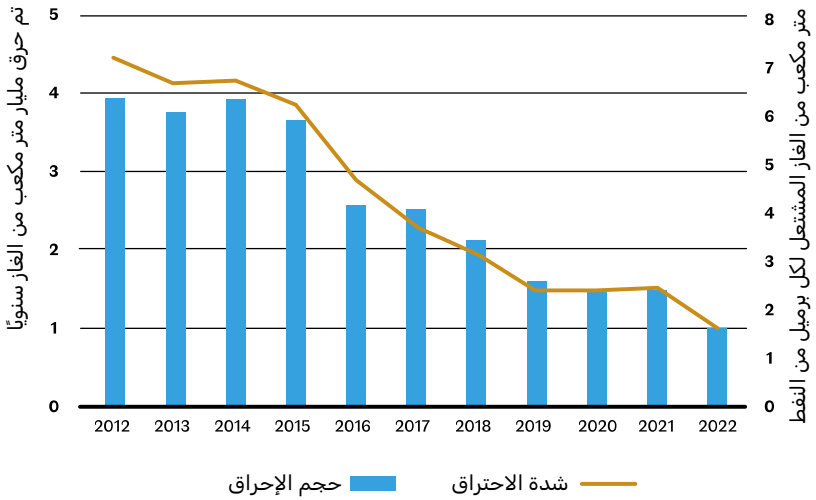
القياس وإعداد التقارير. يتطلب القرار 40066 قياس الكميات المشتعلة وإعداد تقارير شهرية عنها ويوفر تنسيق التقارير:

المادة 24. قياس وتقرير حجم حرق الغاز الطبيعي. يجب قياس جميع أحجام حرق الغاز الطبيعي والإبلاغ عنها من قبل المشغّل على أساس شهري إلى [ANH] من خلال [نموذج الإبلاغ] المرفق أو الذي يعمل على هذا النحو.[66]

يتطلب القرار 40066 أيضًا إبلاغ السلطات بالغاز المنفوخ عمدًا، مع تقديم مبرر. ومع ذلك، فإنه لا يتطلب القياس. بدلًا من ذلك، فإنه يحدد أنه يجب تحديد الكميات والإبلاغ عنها باتباع قوالب وإجراءات تقارير الإنتاج.

مثال: الانتفاع بالغاز المصاحب في كازاخستان

تُعد كازاخستان مثالًا على كيفية قيام دولة ما بتقليل حرق الغاز من خلال تشجيع الانتفاع بالغاز المصاحب. لقد انخفض حرق الغاز في كازاخستان بشكل ملحوظ خلال العقد الماضي، كما هو موضح أدناه:



الشكل 6.2: أحجام حرق الغاز وكثافته في كازاخستان، 2012-2022.[67]

حوافز لزيادة الانتفاع بالغاز. مثل العديد من الدول، حظرت كازاخستان إحراق الغاز وتنفيسه، مع مراعاة بعض الاستثناءات، بما في ذلك حماية صحة الإنسان وسلامته.[68] وبالتوازي مع ذلك، شجعت كازاخستان منتجي النفط على الانتفاع بالغاز المصاحب أو تسويقه.

في كازاخستان، تعتبر الموارد النفطية - بما في ذلك الغاز المصاحب - ملكًا للدولة.[69] توفر ملكية الدولة حافزًا قويًا للحكومة لضمان استخدام الموارد بشكل منتج وعدم إهدارها.

يتطلب قانون النفط في كازاخستان من المشغلين وضع خطة للانتفاع بالغاز المصاحب قبل الحصول على إذن لبناء أي مشاريع جديدة لحقول النفط.

ويجب أن توافق الجهة التنظيمية على هذه الخطط قبل الحصول على تصريح المشروع، ويجب تحديثها كل ثلاث سنوات. كما يجب على المشغل تقديم تقرير سنوي عن تنفيذ خطة الانتفاع بالغاز.[70]

يوفر قانون كازاخستان أربعة خيارات لاستخدام الغاز المصاحب:

1. قد يتم حرق الغاز إذا كان مؤهلًا لأحد الاستثناءات (على سبيل المثال، الحرق في حالات الطوارئ لحماية صحة الإنسان وسلامته، أو الحرق أثناء الاختبار، وما إلى ذلك).
2. يمكن استخدام الغاز للأغراض المباشرة للمشغل، مثل حرقه للحصول على الطاقة في الموقع.
3. قد يتم بيع الغاز لمستخدم آخر لمعالجته وتسويقه.
4. إذا كانت معالجة الغاز الخام غير اقتصادية، فمن الممكن إعادة حقن الغاز في خزان تحت الأرض لتخزينه أو للحفاظ على ضغط الخزان.[71]

يجب على المشغل تقديم خطة الالتقاط والانتفاع بالغاز (التي لا تتضمن التنفيس والحرق الروتيني) حتى تتم الموافقة على المشروع الجديد. ويمكّن القانون الجهة التنظيمية من العمل مع مشغلي المرافق الحاليين لوضع أهداف تقدمية للاستحواذ والانتفاع على أساس الجدوى الاقتصادية.

قد يساعد شرط الاستخدام في إنشاء سوق محلية للغاز المصاحب وتقديم حوافز لتركيب البنية التحتية اللازمة. نظرًا لأن الشركات مطالبة بالبحث بنشاط عن فرص الانتفاع، فإن هذا يخلق فرصة عمل للشركات التي قد تكون قادرة على الانتفاع بهذا الغاز بشكل منتج.

بدأت كازاخستان بميزة البنية التحتية القائمة للغاز - بما في ذلك خطوط أنابيب النقل، وتوزيع المدن، وخطوط أنابيب التصدير - وقاعدة العملاء الاستهلاكية والصناعية الحالية. وبالتالي يمكن لمنتجي النفط شحن الغاز من خلال البنية التحتية الحالية للنقل إلى الأسواق المحلية وأسواق التصدير. وهناك ميزات أخرى للقواعد التنظيمية، بما في ذلك القيود المفروضة على حرق الغاز في قانون البيئة، تشجع على استخدام الغاز. تفرض كازاخستان أيضًا عقوبات مالية على انتهاكات متطلبات الترخيص. وقد أدى تركيز كازاخستان على ضمان وصول الغاز المصاحب إلى الأسواق الاستهلاكية، إلى جانب هذه القيود التنظيمية، إلى تقليل حرق الغاز بشكل كبير.

موارد مفيدة حول الحرق والتنفيس

البنك الدولي 2022: مراجعة مقارنة للوائح العالمية المتعلقة بحرق وتنفيس الغاز،
https://flaringventingregulations.worldbank.org/summary-report

المبادئ التوجيهية لغاز الميثان 2019، تقليل انبعاثات غاز الميثان: دليل أفضل الممارسات — الحرق،
https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides/best-practice-guides/flaring

الشراكة العالمية لخفض حرق الغاز، ومبادرة النفط والغاز بشأن المناخ، والمبادئ التوجيهية لغاز الميثان، ومجموعة أدوات حرق الميثان،
https://flaringmethanetoolkit.com

7. معاييرالمعدات والعمليات

النقاط الرئيسية

- يمكن أن ينبعث غاز الميثان من المعدات المستخدمة في قطاع النفط والغاز نتيجة لتصميم تلك المعدات أو معايير التشغيل الخاصة بتلك المعدات. وبناء على ذلك، فإن مطالبة المشغلين باعتماد معايير المعدات والعمليات هي أداة تنظيمية مهمة لخفض انبعاثات غاز الميثان.
- قد تتطلب لوائح المعدات والعمليات من الشركات استبدال المعدات ذات الانبعاثات العالية ببدائل ذات انبعاثات أقل أو اعتماد إجراءات محددة لتجنب انبعاثات غاز الميثان أو خفضها.
- هناك العديد من الأمثلة على اللوائح القياسية للمعدات والعمليات في قطاع النفط والغاز. تنطبق هذه اللوائح على عمليات إكمال الآبار والأجهزة الهوائية، بما في ذلك وحدات التحكم في الصمامات والمضخات والضواغط وصهاريج التخزين ومجففات الجليكول وتفريغ السوائل.
- توضح لائحة نوفمبر 2022 في نيجيريا كيف تستخدم الدولة المعدات ومعايير التشغيل كجزء من خطتها لخفض انبعاثات غاز الميثان.

معايير المعدات هي متطلبات التصميم لأنواع محددة من المعدات في قطاع النفط والغاز. إن معايير العملية، بما في ذلك إجراءات التشغيل القياسية، هي متطلبات لتشغيل تلك الأجزاء من تلك المعدات أو القيام بأنشطة محددة. قد ينبعث غاز الميثان من المعدات بسبب تصميمها وأثناء التشغيل المنتظم. على سبيل المثال، عندما يحتاج المشغل إلى إجراء صيانة على معدات مثل فاصل النفط والغاز، قد يكون إجراء التشغيل القياسي هو تنفيس الغاز المضغوط بالداخل حتى يتمكن العمال من إجراء تلك الصيانة بأمان. عملية التنفيس ينبعث منها غاز الميثان.

يمكن أن تكون انبعاثات غاز الميثان من المعدات والعمليات كبيرة. لذلك، اعتمدت العديد من الحكومات لوائح تتطلب ترقية المعدات إلى إصدارات أحدث مع انبعاثات غاز ميثان أقل أو معدومة. اعتمدت العديد من الحكومات أيضًا لوائح تتطلب إجراء تغييرات في الخطوات الإجرائية التي يمكن أن تقلل الانبعاثات مقارنةً بإجراءات التشغيل السابقة.

يمكن أن تساعد معايير المعدات والعمليات الأفضل في تقليل انبعاثات غاز الميثان حتى بدون وجود بيانات قوية ومقاسة من مصادر الانبعاثات الفردية.

ومع ذلك، فإن الجرد الجيد للمصادر - حتى لو كان ذلك بناءً على عوامل الانبعاثات القياسية - يمكن أن يساعد الهيئات التنظيمية على فهم الأنظمة التي سيكون لها التأثير الأكبر والتكاليف المحتملة على الصناعة لتنفيذ المعايير.

كيف تبدو المعدات النموذجية أو تنظيم العمليات

تعتمد العناصر المحددة **لمعيار الانبعاثات المتعلقة بالمعدات** على مصدر الانبعاثات المستهدف. يمكن أن تتطلب هذه من الشركات استبدال جهاز معروف بانبعاث غاز الميثان بإصدار مطور ينبعث منه أقل أو لا ينبعث على الإطلاق أو يطلب من الشركات تركيب معدات جديدة تستعيد الانبعاثات.

بالنسبة **للإنبعاثات المرتبطة بالعملية**، يمكن للمعايير الإلزامية أن تحدد التغييرات في الإجراءات التي من المحتمل أن تقلل الانبعاثات مقارنةً بإجراءات التشغيل القياسية.

المعدات/العمليات المستهدفة. إن تحديد المعدات التي يجب التركيز عليها مع اللائحة هو السؤال الأكثر أهمية عند تصميم معايير المعدات. يمكن أن تختلف متطلبات التحكم المحددة اعتمادًا على التكنولوجيا السائدة في الولاية القضائية وخيارات التخفيض الفنية المتاحة.

يمكن أن تستهدف اللوائح:

- الأجهزة الهوائية، بما في ذلك أجهزة التحكم في الصمامات والمضخات. قد تشير بعض أجزاء العالم إلى هذا على أنه استخدام غاز الأدوات.
- الضواغط.
- صهاريج التخزين.
- مجففات الجليكول.
- تفريغ السوائل.
- اكتمالات البئر.

يمكن للجهات التنظيمية أن تنظر في أحجام الانبعاثات من مصادر مختلفة والجدوى والتكاليف المرتبطة بخيارات التخفيض. كل من هذه الاعتبارات يمكن أن تتأثر بعوامل إقليمية أو محلية، مثل التضاريس أو المناخ. في كثير من الأحيان، يمكن للجهات التنظيمية التي تسعى إلى صياغة أو تحديث لوائح معايير المعدات والعمليات معرفة المزيد عن الطبيعة المحلية لهذه المصادر من أصحاب المصلحة.

تتطلب بعض لوائح المعدات وحدات تحكم هوائية خالية من النزف، والتي تتطلب استخدام إما الكهرباء (من الشبكة أو الألواح الشمسية) أو هواء الأجهزة بدلًا من الغاز الطبيعي. يمكن أن توفر هذه الخصوصية الوضوح والتخفيضات التي يمكن التنبؤ بها ولكنها قد لا تحفز استخدام التقنيات التي قد تظهر لاحقًا لتقليل الانبعاثات إلى درجة معادلة بتكلفة مماثلة أو أقل.

تستخدم اللوائح الأخرى **معايير المعدات القائمة على الأداء**. بدلًا من اشتراط جهاز معين، يمكن للائحة أن تدرج مستوى الأداء المطلوب - على سبيل المثال، وحدة تحكم تعمل بالهواء المضغوط تنبعث منها أقل من 0.17 متر مكعب قياسي في الساعة. يسمح هذا النهج للشركة باختيار أي تقنية تلبي أهداف الأداء، مع توفير التكاليف في بعض الأحيان.

تغطية المصادر. كما تمت مناقشته سابقًا، يمكن أن تكون إمكانية خفض انبعاثات غاز الميثان ومنحنيات التكلفة من الاعتبارات المهمة في التصميم التنظيمي. قد تميز اللوائح بين المصادر الكبيرة والصغيرة أو توفر تمييزات أخرى تتعلق بتكلفة أو جدوى الامتثال. يمكن أن توفر فترة التنفيذ المرحلية وقتًا للمرافق الحالية للتكيف مع المعايير المطبقة على الفور على المصادر الجديدة. في بعض اللوائح، يمكن للمصادر الحالية تقديم طلب للحصول على إعفاء أو تمديد للموعد النهائي بناءً على مشكلات فنية أو تكلفة.

المراقبة. هناك اعتبار رئيسي آخر وهو تحديد تخفيضات الانبعاثات التي تحققها المتطلبات. تعتمد بعض اللوائح فقط على مواصفات الشركة المصنعة - إذا كان المنتج مصممًا لانبعاث أقل من الحد المنصوص عليه في اللوائح، فهذا يعني استيفاء المتطلبات. وفي حالات أخرى، تتطلب اللائحة إجراء اختبار دوري للمعدات. يوفر الاختبار الروتيني قدرًا أكبر من اليقين فيما يتعلق بالانبعاثات مع تكاليف تنفيذ أعلى للصناعة.

إعداد التقارير، وإصدار الشهادات، والتدقيق. تعد متطلبات إعداد التقارير مهمة لتتبع الامتثال ويمكن أيضًا أن تساعد في تحسين الامتثال من خلال التأكد من أن الشركات تعرف كيفية أدائها. يعد إعداد التقارير أيضًا أساس الشفافية لإنشاء المساءلة العامة، وهو في حد ذاته محرك رئيسي لتحسين الأداء. في بعض الحالات، تتطلب اللوائح من الشركات الاحتفاظ بسجلات لفترة محددة، ويمكن للجهة التنظيمية الحصول على تلك السجلات عند الطلب. يمكن أن تكون متطلبات تقديم بعض السجلات الأكثر أهمية إلكترونيًا ذات قيمة أيضًا، لذلك تعلم الشركات أن الحكومة لديها إمكانية الوصول بسهولة إلى تلك السجلات.

تتطلب بعض اللوائح الحصول على شهادة طرف ثالث من خلال عملية التدقيق. تزيد شهادة الطرف الثالث من الثقة في امتثال الشركة دون الحاجة إلى جهاز ضمان حكومي كبير، وإن كان ذلك بتكلفة إضافية للصناعة الخاضعة

للتنظيم. تصبح برامج اعتماد الطرف الثالث أكثر فعالية عندما تكون الأطراف الثالثة مستقلة تمامًا عن الكيانات التي يتم تدقيقها؛ يعد التعيين العشوائي للمدققين أسلوبًا فعالًا للتحقق بشكل أكثر دقة.

مثال: اللوائح القياسية للمعدات في نيجيريا

اعتمدت نيجيريا لائحة في عام 2022 تضع معايير محددة لعدة فئات من المعدات المستخدمة في عمليات النفط والغاز، بما في ذلك وحدات التحكم الهوائية، والمضخات الهوائية، وأختام ضاغط الطرد المركزي، والضواغط الترددية، ومجففات الجليكول، وخزان تخزين السوائل.[72] تعد اللائحة النيجيرية بمثابة مثال جيد لاستخدام معايير المعدات لخفض انبعاثات غاز الميثان. يناقش هذا القسم بعضًا من معايير المعدات الجديدة هذه بالتفصيل:

صهاريج تخزين السوائل

يحدد القسم 3.4.6 من اللائحة النيجيرية معايير لصهاريج تخزين السوائل.

المعدات/العمليات البديلة. تتطلب اللوائح النيجيرية من المشغلين تنفيذ نظام لاستعادة البخار أو جهاز احتراق (شعلة) للخزانات التي تستوفي حدًا معينًا للحجم:

1. متطلبات التحكم

1. بالنسبة لجميع صهاريج تخزين الأسطح الثابتة التي من المحتمل أن تنبعث منها أكثر من 2 طن سنويًا من المركبات العضوية المتطايرة بسبب الغاز الوميض، وفقدان العمل، وفقدان التنفس، يجب على المشغلين توجيه الانبعاثات، بما في ذلك جميع انبعاثات الغاز الوميض والانبعاثات الناجمة عن خسائر العمل وفقدان التنفس، إما لنظام استعادة البخار أو، في بعض الحالات، لجهاز الاحتراق.[73]

يمكن للمشغلين اختيار (1) نظام استرداد البخار أو (2) جهاز الاحتراق. إن تضمين بديلين للامتثال يمنح الشركات المرونة لاختيار الحل الأنسب لظروف معينة.

بالإضافة إلى ذلك، يجب على المشغلين تقييم أنظمة التحكم في التلوث الخاصة بهم والتأكد من أن النظام كبير بما يكفي لالتقاط الانبعاثات المرتبطة بالعديد من عمليات الخزان المختلفة.

4. مطالبة مشغلي الخزانات الخاضعة للرقابة بتقييم أنظمتهم للتحكم في

انبعاثات الخزان والتأكد من أن كل نظام، كما تم تصميمه، كبير بما يكفي لالتقاط جميع الانبعاثات المحتملة (الغاز الوميض، وفقدان التشغيل، وفقدان التنفس) من الخزان.[74]

بشكل منفصل، تتضمن اللائحة الممارسات التشغيلية المرتبطة بالبوابات ونقاط الوصول الأخرى المستخدمة لأغراض الفحص أو قياس المستوى:

3. منع تنفيس انبعاثات المواد الهيدروكربونية من البوابات ونقاط الوصول الأخرى الموجودة على الخزانات أثناء التشغيل العادي.

أ. يجوز فتح الفتحة لأغراض القياس، ولكن يجب إغلاق الفتحة مباشرة بعد أخذ العينة.

ب. بدلًا من ذلك، يمكن للمشغل استخدام نظام قياس تلقائي أو حنفية لأخذ عينات من الهيدروكربونات في الخزان دون فتح الفتحة.[75]

يجوز للمشغلين الالتزام بهذه اللائحة عن طريق تركيب أنظمة قياس تلقائية أو حنفيات لأخذ عينات من الخزانات ولكن لا يُطلب منهم تركيبها. إذا لم يتم تثبيت هذه الخيارات، فيجب على المشغل إغلاق فتحات الخزان بعد أخذ العينة في أسرع وقت ممكن. يمنح هذا الخيار المشغل مرونة كبيرة لأن ترقية المعدات ليست إلزامية.

تغطية المصادر. تنطبق اللائحة النيجيرية على جميع الخزانات ذات الأسطح الثابتة التي لديها القدرة على انبعاث أكثر من طنين سنويًا من المركبات العضوية المتطايرة، بغض النظر عن عمر الخزانات. ومع ذلك، هناك جدول تنفيذ مرحلي يتطلب تنفيذ الضوابط عاجلًا على الخزانات الأكبر حجمًا:

تم التنفيذ باستخدام المرحلة التالية في جدول (باستثناء الحالة المذكورة في القسم 6.4.3,1(2)).

أ. الخزانات التي تحتوي على مركبات عضوية متطايرة أكبر من 12 طنًا سنويًا يتم التحكم فيها خلال عام واحد من تنفيذ الإرشادات الحالية.

ب. الخزانات التي تحتوي على المركبات العضوية المتطايرة 12-6 طنًا سنويًا يتم التحكم فيها خلال عامين من تنفيذ الإرشادات الحالية.

ج. يتم التحكم في الخزانات التي تحتوي على المركبات العضوية المتطايرة 6-2 طن سنويًا خلال ثلاث سنوات من تنفيذ المبادئ التوجيهية الحالية.[76]

بشكل منفصل، تسمح اللائحة للمشغلين بطلب الإعفاء إذا كان استخدام معدات التحكم في تلوث الهواء "غير ممكن من الناحية الفنية بدون وقود إضافي":

2. يجوز لمالكي أو مشغلي صهاريج التخزين التي يكون استخدام معدات التحكم في تلوث الهواء فيها غير ممكن من الناحية الفنية بدون وقود إضافي التقدم بطلب إلى هيئة تنظيم البترول النيجيرية NUPRC للحصول على إعفاء من متطلبات التحكم الواردة في القسم 3.4.6,1(1). ويجب أن يتضمن هذا الطلب وثائق تثبت عدم جدوى معدات مكافحة تلوث الهواء. إن تطبيق هذا الإعفاء لا يعفي المالكين أو المشغلين من الامتثال لمتطلبات مراقبة صهاريج التخزين.[77]

يهدف هذا الإعفاء إلى الحالة التي يكون فيها التنظيم عبئًا لا مبرر له على الشركات بسبب الحاجة إلى نقل الوقود الإضافي لتشغيل معدات مكافحة التلوث. يجب على الشركة أن تطلب على وجه التحديد الإعفاء وتقدم المستندات الداعمة. ينص القسم 2.3 على أنه يجب على المشغلين إجراء اختبارات سنوية على الخزانات المعفاة لتقييم ما إذا كان الإعفاء لا يزال مضمونًا (انظر أدناه).

المراقبة. تتضمن اللائحة النيجيرية متطلبات مراقبة محددة لأجهزة التحكم في الخزانات. يتطلب هذا المطلب إدراج خزان التخزين وأنظمة استعادة البخار المرتبطة به في أنشطة مثل المسوحات الصوتية والمرئية والشمية (AVO) وفي برامج LDAR المجهزة:

2. المراقبة

1. يتطلب إجراء عمليات فحص بصرية وفحص مراقبة السلامة بشكل ربع سنوي على الأقل للسقف العائم وصهاريج التخزين ذات السقف الثابت مع انبعاثات تزيد عن 2 طن سنويًا وأجهزة التحكم لضمان توجيه الانبعاثات إلى وحدات التحكم وتشغيل المشاعل على النحو المصمم.

2. مراقبة أوعية التخزين ونقاط الوصول وأنظمة استعادة البخار وأجهزة الاحتراق كجزء من LDAR المُجهز.

3. يجب على جميع الخزانات (التي لديها انبعاثات أكبر من 2 طن سنويًا) التي لا تستخدم نظام استرداد البخار إجراء اختبار تحليل سريع سنوي لهذه الخزانات لتقدير انبعاثات الميثان السنوية من الخزانات وتقييم ما إذا كان الإعفاء الوارد في القسم 3.4.6,1(2) لا يزال مضمونًا.[78]

إعداد التقارير، وإصدار الشهادات، والتدقيق. تتطلب لائحة خزان السائل من المشغل تقديم تقرير سنوي يوضح الامتثال. ومع ذلك، فإن متطلبات حفظ السجلات محدودة نسبيًا بالمقارنة، حيث تكون السجلات مطلوبة فقط لعمليات التفتيش المرئية وعمليات فحص AVO ربع السنوية.

أجهزة التحكم الهوائية

يتطلب القسم 3.4.1 من اللوائح النيجيرية استبدال الأجهزة عالية النزيف بأجهزة منخفضة أو خالية من النزيف، وتعديل الأجهزة عالية النزيف، وتحسين ممارسات الصيانة. يمكن لهذه الخطوات أن تقلل من الانبعاثات، وفي بعض الظروف، يمكن أن تكون لها فترات استرداد قصيرة.

تحظر اللائحة على المشغلين استخدام وحدة تحكم هوائية تعمل بالغاز الطبيعي والتي تقوم بتنفيس الغاز مباشرة إلى الغلاف الجوي للعديد من المرافق:

1. ينطبق الشرط التالي على جميع محطات الضاغط ومحطات المعالجة. بالإضافة إلى ذلك، تنطبق هذه القاعدة على مرافق إنتاج الآبار التي يمكنها الوصول إلى مشغلي شبكة الكهرباء وجميع مرافق إنتاج الآبار الجديدة التي تم إنشاؤها بعد تاريخ نفاذ هذه القاعدة:

لا يجوز للمشغل استخدام وحدات التحكم الهوائية التي تعمل بالغاز الطبيعي، ويجب عليه بدلًا من ذلك تحديث المرافق بوحدات تحكم خالية من النزيف، بما في ذلك وحدات التحكم التي تعمل بالكهرباء أو هواء الأجهزة أو الانبعاثات التي يجب توجيهها إلى نظام استرداد البخار الذي يلتقط الانبعاثات. إذا لم يكن من الممكن التقاط الانبعاثات، فيمكن للمشغلين استخدام الشعلة.[79]

وفي حين تتطلب اللائحة التنظيمية في نيجيريا وجود وحدات تحكم خالية من النزف، فإنها تشير إلى أنه يمكن توجيه الانبعاثات إلى نظام استعادة البخار، أو إشعالها كملاذ أخير. يسمح ذلك بمواصلة استخدام وحدات التحكم التي تعمل بالغاز الطبيعي في بعض الحالات، ولكنها تتطلب احتجاز الغاز الطبيعي أو التحكم فيه في النهاية.

تغطية المصادر. تنطبق اللوائح النيجيرية على جميع محطات الضاغط ومصانع المعالجة. وينطبق هذا فقط على الإنشاءات الجديدة وتلك التي لديها إمكانية الوصول إلى شبكة الكهرباء الحالية لمرافق إنتاج الآبار. بالنسبة لمرافق إنتاج الآبار الحالية دون الوصول إلى الشبكة، توفر اللائحة فترة تنفيذ تدريجي مدتها 5 سنوات:

2. ينطبق ما يلي على مرافق إنتاج الآبار التي لا يمكنها الوصول إلى مشغلي شبكة الكهرباء:

فترة التنفيذ المرحلية 5 سنوات:

أ. في غضون عام واحد من تنفيذ الإرشادات الحالية، يجب على المشغل التأكد من أن 25 بالمائة من وحدات التحكم الهوائية هذه عبارة عن وحدات تحكم خالية من النزيف (كما هو محدد في القسم السابق)، والباقي منخفض

النزيف (أي، ينبعث منها أقل من 0.17). متر مكعب قياسي في الساعة من الغاز الطبيعي).

ب.في غضون عامين من تنفيذ الإرشادات الحالية، يجب على المشغل التأكد من أن 65 بالمائة من وحدات التحكم الهوائية هذه عبارة عن وحدات تحكم خالية من النزيف (كما هو محدد في القسم السابق)، والباقي منخفض النزيف (أي، ينبعث منها أقل من 0.17 قياسيًا) متر مكعب في الساعة من الغاز الطبيعي).

ج. في غضون ثلاث سنوات من تنفيذ المبادئ التوجيهية الحالية، يجب على المشغل التأكد من أن 75 بالمائة من وحدات التحكم الهوائية هذه عبارة عن وحدات تحكم خالية من النزيف (كما هو محدد في القسم السابق)، والباقي منخفض النزيف (أي، ينبعث منها أقل من 0.17 متر مكعب قياسي لكل ساعة من الغاز الطبيعي).

د. في غضون أربع سنوات من تنفيذ المبادئ التوجيهية الحالية، يجب على المشغل التأكد من أن 85 بالمائة من وحدات التحكم الهوائية هذه عبارة عن وحدات تحكم خالية من النزيف (كما هو محدد في القسم السابق)، والباقي منخفض النزيف (أي، ينبعث منها أقل من 0.17 قياسيًا) متر مكعب في الساعة من الغاز الطبيعي).

ه. في غضون خمس سنوات من تنفيذ المبادئ التوجيهية الحالية، يجب على المشغل التأكد من أن جميع وحدات التحكم الهوائية هي وحدات تحكم خالية من النزيف (كما هو محدد في القسم السابق).[80]

تزداد متطلبات استخدام الأجهزة التي لا تنزف بسرعة من 25 بالمائة إلى 65 بالمائة خلال عامين فقط ثم تقترب من 100 بالمائة خلال السنوات الثلاث التالية. كمساندة، تقتصر الانبعاثات الصادرة عن وحدات التحكم الهوائية التي لا يتم استبدالها بأجهزة خالية من النزيف على أقل من 0.17 متر مكعب قياسي في الساعة. يعمل هذا الحكم **باعتباره معيار الأداء** لأنه لا يتطلب نوعًا أو نموذجًا محددًا من وحدات التحكم ويترك الأمر للمشغل لتحديد أي وحدة تحكم تلبي معيار الأداء.

المراقبة. يتطلب التنظيم النيجيري لوحدات التحكم الهوائية إجراء اختبار سنوي وعمليات تفتيش منتظمة:

2. المراقبة

1. طالما أن المشغل لديه وحدات تحكم هوائية تعمل بالغاز في الموقع، يجب اختبارها سنويًا باستخدام طريقة قياس مباشرة (أخذ عينات كبيرة الحجم، التعبئة، أداة قياس تدفق المعايرة)، ويجب على المشغل إصلاح أي جهاز ذو انبعاثات مُقاسة معدل تدفق أكبر من 0.17 متر مكعب قياسي في الساعة خلال 14 يوم من تاريخ اكتشاف التسرب.

2. يجب مراقبة أي وحدات تحكم متقطعة تعمل بالغاز وتنفيس إلى الغلاف الجوي باستخدام أدوات أثناء أي فحص يتم إجراؤه وفقًا لمتطلبات القسم 3.2 لضمان عدم حدوث أي انبعاثات بين عمليات التشغيل. في حالة حدوث انبعاثات بين عمليات التشغيل، يجب إصلاح وحدة التحكم أو استبدالها خلال 30 يومًا.[81]

بالنسبة للأجهزة منخفضة النزيف، تتطلب اللوائح النيجيرية إجراء اختبار سنوي باستخدام القياس المباشر لتحديد ما إذا كان التدفق يتجاوز العتبة. كما يتطلب الأمر من المشغل إجراء إصلاحات سريعة في حالة اكتشاف مشكلة.

إعداد التقارير، وإصدار الشهادات، والتدقيق. تتطلب اللائحة من كل مشغل الاحتفاظ بسجلات لمعدل النزيف أو نوع وحدة التحكم الهوائية لمدة خمس سنوات على الأقل وتقديم تقرير سنوي كل عام يوضح الامتثال. يسمح هذا للسلطات النيجيرية بتتبع امتثال المشغل من خلال مراجعة التقارير السنوية.

8. قوائم الجرد

النقاط الرئيسية

- تعد قوائم جرد الانبعاثات ضرورية لفهم الحجم النسبي لمصادر الانبعاثات المختلفة.
- وعادةً ما يختلف إعداد قوائم جرد الانبعاثات عن الأنشطة التي ترصد الانبعاثات، على الرغم من بذل جهود مؤخرًا للتقريب بين هذين النوعين من البيانات.
- ويمكن تجميع قوائم الجرد الأولية باستخدام الحسابات المستندة إلى عوامل الانبعاثات (ضرب الأنشطة بعوامل الانبعاثات) دون إجراء قياسات فعلية للانبعاثات. يمكن أن تكون هذه الخطوة أكثر ملاءمة للجهة التنظيمية التي تقوم أولًا بإنشاء قائمة جرد لانبعاثات غاز الميثان.
- هناك طموح للتحرك نحو قوائم جرد الميثان المدروسة، والتي يمكن أن تشمل معلومات مراقبة إضافية من مصادر مثل الأقمار الصناعية والطائرات لتحسين تقديرات انبعاثات الميثان.
- تتوفر العديد من الموارد المجانية لمساعدة الدول في تطوير قوائم الجرد الخاصة بها وبرامج الرصد والإبلاغ والتحقق المرتبطة بها.

تقوم الحكومات بتطوير قوائم جرد لانبعاثات غازات الدفيئة (GHG) على المستوى الوطني لتتبع انبعاثات غازات الدفيئة والإبلاغ عنها، بما في ذلك غاز الميثان، كجزء من خطة الأمم المتحدة. عملية الاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC). تتطلب المبادئ التوجيهية لإعداد التقارير الخاصة باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ استخدام التوجيهات المنهجية الصادرة عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. تعتمد انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز بشكل عام على عوامل الانبعاثات. تصف الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) مستويات ممارسات إعداد التقارير. يتضمن التسلسل الهرمي المنهجي المتدرج للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ طرق تقدير أبسط تعتمد على الإنتاج أو الإنتاجية المطبقة على معدلات الانبعاثات الإقليمية أو العالمية لكل وحدة إنتاج أو إنتاجية (المستوى 1) إلى منهجيات ذات مستويات أعلى تستخدم معلومات خاصة بكل بلد، بما في ذلك استخدام البيانات الخاصة بكل بلد أو منشأة أو النماذج (المستوى 2 أو 3). بالنسبة لبعض الدول، سيتطلب الانتقال إلى المستويات الأعلى جمع بيانات إضافية لوضع تقديرات أكثر دقة للانبعاثات. ستتضمن هذه البيانات الإضافية معلومات ستكون مفيدة أيضًا في تحديد فرص خفض الانبعاثات ويمكن أن تساعد في تتبع تخفيضات الانبعاثات من المشاريع المكتملة. وأخيرا، فإن إدراج تقديرات قوية لهذا القطاع في قوائم الجرد الوطنية للغازات الدفيئة سيساعد الدول على إدراج خفض انبعاثات غاز

الميثان من السياسات باعتبارها تحتسب في تلبية مساهماتها المحددة وطنيا بموجب اتفاق باريس.

قوائم جرد الانبعاثات مقابل المراقبة

تاريخيًا، قامت القطاعات ذات الانبعاثات المتفرقة، بما في ذلك الزراعة وإدارة النفايات والنفط والغاز، بوضع قوائم جرد للانبعاثات باستخدام بيانات النشاط وعوامل الانبعاثات القياسية. تُقدّر عوامل الانبعاثات متوسط الانبعاثات لأي نشاط أو معدات (أي كيلوغرامات من الميثان في الساعة لكل جهاز هوائي) ويتم تطويرها عمومًا من الدراسات الأكاديمية أو حملات القياس الميدانية.

في الآونة الأخيرة، حسبت الدراسات العلمية من أساليب التقدير من أعلى إلى أسفل، مثل استخدام القياسات من الطائرات، مستويات انبعاثات أعلى من التقديرات من عوامل الانبعاثات. إن الكشف عن الانبعاثات الصادرة عن الباعثات الفائقة - احتمالية أقل ولكن حجم الانبعاثات مرتفع - قد يكون مسؤولًا عن بعض الاختلاف.

يتم استخدام تقنيات مراقبة انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز بشكل متزايد، غالبًا كجزء من برامج LDAR. عادةً ما تكون هذه التقنيات غير كمية، حيث تحدد ما إذا كان هناك تسرب دون قياس حجم الانبعاثات. وبينما تتطور التكنولوجيا، تظل معظم أنشطة تطوير قوائم جرد الانبعاثات متميزة عن أنشطة الرصد. على نحو متزايد، الاتجاه هو مواءمة ملاحظات المراقبة وأنشطة تطوير جرد الانبعاثات. لتحسين فائدة البيانات المراقبة من الدراسات من أعلى إلى أسفل، واستخدامها لتحديد مجالات التحسين في قوائم جرد الانبعاثات، من المهم المشاركة في وقت مبكر لضمان توافق التصميم ونطاق العمل، ولضمان التحليل المقارن حيثما أمكن ذلك.

البيانات اللازمة لقوائم جرد الانبعاثات

تتطلب الكثير من المعلومات اللازمة لتطوير قوائم جرد الانبعاثات مدخلات بيانات أساسية من المشغلين. قوائم الجرد الوطنية تجمع الانبعاثات المتوقعة التي أبلغ عنها المشغلون أو الانبعاثات على مستوى الأصول، والتي يتم تعزيزها أحيانًا بتقديرات أو قياسات. على سبيل المثال، لدى برنامج الإبلاغ عن اللغازات الدفيئة في الولايات المتحدة عمومًا حد إبلاغ يبلغ 25000 طن من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون$_2$ سنويًا. يستخدم جرد انبعاثات اللغازات الدفيئة ومصارفها في الولايات المتحدة عددًا من مصادر البيانات لتحديد

كمية الانبعاثات والمصارف الوطنية، بما في ذلك المعلومات المبلغ عنها إلى GHGRP والدراسات البحثية والإحصاءات الوطنية.

يتم تجميع قوائم الجرد في كثير من الأحيان من التقديرات الناتجة عن الجمع بين عوامل الانبعاثات وبيانات النشاط. تقدر عوامل الانبعاثات متوسط الانبعاثات لنشاط أو معدات (أي كيلوغرامات من الميثان في الساعة لكل جهاز هوائي) بناءً على الدراسات أو حملات القياس الميدانية. يمكن أن تتضمن بيانات النشاط عدد المعدات (أي عدد الأجهزة الهوائية) أو تتبع البيانات المساعدة مثل استخدام الوقود. وتهدف النهج القائمة على عوامل الانبعاثات إلى تغطية متوسط الانبعاثات عبر مجموعة واسعة من الأصول، وبالتالي، قد لا تتوافق بدقة مع انبعاثات أي موقع واحد. وفي بعض الحالات، قد تؤدي التقديرات الهندسية لمصادر محددة إلى زيادة التقديرات المستندة إلى عوامل الانبعاثات.

أحد الانتقادات الموجهة إلى مخزونات غاز الميثان التي تعتمد فقط على عوامل الانبعاثات هو أنها يمكن أن تفوت معلومات عن الانبعاثات الفائقة، سواء كانت ناشئة عن ظروف العملية والتشغيل العادية (مثل الصيانة أو التفريغ) أو الأحداث غير المخطط لها (مثل تمزق خطوط الأنابيب، وتعطل المعدات).

اليوم، تسعى الحكومات والمشغلون الذين يتطلعون إلى تحسين معلومات انبعاثات غاز الميثان إلى الانتقال من العوامل البسيطة (أي بناءً على الإنتاج أو الإنتاجية) إلى عوامل الانبعاثات الخاصة بالمصدر ونحو إعداد تقارير مستنيرة للقياس تستخدم مصادر معلومات إضافية مثل مراقبة الانبعاثات المستمرة أو المراقبة الجوية الدورية. أو المسوحات الفضائية.

جرد الآبار المسدودة والمهجورة

تتضمن أفضل الممارسات الخاصة بجرد الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ تقديرات على مستوى الدولة للآبار الحالية غير المستخدمة، والتي تعتمد عادةً على عوامل الانبعاثات. يمكن للآبار غير المستخدمة أن تنبعث منها كميات كبيرة من غاز الميثان ومواد أخرى.[82] ويمكن تقدير الانبعاثات باستخدام عوامل الانبعاثات وأعداد الآبار الموصولة وغير الموصولة. عندما يتم توصيل هذه الآبار بشكل صحيح، فإنها تمثل جزءًا صغيرًا من الانبعاثات مقارنة بمصادر الانبعاثات الناتجة عن العمليات النشطة.

الآبار المعزولة هي آبار غير موصولة ولا يوجد بها مالك مسؤول في الملف. ويترك العبء المالي لسد هذه الآبار للحكومات والعامة. لمنع الآبار من أن

تصبح معزولة، يمكن أن يُطلب من المشغلين تقديم ضمان مالي مقدم في شكل سند يكفي لتغطية تكلفة إغلاق البئر. من المفيد أيضًا منع الآبار المعزولة أن يكون لديك تطبيقات قوية لنقل الأصول لتتبع الملكية والمسؤولية. ويتمثل خيار سياسي آخر في تمويل الوكالات لسد وتغطية واستصلاح الأراضي المرتبطة بالآبار المعزولة كجزء من استراتيجية خفض انبعاثات غاز الميثان.[83]

اعتبارات التصميم لتطوير برامج إعداد التقارير وقوائم جرد الانبعاثات

يمكن أن يكون برنامج الإبلاغ المصمم جيدًا على مستوى المنشأة أو المشغل بمثابة مدخل رئيسي لتطوير قوائم جرد الانبعاثات على المستوى الوطني ولتحليلات التخفيف.

نطاق الإبلاغ. تتمثل نقطة القرار الرئيسية في تحديد انبعاثات اللغازات الدفيئة التي يجب تضمينها في برامج إعداد التقارير على مستوى المنشأة أو المشغل، وبالتالي في قوائم جرد الانبعاثات. في حين أن مصادر انبعاثات ثاني أكسيد الكربون والميثان ستختلف، فمن المفيد تضمين كليهما في برنامج إعداد التقارير عن النفط والغاز.

القرار الرئيسي الثاني هو تطبيق نفس متطلبات الإبلاغ على جميع المشغلين. وقد استبعدت بعض الحكومات المشغلين الصغار بسبب تكلفة جمع البيانات الضرورية والإبلاغ عنها. ومع ذلك، على الرغم من أن المشغلين صغار، فإن هذا لا يعني أن انبعاثاتهم أصغر نسبيًا من المشغلين الكبار، خاصة وأن صغار المشغلين قد يكون لديهم تمويل أقل لإجراءات التخفيف.

الحاجة إلى استخدام منهجيات محددة. عند تطوير برنامج إعداد التقارير لأول مرة، فإن نقطة القرار الرئيسية هي ما إذا كان يجب على جميع مقدمي التقاريراستخدام نفس المنهجية لكل مصدر محدد. سيسمح التقييس بإجراء مقارنة مباشرة أكثر بين مختلف المشغلين في بلد ما. سيوفر الوضوح المنهجي لإعداد التقارير، ولكن عندما تكون هناك معايير متنافسة، يمكن أن يفرض أيضًا تكاليف إضافية، خاصة على المشغلين الدوليين.

شفافية بيانات قوائم الجرد. في حين أن بيانات انبعاثات غازات الدفيئة على مستوى الدولة يتم نشرها عادةً كجزء من عمليات إعداد التقارير الخاصة باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، إلا أنه لا تنشر جميع الدول بيانات علنية عن الشركات أو الأصول الفردية. يمكن أن تكون هذه المعلومات ذات قيمة لقياس مصادر الانبعاثات والأداء بين المشغلين، وقد دعا العديد من أصحاب المصلحة إلى إتاحة هذه المعلومات على نطاق واسع للعامة. فالولايات المتحدة، على سبيل المثال، تجعل معظم البيانات على مستوى المنشأة متاحة للعامة.[84] مثال آخر هو الهيئة الانتقالية لبحر الشمال (NSTA) في المملكة المتحدة، والتي قامت بتطوير تقرير مراقبة الانبعاثات ولوحة المعلومات المتاحة للجمهور على موقعها الإلكتروني.[85] وفي حين أنه يوفر اتجاهات انبعاثات غازات الدفيئة ومعايير مرجعية للإنتاج الوطني، فإنه يوفر فقط بيانات مصنفة جزئيًا على أساس النوع والفئات العمرية للبنية التحتية، وليس حسب المشغل الفردي.

إدراج بيانات إضافية. في بعض الظروف، قد يكون جمع بيانات ومعلومات إضافية من خلال برامج إعداد التقارير على مستوى المنشأة أو المشغل مفيدًا لقياس الأداء عبر المشغلين وفهم الفرص المتاحة لمزيد من خفض انبعاثات غاز الميثان. على سبيل المثال، قد تكون أعداد الآبار وبيانات الإنتاج أو الإنتاجية والمعلومات المتعلقة بنوع الأصل مفيدة لفهم الأداء النسبي للأصول المختلفة ولماذا قد تكون الانبعاثات أكبر أو أصغر بالنسبة لبعض المشغلين.

التحقق من البيانات من قبل طرف ثالث. تطلب بعض الولايات القضائية من موفري الخدمات الخارجيين التحقق من معلومات الانبعاثات المبلغ عنها. في بعض الأحيان، توفر الجهة التنظيمية التدريب أو الشهادة للمدققين وتفرض متطلبات التدريب أو التأهيل الخاصة بهم. يمكن أن يؤدي التحقق من قبل طرف ثالث إلى زيادة تكاليف تطوير مخزون غازات الدفيئة، لا سيما في المواقع التي لا يتواجد فيها أفراد مدربون بالفعل، ويمكن أن يتطلب وقتًا إضافيًا في دورات الإبلاغ عن الانبعاثات.

لا ينبغي الخلط بين شهادة الطرف الثالث وتطوير الطرف الثالث لقوائم جرد الانبعاثات، مثل تطوير قوائم الجرد الأولية من قبل الاستشاريين. تتطلب بعض خيارات السياسة، مثل أسواق الكربون أو برامج التعويض، التحقق من البيانات من طرف ثالث.

العوامل المساهمة في عدم اليقين. تساهم جودة قوائم الجرد وعوامل الانبعاثات والتكنولوجيا في عدم اليقين. بالنسبة للولايات القضائية التي وصلت فيها تقارير غاز الميثان إلى مرحلة النضج، هناك توقع بأن تستمر الأساليب والتقنيات في التطور مع ظهور معلومات جديدة.

الموارد المتاحة لدعم تطوير قوائم الجرد

تقدم العديد من الحكومات والمنظمات غير الحكومية موارد أو خدمات لإنشاء قوائم جرد لانبعاثات غاز الميثان لدعم البرامج الحكومية لخفض انبعاثات غاز الميثان، بما في ذلك:

تحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC)	← تقدم CCAC المشورة للحكومات بشكل مباشر في تطوير قوائم جرد الميثان وخطط عمل الميثان.[86] إن CCAC "على استعداد للاجتماع وجهًا لوجه مع الدول لمناقشة الأولويات والاحتياجات والمساعدة في تطوير استراتيجيات التخفيف الأكثر كفاءة لغاز الميثان."
الأمم المتحدة. الاتفاقية الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)	← المبادئ التوجيهية لإعداد التقارير للبلدان في تجميع وتقديم معلوماتها الوطنية عن غازات الدفيئة، بما في ذلك التحليل المتعلق بالقطاعات الرئيسية. ← تشمل الانبعاثات الشاردة في سياق اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ الحرق والتهوية والانبعاثات الهاربة، كما هو موضح في هذا الدليل.
الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)	← الإطار المنهجي والإرشادات لتقدير انبعاثات غازات الدفيئة الوطنية. ← في إطار المجلد الثاني المتعلق بالطاقة، يشتمل تنقيح عام 2019 للمبادئ التوجيهية للفريق الحكومي الدولي المعني بتغير المناخ لعام 2006 بشأن قوائم الجرد الوطنية للغازات الدفيئة على فصل عن تقدير الانبعاثات الشاردة عبر مجموعة متنوعة من القطاعات، بما في ذلك أنظمة النفط والغاز.
فرقة العمل المعنية بالهواء النظيف (CATF)	← أداة خفض انبعاثات غاز الميثان في البلد[87] يمكن أن تساعد الدول على تحديد فرص خفض انبعاثات غاز الميثان باستخدام مستويات مختلفة من المعلومات المتاحة، بدءًا من الفرص العامة الموجودة عادة إلى توصيات أكثر تفصيلًا عند توفر معلومات أكثر تحديدًا.

وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA)	← البرنامج الأمريكي للإبلاغ عن الغازات الدفيئة (GHGRP)[88] لديها منهجيات محددة تنظيميًا ونماذج تقارير متاحة للعامة[89] لحساب غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون لمنشآت النفط والغاز. ← يتضمن ذلك منهجيات مخصصة وأساليب حسابية للمصادر البرية والبحرية ومراحل النقل والتكرير والتخزين ضمن سلسلة القيمة. ← قامت وكالة حماية البيئة الأمريكية بإجراء تحديثات دورية لمنهجية هذا القطاع. قد يكون هذا مفيدًا لبعض الدول في مواكبة أحدث عوامل وأساليب الانبعاثات أو يمثل تحديًا إذا ربطت الدول لوائحها بمنهجية متطورة لا تملك السيطرة عليها.
مؤشر مناخ النفط بالإضافة إلى الغاز (معهد روكي ماونتن)	← النموذج الذي وضعه كبار الخبراء في معهد روكي ماونتن، هذه الأداة "تكشف عن حجم ونطاق وطبيعة مشكلة الميثان من خلال قياس ومقارنة انبعاثات الغازات الدفيئة من أكثر من ثلثي إمدادات النفط والغاز في العالم".
شراكة النفط وغاز والميثان 2.0 (OGMP 2.0)[90]	← يقدم أساليب تقدير الانبعاثات الخاصة بالمصدر والتي تغطي عوامل الانبعاثات (المحددة على أنها المستوى 3 في إطار البرنامج)، وحسابات هندسية أكثر تفصيلًا أو قياسات خاصة بالمصدر (المستوى 4 في إطار البرنامج)، والمطابقة مع المعلومات المشتقة ميدانيًا (المستوى 5 في إطار برنامج). ← يقع البرنامج تحت إشراف برنامج الأمم المتحدة للبيئة ويتضمن مراجعة للبيانات المقدمة من قبل مقاولي برنامج الأمم المتحدة للبيئة للشركات المسجلة في إطار البرنامج. ← تشمل العناصر الإيجابية لهذا البرنامج المشاركة العالمية، والتوحيد القياسي، والتعلم من الآخرين فيما يتعلق بتحسين إعداد التقارير.

شراكة النفط وغاز والميثان 2.0 (OGMP 2.0)[91]	← من وجهة نظر الدولة، قد يكون للاعتماد على عملية OGMP 2.0 الكاملة جوانب سلبية فيما يتعلق بكمية البيانات المتاحة في نهاية المطاف للجهات التنظيمية (حاليًا، يتم إصدار المعلومات الإجمالية العالمية على مستوى الشركة فقط وتعتبر البيانات على مستوى الأصول ملكية خاصة) وتوقيت البيانات المخصص، والذي من المتوقع أن يكون بعد تسعة أشهر على الأقل من توفير البيانات. ← وتخطط OGMP 2.0 لإجراء تحديثات دورية لمنهجية هذا القطاع. قد يكون هذا مفيدًا لبعض الدول في مواكبة أحدث عوامل وأساليب الانبعاثات أو يمثل تحديًا إذا ربطت الدول لوائحها بمنهجية متطورة لا تملك السيطرة عليها. ← بالنسبة لشركات النفط الوطنية والشركات متعددة الجنسيات، فإن استخدام OGMP 2.0 يمكن أن يوفر إما فرص الكفاءة لأولئك الذين يقدمون تقاريرهم بالفعل بموجب البرنامج أو تحديات الامتثال للمشغلين الذين لم يشتركوا بعد.
حدود الكربون	← أداة عبر الإنترنت ونظام تخزين البيانات المعروف باسم MIST[92] يوفر تعليمات خطوة بخطوة لتطوير قوائم جرد انبعاثات غاز الميثان بمستويات مختلفة من المعلومات المتاحة. ← حاليًا، تم تصميم الأداة لـ 28 مصدرًا للميثان في الجزء الأولي من صناعة النفط والغاز استنادًا إلى مصادر التمويل الخيرية والدعم المالي للصناعة من خلال مبادرة النفط والغاز للمناخ (OGCI) والمبادئ التوجيهية للميثان (MGP). ← الأداة متاحة حاليًا مجانًا للمشغلين لتطوير قوائم جرد الانبعاثات الخاصة بهم وقد تكون نقطة انطلاق جيدة للبلدان التي ليس لديها أدوات حالية لجرد الانبعاثات. ← كما هو الحال مع أي أداة برمجية غير تجارية، قد تكون هناك عيوب تتعلق بالافتقار إلى التحكم طويل المدى في نظام تسجيل معلومات غازات الدفيئة ونموذج التمويل طويل الأجل للمنتج والخدمات.

معهد البترول الأمريكي (API)	← خلاصة وافية لمنهجيات انبعاثات غازات الدفيئة من صناعة النفط والغاز[93] يتضمن المصادر المحتملة ومنهجيات التقدير المتاحة. ← يمكن أن يكون مكملًا لمنهجيات أخرى، خاصة بالنسبة لمصادر الانبعاثات الفريدة التي لم يتم وصفها بشكل جيد في البرامج الأخرى.
حاصل الذكاء الآلي MiQ	← يوفر إطارًا مستقلًا لتقييم انبعاثات غاز الميثان الناتجة عن إنتاج الغاز الطبيعي، للحصول على الشهادات. ← هو مصدر للمعايير الفنية لكل جزء من سلسلة توريد الغاز الطبيعي.

تقنيات المراقبة

ستتم مناقشة تطور تكنولوجيا المراقبة لكشف وقياس انبعاثات غاز الميثان باستفاضة في*الفصل 9: المراقبة*. وبمرور الوقت، قد يتيح هذا التطور التكنولوجي خيارات إضافية للهيئات التنظيمية لتتبع انبعاثات غاز الميثان من صناعة النفط والغاز والتحقق منها وتوفير المعلومات للمشغلين لدعم تخفيضات أكبر في الانبعاثات.

تكاليف وفوائد الخيارات الموضحة في *الشكل 8.1* ستكون مختلفة. يمكن للتدخلات منخفضة التكلفة، مثل استخدام بيانات الأقمار الصناعية المتاحة للجمهور، أن تشكل الأساس لمثل هذا البرنامج على المدى القريب. تتطلب الخيارات الإضافية في بعض الأحيان نفقات الموارد الحكومية للتعاقد مع مقدمي التكنولوجيا الخارجيين لخدمات المراقبة الجوية أو المتنقلة أو لتثبيت شبكات مراقبة ثابتة بالقرب من مرافق مهمة. لا تتعارض المقاربات مع بعضها البعض، ويمكن لبرنامج قائم على الأقمار الصناعية أن يضيف عناصر إضافية مثل المراقبة الجوية أو المتنقلة أو المستمرة مع نضوج هذا البرنامج.

الشكل 8.1. أدوات مراقبة الميثان عن بعد.

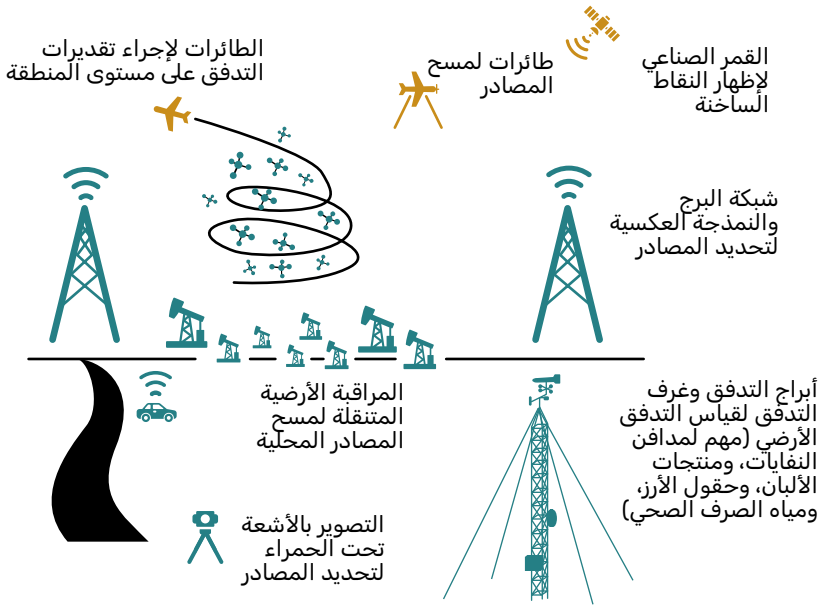
٩. المراقبة

النقاط الرئيسية

- تتوفر العديد من تقنيات المراقبة في السوق اليوم، وهناك تقنيات جديدة قيد التطوير حاليًا. ومع ذلك، فإن هذه التقنيات جميعها لها قيود مختلفة وحالات الاستخدام الأمثل.
- تستخدم معظم لوائح اكتشاف التسرب وإصلاحه اليوم نهجًا توجيهيًا يعتمد على تقنيات مراقبة الأجهزة.
- يمكن أن تتضمن اللوائح التنظيمية اليوم متطلبات تعمل على تحسين البيانات والتقارير، والتي يمكن أن تضع الأساس للمستقبل.
- يمكن للحكومات الاستفادة من الموارد المختلفة المقدمة من المنظمات الدولية والمنظمات غير الحكومية لتحسين المراقبة - بما في ذلك المسوحات الجوية لمرة واحدة والمراقبة عبر الأقمار الصناعية.

تقنيات المراقبة المتاحة

توفر برامج المراقبة نظرة ثاقبة حول مكان وسبب حدوث الانبعاثات وكيفية تجنب الانبعاثات أو منعها. هناك عدد كبير من التقنيات للمشغلين في السوق اليوم، ويتم تسويق تقنيات جديدة وهي قيد التطوير. تتضمن تقنيات المراقبة الأكثر نضجًا الكشف على مستوى المصدر بواسطة الأجهزة، بينما تسمح التقنيات الجديدة والناشئة بالاستشعار الجوي والمراقبة المستمرة. تتضمن برامج المراقبة الأكثر فعالية تقنيات متعددة لتحسين اكتشاف التسرب وإسناد المصدر.



الشكل 9.1: مفهوم نظام مراقبة الميثان المتدرج.[94]

أدوات الكشف الأكثر شيوعا. تعتمد البرامج التقليدية للكشف عن التسرب وإصلاحه في قطاع النفط والغاز عادةً على التصوير البصري للغاز (OGI) أو استخدام المسوحات الشممية الخاصة بوكالة حماية البيئة EPA الطريقة 21. يتضمن OGI مشغلًا مدربًا مزودًا بكاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء لمراقبة نقاط التسرب المحتملة، مثل الصمامات أو الحواف داخل المنشأة، لتحديد ما إذا كان هناك تسرب. يتضمن المسح الشمومي للطريقة 21 لوكالة حماية البيئة EPA قيام المشغل بأخذ قراءات الكشف في كل واجهة تسرب محتملة. تشير القراءة فوق عتبة محددة، مثل 500 جزء في المليون، إلى وجود تسرب. يتطلب كل من OGI والطريقة 21 عمالة كثيفة ويتطلبان تدريبًا متخصصًا للنشر.

التقنيات الناشئة والمتقدمة. لقد أدت التطورات الأخيرة إلى توسيع أنواع التقنيات المتاحة لكشف وقياس انبعاثات غاز الميثان. تشمل هذه التقنيات المتقدمة (1) أجهزة استشعار تقوم بفحص عدد من المواقع لانبعاثات غاز الميثان التي يمكن تركيبها على الأقمار الصناعية أو الطائرات أو الطائرات بدون طيار أو المركبات و (2) أجهزة استشعار يتم تركيبها بشكل دائم في موقع واحد

لتوفير مراقبة شبه مستمرة لتركيز الميثان. هناك فوائد ومقايضات لكل نوع من النهج. ستتطلب بعض الطرق أنشطة متابعة من قبل المشغل لتحديد سبب اكتشاف غاز الميثان ووصف خطوات الإصلاح.

المراقبة المستمرة للعمليات والرقمنة. على الرغم من أنه لا يزال في مراحله الأولى، فإن الجمع بين أجهزة استشعار المراقبة المستمرة ورقمنة أنظمة التحكم في العمليات الخاصة بالمشغل يُظهر وعدًا كبيرًا بالتخفيضات المستقبلية. يمكن أن يؤدي الجمع بين هذه البيانات إلى ربط بيانات الميثان في الوقت الفعلي بالمعلومات المتعلقة بأنشطة العملية والمساعدة في تحديد أحداث الانبعاثات المرتبطة بفشل العملية أو مشكلات الصيانة.[95]

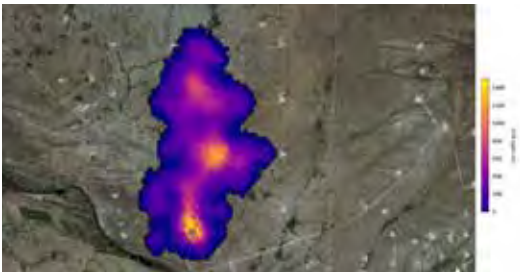
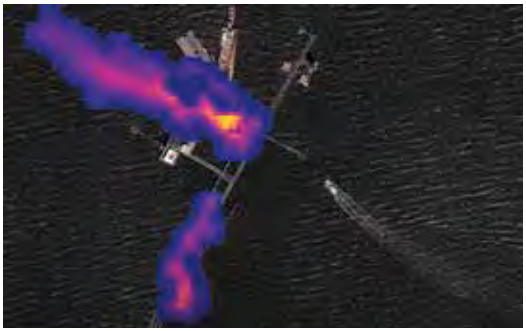
النهج المتدرج. إن الجمع بين أنواع مختلفة من تقنيات المراقبة - بما في ذلك المسوحات المنتظمة للأجهزة، والمسوحات الجوية والأقمار الصناعية، والمراقبة المستمرة - يمكن أن يعزز بشكل كبير قدرة المشغلين على اكتشاف الانبعاثات وتخفيفها ومنعها. تعتبر التقنيات المختلفة هي الأفضل في اكتشاف أنواع مختلفة من الانبعاثات. وبالتالي، فإن نظام المراقبة المتدرج يعزز القدرات التكميلية للطرق المختلفة ويتجنب بعض القيود الفردية لكل تقنية.

دراسة حالة: مراقبة الانبعاثات على نطاق واسع عبر الطائرات

في بعض الدول، تمتلك صناعة النفط والغاز عددًا كبيرًا من المرافق وتنتشر جغرافيًا. يمكن لفحص غاز الميثان الموجود في الطائرات أن يقوم بفحص مناطق على نطاق مئات أو آلاف المواقع يوميًا ويتم اعتماده بشكل متزايد من قبل المشغلين. هناك اختلافات في الأداء بين التقنيات المختلفة، حيث تتراوح حدود الكشف عن غاز الميثان من 3 إلى 50 كجم / ساعة وتتراوح دقة تحديد الموقع الجغرافي من مستوى المعدات إلى مستوى الموقع للانبعاثات المكتشفة. يمكن للتكنولوجيات المعتمدة على الطائرات أن تمكن من التحديد السريع نسبيًا لمصادر الانبعاثات الرئيسية عبر مناطق جغرافية واسعة. ومع ذلك، هناك مفاضلات بين مقدمي الخدمة بين عدد المواقع المغطاة ومستويات الكشف.

قد يحتاج البائعون إلى عدد من العملاء الأساسيين لتبرير تكاليف حملة المراقبة والحصول على إذن من سلطات الطيران ذات الصلة للسماح برحلات جوية في مناطق جديدة. على أرض الواقع، غالبًا ما يحتاج المشغلون إلى الاستعداد لمتابعة انبعاثات الكشف باستخدام حل تأكيد مثل OGI أو أنواع أخرى من المعلومات التشغيلية لفهم المصادر المكتشفة وخيارات التخفيف المتاحة.

الجدول 9.1: عينة من الاكتشافات من تقنيات المراقبة المختلفة.

	الرصد العرضي
الأقمار الصناعية	 المصدر: ناسا / مختبر الدفع النفاث- معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا
هوائي	 المصدر: مخطط الكربون
متحرك	 المصدر: منطقة إدارة جودة الهواء في الساحل الجنوبي، ولاية كاليفورنيا[96]

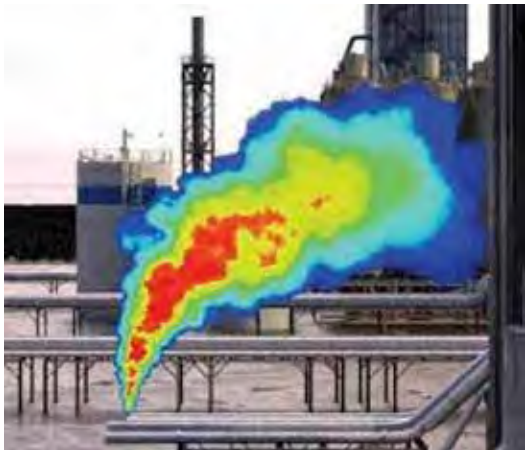
الرصد العرضي

الكاميرا المحمولة باليد

المصدر: وكالة حماية البيئة الأمريكية[97]

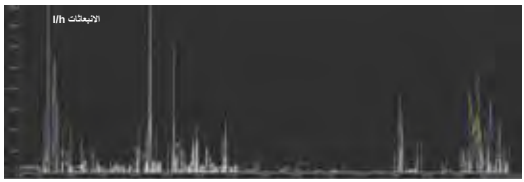
المراقبة المستمرة

كاميرا ثابتة



المصدر: هانيويل

أجهزة استشعار ثابتة



المصدر: هانيويل[98]

الحاجة إلى المراقبة لدعم الأطر التنظيمية

كما تمت مناقشته بمزيد من التفصيل في *الفصل 5: كشف التسرب وإصلاحه*، اعتمدت معظم اللوائح الحالية لبرامج LDAR نهجًا توجيهيًا يتطلب المراقبة بواسطة الأدوات، ولكنها لا تتطلب عمومًا قياسًا نشطًا. على سبيل المثال، يتطلب LDAR تقنيات الكشف مثل كاميرات OGI أو طريقة EPA 21. ومع ذلك، لا يتطلب الأمر عمومًا تقنية يمكنها تحديد حجم التسريبات المكتشفة.

تتطلب اللوائح التنظيمية المتعلقة بالأداء والقوانين الاقتصادية عادةً نظامًا قويًا للقياس والإبلاغ يعتمد على المراقبة والقياس النشط. وعلى الرغم من أن التدابير الاقتصادية شائعة في المجال البيئي بشكل عام، إلا أن القليل منها فقط يغطي غاز الميثان. قانون خفض التضخم الأمريكي[99] لعام 2022 يحدد رسوم انبعاثات نفايات غاز الميثان على انبعاثات غاز الميثان التي تتجاوز حد كثافة الانبعاثات لقطاعات معينة من قطاع النفط والغاز. هناك أيضًا أمثلة محدودة على دمج غاز الميثان في خطط تسعير غازات الدفيئة. النرويج تطبق ضريبة على ثاني أكسيد الكربون CO_2 وانبعاثات الميثان[100] على انبعاثات النفط والغاز البحرية. مشاريع خفض انبعاثات غاز الميثان مؤهلة أيضًا للحصول على أرصدة الكربون في بعض الظروف، بما في ذلك نظام كاليفورنيا لخفض الانبعاثات والتجارة وبعض المشاريع المعتمدة بموجب آلية التنمية النظيفة في بروتوكول كيوتو (CDM).

تستند بعض الأحكام الاقتصادية أو أحكام الأداء إلى تدابير بديلة يُفترض أنها مرتبطة بالانبعاثات. أصدرت ولاية ماساتشوستس لائحة لتقليل انبعاثات غاز الميثان من خطوط توزيع الغاز عبر متطلبات الأداء لكل شركة، مع تقدير الانبعاثات وفقًا لعوامل الانبعاثات لمواد الأنابيب المختلفة المحددة في القانون.[101]

وبما أن التكنولوجيات تتحسن بسرعة، ينبغي للجهات التنظيمية أن تنظر فيما إذا كانت التدابير التنظيمية اليوم تشمل متطلبات من شأنها تعزيز البيانات وإعداد التقارير، والتي يمكن أن تضع الأساس للوائح تنظيمية اقتصادية أو قائمة على أداء أكثر كفاءة.[102]

اعتبارات تتعلق ببروتوكولات المراقبة والإبلاغ والتحقق

غالبًا ما يتم جمع المراقبة والإبلاغ والتحقق معًا تحت اسم "MRV" ولكن لكل منها معنى خاص به. المراقبة هي إنشاء البيانات من خلال قياس الانبعاثات. الإبلاغ هو نشر تلك البيانات. التحقق هو التقييم المستقل لبيانات الانبعاثات تلك. تحتوي المبادرة العالمية للميثان على ملخص ممتاز لـ MRV (الذي يشيرون إليه بالقياس والإبلاغ والتحقق)، بما في ذلك المرئية التالية:[103]

ملفات تعريف التكلفة. تميل التقنيات التي توفر فحصًا دوريًا للانبعاثات إلى أن تكون لها ملفات تعريف مختلفة للتكلفة. غالبًا ما تحتوي استطلاعات OGI والطائرات بدون طيار على عنصر تكلفة رأسمالية وتشغيلية يجب على المشغلين دفعها. وفي الوقت نفسه، تعمل خيارات الطائرات والأقمار الصناعية التجارية عادةً على أساس رسوم الخدمة لكل موقع، مع دمج جميع التكاليف في رسوم الخدمة. قد تتطلب التقنيات التي يمكن تركيبها بشكل دائم ولكنها توفر مراقبة شبه مستمرة (مثل الكاميرات) استثمارًا رأسماليًا مقدمًا للشركة.

الفعالية. يؤثر تكرار عمليات التفتيش (السنوي، ربع السنوي، وما إلى ذلك) على إمكانية خفض الانبعاثات لبرنامج LDAR. بالإضافة إلى ذلك، تعد استطلاعات LDAR مفيدة بشكل أساسي في اكتشاف الانبعاثات المرتبطة بالمعدات المعيبة أو المعطلة. حتى المسوحات المتكررة للكشف عن التسرب قد لا تلتقط الإصدارات المتعلقة بالفشل المرتبط بالعملية. وعلى الرغم من أن التقنيات ليست منتشرة على نطاق واسع، إلا أن المراقبة المستمرة قد تكون أكثر فعالية في اكتشاف هذه الأنواع من أحداث الانبعاثات.

الحواجز التنظيمية. وقد حظرت بعض الدول الاستخدام الخاص للطائرات بدون طيار والاستخدام غير الحكومي لصور الأقمار الصناعية أو أنشأت مناطق حظر الطيران حول البنية التحتية الحيوية. قد تمنع هذه القوانين استخدام تقنيات معينة للكشف عن انبعاثات غاز الميثان، مما يحد من عدد خيارات الكشف المتاحة للمشغلين ويثبط نشر التقنيات الجديدة.

متطلبات التدريب. تتطلب بعض تقنيات المراقبة تدريبًا وخبرة متخصصة لتشغيلها. أظهرت الدراسات أن الخبرة أمر بالغ الأهمية لقدرة الفني على اكتشاف التسريبات عند تنفيذ حملة.[104]

استقلالية المساح . تسمح بعض برامج LDAR للمشغل بالاختيار بين الموظفين الداخليين أو مقاول المسح. يعتقد بعض أصحاب المصلحة أن المساحين المستقلين عن المشغل سيكون لديهم حافز أكبر للعثور على التسريبات وتوثيقها أكثر من أي شخص داخل الشركة على دراية بتكاليف الإصلاح.

الدعم المتاح للحكومات

تتوفر العديد من المنظمات لدعم الحكومات في اكتشاف وتقدير مستويات الانبعاثات باستخدام خيارات التكنولوجيا المختلفة.

يمكن لبرنامج CCAC لعلوم الميثان تقديم دراسات لمرة واحدة عن مناطق النفط والغاز باستخدام مسوحات الطائرات التي ينسقها صندوق الدفاع عن البيئة. يوفر هذا البرنامج عادةً لمحة سريعة عن إجمالي معدلات الانبعاثات داخل المنطقة محل الاهتمام على مدار بضعة أيام. ومع ذلك، فإنه قد لا يوفر المعلومات اللازمة لفهم سبب اختلاف الانبعاثات عن التوقعات.

يستخدم برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) برنامج نظام الإنذار والاستجابة لغاز الميثان (MARS) لجمع عمليات اكتشاف كبيرة لغاز الميثان من الأقمار الصناعية العامة الحالية التي يمكنها اكتشاف بواعث كبيرة جدًا. يمكن لتكنولوجيا الأقمار الصناعية الحالية أن تغطي المناطق البرية المسطحة ذات خطوط العرض المتوسطة[105] أفضل من الأصول البحرية أو تلك الموجودة في المناطق الاستوائية أو القطبية.

يمكن للبعثات الساتلية القادمة الممولة من الأعمال الخيرية والتي يقودها صندوق الدفاع عن البيئة (MethaneSAT) ومخطط الكربون أن تزيد من عدد الأقمار الصناعية مفتوحة المصدر التي تراقب انبعاثات غاز الميثان من المناطق الرئيسية (زيادة وتيرة المراقبة) وتحسين التفاصيل المكانية وحدود الكشف والدقة. القدرة على مراقبة الأصول الخارجية. سيتم نشر البيانات الصادرة عن هذه الأقمار الصناعية علنًا على بوابات الإنترنت ليستخدمها مختلف أصحاب المصلحة.

دراسة حالة: نظام التنبيه والاستجابة لغاز الميثان (MARS)

أطلق المرصد الدولي لانبعاثات الميثان (IMEO) التابع لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة نظام الإنذار والاستجابة لغاز الميثان (MARS)، وهو أول نظام عالمي يوفر بيانات عملية وشفافة عن انبعاثات الميثان من الأقمار الصناعية في الوقت الحقيقي تقريبًا. تم تصميم MARS لتسريع تخفيضات انبعاثات الميثان (بما في ذلك دعم التعهد العالمي للميثان) من خلال الكشف عن مصادر كبيرة لانبعاثات الميثان البشرية المنشأ باستخدام بيانات الأقمار الصناعية، وإخطار أصحاب المصلحة المعنيين، وتقييم أحداث الانبعاثات الفردية والتخفيف منها، وتتبع الأحداث، بما في ذلك تبادل البيانات العامة .

يستخدم نظام MARS أحدث بيانات الأقمار الصناعية لتحديد أحداث الانبعاثات الكبرى بسرعة، وإخطار الدول والمشغلين وإشراكهم، ودعم التخفيف، وتتبع التقدم عبر الزمن. في حين أن النموذج التشغيلي الكامل لا يزال قيد التطوير، في وقت كتابة هذا الكتاب، ستركز المرحلة الأولية من MARS على اكتشاف وإسناد أحداث انبعاثات محددة في قطاع الطاقة ثم العمل على تحديد وإخطار أصحاب المصلحة المعنيين بين جهات الاتصال الحكومية و الشركات التي انضمت إلى شراكة النفط والغاز والميثان 2.0 (OGMP 2.0) الخاصة بـ IMEO. يجوز للبلدان تعيين نقطة اتصال لتلقي الإخطار من برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP الذي يتضمن المعلومات ذات الصلة لتمكين التخفيف ويطلب منها مشاركة أي معلومات حول الإجراءات المتخذة. بمجرد التشغيل الكامل، يعتزم برنامج الأمم المتحدة للبيئة UNEP إتاحة البيانات والتحليلات لعمليات الكشف المحددة من خلال المريخ واستجابة الحكومة والمشغلين للجمهور خلال فترة تتراوح بين 45 و 75 يومًا بعد الاكتشاف. قد يتوقف التأثير النهائي لبرنامج MARS على التمويل المتاح لعمليات المراقبة المستمرة عبر الأقمار الصناعية وتقديم معلومات قابلة للتنفيذ لتوجيه الإخطار عن الانبعاثات الفائقة وتقييمها والتخفيف من آثارها.

موارد مفيدة

المرصد الدولي لانبعاثات الميثان

https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action

يعمل برنامج الأمم المتحدة هذا "على تحفيز جمع وتسوية وتكامل بيانات انبعاثات غاز الميثان القائمة على أساس تجريبي في الوقت الفعلي تقريبًا لتوفير شفافية مناخية غير مسبوقة والمعلومات المطلوبة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة القوية."

مخطط الكربون

https://carbonmapper.org/

مخطط الكربون هو مبادرة غير ربحية، بالشراكة مع كاليفورنيا ومختبر الدفع النفاث التابع لناسا، والتي تعمل على "تقديم خدمة سريعة للكشف عن تسرب الميثان لمشغلي المنشأة والمنظمين" من خلال تكنولوجيا الاستشعار عن بعد. ويهدفون إلى إطلاق قمرين صناعيين في عام 2023 لتوفير وصول واسع النطاق إلى هذه البيانات.

ميثانسات

https://www.methanesat.org/

تخطط مبادرة صندوق الدفاع عن البيئة لإطلاق قمر صناعي في أوائل عام 2024. ويعدون بتحديد أعمدة الميثان الكبيرة "في أي مكان تقريبًا على الأرض"، مشيرين إلى أن "الحد من انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز هو الشيء الأسرع والأكثر تأثيرًا الذي يمكننا القيام به لإبطاء معدل الاحتباس الحراري اليوم".

تتبع المناخ

https://climatetrace.org/

توفر هذه الشراكة بيانات مفتوحة ومتاحة مجانًا حول الانبعاثات المعروفة والمقدرة، بما في ذلك غاز الميثان. فهي تمنح السلطات القضائية إحساسًا فوريًا ولكن عامًا بملف انبعاثات الميثان لديها.

أداة انبعاث ناسا

https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/

باستخدام أداة مثبتة على محطة الفضاء الدولية، ترسم وكالة ناسا خرائط لأعمدة كبيرة من غاز الميثان ذات تغطية عالمية محدودة. قد تحدد هذه الأداة بعض الأعمدة في ولاية قضائية ولكنها ليست شاملة أو يتم تحديثها بشكل متكرر.

جهاز تروبومي

https://www.tropomi.eu/data-products/methane

TROPOMI هو جهاز موجود على متن القمر الصناعي Copernicus Sentinel-5 Precursor، بتكليف من وكالة الفضاء الأوروبية، والذي يوفر بيانات الميثان.

أداة اكتمال انبعاثات مصدر نقطة الأقمار الصناعية (SPECT) (معهد روكي ماونتن)

https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/

تم تصميم أداة اكتمال انبعاثات مصدر نقطة الأقمار الصناعية SPECT لمساعدة المستخدمين على مقارنة الأقمار الصناعية للتأكد من اكتمالها فيما يتعلق "بتحديد وتتبع بواعث الميثان الفائقة".

المبادرة العالمية لغاز الميثان 2023: موارد قطاع النفط والغاز.

https://www.globalmethane.org/oil-gas/index.aspx

تقدم العديد من التقنيات الناشئة أنواعًا مختلفة من الكشف عن الانبعاثات. توفر العديد من الموارد، بما في ذلك GTI Energy[106] والتعاون بين أعضاء OGCI IPIECA IOGP[107]، الخبرة الخاصة بالشركة (مثل تجربة Chevron)[108]، معلومات حول أنواع التقنيات المتاحة ومقايضاتها.

10. ضمان الامتثال

النقاط الرئيسية

- يمكن أن تتضمن أنظمة الامتثال التنظيمية لمتطلبات خفض انبعاثات غاز الميثان عقوبات ومكافآت.
- يمكن أن تشمل أنظمة الامتثال التنظيمي أيضًا أنواع المراقبة وإعداد التقارير وهياكل المساءلة العامة لجعل أداء المشغلين أكثر تنفيذًا ذاتيًا، لذلك لا يتعين على المنظمين الاعتماد على التنفيذ فقط.
- وبالتالي، عند تصميم برنامج الامتثال التنظيمي، يمكن للهيئات التنظيمية الاعتماد على العديد من الخيارات.
- تعمل إجراءات التنفيذ على تعزيز الامتثال وتكافؤ الفرص من خلال توفير تهديد موثوق بتنفيذ الانتهاكات؛ وتؤدي برامج الشفافية المبنية على الرصد والإبلاغ المطلوبين وظيفة مماثلة.

يمكن أن تشمل الأساليب التقليدية للامتثال التنظيمي عقوبات رادعة ضد الانتهاكات وحوافز لمكافأة أولئك الذين يلتزمون بالمتطلبات التنظيمية. إن نهج العصا والجزرة هذا هو النهج الذي يمكن للجهات التنظيمية استخدامه في تصميم وتنفيذ برامج الامتثال.

ترتبط فعالية العقوبات والحوافز ارتباطًا وثيقًا بقوة نظام التنفيذ الذي تقوم عليه اللوائح. عندما يكون التنفيذ متسقًا ويمكن التنبؤ به، يميل المشغلون إلى اتخاذ الإجراءات التي تحافظ على الامتثال وتجنب تلك التي تؤدي إلى الانتهاكات. وقد يكون الأمر أيضًا أن عدد المصادر المحتملة لغاز الميثان سوف يفوق بشكل كبير موارد التنفيذ المتاحة، لذلك لا ينبغي أن تعتمد البرامج الفعالة للحد من انبعاثات غاز الميثان على التنفيذ وحده. يمكن للجهات التنظيمية تحفيز المشغلين على تقليل الانبعاثات من خلال القواعد التي تتطلب المراقبة، وإعداد التقارير الإلكترونية، واستخدام قدرة مراقبة الطرف الثالث لتحديد أحداث الانبعاثات الكبيرة، والمساءلة العامة، واستخدام الأتمتة حيثما أمكن ذلك وعدم وجود معدات معيبة.

الشكل 10.1: أيقونات تمثل أنشطة الامتثال لخفض انبعاثات غاز الميثان.

إيصال التوقعات

أحد الجوانب الحاسمة لنظام الامتثال الفعال هو وضوح واتساع نطاق التواصل من قبل الجهة التنظيمية مع الجهات المنظمة في السوق.

من أجل الوضوح، قد تتبنى الهيئات التنظيمية نهجًا متعدد المستويات حيث يتم تحديد المتطلبات التفصيلية في اللوائح التنظيمية، ويتم مشاركة التوجيه التشغيلي بشأن تنفيذ اللائحة من خلال التوجيه، ويتم مشاركة المزيد من التوضيحات من خلال وسائل الإعلام والتدريب والتعلم من الأقران.

يجب أن تسعى حملة التوعية التي تقوم بها الهيئات التنظيمية إلى الوصول ليس فقط إلى الجهات الفاعلة الأساسية في قطاع النفط والغاز، مثل مشغلي الحقول والمرافق، ولكن أيضًا إلى الجهات الفاعلة المهمة الأخرى، مثل المقاولين من الباطن، وخدمات المراقبة، وشركات التدقيق/المحاسبة، وما إلى ذلك. ومن خلال السعي إلى فهم واسع النطاق للمتطلبات التنظيمية في مختلف أنحاء الصناعة، جنبًا إلى جنب مع القواعد التي تجبر أصحاب الأداء السيئ على مواجهة التدقيق العام والمساءلة، تستطيع الجهات التنظيمية أن تؤسس ثقافة الالتزام ذاتية التعزيز حيث يشجع الفاعلون بعضهم البعض على التصرف بشكل مناسب.

التحقق من الامتثال

يعد اكتشاف الانتهاكات عنصرًا حاسمًا في أنظمة ضمان الامتثال الفعالة. بالإضافة إلى التنفيذ، يمكن للوائح وضع معايير التنظيم الذاتي للشركات. قد تتضمن لائحة الحد من انبعاثات غاز الميثان أيضًا عملية للمشاركة العامة. ومع ذلك، هناك خيارات في تحديد أدوار ما إذا كانت الحكومة الوطنية، أو الحكومة الإقليمية/المحلية، أو كيان خاص متعاقد من الباطن هو الذي يقوم بالرقابة. يمكن للسلطة الواضحة لمثل هذه الأنشطة أن تخلق قدرًا أكبر من اليقين وتقلل من مخاطر التقاضي.

تحفيز التنظيم الذاتي

وعلى الرغم من أن الأمر قد يبدو غير بديهي، فقد أظهرت التجربة في العديد من الأسواق في جميع أنحاء العالم أن الشركات قد تستجيب بشكل إيجابي للحوافز التي تشجعها على الاعتراف بأخطائها طوعًا. على سبيل المثال، يمكن للجهات التنظيمية أن تلتزم بمعاقبة الانتهاكات التي يتم تحديدها، والإبلاغ عنها بسرعة، وتصحيحها على وجه السرعة من قبل الشركات بشكل أقل قسوة من الانتهاكات غير المبلغ عنها.[109] قد يتم منح المشغلين الذين يتمتعون بسجل امتثال جيد معاملة ضريبية تفضيلية أو أرصدة كربون أو تحسينات في الأسعار. بالإضافة إلى تحويل بعض تكاليف الرقابة إلى الشركات، تشجع هذه الاستراتيجيات المشغلين على التصرف بسرعة للحد من تأثير الانتهاكات بدلًا من انتظار التدخل التنظيمي.

استراتيجيات الامتثال والمراقبة

هناك العديد من أساليب المراقبة للوائح الميثان. يمكن لبرنامج فعال الاستفادة منها جميعًا.

المراقبة الذاتية. إن مطالبة الشركات بمراقبة انبعاثاتها يحقق شيئين في نفس الوقت: تعرف الشركات على انبعاثاتها (خطوة أولى نحو إصلاحها)، وتعرف أن الحكومة (وكذلك عامة الناس) تعرف عن الانبعاثات أيضًا.

التفتيش يجب أن يُفهم على أنه إجراء حكومي للتحقق من الامتثال. قد تحدد اللائحة متطلبات التفتيش، مثل فحص سجلات الشهادات، وأخذ العينات، والتواصل مع موظفي الشركة، لتحديد الامتثال. نظرًا لأن عدد المصادر عادة ما يكون أكبر بكثير مما تستطيع الحكومة فحصه، فيجب أن تركز عمليات التفتيش على المصادر التي يشير استهداف البيانات إلى أنها أسوأ المخالفات.

مراقبة انبعاثات الطرف الثالث. هناك العديد من الشركات اليوم قادرة على مراقبة انبعاثات غاز الميثان من الأقمار الصناعية والتحليق الجوي ولفت

الانتباه المطلوب إلى أكبر أحداث الانبعاثات. ويمكن للحكومات الاستفادة من هذه الخبرة من خلال جلب بيانات الطرف الثالث إلى البرامج الحكومية. إذا حددت أطراف ثالثة أحداث الانبعاثات الكبيرة، وطلبت الحكومة من الشركات اتخاذ إجراءات لمعالجتها، فيمكن ضم القدرة الخارجية إلى السلطة الحكومية لتقليل الانبعاثات الكبيرة.

عمليات تدقيق الطرف الثالث (تختلف عن مراقبة انبعاثات الطرف الثالث التي تمت مناقشتها أعلاه) بتوظيف منظمات مستقلة أو متخصصين لتقييم دقة المعلومات المقدمة من مشغلي النفط والغاز إلى الجهة التنظيمية. قد يكون هذا النوع من الدعم مفيدًا عندما لا تقوم الجهة التنظيمية الوطنية بإنشاء قدرتها الخاصة على المراجعة. ومع ذلك، لا يزال يتطلب من الجهة التنظيمية إدارة عملية التصديق وضمان استقلالية مدققي الطرف الثالث. على سبيل المثال، يجب تقييم مدققي الطرف الثالث بحثًا عن أي تضارب في المصالح وأن يتمتعوا بالكفاءة اللازمة لإجراء عمليات تدقيق الامتثال البيئي. أحد الخيارات المؤكدة لزيادة استقلالية عمليات تدقيق الطرف الثالث، وبالتالي دقتها، هو تعيين مدققين عشوائيًا من مجموعة معتمدة. والأهم من ذلك، أن تحديد الامتثال يقع على عاتق الجهة التنظيمية ويجب مراجعة عمليات التدقيق التي يقوم بها الطرف الثالث بعناية مع إتاحة الفرصة للحصول على مدخلات من المشغلين. تشترط كل من الأرجنتين والمكسيك أن يقوم مدققون خارجيون بالتحقق من تقارير الشركة.[110]

مسوحات خط السياج تسمح بالفحص عن بعد في الظروف التي يكون فيها الفحص في الموقع أمرًا صعبًا. يمكن لأجهزة القياس الأرضية أو الجوية فحص المواقع بحثًا عن انبعاثات غاز الميثان المحتملة. يمكن لأطراف ثالثة إجراء الاستشعار عن بعد لتحديد أحداث الانبعاثات الكبيرة أيضًا. قد تشير نتائج هذه المسوحات إلى الحاجة إلى المتابعة مع المشغل أو التفتيش في الموقع.

قياس التقارير الإلكترونية وتقارير الامتثال الأخرى يمكن أن تحسن بشكل كبير من كفاءة جهود الامتثال، وتسمح بقدر أكبر من الشفافية، وهي استراتيجية رئيسية لدفع الامتثال. يمكن للأدوات الرقمية أن تقلل من عبء أوراق الامتثال، خاصة بالنسبة للعمليات الكبيرة التي تولد بيانات ضخمة. يؤدي دمج الأتمتة والذكاء الاصطناعي إلى تقليل الأخطاء في إعداد التقارير وتسريع تحديد الفرص لتحسين الامتثال وربما الانتهاكات.

لدى الحكومات العديد من الخيارات لمجموعة واسعة من الاستراتيجيات التنظيمية لتعزيز الامتثال.

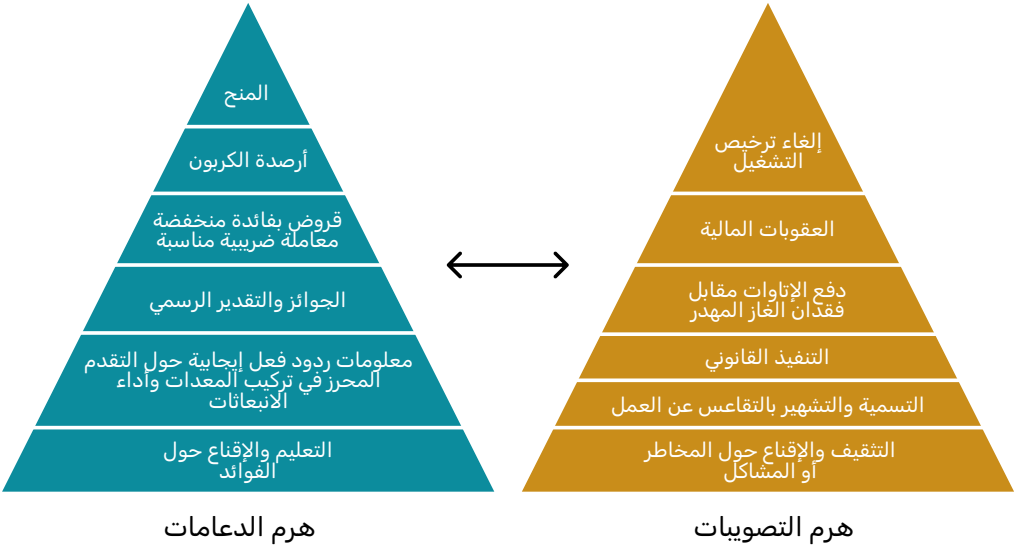
التفتيش يجب أن يُفهم على أنه إجراء حكومي للتحقق من الامتثال. قد تحدد اللائحة متطلبات التفتيش، مثل فحص سجلات الشهادات، وأخذ العينات، والتواصل مع موظفي الشركة، لتحديد الامتثال.

عمليات تدقيق الطرف الثالث توظيف منظمات مستقلة أو متخصصين لتقييم دقة المعلومات المقدمة من مشغلي النفط والغاز إلى الهيئة التنظيمية. قد يكون هذا النوع من الدعم مفيدًا عندما لا تكون الجهة التنظيمية الوطنية قد أنشأت قدرتها على المراجعة. ومع ذلك، فإنه لا يزال يتطلب أن تتمكن الجهة التنظيمية من إدارة عملية التصديق وضمان استقلالية مدققي الطرف الثالث. على سبيل المثال، يجب تقييم مدققي الطرف الثالث بحثًا عن أي تضارب في المصالح وأن يتمتعوا بالكفاءة اللازمة لإجراء عمليات تدقيق الامتثال البيئي. والأهم من ذلك، أن تحديد الامتثال يقع على عاتق الجهة التنظيمية ويجب مراجعة عمليات التدقيق التي يقوم بها الطرف الثالث بعناية مع إتاحة الفرصة للمدخلات من المشغلين. تشترط كل من الأرجنتين والمكسيك أن يقوم مدققون خارجيون بالتحقق من تقارير الشركة.

مسوحات خط السياج تسمح بالفحص عن بعد في الظروف التي يكون فيها الفحص في الموقع أمرًا صعبًا. يمكن لأجهزة القياس الأرضية أو الجوية فحص المواقع بحثًا عن انبعاثات غاز الميثان المحتملة. قد تشير نتائج هذه المسوحات إلى الحاجة إلى المتابعة مع المشغل أو التفتيش في الموقع.

رقمنة آليات القياس وإعداد التقاريريمكن أن تؤدي إلى تحسين كفاءة جهود الامتثال. يمكن للأدوات الرقمية أن تقلل من عبء أوراق الامتثال، خاصة بالنسبة للعمليات الكبيرة التي تولد بيانات ضخمة. يؤدي دمج الأتمتة والذكاء الاصطناعي إلى تقليل الأخطاء في إعداد التقارير وتسريع تحديد الفرص لتحسين الامتثال وربما الانتهاكات.

لدى الحكومات العديد من الخيارات لكل من "الجزرة" و"العصا": الحوافز والعقوبات. وتبني هذه الخيارات على بعضها البعض مثل الهرم، كما هو موضح أدناه.



الشكل 10.2: هرم الدعامات وهرم التصويبات

لتعزيز الكفاءة ومواكبة الوتيرة المتزايدة للتغير التكنولوجي، يمكن للهيئات التنظيمية في مختلف الولايات القضائية اعتماد **نهج تقييم التكافؤ**.[111] هذا النهج يتيح للجهة التنظيمية فهم والموافقة على البديل الذي يقترحه المشغل لمعدات و/أو ممارسات الحد من غاز الميثان المطلوبة بموجب اللوائح (على سبيل المثال، فيما يتعلق بكشف التسرب وإصلاحه LDAR) دون التضحية بالمنفعة البيئية.

التنفيذ

تعمل إجراءات التنفيذ على تعزيز الامتثال وتكافؤ الفرص من خلال توفير تهديد موثوق باتخاذ الإجراءات المناسبة للانتهاكات. تحتاج الوكالة الحكومية المسؤولة عن تطبيق لوائح الحد من انبعاثات غاز الميثان إلى سلطة قانونية واضحة لتعزيز مصداقية جهود التنفيذ التي تبذلها. ويشمل ذلك سلطة التفتيش والتنفيذ، مع سلطة فرض نطاق متصاعد من الإجراءات المناسبة لتحفيز الامتثال.

يمكن لخطابات التحذير إبلاغ الشركة بالانتهاكات التي تم العثور عليها وإدراج خطوات محددة للامتثال لها. تسمح خطابات التحذير للجهة التنظيمية بالتعامل مع الشركة لتصحيح الانتهاكات والامتثال بطريقة تعاونية. قد يقتصر إجراء التنفيذ الرسمي على الحالات التي لا يؤدي فيها خطاب التحذير إلى الامتثال.

في بداية إجراء التنفيذ الرسمي، من الضروري تقييم حجم الانتهاك بناءً على العديد من العوامل، بما في ذلك:

- الضرر الفعلي أو المحتمل.
- مدى الانحراف عن المتطلبات.
- سجل امتثال المخالف.
- سواء تم الإفصاح عن المخالفة ذاتيًا أو تم اكتشافها بالمعاينة.

قد تؤثر هذه العوامل أيضًا على حجم العقوبة المدنية. قد يتأثر تحديد العقوبة المناسبة أيضًا بالهدف الشامل المتمثل في ضمان عدم استفادة المخالفين ماليًا من عدم الامتثال. تتمثل إحدى الفرص الرئيسية لتحقيق أداء أفضل من خلال التنفيذ في مطالبة الشركات التي ثبت أنها ارتكبت انتهاكات بالامتثال، ولكن أيضًا مطالبتها بالحد من انبعاثاتها في المستقبل، أي جعل البيئة سليمة بالإضافة إلى دفع غرامة تعوض كل شيء. من الأموال التي وفروها بالمخالفة وهي كافية لردع المخالفات في المستقبل.

وينبغي أن يتضمن التصميم التنظيمي الجيد آلية يمكن للمشغل من خلالها استئناف أو الاعتراض على إجراءات التنفيذ، بما في ذلك الإجراءات التصحيحية والعقوبات. القيود المالية ليست سببًا وجيهًا لعدم الامتثال؛ إذا قررت الشركة أن المنشأة لا تستطيع تحمل تكاليف العمل وفقًا للامتثال، فيمكنها تجنب العقوبات المستقبلية عن طريق اختيار إغلاق تلك المنشأة. ومع ذلك، في بعض الولايات القضائية، قد يتم تخفيض العقوبة عندما توثق السجلات المالية الرسمية للشركة عدم قدرة الشركة على الدفع. بدلًا من ذلك، قد يُسمح للشركة بتقديم مدفوعات على أقساط خلال فترة زمنية محددة عندما تتمكن من إثبات أن دفع الغرامة سيمنعها من دفع نفقات الأعمال العادية والضرورية.

خطة التفتيش

يوضح القسم التالي بعض الأسئلة الرئيسية التي يمكن للجهة التنظيمية استخدامها لتطوير خطة التفتيش الخاصة بها لضمان الامتثال للوائح خفض انبعاثات غاز الميثان.

نظرًا لأن موارد التفتيش ستكون محدودة دائمًا، فمن المهم إعطاء الأولوية للتفتيش على أخطر انتهاكات الانبعاثات، والمخالفين المتكررين، والشركات التي لديها تاريخ من أحداث الانبعاثات الكبيرة.

وضع خطة التفتيش

الأهداف

- ما هو الغرض من التفتيش؟
- ما الذي يجب تحقيقه؟

المهام

- ما هي المعلومات التي ستتم مراجعتها (على سبيل المثال، التصاريح والتراخيص واللوائح وتقارير التفتيش السابقة والمعلومات المتعلقة بتاريخ الامتثال)؟
- ما هو التنسيق المطلوب مع موظفي الكشف أو البرامج البيئية الأخرى أو المحامين أو الوكالات الحكومية؟

الإجراءات

- ما هي عمليات المنشأة المحددة التي سيتم فحصها؟
- هل أنشأ المفتشون حق الدخول إلى المنشأة؟
- هل سيتطلب التفتيش إجراءات خاصة؟
- هل تم وضع وتنفيذ خطة لضمان الجودة/مراقبة الجودة؟
- ما هي المعدات التي ستكون مطلوبة؟
- ما هي مسؤوليات كل عضو في الفريق؟

الموارد

- من هم الموظفين المطلوبين؟
- هل تم وضع وتنفيذ خطة السلامة؟

الجدول الزمني

- ما هي المتطلبات الزمنية لأمر أنشطة التفتيش؟
- ماذا ستكون الأولويات؟ ما الذي يجب فعله وما هو الاختياري لإكماله؟

موارد مفيدة بشأن ضمان الامتثال

الشبكة الدولية للامتثال والتنفيذ البيئي (INECE): مبادئ التنفيذ البيئي الفعال.

https://inece.org/

وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA): سياسة الاستجابة للتنفيذ وسياسة التدقيق الخاصة بوكالة حماية البيئة (EPA).

https://www.epa.gov/enforcement/enforcement-policy-guidance-publications

وكالة حماية البيئة الأمريكية 2022: امتثال الجيل القادم.

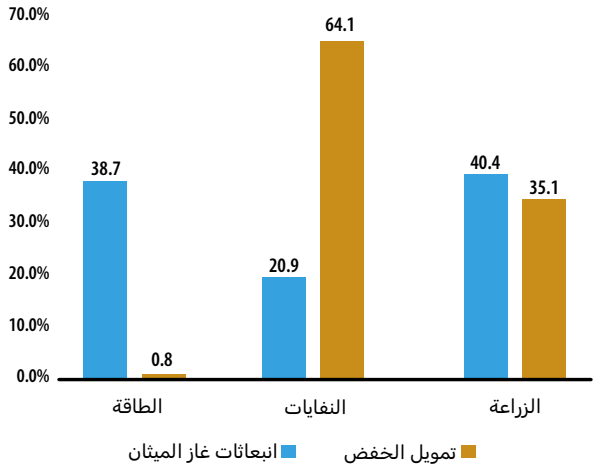
https://www.epa.gov/compliance/next-generation-compliance

11. تمويل الحد من انبعاثات غاز الميثان

النقاط الرئيسية

- تتمتع حلول الميثان بواحدة من أعلى فوائد الحد من الانبعاثات لكل دولار من رأس المال المستثمر، ولكنها تعاني من نقص التمويل على مستوى العالم.
- هناك حاجة إلى تدفقات مالية كافية للحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز للمساعدة في الحد من الانبعاثات.
- ويتطلب تحقيق فرصة غاز الميثان الاستثمار في الحلول التقنية والأنشطة التمكينية. ومن الممكن أن يشكل التمويل غير الفعال للتكاليف الميسرة التي تتحملها الحكومات عقبة كبيرة أمام نشر الحلول التقنية.
- تشمل مصادر التمويل مؤسسات تمويل التنمية (DFIs)، وآليات التمويل الخاصة بالمناخ، ومصدري السندات الخضراء.
- وقد يساهم التعهد العالمي لغاز الميثان في دمج جهود الحد من انبعاثات غاز الميثان في هيكل تمويل المناخ.
- تعد انبعاثات الميثان شكلًا من أشكال النفايات، ولكن في غياب سعر غازات الدفيئة، لن تكون جميع المصادر فعالة من حيث التكلفة بالنسبة للشركات لإصلاحها أو منعها.
- قد تستخدم بعض الشركات طوعًا فقط غاز الميثان المهدر مسبقًا والذي يوفر الفرصة الاستثمارية الأكثر جاذبية. في العديد من الدول، ستحتاج الحكومات إلى التنظيم لدفع إجراءات الحد من انبعاثات غاز الميثان.

إن اغتنام فرصة الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز سوف يتطلب استثمارات كبيرة. وفي حين أن 39 في المائة من انبعاثات غاز الميثان تأتي من قطاع الطاقة، فإن 0.8 في المائة فقط من تمويل مكافحة غاز الميثان تم توجيهها إلى قطاع الطاقة. ستتطلب معالجة هذه الفجوة التمويلية مساهمات من القطاع الخاص، والحكومات الوطنية، والمؤسسات المتعددة الأطراف، وصناديق تمويل المناخ. ويناقش هذا الفصل مصادر التمويل هذه، ونهجها لتمويل مكافحة غاز الميثان، ودراسات الحالة التي توضح أمثلة عملية لكيفية تسريع التمويل لجهود المكافحة.



الشكل 11.1: توزيع تمويل الخفض وتوزيع انبعاثات غاز الميثان عبر القطاعات حسب النسبة المئوية.[112, 113]

الفجوة التمويلية

تعاني تدابير الحد من انبعاثات غاز الميثان من نقص التمويل.[114] واستنادًا إلى التعهد العالمي لغاز الميثان، يمثل الميثان 17 بالمائة من انبعاثات اللغازات الدفيئة العالمية الناتجة عن النشاط البشري. ومع ذلك، حصل الميثان على أقل من 2 في المائة من إجمالي تدفقات تمويل المناخ (11~ مليار دولار أمريكي في 2019/2020). وهناك حاجة إلى أكثر من 100 مليار دولار أمريكي سنويا - أي ما لا يقل عن عشرة أضعاف المستويات الحالية.[115] حصل قطاع الوقود الأحفوري، الذي يتمتع بأعلى إمكانات الحد من من غاز الميثان بحلول عام 2030، على أقل قدر من التمويل لمكافحة غاز الميثان.

ووفقًا لأحد تقديرات وكالة الطاقة الدولية، هناك حاجة إلى حوالي 100 مليار دولار من إجمالي الاستثمارات بحلول عام 2030 لتحقيق انخفاض بنحو 75% في قطاع الطاقة.[116] وبالنظر إلى فوائد الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز، فإن فجوة التمويل هذه تشكل تحديًا بالغ الأهمية.

ما الذي يحتاج إلى تمويل؟

ويتطلب الحد من انبعاثات الميثان الاستثمار في البنية التحتية والبيئة التمكينية لتلك البنية التحتية - السياسات والقوانين واللوائح والعقود، بما في ذلك هياكل الحوافز والعقوبات، لخفض انبعاثات الميثان.

البنية التحتية. تشمل تدابير الحد من انبعاثات غاز الميثان المصادر الحالية ومصادر الانبعاثات الجديدة المحتملة. وفي حين أنه من المنطقي استهداف مصادر ثابتة كبيرة على وجه السرعة، فإن التمويل مطلوب أيضا لتجنب مصادر الانبعاثات الجديدة. وبالتالي، فإن تمويل البنية التحتية للحد من انبعاثات غاز الميثان يمكن أن يشمل التدخلات التي:

- تتجنب أو تمنع حدوث انبعاثات غاز الميثان، على سبيل المثال، التصميم وفقًا لمعايير جديدة.
- الاستفادة من غاز الميثان: المشاريع التي تلتقط هذا الغاز ثم تستخدمه أو تعيد حقنه.
- الحد من أو تقليل مستويات الانبعاثات الحالية.

البيئة التمكينية. ويشمل تمويل مكافحة غاز الميثان المساعدة الفنية لبناء القدرات. على سبيل المثال، يتطلب تطوير أسواق الغاز المحلية مساعدة فنية كبيرة ويمكن أن يساهم في الحد من انبعاث غاز الميثان في مشاريع النفط.

مصادر التمويل

ويمكن تمويل حلول الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز على أساس قطاعي محدد أو كجزء من التمويل الوطني لتغير المناخ. تشمل بعض المصادر الرئيسية لتمويل حلول الحد من انبعاثات غاز الميثان ما يلي:

مؤسسات تمويل التنمية (DFIs). تركز مؤسسات تمويل التنمية على التنمية وتكون أكثر نشاطًا في الأسواق ذات الوصول المحدود إلى التمويل الخاص أو في المشاريع التي تفتقر إلى أساس تجاري متين. ويمكن لمؤسسات تمويل التنمية أن تخفض الأسعار، وتقدم قروضًا طويلة الأجل، وتضيف الشفافية، وتوفر التغطية للمستثمرين في الأماكن عالية المخاطر. كما أنهم غالبًا ما يكونون على استعداد لتحمل المخاطر الفنية بشأن التقنيات الناشئة إذا كانت تتوافق مع أهداف سياساتهم، مثل التخفيف من تغير المناخ. إنهم يهدفون إلى دعم أهداف الحكومة وتوفير التمويل للمشاريع التي تقع ضمن ولاياتهم المحددة. عادة ما تتمتع مؤسسات تمويل التنمية بظروف بيئية واجتماعية شاملة لدعمها.

صناديق مخصصة للمناخ. تدير العديد من مؤسسات تمويل التنمية صناديق المناخ لتشجيع النشر السريع للتكنولوجيات منخفضة الكربون، مع التركيز على الطاقة المتجددة. وتشمل هذه الصناديق صندوق المناخ الأخضر، ومرفق البيئة العالمية، والمركز العالمي لغاز الميثان، وصناديق الاستثمار في المناخ (صندوق التكنولوجيا النظيفة وصندوق المناخ الاستراتيجي). الميزة الأساسية لهذه الصناديق هي القدرة على الإقراض بأسعار أقل من السوق (التمويل الميسر). ويعمل هذا الإقراض على تحسين الهيكل الرأسمالي للاستثمار في غاز الميثان عن طريق خفض تكلفة التمويل. وتتمتع هذه الصناديق أيضًا بقدر كبير من القدرة على الإقراض. على سبيل المثال، يعد المركز العالمي للميثان منظمة خيرية توفر التمويل المباشر لمشاريع مكافحة غاز الميثان وقد جمعت أكثر من 340 مليون دولار.

وكالات ائتمان الصادرات (ECAs). تنشئ حكومة بلد ما وكالة ائتمان الصادرات لتشجيع تصدير سلعها وخدماتها. قد تكون وكالات ائتمانات الصادرات قادرة على دعم المعاملات الخاصة بحلول وبرامج وتقنيات الحد من انبعاثات غاز الميثان حيث تتضمن هذه المعاملات واردات من سوق وكالة ائتمان الصادرات. تغطي وكالات ائتمان الصادرات المعاملة من خلال التأمين أو عن طريق ضمان الدفع المباشر، مما يوفر تغطية المخاطر التجارية والسياسية. وعندما يتعلق الأمر بوكالات ائتمان الصادرات، فمن المرجح أن يقدم المصدرون شروط عمل أكثر تنافسية. بالإضافة إلى ذلك، يمكن لوكالات ائتمان الصادرات أن توفر الغطاء المناسب عندما يكون المقرضون التجاريون أكثر ترددًا في تحمل المخاطر السياسية.

شركات النفط والغاز. ومن الممكن تحفيز هذه الشركات لتمويل تدابير التخفيض عندما تكون قيمة التخفيض، من حيث كميات الميثان الإضافية المحتجزة أو تجنب العقوبات التنظيمية، أكبر من التكاليف. خصصت العديد من شركات النفط العالمية أجزاء من ميزانياتها الرأسمالية للمشاريع التي من شأنها تقليل انبعاثات اللغازات الدفيئة التشغيلية، بما في ذلك انبعاثات الميثان. تم تصميم هذه البرامج بحيث تتنافس مشاريع التخفيض هذه على رأس المال مع فرص الحد من انبعاثات غازات الدفيئة الداخلية الأخرى ولكن ليس مع الاستخدامات الأخرى لرأس المال، مثل حفر الآبار. نظرًا لتنوع صناعة النفط والغاز، فقد لا يكون هذا خيارًا لكل شركة أو منطقة جغرافية أو فرصة للحد من انبعاثات غاز الميثان.

شركات النفط الوطنية. في الدول التي تكون فيها شركات النفط الوطنية مشاركين نشطين في قطاع النفط والغاز (كمشغلين أو شركاء في مشاريع مشتركة)، قد تكون مصدرًا لتمويل مشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان. يمكن لشركات النفط الوطنية دعم مشاريع مكافحة الحرائق سواء كمستثمر، من خلال إعادة توجيه حصة من أرباحها المحتجزة، أو كمقرض، من خلال

إعادة توجيه الأموال التي كانت ستتدفق لولا ذلك إلى الخزانة الوطنية. وحتى في الحالات التي لا تمتلك فيها شركات النفط الوطنية الإيرادات اللازمة لدعم الحد من انبعاثات غاز الميثان، قد تظل الحكومات تختار استخدام شركات النفط الوطنية كنقطة محورية للدعم المالي العام، إما من خلال المخصصات المباشرة من الميزانية المركزية أو من خلال إعادة الإقراض عندما تقترض الحكومة و تمرير الأموال إلى المرافق.

البنوك التجارية وصناديق الأسهم الخاصة. سيقوم المقرضون مثل البنوك التجارية وصناديق الأسهم الخاصة بتقييم الجدوى التجارية لفرص الاستثمار في الحد من انبعاثات غاز الميثان كما يفعلون مع أي استثمار آخر. وقد لا يأخذ هؤلاء المقرضون في الاعتبار قيمة المنافع المتعلقة بالمناخ كما يفعل صندوق التنمية للتمويل. ومع ذلك، فإن العديد من المقرضين لديهم أهداف داخلية تتعلق بالبيئة والمجتمع والحوكمة ESG، بما في ذلك الحد من انبعاثات غاز الميثان. بالإضافة إلى ذلك، إذا كان من الممكن تسييل فوائد الحد من انبعاثات غاز الميثان (على سبيل المثال، أرصدة الكربون، والتخفيضات الضريبية، وما إلى ذلك)، فسيتم أخذ هذه الحوافز المالية في الاعتبار عند تقييم المقرض لاقتصاديات المشروع.

التمويل الحكومي. نجحت بعض الحكومات في زيادة سندات البنية التحتية، بما في ذلك السندات الخضراء لمشاريع التخفيف من آثار تغير المناخ. ومع ذلك، تستمر معظم الأموال العامة في التدفق إلى برامج الحد من انبعاثات غاز الميثان في القطاع الزراعي. أنشأت بعض الحكومات آليات لتمويل مشاريع محددة لغاز الميثان، مثل برنامج الآبار المعزولة في كندا بقيمة 1.7 مليار دولار كندي للمساعدة في تنظيف آبار النفط والغاز المعزولة والمهجورة في ألبرتا وساسكاتشوان وكولومبيا البريطانية.[117] وفي العديد من الدول النامية، قد لا يكون هذا الخيار متاحًا، نظرًا لالتزامات الحكومة الأخرى بالإنفاق المالي، وارتفاع مستويات الديون، وأولويات التنمية الأخرى.

الجدول 11.1: آليات تمويل المناخ ومؤسسات مالية محددة

مؤسسات تمويل التنمية (DFIs)	
مؤسسات تمويل التنمية المتعددة الأطراف	البنك الدولي، بنك التنمية الآسيوي، البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير، مؤسسة التمويل الدولية
مؤسسات تمويل التنمية الثنائية	CDC Group (المملكة المتحدة)، Swedfund (السويد)، المؤسسة الدولية لتمويل التنمية (الولايات المتحدة)
مؤسسات التنمية المالية الوطنية	بنك التنمية الصيني، مجموعة بنك التنمية الألماني (ألمانيا)، بنك التصدير والاستيراد الهندي
مؤسسات التمويل الإنمائي دون الوطنية	صندوق ضمان بوينس آيرس، ضمانات واستثمارات النمسا السفلى، وكالة تنمية ريو دي جانيرو
آليات التمويل الخاصة بالمناخ	
صناديق المناخ المتعددة الأطراف المخصصة (UNFCCC)	صندوق التكيف التابع لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وصندوق المناخ الأخضر، وصندوق أقل الدول نموًا، ومرفق البيئة العالمية (GEF)
صناديق المناخ غير التابعة لاتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ	برنامج الأمم المتحدة الإنمائي لبناء القدرات في مجال خفض الانبعاثات، ومبادرة تنوير كفاءة الطاقة التابعة لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة
صناديق المناخ الوطنية (NCFs)	الصندوق الاستئماني لتغير المناخ في إندونيسيا، وصندوق المناخ الدولي في المملكة المتحدة، والصندوق الاستئماني لتغير المناخ في بنغلاديش، ومبادرة IKI الألمانية
الأعمال الخيرية	مؤسسة روكفلر، مؤسسة بلومبرج الخيرية، مؤسسة الطاقة، مؤسسة فورد، مركز الميثان العالمي

مصدرو السندات الخضراء	
بنوك التنمية	البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير، البنك الدولي، بنك التنمية الأفريقي، بنك الاستثمار الأوروبي
مصدري الأوراق المالية على أساس الأصول	فاني ماي، كريدي أجريكول سي آي بي، تويوتا
الشركات المالية المصدرة	بي إن بي باريبا، وبنك أوف أمريكا، وبنك الصين، ومورجان ستانلي
الكيانات المدعومة من الحكومة	الوكالة اليابانية لبناء السكك الحديدية والنقل والتكنولوجيا، والوكالة الهندية لتنمية الطاقة المتجددة
المصدرون السياديون	جمهورية فيجي، الحكومة الفيدرالية لنيجيريا
مصدرو الشركات غير المالية	الكندية للطاقة الشمسية، شركة تسلا للطاقة، مجموعة شركات بكين للمياه
الحكومات المحلية	حكومة مدينة طوكيو (اليابان)، مدينة غوتنبرغ (السويد)، نيويورك MTA (الولايات المتحدة الأمريكية)، ولاية كونيتيكت (الولايات المتحدة الأمريكية)

الاتجاهات في التمويل

توجد حاليًا العديد من الاتجاهات في الأسواق المالية العالمية التي يمكن أن تؤدي إلى إغلاق أو توسيع فجوة التمويل للحد من انبعاثات غاز الميثان. يمكن أن يزداد تمويل مشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان في صناعة النفط والغاز إذا كانت فوائد تلك المشاريع أكثر وضوحًا. ومع ذلك، هناك تحديات أمام الاستثمارات في الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز، بالنظر إلى أهداف تحول الطاقة وتغير المناخ.

دور العمل الخيري. مع تزايد الوعي بفرصة غاز الميثان للمساهمة في تحقيق الأهداف البيئية والاقتصادية والطاقة والتوظيف، يمكن أن يلعب العمل الخيري دورًا أكثر أهمية. وقد يحفز التعهد العالمي لغاز الميثان ومبادرات التمويل المرتبطة به الآخرين على تعزيز حصة الميثان في تمويل المناخ.

التمويل المختلط. التمويل الخاص لأنشطة/مشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان أكبر بنسبة 40 في المائة من التمويل العام، وهو ما يتناقض بشكل صارخ مع التدخلات الأخرى المتعلقة بتغير المناخ حيث يلعب التمويل العام

دورًا مهمًا. ومن المرجح أن يظهر مزيج من التمويل العام والخاص والخيري.

التعاون. وتعمل شبكات حكومات المدن على الاستفادة من اقتصاديات الحجم الكبير للقيام بأنشطة داعمة للمناخ، مثل الشراء الجماعي للتكنولوجيات في الولايات المتحدة ونيجيريا. ويمكن توسيع هذا التأثير ليشمل حلول الحد من انبعاثات غاز الميثان (على سبيل المثال، الحلول الإقليمية لاستخدام الغاز المصاحب لتوليد الطاقة والحصول على الطاقة).

متطلبات الحوكمة البيئية والاجتماعية وحوكمة الشركات. لقد أدى الاستثمار البيئي والاجتماعي والمرتكز على الحوكمة إلى دفع الحكومات ومؤسسات تمويل التنمية والبنوك التجارية وغيرها من الشركات الخاصة بعيدًا عن الاستثمار في قطاع النفط والغاز. ويجري أيضًا تطوير المبادئ التوجيهية البيئية والاجتماعية والحوكمة لتحسين تقارير الشركات عن كيفية تأثير أنشطتها على المناخ. على سبيل المثال، يمثل فريق العمل المعني بالإفصاحات المالية المتعلقة بالمناخ (2015) ومجلس معايير الإفصاح عن المناخ (2007) جهودًا مشتركة بين الجهات الفاعلة في القطاع الخاص، والبنوك المركزية، ومجالس الاستقرار المالي، والجهات التنظيمية الوطنية لوضع معايير متسقة للمعايير البيئية والاجتماعية والحوكمة والمناخ لإعداد التقارير من قبل الشركات.

زيادة التدقيق في التمويل

إن إظهار أن الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز سوف يلبي أهداف المناخ والأهداف البيئية والاجتماعية والحوكمة يمكن أن يفتح عمليات التمويل.

حدود الإقراض الدولي للمشاريع كثيفة الكربون

في 16 أغسطس 2021، أصدرت وزارة الخزانة الأمريكية مذكرة توجيهية سياسية بعنوان إرشادات طاقة الوقود الأحفوري لبنوك التنمية متعددة الأطراف (MDBs).[118] كان التركيز الأساسي لهذه السياسة هو إعلان معارضة حكومة الولايات المتحدة "للتمويل الدولي للطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري كثيفة الكربون"، وعلى وجه التحديد أنها ستستخدم دورها كعضو في مجلس إدارة العديد من بنوك التنمية المتعددة الأطراف للتصويت ضد مثل هذه المشاريع. ومذكرة الخزانة هي الأحدث في عدد متزايد من التصريحات الصادرة عن الجهات المانحة الرئيسية التي تعارض استخدام تمويل التنمية لدعم مشاريع الوقود الأحفوري. على سبيل المثال، تنص السياسة بشكل لا لبس فيه على أن الولايات المتحدة ستعارض "مشاريع الغاز الطبيعي في مرحلة التنقيب والإنتاج". فهي تسمح بدعم محدود "لمشروعات الغاز الطبيعي في مرحلة الإنتاج والتصنيع" في الدول المؤهلة للاقتراض من المؤسسة الدولية للتنمية ما دام يتضمن "استراتيجيات خفض اللغازات الدفيئة". ومن الأهمية بمكان أن السياسة الجديدة توفر استثناءً لتمويل مشاريع خفض انبعاثات غاز الميثان، ولكن مع تحذيرات مهمة (التأكيد في النص الأصلي):

> *"مفتوح لدعم مشاريع احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه (CCUS) والحد من انبعاثات غاز الميثان. نحن منفتحون على دعم حلول احتجاز ثاني أكسيد الكربون CCUS وتخزينه والحد من انبعاثات غاز الميثان كاستثمارات مستقلة لمشاريع الوقود الأحفوري الحالية على افتراض أنها لا توسع قدرة المشروع الحالي أو تطيل عمره التشغيلي إلى حد كبير."*

إن الدرس المستفاد بالنسبة للبلدان التي تسعى إلى تأمين التمويل الدولي للتنمية لمشاريع النفط والغاز هو أنها ستواجه تدقيقًا متزايدًا في مقترحات مشاريعها وتقييمات الجدوى. دعت الدول التي تغطي أكثر من نصف واردات الغاز العالمية وثلث صادرات الغاز العالمية مؤخرًا إلى تقليل إحراق الغاز وانبعاثات غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون عبر سلسلة التوريد إلى أقصى حد ممكن في مؤتمر المناخ COP27.[119]

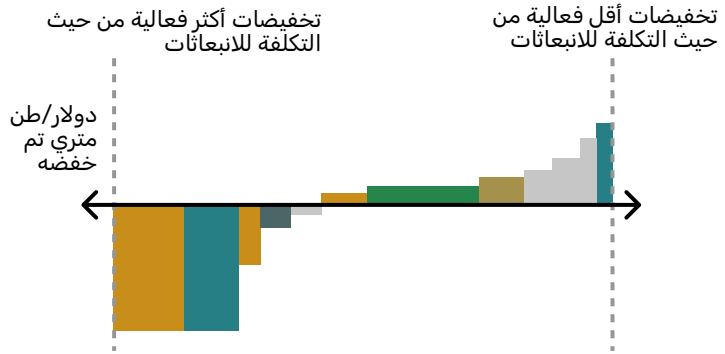
أساليب مبتكرة أو غير تقليدية. وتشكل الثروات السيادية وصناديق الاستثمار الاستراتيجية ذات الأهداف المناخية الطموحة مصادر محتملة لتمويل مشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان. بالنسبة للبلدان التي تواجه تحديات في الوصول إلى الطاقة والأمن، فإن متابعة مشاريع غاز الميثان المتوافقة مع مسارات التنمية الوطنية منخفضة الكربون وخطط التنمية الوطنية تحقق أولويات الوصول إلى الطاقة في البلد مع الحد من انبعاثات الميثان. تعد

السندات الانتقالية والقروض المرتبطة بالاستدامة آليات ناشئة توفر للبلدان ذات الانبعاثات العالية المرونة في هيكلة أنشطتها التمويلية.

أسواق الكربون. ومن الممكن أن تدر مشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان عائدات من خلال أسواق الكربون إذا تم تصميمها وتنظيمها بشكل جيد. ويتمثل التحدي الحالي في التحديد الكمي المحدود للتأثير الإيجابي على المناخ، والذي يمكن ترجمته إلى تراخيص انبعاثات قابلة للتداول. إنه أمر صعب بشكل خاص بالنسبة للانبعاثات الشاردة حيث يصعب تحديد خط الأساس لقياس التخفيض الذي تم تحقيقه من خلال الإجراءات التي اتخذها القطاع. ومع إحراز تقدم في تقدير ورصد الانبعاثات، يمكن أن يصبح ذلك مصدرا مستقبليا لتمويل المشاريع.[120]

تقديم الحالة الاقتصادية للحد من انبعاثات الميثان

ويجب على المنظمين مناقشة الحالة الاقتصادية داخل الحكومة أو يقنعوا المشغلين بأن حلول التخفيض مناسبة للاستثمارات القصيرة والطويلة الأجل. وفي حين أن المشغلين لديهم حافز مالي لتجنب الهدر، فإن بعض الحلول أكثر فعالية من حيث التكلفة من غيرها. يمكن أن يساعد تحليل فعالية التكلفة الخاص ببيئة التشغيل المحلية في تطوير سياسات تنظيمية عملية للحد من انبعاثات غاز الميثان. يمكن أن تحقق استثمارات الحد من انبعاثات غاز الميثان مثل LDAR ووحدات استعادة البخار عائدًا إيجابيًا اعتمادًا على الظروف.



الشكل 11.2: مثال على منحنى تكلفة التخفيض الهامشية. يمثل كل شريط نوعًا من مشاريع تقليل الانبعاثات، وتشير الألوان إلى فرص تقليل الانبعاثات الموضوعية، مثل اكتشاف التسرب وبرامج الإصلاح.[121]

يميل المشغلون من القطاع الخاص إلى تفضيل خيارات التكلفة المنخفضة أو حتى السلبية. ومع ذلك، حتى في تلك الحالات، عادة ما يكون الاستثمار الأولي مطلوبًا، لذا فإن فترات الاسترداد القصيرة ستجعل الاستثمارات أكثر جاذبية مقارنة بالأصول المحتملة الأخرى. في كثير من الحالات، يمكن أن تكون أنشطة الحد من انبعاثات غاز الميثان فرصة تجارية ستدفع تكاليف الاستثمار والصيانة الأولية وتؤدي إلى دخل إضافي.

فعالية تكلفة الحد من انبعاثات الميثان

إن شرح الحالة الاقتصادية لمشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان بشكل واضح يمكن أن يعزز اهتمام المستثمرين. ومع ذلك، فإن كيفية رؤية المرء لعرض التكلفة والعائد قد تختلف، اعتماداً على وجهة نظر الفرد.

منظور الشركة. تعني فعالية التكلفة بالنسبة للشركة أن قيمة الغاز الإضافي المسترد أو الرسوم أو غرامات التنفيذ التي تم تجنبها عن طريق استرداد الغاز تتجاوز رأس المال الإضافي وتكلفة التشغيل لمشروع الحد من الانبعاثات. ويمكن وصف التدابير التي تستوفي هذه المعايير بأنها ذات قيمة حالية صافية إيجابية (NPV)، أو فترة استرداد قصيرة، أو معدل عائد داخلي (IRR) يلبي معايير الاستثمار الخاصة بالشركة.

المنظور الاقتصادي. يأخذ هذا النهج في الاعتبار الفوائد الصافية التي تعود على الاقتصاد الوطني. على سبيل المثال، عادة لا تمتلك شركات النقل والتوزيع المحلية الغاز الذي تنقله. عادة ما يطلب منهم الهيئات التنظيمية إعادة قيمة تقليل الخسارة الناتجة عن الحد من انبعاثات غاز الميثان إلى عملائهم. ونتيجة لذلك، فإن الحد من انبعاثات غاز الميثان في هذه القطاعات الصناعية لن يكون لها عائد إيجابي على الشركة. ومع ذلك، فإن قيمة الخسائر المنخفضة ستعود على أجزاء أخرى من الاقتصاد في شكل انخفاض أسعار الغاز وتجنب التلوث. وبالتالي، توجد فائدة أوسع حتى عندما لا تتمكن الجهة التي تنفذ التخفيض من الاستفادة بشكل مباشر من انخفاض الخسائر.

المنظور التنظيمي. يأخذ هذا النهج في الاعتبار الصحة العامة والأهداف البيئية لتحديد الفائدة للمجتمع. تختلف فعالية التكلفة باختلاف الملوثات والبرامج التنظيمية. في هذا السياق، يمكن اعتبار الحد من انبعاثات غاز الميثان فعالة من حيث التكلفة بسبب انخفاض التلوث المحلي والاحتباس الحراري، حتى لو كان لها تكلفة صافية على الشركة. وقد تقوم الجهات التنظيمية أيضًا بموازنة الإيرادات المالية الإضافية الناتجة عن الانبعاثات المحظورة مقابل الاستثمار في معدات الكشف والتوظيف.

تحقيق الدخل من نتيجة الحد من انبعاثات غاز الميثان

يمكن أن تكون فوائد الحد من انبعاثات غاز الميثان مباشرة، مثل احتجاز الغاز الذي سيتم حرقه/تنفيسه، أو غير مباشرة، مثل إصدار رصيد كربون قابل لإعادة البيع.

التقاط الغاز

يمكن أن توفر استثمارات مكافحة غاز الميثان التي تؤدي إلى احتجاز الغاز عوائد كبيرة إذا كان من الممكن إعادة توجيه الغاز المحتجز إلى المستهلكين الذين لديهم طلب على الغاز. يمكن لمثل هذه الاستثمارات أن تقدم للشركة عوائد عالية مثل الفرص الاستثمارية الأخرى. وبدلًا من حرقه، يمكن تسييل غاز الميثان المحتجز عن طريق:

- بيع الغاز للاستهلاك المنزلي (الطبخ، التدفئة المنزلية، الخ).
- إنتاج الغاز الطبيعي المسال أو غاز البترول المسال إذا كان الغاز رطبًا.
- إعادة حقن الغاز في خزان النفط والغاز لتعزيز عملية الاستخلاص.
- استخدام الغاز الطبيعي لتوليد الطاقة.
- توريد المواد الأولية لصناعات الهيدروجين والميثانول وتحويل الغاز إلى سائل.

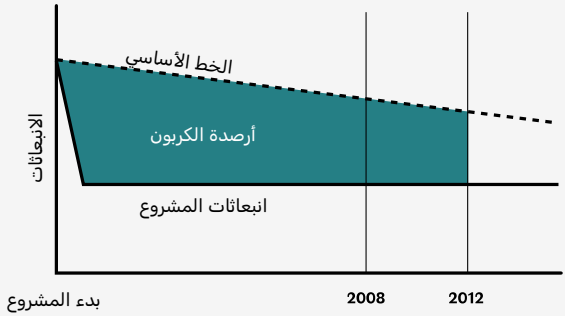
يأتي كل خيار مع مجموعة فريدة من التحديات. على سبيل المثال، كان لدى برنامج تسويق حرق الغاز النيجيري عملية تقديم عطاءات (2020-2023) لمواقع حرق الغاز لتحقيق الدخل من الغاز المصاحب لها، بما في ذلك إنتاج البتروكيماويات والأسمدة.[122] استندت عملية تقديم العطاءات هذه إلى نظام سلسلة التوريد الحالي (منشأة المعالجة والنقل) الذي يمكن لمقدمي العروض الاعتماد عليه لنقل الغاز الطبيعي إلى السوق. وفي كولومبيا، في حقل فلورينا، تم الاستثمار في استخدام ضاغط إعادة الحقن عالي الضغط. ولكن يمكن إعادة حقن جزء فقط من إجمالي كمية الغاز في الخزان. ولذلك تم تحويل الغاز الفائض إلى طاقة يتم إمدادها بشبكة الكهرباء.[123]

أرصدة الكربون

أصبحت أسواق الكربون، حيث يتم ترجمة مدخرات غازات الدفيئة إلى أرصدة متداولة بشكل نشط، شائعة بشكل متزايد في السنوات الأخيرة. يعد التنفيذ والتأثيرات السياسية لأسواق الكربون موضوعًا يستحق كتيبًا خاصًا به ولن يتم مناقشته بالتفصيل هنا. ومع ذلك، فإن الحد من غاز الميثان هو إحدى الطرق للحصول على أرصدة في سوق الغازات الدفيئة. فيما يلي مثال على كيفية ترجمة الحد من الانبعاثات الشاردة من شبكة توزيع الغاز إلى أرصدة تدعم اقتصاديات المشروع.

دراسة حالة تحقيق الدخل نتيجة الحد من انبعاثات غاز الميثان: مبادرات الحد من انبعاثات الميثان في بنغلاديش

الغاز الطبيعي هو المصدر الرئيسي للطاقة الأولية في بنغلاديش. حوالي 65 بالمائة من الطاقة التجارية في بنغلاديش مستمدة من الغاز الطبيعي. يتم استخدام حوالي 13 بالمائة من إجمالي إمدادات الغاز الطبيعي لأغراض الطهي السكني من خلال خط أنابيب توزيع الغاز. مع تقادم شبكة توزيع الغاز، حددت شركات توزيع الغاز العديد من التسريبات. تقوم الشركات بإشراك أطراف ثالثة لتحديد وإصلاح تسربات غاز الميثان لتحسين الكفاءة التشغيلية والسلامة. لا تحتاج شركات التوزيع إلى الاستثمار عندما يتم تمويل برنامج ما في إطار آلية التنمية النظيفة (CDM). تعد أنشطة LDAR أحد الأمثلة على مشروع الميثان الممول من آلية التنمية النظيفة.



الشكل 11.3: رسم توضيحي لعائدات رصيد الكربون بناءً على الانبعاثات المنخفضة.[124]

إن شركة تيتاس لنقل وتوزيع الغاز المحدودة (TGTDCL)، وهي مورد للغاز في العاصمة دكا والمناطق المحيطة بها، وقعت اتفاقية استثمار مشروع الحد من الانبعاثات المعتمدة مع شركة NE Climate A/S (NES) الدنماركية في عام 2012 للحد من انبعاثات غاز الميثان عن طريق نشر كشف التسريبات وإصلاحها LDAR. سجلت اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ المشروع في عام 2015. وفي إطار هذا المشروع، سيتم إنتاج حوالي 4.0 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكربون$_2$ ويتم الحد من انبعاثات غاز الميثان المكافئة سنويًا. بالإضافة إلى ذلك، تعمل شركة TGTDCL على تحقيق إيرادات عن طريق بيع شهادات الحد من الانبعاثات المعتمدة.

وبالنظر إلى النجاح الأولي لمشروع آلية التنمية النظيفة، وقعت شركة TGTDCL عقدًا آخر مع نفس الشركة الحد من الانبعاثات التي تم التحقق منها (VER) في عام 2021. بدأ الراعي LDAR بالمشروع الجديد على مستوى ارتفاع Rise/RMS، سعيًا إلى توفير 10.91 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكربون المعادل عن طريق الحد من انبعاثات غاز الميثان.

وقعت شركة غاز باشمنشال (PGCL) عقدًا مع شركة ايكو غاز آسيا المحدودة. ونتيجة لذلك، تم استخراج حوالي 0.36 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكربون وقد تم توفير تخفيضات مكافئة من انبعاثات غاز الميثان كل عام، وقد بدأ ذلك في توليد إيرادات لصالح مشروع آلية التنمية النظيفة.

بدأت شركة توزيع الغاز كارنافولي (KGDCL) مشروع آلية التنمية النظيفة مع الأخذ في الاعتبار استراتيجية LDAR. ونتيجة لذلك، تم استخراج حوالي 2.64 مليون طن متري من ثاني أكسيد الكربون تم توفير تخفيضات مكافئة للحد من انبعاثات غاز الميثان بين عامي 2019-2022. بالإضافة إلى ذلك، بدأت شركة KGDCL نظامًا آخر للكشف عن تسرب الغاز في خط أنابيب الغاز باستخدام نظام متنقل للكشف عن الغاز. يتم تكرار نظام اكتشاف تسرب الغاز هذا في شركات التوزيع الأخرى (BGDCL، JGTDSL) التابعة لشركة Petrobangla، شركة الغاز الوطنية المملوكة للحكومة في بنغلاديش.

تساهم جميع مشاريع آلية التنمية النظيفة هذه في تحقيق أهداف المساهمات المحددة وطنيًا لبنغلاديش فيما يتعلق بانبعاثات الغاز الشارد في قطاع الطاقة وتوليد التمويل للحد من انبعاثات غاز الميثان.

12. بناء القدرات من أجل اتخاذ الإجراءات

النقاط الرئيسية

- يمثل الحد من انبعاث الميثان أولوية جديدة - حيث تتخذ الحكومات والشركات في جميع أنحاء العالم إجراءات جريئة. هناك العديد من مجالات الخبرة المهمة للحكومات حتى تتمكن من العمل بفعالية للحد من انبعاثات غاز الميثان.
- عند وضع استراتيجية لبناء القدرات، يمكن للحكومات تطوير مهارات جديدة تدريجيًا مع مرور الوقت.
- اعتمادًا على الظروف الراهنة والقدرات الحالية، يمكن بناء القدرات بسرعة وبموارد مالية محدودة.
- المساعدة متاحة: يوفر عدد من مبادرات بناء القدرات الحالية دعمًا مخصصًا من الخبراء والدعم من الأقران إلى الولايات القضائية الوطنية ودون الوطنية. تتوفر الموارد لدعم الحكومات وشركات النفط الوطنية للعمل بسرعة بشأن غاز الميثان.

الخبرة اللازمة لإدارة الميثان

تشمل مجالات الخبرة الأساسية المطلوبة عبر دورة حياة الصناعة ما يلي:

تطوير السياسة. الخبرة في تقييم السياسات الحالية المتعلقة بالبيئة والطاقة والنفط، والمهارات في الصياغة، والخبرة في التعامل مع المشهد السياسي. الالتزامات السياسية الواضحة ستعزز فرص الحصول على المساعدة الفنية.

التصميم التنظيمي. معرفة الآثار القانونية والمؤسسية والسياسية للخيارات. وسيحدد تصميم لوائح الحد من انبعاثات غاز الميثان ما إذا كانت ستحقق الفعالية والكفاءة والجدوى والمساءلة والقدرة على تحمل التكاليف والسلامة.

الخبرة القانونية . تعد معرفة القوانين المحلية وتطبيقها، ومشروعية التدخلات المحددة، والصياغة القانونية أمرًا بالغ الأهمية لمنع أي انتهاك للقوانين الحالية التي تجعل اللائحة الجديدة غير قابلة للتنفيذ.

الخبرة التقنية. تساهم أطر وتقنيات القياس الكمي المختلفة وكيفية عملها مع التقنيات والبرامج المتقدمة في فهم كيفية تطوير أنظمة فعالة للمراقبة والإبلاغ والتحقق.

الخبرة الاقتصادية. فهم اتجاهات الاقتصاد الكلي وخيارات التمويل وحوافز السوق وآليات التسعير للحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز. وكما تمت مناقشته في هذا الكتاب، فإن أحد أقوى أدوات تصميم السياسات

والتنظيمات هو منحنى تكلفة التخفيض الهامشية.[125]

الخبرة الصناعية. الإلمام بالقضايا المعاصرة والنجاحات والإخفاقات التنظيمية والمسائل التشغيلية وجدوى تنفيذ الصناعة. إن دراسات الجدوى الرسمية إلى جانب المعرفة الضمنية بالمنطقة والقطاع والتكنولوجيا والتنظيم تساعد في تقييم مخاطر وفوائد الخيارات المختلفة.

الخبرة في الرقابة والتنفيذ والامتثال. الخبرة في مراجعة المشاريع والموافقة عليها، ومنح التصاريح، والمراقبة، والامتثال، والتنفيذ. يقدم المتخصصون في الهندسة والسلامة والبيئة فهمًا للجوانب الفنية المطلوبة لتقديم الطلبات والعمليات من أجل تحديد أي تغييرات يتطلبها برنامج الحد من انبعاثات غاز الميثان في البلاد.

التنسيق داخل الحكومة وتسوية المنازعات. التنسيق بين الوكالات لتشجيع تبادل المعلومات، والتفاوض بشأن الاختلافات، وتقارب الجهود، ومواءمة اللوائح. ولضمان الفعالية، يجب على المنسق أن يسعى للحصول على التأييد والشرعية من أعلى مستويات القيادة وأن يتم وضعه على مستوى عالٍ بما فيه الكفاية من السلطة لإحداث التغييرات.

ويدعم التنسيق مع السلطات القضائية دون الوطنية تقديم حلول مرنة لتلبية الاحتياجات المحلية للصناعة والمجتمعات. ويصدق هذا بشكل خاص على سياسة المناخ، حيث أظهرت حكومات الولايات والحكومات الإقليمية الإرادة والقدرة على القيادة، من خلال الأهداف واللوائح التنظيمية الخاصة بالولاية القضائية. الحكومات دون الوطنية لديها الآن فرصة لاتخاذ إجراءات مبكرة بشأن غاز الميثان، وقد تعهدت العديد منها بالفعل بالالتزامات[126] للحد من انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز. يتضمن برنامج تبادل قادة العمل المناخي على المستوى دون الوطني (SCALE)[127] التعهد العالمي لغاز الميثان الذي يوفر فرصًا لبناء القدرات من خلال التعلم من الأقران حول آليات التنسيق وتعبئة التمويل عبر القطاعات والمتعددة المستويات.

وضع استراتيجية لبناء القدرات

غالبًا ما تعاني الاقتصادات النامية من ضعف الموارد اللازمة للتصميم التنظيمي وأنشطة المراقبة. عند إنشاء استراتيجية لبناء القدرات، ينبغي للحكومات الوطنية (1) تقييم احتياجاتها، (2) تحديد الموارد، و (3) تأمين التمويل.

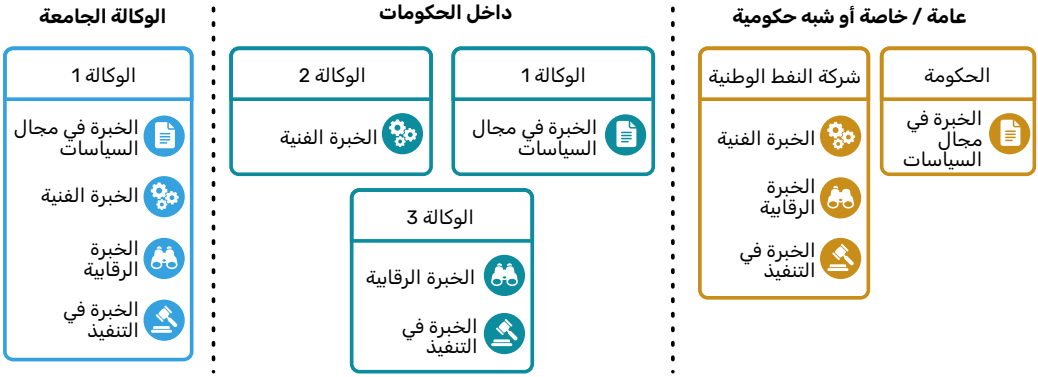
1. تقييم الاحتياجات

يفحص التقييم القدرات الفردية والمؤسسية. القدرة الفردية هي معارف ومهارات الموظفين الذين يديرون الإطار التنظيمي لغاز الميثان.

القدرة المؤسسية هي نظام يتضمن إجراءات إدارة البيانات، والتخطيط الاستراتيجي، وتطوير القوى العاملة، وتخصيص الموارد، وحل النزاعات.

سيعتمد التقييم على عدة ميزات. سيأخذ في الاعتبار، على سبيل المثال، مرحلة التطوير الخاصة بالصناعة في البلاد: عدم الإنتاج، والتنمية الناشئة، والإمدادات الثابتة، وذروة الإنتاج، ثم الانقضاء. وسينظر التقييم أيضًا في القدرة المطلوبة بناءً على فهم التوقعات المستقبلية للصناعة: دورة الازدهار والكساد السريعة، وعدم استقرار الأسعار، والفترة الذهبية.

علاوة على ذلك، فإن أحد الجوانب الأكثر أهمية في أي تقييم لبناء القدرات هو تحديد أين توجد بالفعل السلطة والخبرة القائمة: ترتيبات الحوكمة الحالية في البلاد. في بعض الدول، توجد وكالة جامعة واحدة تتمتع بالكثير من الخبرات اللازمة. وسيكون لدى الدول الأخرى خبرات موزعة عبر وكالات متعددة. وأخيرًا، لدى بعض الدول شركات نفط وطنية تتمتع بمستوى من الاستقلال عن الحكومة. يمكن أن تشكل شركات النفط الوطنية تحديًا للتنسيق والكفاءة التشغيلية، ولكنها يمكن أن تكون أيضًا مصدر قوة كبير للعمل السريع للحد من انبعاثات غاز الميثان. تتمتع العديد من شركات النفط الوطنية بقدرات فردية ومؤسسية قوية في مجال التواصل وتحسين العمليات واتخاذ القرارات المشتركة. يقدم الرسم التوضيحي أدناه تباينًا مبسطًا بين ترتيبات الحوكمة الثلاثة هذه.



الشكل 12.1: هياكل مختلفة من النظم التنظيمية.

2. تحديد الموارد والدعم

يحتوي هذا الدليل على قائمة بالموارد التي قد تكون نقطة انطلاق جيدة لبناء القدرات؛ يتم توفير التفاصيل في *الفصل13: موارد التنفيذ*. يمكن أن يتم نقل المعرفة والمهارات من خلال البحث المكتبي، والتدريب الشخصي أو الافتراضي، والتدريب أثناء العمل، والتدريب، والإرشاد. فيما يلي مصادر الدعم:

البحث/التحليل/المنشورات. يمكن أن توفر مجموعة كبيرة من الأبحاث المكتوبة والمنشورات والوثائق المرجعية للمسؤولين الحكوميين أساسًا للقضايا الحاسمة المرتبطة بالميثان في قطاع النفط والغاز. يمكن للموارد أن تفيد الاستراتيجيات والسياسات والقواعد التنظيمية. توفر الكيانات التجارية بعض هذه الموارد مقابل رسوم، ولكن بعضها الآخر يمكن الوصول إليه مجانًا. على سبيل المثال، توفر وكالة الطاقة الدولية بانتظام بيانات وتحليلات حول انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز، وإمكانات التخفيض، والتكنولوجيات لدعم الحكومات في صياغة سياسات فعالة لغاز الميثان.

مبادرات الميثان الدولية. من خلال مركز الحلول الخاص به، *يعمل تحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC)* مع الدول المشاركة لتحديد الموارداللازمة لدعم التخفيف من غاز الميثان. يجتمع CCAC بشكل فردي مع الدول لمناقشة الأولويات والاحتياجات. كما أنهم يساعدون في تطوير استراتيجيات تخفيف غاز الميثان المصممة لتحقيق أهداف التعهد العالمي لغاز الميثان. ويهدف التحالف العالمي للميثان إلى دعم الدول التي تلتزم بأهداف طموحة للحد من

انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز. *الشراكة العالمية لخفض حرق الغاز التابعة للبنك الدولي (GGFR)* هي صندوق استئماني متعدد المانحين يتكون من حكومات وشركات نفط ومنظمات متعددة الأطراف ملتزمة بإنهاء حرق الغاز الروتيني في مواقع إنتاج النفط العالمية. يوفر *البنك الأوروبي للإنشاء والتعمير (EBRD)* المساعدة الفنية وتسهيل نقل المعرفة بشأن قياس انبعاثات غاز الميثان والإبلاغ عنها والحد منها ويمكن النظر في توفير التمويل لخطط الاستثمار في الحد من انبعاثات غاز الميثان. ما ورد أعلاه ليس سوى بعض الأمثلة على المبادرات الدولية الخاصة بغاز الميثان.

خبراء الموضوع. يمكن أن يكون هؤلاء الخبراء عبر القطاع العام أو القطاع الخاص أو الوكالات المتعددة الأطراف. غالبًا ما يكون الاستفادة من الخبرة الخارجية أمرًا حيويًا في تطوير حلول خاصة بولاية قضائية ما. ويمكن في كثير من الأحيان الحصول على الخبراء بحرية من خلال المنظمات غير الحكومية، والتبادلات المتعددة الأطراف، وبرامج الأمم المتحدة. وفي حالات أخرى، قد يتم تعيين المقاولين لتقديم المشورة. قد تقدم المؤسسات الأكاديمية المحلية والأجنبية التوجيه بتكلفة قليلة أو بدون تكلفة.

المبادرات التي تقودها الصناعة. هذه توفر المساعدة الفنية والتوجيه في الصناعة. على سبيل المثال،تدعو *مبادرة OGCI الهادفة إلى انبعاثات الميثان الصفرية*[128] إلى نهج شامل يتعامل مع انبعاثات الميثان بجدية مثل صناعة النفط والغاز التي تتعامل مع السلامةبالفعل.

التبادل بين الأقران. من خلال الشبكات الرسمية وغير الرسمية، يمكن للبلدان استكشاف الدروس والتحديات المشتركة مع أقرانها. وفي الوقت نفسه، يمكن للبلدان التي تتمتع بخبرة تنظيمية وخبرة فنية واسعة النطاق أن تقدم المشورة ذات الصلة. وتستفيد الهيئات التنظيمية من حكمة أقرانها في تنفيذ مبادراتها الرامية إلى الحد من غاز الميثان. يُرجى الاطلاع *على مجموعة المنتجين الجدد* كمثال لمجتمعات الممارسة بين الحكومة.

شركاء التنمية. هذه شبكات دولية مصممة لتبادل المعرفة عبر الحدود ومقدمي الموارد الذين يمكنهم المساعدة في جمع الحكومات معًا لتحديد الاستراتيجيات الفعالة لتنمية القدرات وتبادل النتائج الإيجابية. يُرجى الاطلاع على الأمثلة أدناه.

تحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC)

يعد CCAC موردًا رئيسيًا للخطوة الأولى للمساعدة في بناء القدرات في مجال الحد من انبعاثات غاز الميثان. ومن خلال مركز الحلول الخاص به، يعمل CCAC مع الشركاء المهتمين لمساعدة جميع الحكومات والجهات الفاعلة الأخرى المستعدة لتقديم التزامات قوية وطموحة للحد من انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز. وقد ساعد تحالف المناخ والهواء النظيف CCAC الدول على بناء القدرة على تصميم وتنفيذ السياسات واللوائح التنظيمية للحد من انبعاثات غاز الميثان:

- **المكسيك.** قدم تحالف المناخ والهواء النظيف CCAC بناء القدرات لوكالة ASEA المكسيكية (Agencia de Seguridad، Energía y Ambiente، أو وكالة السلامة والطاقة والبيئة) لتنفيذ لائحة جريئة لعام 2018 للتحكم في انبعاثات الميثان من صناعة النفط والغاز. قدم تحالف المناخ والهواء النظيف CCAC التدريب على إدارة البيانات وعمليات التفتيش على LDAR والتحقق من طرف ثالث، من بين أمور أخرى. وحددت المكسيك هدفًا يتمثل في الحد من انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز بنسبة 40 إلى 45 بالمئة بحلول عام 2030.[129]
- **نيجيريا.** ساعد تحالف المناخ والهواء النظيف CCAC نيجيريا في سياساتها ولوائحها الأخيرة بشأن الحد من انبعاثات غاز الميثان، والتي تمت مناقشة بعضها في هذا الكتاب. من خلال ربط نيجيريا على أساس الند للند مع صانعي السياسات والخبراء من جميع أنحاء العالم، ساعدت CCAC الهيئات التنظيمية الرئيسية لقطاع النفط والغاز في نيجيريا، مثل لجنة تنظيم التنقيب عن النفط، في تصميم الأحكام المتعلقة بحرق الغاز، وLDAR، والقياس والإبلاغ والتحقق MRV.[130]

مجموعة المنتجين الجدد: شبكة المعارف بين الحكومات

تعد مجموعة المنتجين الجدد (NPG) مثالًا لشبكة تبادل المعرفة والخبرات الناجحة في الجنوب العالمي لمدة 10 سنوات. فهي تجمع أكثر من 30 دولة نامية من الوافدين الجدد نسبيًا إلى قطاع النفط والغاز، مثل غيانا وغانا وكينيا وموريتانيا وموزمبيق والسنغال وسورينام وتنزانيا وأوغندا وناميبيا. تم تأسيسها في عام 2012 من قبل تشاتام هاوس، ومعهد حوكمة الموارد الطبيعية، وأمانة الكومنولث. فهي تربط أكثر من 700 مسؤول حكومي (وزارات، هيئات تنظيمية، شركات النفط الوطنية) مع أقرانهم ومراكز الفكر وخبراء الصناعة وشركات الطاقة. تهدف مجموعة NPG إلى دعم الحكومات في إدارة الموارد البترولية بشكل فعال، وإدارة تحول الطاقة، ودمج الاستراتيجيات المقاومة للمناخ لتحقيق نتائج التنمية المستدامة. يتمثل أحد الجوانب الأساسية لنشاط NPG في بناء كفاءة المسؤولين الحكوميين فيما يتعلق بغازات الدفيئة، وهو ما تم إنجازه من خلال الندوات عبر الإنترنت والأبحاث وورش العمل مثل *مواءمة قطاع البترول مع أهداف التنمية الوطنية والطاقة والمناخ (2021) والحد من انبعاثات الغازات الدفيئة من قطاع البترول (2022).*

3. ضمان التمويل

إن فهم الموارد المالية المتاحة سيساعد في تحديد الفرصة وتحديد أين يمكن للحكومات الحصول على التمويل. المصادر تشمل:

شركاء التنمية. وبينما يمكن الوصول إلى ذلك على المدى القصير والمتوسط، إلا أنه ينبغي تجنب الاعتماد عليه على المدى الطويل، ويجب إنشاء هياكل لضمان التمويل الذاتي على المدى الطويل.

المشغلين من خلال متطلبات التدريب والتطوير الحالية. يمكن أن تتضمن القواعد التنظيمية حكمًا، في القانون أو من خلال الاتفاقيات النفطية، أو إنشاء صندوق للتدريب، أو المساهمة في بناء القدرات المحلية. في الدول التي لديها قطاع نفط وغاز نشط، يجوز للجهة التنظيمية فرض رسوم على المشغلين لإنشاء صندوق لتنمية القدرات.

مخصصات الموازنة الوطنية. الحكومات التي تعطي الأولوية للحد من انبعاثات غاز الميثان سوف تقوم بجمع التمويل من خلال فرض الضرائب وتحقيق وفورات في الميزانية في إطار سياساتها المناخية.

تمويل المناخ. قد تكون هناك فرص للوصول إلى التمويل المناخي لجهود التخفيف. وتتطلب هذه الفرص تطوير مقترحات المشاريع التي تحدد بوضوح انبعاثات غاز الميثان التي يتعين الحد منها أو تجنبها.

ضريبة المرونة المناخية. مثل هذه الضريبة يمكن أن تساعد في تمويل بناء القدرات على أحدث طراز. بما أن الحد من انبعاثات غاز الميثان يولد إيرادات، فيمكن تخصيص بعض الأموال لبناء القدرات القطاعية.

المنح البحثية. يمكن تخصيص التمويل للمنح البحثية المناسبة للحلول التكنولوجية للباحثين المحتملين، خاصة على المستوى الجامعي. يمكن للحكومات، في بعض الحالات، أن تعمل كجهة مانحة، حيث يُطلب منها أن تكون وصية على الأموال المخصصة لاحتجاز غاز الميثان وخفضه - حيث تقوم بتوزيع الأموال على المناطق التي من المرجح أن يكون لها التأثير الأكبر.

يمكن الاطلاع على الخرائط التفصيلية لمصادر التمويل في *الفصل11: تمويل خفض انبعاثات غاز الميثان.*

دراسة حالة في بناء القدرات الناجحة: بروتوكول مونتريال

نجح بروتوكول مونتريال في تقليل استخدام المواد المستنفدة للأوزون لحماية طبقة الأوزون الستراتوسفيري. تم إنشاء وحدات الأوزون الوطنية (NOUs) التي يعمل بها موظفون وطنيون للأوزون في الدول النامية مع سلطة إدارة برامجها الوطنية للامتثال لبروتوكول مونتريال، بما في ذلك الجداول الزمنية المتفق عليها للتخلص التدريجي من المواد الخاضعة للرقابة. ويوضح إنشاء وحدات الأوزون الوطنية الحاجة إلى بناء القدرات من أجل التنفيذ الفعال لبروتوكول مونتريال.

وفي الوقت نفسه، تتعاون وحدات الأوزون الوطنية هذه مع بعضها البعض في شبكات إقليمية وحلقات عمل لبناء القدرات حيث يمكنها الاستفادة من التوجيهات والخبرات الإضافية. ونتيجة لذلك، تعلم صناع السياسات في الدول النامية من تجارب أقرانهم وحصلوا على إمكانية الوصول إلى موارد إضافية. وعلى الرغم من هذا النجاح، فقد واجه البروتوكول صعوبات في تنفيذ الوظائف التنظيمية المقررة بسبب ارتفاع معدل دوران الموظفين في الدول التي لديها وحدات وطنية أصغر حجمًا.

ومولت الدول المتقدمة هذه الأنشطة من خلال الصندوق المتعدد الأطراف التابع لبروتوكول مونتريال. ومن خلال هذا النموذج، نجحت الولايات القضائية في الحد بشكل حاد من المواد المستنفدة للأوزون. ويمكن تكرار هذا النموذج لتقليل انبعاثات غاز الميثان.

13. موارد التنفيذ

انت لست وحدك

يمثل الحد من انبعاث الميثان تحديًا، ولكن هناك الكثير من الموارد للمساعدة، والعديد منها مجاني. وتتراوح هذه الموارد من الأدلة التمهيدية، وبوابات البيانات، وأدوات النمذجة إلى المنظمات التي تتمثل مهمتها في مساعدة الحكومات - دون أي تكلفة في كثير من الأحيان. ليس المقصود من القائمة الواردة أدناه أن تكون شاملة ولكنها تعكس قطاعًا عريضًا من الموارد المتاحة.

مشورة الخبراء مصممة خصيصًا

تحالف المناخ والهواء النظيف

https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance

هذه الشراكة بين الحكومات والمنظمات الحكومية الدولية والشركات والمؤسسات العلمية ومنظمات المجتمع المدني، مع أمانة تستضيفها الأمم المتحدة. يقدم برنامج البيئة نصائح بشأن الحد من انبعاثات غاز الميثان. ومن خلال التركيز على جودة الهواء وملوثات المناخ، فإن CCAC "على استعداد للاجتماع وجهًا لوجه مع الدول لمناقشة الأولويات والاحتياجات والمساعدة في تطوير استراتيجيات التخفيف الأكثر كفاءة لغاز الميثان." بالإضافة إلى ذلك، فإنها توفر التوقعات ودعم التخطيط الوطني وتوجيه السياسات والأدوات التنظيمية والمزيد.

فرقة العمل المعنية بالهواء النظيف

https://www.catf.us/methane/international-oil-gas/

تساعد هذه المنظمة غير الحكومية منتجي النفط والغاز وصانعي السياسات على وضع لوائح قوية بشأن غاز الميثان. وقد عملوا مع نيجيريا والمكسيك وكولومبيا والإكوادور ودول أخرى لدعم جهود خفض انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفط والغاز. كما أنها تعمل على تسهيل الوصول إلى المشاركة والتمويل المتعدد الأطراف.

صندوق الدفاع عن البيئة

https://www.edf.org/issue/methane

تمتلك هذه المنظمة غير الحكومية العديد من الأدوات لمساعدة صناع السياسات والمنظمين في الحد من انبعاثات غاز الميثان. يعمل صندوق

الدفاع عن البيئة EDF مع مجموعة متنوعة من الشركاء وأصحاب المصلحة، وتقدم المشورة بشأن الخيارات التنظيمية للحد من انبعاثات غاز الميثان على مستوى العالم.

المبادرة العالمية لغاز الميثان

https://www.globalmethane.org/about/index.aspx

منذ عام 2004، عمل هذا التحالف الدولي على تعزيز "الحد من انبعاثات الميثان على نحو فعال من حيث التكلفة في الأمد القريب" من خلال ربط صناع السياسات بالمؤسسات المالية والحكومات النظيرة. توفر GMI الدعم الفني لنشر مشاريع تحويل الميثان إلى طاقة في جميع أنحاء العالم والتي تمكن الدول الشريكة من إطلاق مشاريع استعادة واستخدام الميثان.

ائتلاف الحكومات المحلية Under2

https://www.theclimategroup.org/methane-project

يضم هذا التحالف من الحكومات دون الوطنية أكثر من 160 ولاية ومنطقة تتولى زمام المبادرة في العمل المناخي. و يوفر منتدى مهمًا للحكومات "لمشاركة الطرق الفعالة للحد من انبعاثات غاز الميثان، بدءًا من التركيز على قطاع النفط والغاز".

التمويل

تحالف المناخ والهواء النظيف

https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance

هذه الشراكة بين الحكومات والمنظمات الحكومية الدولية والشركات والمؤسسات العلمية ومنظمات المجتمع المدني، مع أمانة تستضيفها الأمم المتحدة. يمكن لبرنامج البيئة توجيه الحكومات نحو فرص التمويل. إنهم يقدمون مساعدة خبراء مخصصة لمساعدة الحكومات على تحقيق أهدافها المتعلقة بغاز الميثان عبر القطاعات.

مشهد تمويل مكافحة غاز الميثان (مبادرة سياسة المناخ)

https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/the-landscape-of-methane-abatement-finance/

يركز هذا التقرير على الحلول القائمة للحد من انبعاثات غاز الميثان عبر القطاعات من أجل "تقييم الاستثمار العالمي في أنشطة الحد من انبعاثات غاز الميثان وإنشاء خط أساس يمكن من خلاله قياس احتياجات الاستثمار والتقدم المحرز."

مركز الميثان العالمي

https://globalmethanehub.org/

توفر هذه المؤسسة الخيرية التمويل المباشر لمشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان. تم إطلاقها في مارس 2022، وتهدف إلى "دعم ومواصلة العمل من جانب المجتمع المدني والحكومة والقطاع الخاص، بما في ذلك في أكثر من 100 دولة وقعت على برنامج المراقبة العالمية GMP من خلال الاستثمار الهادف في حلول الحد من انبعاثات غاز الميثان."

شبكة مشروع مبادرة الميثان العالمية

https://www.globalmethane.org/about/index.aspx

وتتكون هذه الشبكة "من ممثلين عن الصناعة، ومجتمع البحث، والمؤسسات المالية، وحكومات الولايات والحكومات المحلية، وغيرهم من أصحاب المصلحة الخبراء المهتمين بتطوير ودعم مشاريع الحد من انبعاثات غاز الميثان واستعادته واستخدامه في الدول الشريكة."

برنامج السندات الخضراء لمجموعة البنك الدولي

https://treasury.worldbank.org/en/about/unit/treasury/ibrd/ibrd-green-bonds

يقدم هذا البرنامج تمويلًا للحد من انبعاثات غاز الميثان الناتج عن حرق الغاز، إلى جانب مشاريع في قطاع الزراعة والنفايات.

حلول تمويلية للحد من حرق الغاز الطبيعي وانبعاثات غاز الميثان

https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129

يوفر هذا التقرير إطارًا لواضعي السياسات لتقييم الجدوى والجاذبية المالية لمشاريع الحد من حرق غاز الميثان (FMR)، ويحلل عوائق الاستثمار، ويحدد المتغيرات الحيوية وعوامل النجاح المدعومة بالدروس المستفادة من دراسات الحالة. يُقترح استخدام نماذج مبسطة للنمذجة المالية لمساعدة صناع السياسات على تقييم خيارات نشرة الهجرة القسريةFMR.

الخطوط الإرشادية

التقييم العالمي لغاز الميثان: ملخص لصناع القرار (الأمم المتحدة تحالف المناخ والهواء النظيف)

https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-summary-decision-makers

تمت صياغة هذا المورد من قبل الأمم المتحدة. برنامج البيئة وتحالف المناخ والهواء النظيف. ويشرح الضرورات الصحية والاقتصادية والمناخية لمعالجة غاز الميثان عبر القطاعات.

خارطة الطريق التنظيمية للنفط وغاز الميثان (وكالة الطاقة الدولية)

https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry/regulatory-roadmap

قامت وكالة الطاقة الدولية بتطوير هذا الدليل العملي خطوة بخطوة. بغض النظر عن الاختصاص القضائي، فهو مورد في تطوير سياسات النفط والغاز والميثان. ترشد خارطة الطريق صناع السياسات من خلال عملية مكونة من عشر خطوات، بدءًا من فهم السياق القانوني والسياسي وحتى مراجعة السياسات وتحديثها.

كتاب تمهيدي عن قطع غاز الميثان: أفضل استراتيجية لإبطاء ظاهرة الاحتباس الحراري في العقد حتى عام 2030 (معهد الحوكمة والتنمية المستدامة)

https://www.igsd.org/wp-content/uploads/2022/09/IGSD-Methane-Primer_2022.pdf

وكما يوضح معهد الحوكمة والتنمية المستدامة (IGSD): فإن هذا الكتاب التمهيدي لغاز الميثان "يوفر الأساس المنطقي العلمي والسياسي لصناع القرار لتحقيق التخفيضات القوية والسريعة والمستدامة" لانبعاثات غاز الميثان اللازمة لإبطاء ظاهرة الاحتباس الحراري في المستقبل القريب. وخفض مخاطر إحداث نقاط تحول مناخية واقتصادية واجتماعية. تشمل المواضيع التي يتم تناولها على الحد من غاز الميثان وسبب الحاجة الملحة إلى اتخاذ إجراءات؛ فرص التخفيف الحالية والناشئة حسب القطاع؛ الجهود الوطنية والإقليمية والدولية التي يمكن أن تسترشد بها الإجراءات العالمية الطارئة بشأن غاز الميثان؛ ومبادرات التمويل لتأمين الدعم للحد من انبعاثات

غاز الميثان بسرعة. ويدعم كتاب الميثان التمهيدي أيضًا الحاجة إلى البحث وتطوير التقنيات لإزالة غاز الميثان من الغلاف الجوي على نطاق واسع."

الحد من من انبعاثات الغازات الدفيئة في قطاع البترول (مجموعة المنتجين الجدد)

https://www.newproducersgroup.online/minimising-greenhouse-gas-emissions-in-the-petroleum-sector-the-opportunity-for-emerging-producers/

يركز هذا التقرير على المنتجين الجدد، ويساعدهم على "تصميم قوانينهم وأنظمتهم التنظيمية وأنظمة المراقبة والمشاريع" للحد من انبعاثات الغازات الدفيئة.

دليل العمل دون الوطني بشأن غاز الميثان (تحالف Under2)

https://www.theclimategroup.org/our-work/resources/tackling-methane-guide-subnational-government-action

تم تطوير هذه النظرة العامة بواسطة تحالف يضم أكثر من 160 ولاية قضائية دون وطنية، وهي مصممة لمنح حكومات المدن والولايات والحكومات الإقليمية مجموعة من الموارد لمعالجة غاز الميثان عبر القطاعات.

الحلول التمويلية للحد من حرق الغاز الطبيعي وانبعاثات غاز الميثان (البنك الدولي)

https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/financing-solutions-to-reduce-natural-gas-flaring-and-methane-emissions

يقدم هذا التقرير "إطارًا منهجيًا لتقييم جدوى مشاريع الحد من حرق الغاز في مواقع حرق الغاز متوسطة الحجم. وستساعد الأساليب والأدوات التي تم تطويرها صناع السياسات والمشغلين على تحليل عوائق الاستثمار، وتحديد المتغيرات الرئيسية وعوامل النجاح، ووضع نماذج للخيارات المالية لتلك المشاعل متوسطة الحجم التي تم تجاهلها تاريخيًا."

الشراكة العالمية لخفض حرق الغاز (البنك الدولي)

https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction

يقوم هذا الصندوق بتطوير برامج حرق الغاز الخاصة بكل بلد، وتبادل أفضل الممارسات، وتأمين الالتزامات العالمية لإنهاء حرق الغاز الروتيني. وهدفه هو

"إنهاء حرق الغاز الروتيني في مواقع إنتاج النفط في جميع أنحاء العالم."

موارد الميثان (مركز القانون والطاقة والبيئة)

http://methaneresources.org

قام الباحثون في كلية الحقوق بجامعة كاليفورنيا في بيركلي بتطوير هذه المنصة كنقطة تجمع للمعلومات حول الحد من انبعاثات غاز الميثان عبر القطاعات. إنه يوجه المستخدمين إلى مجموعة شاملة من الموارد لمساعدة "الحكومات والشركات والمنظمات غير الحكومية وغيرها على اغتنام الفرصة المناخية الحيوية من خلال معالجة انبعاثات الميثان."

الأدوات

أداة الحد من انبعاثات غاز الميثان في الدولة (فرقة عمل الهواء النظيف)

https://www.catf.us/comat/

توفر هذه الأداة، التي طورتها فرقة عمل الهواء النظيف، مزيجًا فريدًا وسهل الاستخدام من أدوات جمع البيانات وإعداد التقارير والمشاركة وتصميم السياسات التي تمكن المستخدمين من الحصول على رؤى وتحليل البيانات وبناء الإجماع وتطوير خطط التخفيف. مع إدراكنا أنه لا يوجد حل واحد يناسب الجميع لمشكلة انبعاثات غاز الميثان.

مؤشر مناخ النفط بالإضافة إلى الغاز (معهد روكي ماونتن)

https://rmi.org/oci-update-tackling-methane-in-the-oil-and-gas-sector/

هذه الأداة، التي طورها كبار الخبراء في معهد روكي ماونتن، "تكشف عن حجم ونطاق وطبيعة مشكلة الميثان من خلال قياس ومقارنة انبعاثات اللغازات الدفيئة من أكثر من ثلثي إمدادات النفط والغاز في العالم." وتعتزم تقديم تقييم لانبعاثات دورة الحياة عند رأس البئر وأثناء المعالجة والتكرير والنقل.

أداة اكتمال انبعاثات مصدر نقطة الأقمار الصناعية (معهد روكي ماونتن)

https://rmi.org/clean-energy-101-methane-detecting-satellites/

تم تصميم أداة اكتمال انبعاثات مصدر نقطة الأقمار الصناعية SPECT لمساعدة المستخدمين على مقارنة الأقمار الصناعية للتأكد من اكتمالها فيما يتعلق "بتحديد وتتبع بواعث الميثان الفائقة."

حاصل الذكاء الآلي MiQ

https://miq.org/

MiQ هي منظمة مستقلة غير ربحية أنشأتها RMI وSYSTEMIQ لتسهيل التخفيض السريع في انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز. إنه أول نظام اعتماد في العالم لتصنيف الغاز وفقًا لانبعاثات الميثان.

مجموعة أدوات حرق الميثان

https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/publication/methane-flaring-toolkit

تقدم هذه الوثيقة التي نشرها البنك الدولي نصائح عملية ومعلومات حول قياس ومراقبة انبعاثات غاز الميثان من مشاعل الغاز في صناعة النفط والغاز.

نماذج التقارير والإرشادات الفنية (شراكة النفط والغاز والميثان 2.0)

https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-templates/

تعمل هذه المستندات والقوالب الإرشادية على تبسيط عملية إعداد التقارير وشرح المفاهيم الأساسية لعمليات معدات النفط والغاز.

المبادئ التوجيهية للميثان

https://methaneguidingprinciples.org/

تعمل الدول الـ 24 الموقعة على النفط والغاز على هذه المبادئ من أجل "التحرك في الصناعة والحكومات للحد من انبعاثات غاز الميثان من سلسلة توريد الغاز الطبيعي." كما يقومون أيضًا "بتطوير وتبادل الأدوات والإرشادات التفاعلية العملية لمساعدة الآخرين على التعلم من تجاربهم ووضع تلك الدروس موضع التنفيذ."

سلسلة إطار الميثان (مركز القانون والطاقة والبيئة)

https://methaneresources.org/

توفر هذه السلسلة الأساس السياسي للحد من انبعاثات غاز الميثان. وهذه السلسلة تعد الحكومات للاستفادة من فرص العمل في مجال غاز الميثان في قطاع النفط والغاز والزراعة والفحم والنفايات.

مصادر البيانات

المرصد الدولي لانبعاثات الميثان

https://www.unep.org/explore-topics/energy/what-we-do/methane/imeo-action

ويعمل برنامج الأمم المتحدة هذا على "تحفيز جمع وتسوية وتكامل بيانات انبعاثات غاز الميثان المستندة إلى التجارب في الوقت الفعلي تقريبًا، لتوفير شفافية مناخية غير مسبوقة والمعلومات المطلوبة للحد من انبعاثات غازات الدفيئة القوية."

مخطط الكربون

https://carbonmapper.org/

مخطط الكربون Carbon Mapper هو مبادرة غير ربحية يشمل شركاؤها جامعة ولاية أريزونا، وجامعة أريزونا، ومعهد روكي ماونتن، وولاية كاليفورنيا، ومختبر الدفع النفاث التابع لناسا، والذي يعمل على "تقديم خدمة سريعة للكشف عن تسرب غاز الميثان لمشغلي المنشأة والمنظمين" من خلال تكنولوجيا الاستشعار عن بعد. ويهدفون إلى إطلاق قمرين صناعيين في عام 2023 لتوفير وصول واسع النطاق إلى هذه البيانات.

ميثان سات

https://www.methanesat.org/

تخطط مبادرة صندوق الدفاع عن البيئة لإطلاق قمر صناعي في أوائل عام 2024. ويعدون بتحديد أعمدة الميثان الكبيرة "في أي مكان تقريبًا على الأرض"، مشيرين إلى أن "الحد من انبعاثات غاز الميثان من النفط والغاز هو الشيء الأسرع والأكثر تأثيرًا الذي يمكننا القيام به لإبطاء معدل الاحتباس الحراري اليوم".

تتبع المناخ

https://climatetrace.org/

توفر هذه الشراكة بيانات مفتوحة ومتاحة مجانًا حول الانبعاثات المعروفة والمقدرة، بما في ذلك غاز الميثان. فهي تمنح السلطات القضائية إحساسًا فوريًا ولكن عامًا بملف انبعاثات الميثان لديها.

أداة انبعاث ناسا

https://earth.jpl.nasa.gov/emit/data/data-portal/Greenhouse-Gases/

تقوم وكالة ناسا برسم خرائط لأعمدة الميثان الرئيسية ذات التغطية العالمية المحدودة باستخدام أداة مثبتة على محطة الفضاء الدولية. قد تحدد هذه الأداة بعض الأعمدة في نطاق الولاية القضائية.

تروبومي

http://www.tropomi.eu/data-products/methane

TROPOMI هو جهاز موجود على متن القمر الصناعي Copernicus Sentinel-5 Precursor، بتكليف من وكالة الفضاء الأوروبية، والذي يوفر بيانات الميثان.

الملحق: حول الميثان

الميثان (CH_4) هو غاز عديم اللون والرائحة وقابل للاشتعال (GHG) وله مصادر طبيعية وبشرية. وتشمل المصادر البشرية قطاعات الزراعة والنفط والغاز والفحم والنفايات. في صناعة النفط والغاز، يعتبر الميثان أيضًا غازًا طبيعيًا - وهو نفس الغاز الطبيعي المستخدم في محطات الطاقة والعمليات الصناعية ومحركات الاحتراق والتطبيقات التجارية والتدفئة السكنية والطهي. بالإضافة إلى ذلك، يعتبر الميثان مادة خام لمختلف الموارد الكيميائية والعنصرية (الهيدروجين). كغاز طبيعي، فإن الميثان هو الجزيء الذي يتكون منه الغاز الطبيعي المضغوط (CNG)، وهو وقود بديل للمركبات. ويشكل الميثان الغاز الطبيعي المسال (LNG)، وهو أحد التحولات الكبرى في مجال الطاقة في نصف القرن الماضي.

مصادر الميثان

ويأتي حوالي 60% من انبعاثات الميثان العالمية من الأنشطة البشرية (بشرية المنشأ)، ويأتي الباقي من مصادر طبيعية، بما في ذلك الأراضي الرطبة والمياه العذبة والتسرب الجيولوجي والحيوانات البرية والنمل الأبيض وحرائق الغابات والتربة الصقيعية والنباتات.[131]

الزراعة

الزراعة هي أكبر مصدر منفرد لانبعاثات غاز الميثان التي يسببها الإنسان، ويمثل الحد من هذه الانبعاثات في هذا القطاع فرصة لإبطاء وتيرة الاحتباس الحراري على المدى القريب. يتم إطلاق الميثان الزراعي من خلال تخزين الطاقة العضوية في ظروف منخفضة الأكسجين. وتشمل هذه حقول الأرز، والجهاز الهضمي للحيوانات المجترة، وفي بعض الدول، برك السماد في عمليات الماشية الكبيرة.

يمكن لتقنيات الحد من انبعاثات غاز الميثان في الزراعة التحكم في الانبعاثات مع تحسين إنتاج المنتجات، مما يؤدي في كثير من الأحيان إلى تعزيز أرباح القطعان والمزارع.[132] وبالنسبة للماشية، تشتمل حلول الميثان على تحسينات غذائية بسيطة، وتحسين ممارسات التربية، واستخدام إضافات علفية مقاومة لغاز الميثان، وتحسين تخزين السماد، وامتصاص غاز الميثان من الروث. قد تتكون استراتيجيات الأرز من أصناف مختلفة من الأرز وسحب المياه في الحقول.

الطاقة

ويمثل قطاع الطاقة (النفط والغاز والفحم والطاقة الحيوية) حوالي 33% من انبعاثات غاز الميثان الناجمة عن الأنشطة البشرية. يناقش هذا الدليل مصادر انبعاث غاز الميثان وخيارات الحد منه لمصادر النفط والغاز بالتفصيل.[133]

النفايات

ويعد قطاع النفايات ثالث أكبر مصدر لغاز الميثان الناتج عن الأنشطة البشرية، حيث يمثل حوالي 20 في المائة من الإجمالي. تنجم إطلاقات نفايات الميثان عن تحلل المواد العضوية في ظروف خالية من الأكسجين، بما في ذلك في مدافن النفايات، ومرافق الصرف الصحي، وأنظمة الصرف الصحي، والمراحيض. يمكن لتقنيات الحد من انبعاثات غاز الميثان في قطاع النفايات التحكم في الانبعاثات، وفي بعض الحالات، إعادة توجيه هذه الطاقة للاستخدامات الإنتاجية، بما في ذلك المنتجات والوقود. وفقًا للتقييم العالمي لغاز الميثان، فإن حوالي 60 بالمائة من حلول نفايات الميثان لها تكلفة سلبية أو معدومة التكلفة.

ونظرًا لأن مدافن النفايات وأنظمة الصرف الصحي تميل إلى إدارتها على المستوى دون الوطني، فإن غاز الميثان في قطاع النفايات يمثل فرصة للمدن والبلديات والولايات والمقاطعات للقيادة. وبينما لا تزال الأبحاث في هذا المجال مستمرة، يمكن اليوم نشر العديد من استراتيجيات نفايات الميثان الراسخة ذات تأثير كبير. وتشمل هذه البرامج منع النفايات والتسميد، وأغطية مدافن النفايات وأنظمة احتجاز الغاز، وتحسين أنظمة الصرف الصحي لمياه الصرف الصحي.

يتناول هذا الدليل انبعاثات غاز الميثان من قطاع النفط والغاز فقط، ولكنه يمكن أن يساعد في توجيه استراتيجية أكثر شمولًا تركز على مصادر انبعاثات الميثان المتعددة.

الاختصارات

AVO	السمعية والبصرية والشمية
CATF	فرقة العمل المعنية بالهواء النظيف
CCAC	تحالف المناخ والهواء النظيف
CCUS	احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه
CDM	آلية التنمية النظيفة
CoMAT	أداة الحد من انبعاثات غاز الميثان في البلد
DFI	مؤسسة تمويل التنمية
EDF	صندوق الدفاع عن البيئة
EPA	وكالة حماية البيئة (الأمريكية)
ESG	البيئية والاجتماعية والحوكمة
GGFR	الشراكة العالمية للحد من حرق الغاز
GHG	الغازات الدفيئة
GMP	التعهد العالمي لغاز الميثان
GWP	احتمالات الاحتباس الحراري
IMEO	المرصد الدولي لانبعاثات الميثان
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
IRR	معدل العائد الداخلي
LDAR	كشف التسرب وإصلاحه
LNG	الغاز الطبيعي المسال
NOC	شركات النفط الوطنية
MACC	منحنى تكلفة التخفيض الهامشية
MARS	نظام التنبيه والاستجابة لغاز الميثان
MDB	بنك التنمية المتعدد الأطراف
M-RAP	برنامج عمل خارطة طريق الميثان
MRV	المراقبة والإبلاغ والتحقق

NPV	صافي القيمة الحالية
OGCI	مبادرة المناخ للنفط والغاز
OGI	تصوير الغاز البصري
OGMP	شراكة النفط والغاز والميثان
SCALE	تبادل قادة العمل المناخي على المستوى المحلي
TPY	طن في السنة
VOC	المركبات العضوية المتطايرة
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNFCCC	اتفاقية الأمم المتحدة الاطارية المعنية بتغير المناخ

ملاحظات

الفصل 1

1. "قد تكون فائدة الانبعاثات المناخية أقل من 0.2% عندما تؤخذ في الاعتبار انبعاثات الهباء الجوي الناتجة عن حرق الفحم." استشهد بـجوردون د.، ريولاند ف.، يعقوب د.ج.، وردن ج. رز، شيندل د. و دايسون م. (2023) *تقييم صافي كثافة انبعاثات غازات الدفيئة خلال دورة الحياة من الغاز والفحم عند معدلات تسرب الميثان المتفاوتة*، انفيرون. ريس. ليت. 8(18): ,084008 *https://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/ace3db*

---

2. ألفاريز آر إيه وآخرون. :2018 تقييم انبعاثات الميثان من سلسلة توريد النفط والغاز الأمريكية، العلوم 361(6398): 88-186, *https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar7204*
هوارث آر دبليو 2014: جسر إلى لا مكان: انبعاثات الميثان وانبعاثات غازات الدفيئة من الغاز الطبيعي، علوم الطاقة. المهندس 2(2): 47–60, *https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ese3.35*
شويتزكي إس، غريفين دبليو إم، ماثيوز إتش إس، وبروهويلر إل إم بي 2014: معدلات انبعاثات الغاز الطبيعي الشاردة مقيدة بغاز الميثان والإيثان في الغلاف الجوي العالمي. علوم. التكنولوجيا. 14(48): ,22-7714 *https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es501204c*

---

3. القيم من التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. قيم التقييم السادس هي 81.2 و 27.9 لمدة 20 عامًا و 100 عام على التوالي.

---

4. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) وتحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC)، التقييم العالمي لغاز الميثان 2022: التقييم العالمي لغاز الميثان: تقرير خط الأساس لعام 2023 ، *https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-2030-baseline-report*

---

5. برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP) 2022 : التقييم العالمي: يجب اتخاذ خطوات عاجلة للحد من انبعاثات غاز الميثان هذا العقد، *https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/global-assessment-urgent-steps-must-be-taken-reduce-methane*

6. IPCC AR6 WGI ملخص للبيانات الرئيسية لصانعي السياسات،
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/resources/spm-headline-/statements

7. وكالة الطاقة الدولية 2023: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2023،
https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023

8. وكالة الطاقة الدولية 2023: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2023،
https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023

9. انظر الإعلان المشترك لمستوردي ومصدري الطاقة بشأن خفض انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن الوقود الأحفوري،
https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-emissions-from-fossil-fuels/;
بيان وزراء المناخ والطاقة والبيئة لمجموعة السبع (الفقرة 61)؛
https://www.meti.go.jp/information/g7hirosima/energy/pdf/energy/pdf/G7MinistersCommunique2023.pdf
انظر أيضًا إعلان غلاسكو المشترك بين الولايات المتحدة والصين بشأن تعزيز العمل المناخي في 2020،
https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/

10. وكالة الطاقة الدولية 2023: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2023،
https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023

11. صندوق الدفاع عن البيئة 2022: كيف يؤدي خفض انبعاثات الميثان إلى خلق فرص العمل،
https://www.edf.org/how-reducing-methane-emissions-creates-jobs

12. مارك ديفيز، جيمس توريتو، يوانيس بينيتوغلو 2022: الريادة في حرق الغاز في مصر: النجاحات الأخيرة والفرص المستقبلية في الفترة التي سبقت انعقاد مؤتمر الأمم المتحدة المعني بتغير المناخ COP27
https://flareintel.com/insights/leadership-on-flaring-in-egypt-recent-successes-and-future-opportunities-in-the-lead-up-to-cop27

الفصل 2

13. حكومة غانا 2018: خطة العمل الوطنية للتخفيف من ملوثات المناخ قصيرة الأجل،
https://www.ccacoalition.org/en/resources/national-action-plan-mitigate-short-lived-climate-pollutants-ghana

14. مكتب البيت الأبيض لسياسة المناخ المحلي 2021: خطة عمل خفض انبعاثات الميثان في الولايات المتحدة،
https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2021/11/US-Methane-Emissions-Reduction-Action-Plan-1.pdf

15. تحالف التقييم القطري المشترك،
https://www.ccacoalition.org/en/file/9060/download?token%3DfWAIxbrU

16. حكومة كندا 2022: أسرع وأكثر: استراتيجية الميثان في كندا،
https://publications.gc.ca/site/eng/9.915545/publication.html

17. وزارة الخارجية الأمريكية 2022: التعهد العالمي لغاز الميثان: من لحظة إلى زخم،
https://www.state.gov/global-methane-pledge-from-moment-/to-momentum

18. تحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC) 2022: برنامج عمل خارطة طريق الميثان (M-RAP)،
https://www.ccacoalition.org/en/activity/methane-roadmap-action-programme-m-rap

19. وكالة الطاقة الدولية 2021: خفض تسرب غاز الميثان من صناعة النفط والغاز: خارطة طريق تنظيمية ومجموعة أدوات،
https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry

20. الوكالة الدولية للطاقة 2021: خفض تسرب غاز الميثان من صناعة النفط والغاز: خارطة طريق تنظيمية ومجموعة أدوات،
https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry

21. الوكالة الدولية للطاقة 2023: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2023،
https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2023

22. فرقة العمل المعنية بالهواء النظيف 2023: أداة خفض انبعاثات غاز الميثان في البلد،
https://www.catf.us/comat

23. حدود الكربون، أداة منهجية لجرد الميثان،
https://mist.carbonlimits.no

24. القيم من التقييم الخامس للهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. قيم التقييم السادس هي 81.2 و 27.9 لمدة 20 عامًا و 100 عام على التوالي.

25. انظر الفقرة 37 من ملحق القرار CMA.1/18:
https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2018_3_add2_new_advance.pdf

الفصل 3

26. الوكالة الدولية للطاقة 2021: خفض تسرب غاز الميثان من صناعة النفط والغاز: خارطة طريق تنظيمية ومجموعة أدوات، *https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry*

---

27. خارطة الطريق التنظيمية ومجموعة الأدوات الخاصة بالوكالة الدولية للطاقة.

---

28. الوكالة الدولية للطاقة 2022: القرار الوزاري رقم 2013/04 - لوائح العمليات البترولية، *https://www.iea.org/policies/11934-ministerial-order-no-042013-petroleum-operations-regulations?country%3DEquatorial%2520Guinea%26qs%3Dequatorial%26topic%3DMethane*

---

29. الوكالة الدولية للطاقة 2022: (ألبرتا) منظم الطاقة في ألبرتا توجيه رقم 060: صناعة النفط في مرحلة التنقيب والانتاج، الحرق والترميد والتهوية (أحكام التنقيب والانتاج، *https://www.iea.org/policies/8712-alberta-aer-directive-060-upstream-petroleum-industry-flaring-incinerating-and-venting-upstream-provisions?country%3DCanada%26q%3DAlberta%26topic%3DMethane*)

---

30. الوكالة الدولية للطاقة 2022: القرار رقم 806 لسنة 2020 من الوكالة الوطنية للبترول، *https://www.iea.org/policies/11752-resolution-no-806-of-2020-from-anp?country%3DBrazil%26topic%3DMethane*

31. الوكالة الدولية للطاقة 2022: (ساسكاتشوان) التوجيه رقم PNG017: متطلبات القياس لعمليات النفط والغاز، https://www.iea.org/policies/8900-saskatchewan-directive-png017-measurement-requirements-for-oil-and-gas-operations?country%3DCanada%26topic%3DMethane

32. الوكالة الدولية للطاقة 2022: المرسوم رقم 84-CP لسنة 1996 المتعلق بتفصيل تطبيق قانون البترول، https://www.iea.org/policies/11905-decree-no-84-cp-1996-detailing-the-implementation-of-the-petroleum-law?country%3DViet%2520Nam%26qs%3Dviet%26topic%3DMethane

الفصل 4

33. يحتوي تقرير "اعرف نفطك وغازك" الصادر عن RMI (https://rmi.org/insight/kyog) على توصيات إضافية مفصلة.

34. الشراكة البيئية 2020: ترقيات تحكم هوائي، https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing//pneumatic-controllers-upgrades

35. المبادئ التوجيهية لغاز الميثان 2022: خفض انبعاثات غاز الميثان: الأجهزة الهوائية، https://methaneguidingprinciples.org/resources-and-guides//best-practice-guides/pneumatic-devices

36. نجم الغاز الطبيعي 2006: تحويل أدوات التحكم بالهواء المضغوط بالغاز إلى هواء الأجهزة، https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/ll_instrument_air.pdf

37. الشراكة البيئية 2020؛ إزالة السوائل يدويًا،
https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/
/manual-liquids-removal

38. اكسون موبيل 2020: تخفيف انبعاثات غاز الميثان من صناعة النفط والغاز: الإطار التنظيمي النموذجي،
https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/
newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-
Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-
Framework.pdf

39. الشراكة البيئية 2020: ترقيات تحكم هوائي،
https://theenvironmentalpartnership.org/what-were-doing/
/pneumatic-controllers-upgrades

40. المبادئ التوجيهية لغاز الميثان 2022: خفض انبعاثات غاز الميثان: الأجهزة الهوائية.

41. نجم الغاز الطبيعي 2006: تحويل أدوات التحكم بالهواء المضغوط بالغاز إلى هواء الأجهزة،
https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-06/documents/
ll_instrument_air.pdf

42. اكسون موبيل 2020: تخفيف انبعاثات غاز الميثان من صناعة النفط والغاز: الإطار التنظيمي النموذجي،
https://corporate.exxonmobil.com/-/media/Global/Files/
newsroom/publications-and-reports/Mitigating-Methane-
Emissions-from-the-Oil-and-Gas-Industry-Model-Regulatory-
Framework.pdf

43. وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) 2022: برنامج نجم للغاز الطبيعي، تحدي الميثان، أفضل الممارسات الإدارية (BMPs)، خيارات الالتزام، *https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/methane-challenge-background-best-management-practices-bmp-commitment*

44. ديانا هينز 2016: مقارنات دراسة الحالة مع تقرير عمليات الاندماج والاستحواذ "انبعاثات خطوط الأنابيب وخيارات التخفيف منها"، *https://www.epa.gov/natural-gas-star-program/case-study-comparisons-against-mjba-report-pipeline-blowdown-emissions*

45. إعادة ضبط الضغط أو تجاوزه بشكل مؤقت قبل الصيانة، أو تركيب وصلات مؤقتة بين أنظمة الضغط العالي والمنخفض؛ صنبور ساخن لإجراء اتصال جديد لخط الأنابيب بينما يظل خط الأنابيب في الخدمة لتجنب الانهيار

الفصل 5

46. *https://miq.org*

47. كندا، اللوائح المتعلقة بخفض إطلاق غاز الميثان وبعض المركبات العضوية المتطايرة (قطاع النفط والغاز في المنبع)، SOR/2018-66، *https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2018-66/index.html*

48. بطاقة تعريف. في القسم 20(1).

49. بطاقة تعريف. في القسم 30(2).

50. بطاقة تعريف. في القسم 29(1) (ب).

51. بطاقة تعريف. في القسم 35(1).

52. بطاقة تعريف. في القسم 33.

53. بطاقة تعريف. في القسم 36(1) و (2).

54. بطاقة تعريف. في القسم 56(1)-(5).

55. بطاقة تعريف. في القسم 56(6).

الفصل 6

56. أنظر، على سبيل المثال، البنك الدولي: الشراكة العالمية لخفض حرق الغاز (GGFR)
https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/about
(تمت الزيارة آخر مرة في 5 مايو 2023)

57. البنك الدولي: مبادرة صفر حرق روتيني بحلول عام 2030 (ZRF)،
https://www.worldbank.org/en/programs/zero-routine-flaring-by-2030/about
(تمت الزيارة آخر مرة في 5 مايو 2023)

58. تفترض معايير الصناعة أن المشاعل تعمل بكفاءة تدمير تصل إلى 98 بالمائة. معهد البترول الأمريكي 2021: خلاصة وافية لمنهجيات انبعاثات غازات الدفيئة في صناعة النفط والغاز، ص. 4-5
https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf

59. تتضمن لوائح نيجيريا أيضًا عمليات فحص لهب الشعلة كجزء من متطلبات LDAR الخاصة بها: 3. يجب أن يشمل التفتيش ملاحظة مداخن اللهب. تدوين على حالة مدخنة الشعلة:
أ. شعلة مضيئة - احتراق كافٍ
ب. مضاءة - احتراق ضعيف (انفجار، دخان، وما إلى ذلك)
ج. شعلة غير مضاءة مع تنفيس للغاز
د. شعلة غير مضاءة بدون تنفيس الغاز

---

60. وزارة الطاقة 2021: خفض انبعاثات غاز الميثان في كل يوم من أيام السنة، *https://arpa-e.energy.gov*

---

61. البنك الدولي 2023: التقرير العالمي لتتبع حرق الغاز، *https://www.worldbank.org/en/topic/extractiveindustries/publication/2023-global-gas-flaring-tracker-report*

---

62. البنك الدولي، أداة تعقب إحراق الغاز على مستوى العالم، *https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data*

---

63. كولومبيا، القرار 40066 لعام 2022، الذي يحدد المتطلبات الفنية للكشف عن التسربات وإصلاحها، واستخدام الغاز الطبيعي وحرقه وتنفيسه أثناء أنشطة استكشاف واستغلال المواد الهيدروكربونية، *https://gestornormativo.creg.gov.co/gestor/entorno/docs/resolucion_minminas_40066_2022.htm*
، انظر أيضًا البنك الدولي، اللوائح العالمية للحرق واالتنفيس: كولومبيا، *https://flaringventingregulations.worldbank.org/colombia*

---

64. بطاقة تعريف في المادة 18.

---

65. بطاقة تعريف في المادة 22.

---

66. بطاقة تعريف في المادة 24.

67. البنك الدولي، أداة تعقب إحراق الغاز على مستوى العالم.
https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/global-flaring-data

68. كازاخستان، قانون استخدام باطن الأرض، المادة 146،
https://adilet.zan.kz/eng/docs/K1700000125
(ترجمة إنجليزية غير رسمية)؛ انظر أيضًا البنك الدولي، اللوائح العالمية للحرق والتنفيس: كازاخستان،
https://flaringventingregulations.worldbank.org/kazakhstan

69. بطاقة تعريف في المادة 147(9).

70. بطاقة تعريف في المادة 147.

71. بطاقة تعريف في المادة 147(4).

الفصل 7

72. نيجيريا، المبادئ التوجيهية لإدارة الانبعاثات الهاربة وانبعاثات اللغازات الدفيئة في عمليات النفط والغاز الأولية في نيجيريا، دليل NUPRC 0024- 2022،
https://www.nuprc.gov.ng/wp-content/uploads/2022/11/METHANE-GUIDELINES-FINAL-NOVEMBER-10-2022.pdf

73. بطاقة تعريف في القسم 3.4.6 (1).

74. بطاقة تعريف في القسم 3.4.6 (1).

75. بطاقة تعريف في القسم 3.4.6 (1).

76. بطاقة تعريف في القسم 3.4.6 (1).

77. بطاقة تعريف في القسم 3.4.6 (1).

78. بطاقة تعريف في القسم 3.4.6 (2).

79. بطاقة تعريف في القسم 3.4.1 (1).

80. بطاقة تعريف في القسم 3.4.1 (1)(2).

81. بطاقة تعريف في القسم 3.4.1 (2).

الفصل 8

82. كانج وآخرون. (2021): تحفيز آبار النفط والغاز المهجورة - تعظيم الفوائد الاقتصادية والبيئية، *https://online.ucpress.edu/elementa/article/9/1/00161/116782/Orphaned-oil-and-gas-well-stimulus-Maximizing*

83. راجع، على سبيل المثال، قانون البنية التحتية الأمريكي المشترك بين الحزبين.

84. وكالة حماية البيئة الأمريكية 2022: "معلومات على مستوى مرفق وكالة حماية البيئة بشأن أداة اللغازات الدفيئة"، *https://ghgdata.epa.gov/ghgp/main.do*

85. السلطة الانتقالية لبحر الشمال 2021: كثافة الانبعاثات البحرية في الجرف القاري للمملكة المتحدة، *https://app.powerbi.com/view?r%3DeyJrIjoiMWEwNTQ3ZWMtZjZiMC00NDRiLTg4MzAtN2M5N2I5MjhlMTYxIiwidCI6ImU2ODFjNTlkLTg2OGUtNDg4Ny04MGZhLWNlMzZmMWYyMWIwZiJ9*

86. تحالف المناخ والهواء النظيف 2023: المساعدة الفنية للميثان، *https://www.ccacoalition.org/en/content/methane-technical-assistance*

87. فرقة العمل المعنية بالهواء النظيف 2023: CoMAT - أداة خفض انبعاثات غاز الميثان في البلد، *https://www.catf.us/comat*

88. وكالة حماية البيئة الأمريكية 2023: برنامج الإبلاغ عن اللغازات الدفيئة (GHGRP)، *https://www.epa.gov/ghgreporting*

89. وكالة حماية البيئة الأمريكية 2023: تعليمات نموذج الإبلاغ، *https://ccdsupport.com/confluence/display/help/Reporting+Form+Instructions*

90. شراكة النفط وغاز والميثان 2.0 (2023 (OGMP 2.0: الوثائق والقوالب التوجيهية، *https://ogmpartnership.com/guidance-documents-and-/templates*

91. نفس المصدر.

92. حدود الكربون 2023: أداة منهجية لجرد الميثان، *https://mist.carbonlimits.no*

93. معهد البترول الأمريكي 2021: خلاصة وافية لمنهجيات انبعاثات غازات الدفيئة في صناعة النفط والغاز، *https://www.api.org/-/media/files/policy/esg/ghg/2021-api-ghg-compendium-110921.pdf*

الفصل 9

94. استنادًا إلى مجلس موارد الهواء في كاليفورنيا 2023: أبحاث النقاط الساخنة لغاز الميثان (AB 1496)، *https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/methane/ab1496-research*

95. تقييم معهد تكنولوجيا الغاز GTI للنتائج الرئيسية لطرق الكشف عن الميثان الناشئة لعام 2021، *https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf*

96. منطقة إدارة جودة الهواء في الساحل الجنوبي 2023: مسوحات قياس الميثان المتنقلة، *https://www.aqmd.gov/home/news-events/community-investigations/aliso-canyon-update/air-sampling/mobile-methane-measurement-surveys*

97. وكالة حماية البيئة الأمريكية 2018: دليل وكالة حماية البيئة: الاستشعار البصري والبعدي لقياس ورصد تدفق انبعاثات الغازات والجسيمات، *https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-08/documents/gd-52v.2.pdf*

98. هانيويل 2023، *https://www.regulations.gov/comment/EPA-HQ-OAR-2021-0317-2340*

99. كونغرس الولايات المتحدة – H.R.5376 – قانون خفض التضخم لعام 2022،
https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/5376/text

---

100. مديرية البترول النرويجية - القانون رقم 21 - ديسمبر 1990 رقم 72 المتعلق بالضريبة على تصريف ثاني أكسيد الكربون CO_2 في الأنشطة النفطية في الجرف القاري
https://www.npd.no/en/regulations/acts/co2-discharge-tax/

---

101. إدارة حماية البيئة بولاية ماساتشوستس 2021: خفض انبعاثات غاز الميثان$_4$) (انبعاثات الميثان من شبكات وخدمات توزيع الغاز الطبيعي (CMR 7.73 310)،
https://www.mass.gov/service-details/reducing-methane-ch4-emissions-from-natural-gas-distribution-mains-services-310-cmr-773

---

102. تم تقديم التعليق في معرف قاعدة بيانات وكالة حماية البيئة رقم EPA-HQ-OAR-2021-0317. مدونة لوائح كولورادو 5 CCR 1001-9 اللائحة رقم 7 التحكم في الأوزون عن طريق سلائف الأوزون والتحكم في الهيدروكربونات عن طريق انبعاثات النفط والغاز مع الإشارة إلى إنشاء جرد للانبعاثات لدعم أهداف الكثافة في نهاية المطاف.

---

103. المبادرة العالمية لغاز الميثان؛ القياس والإبلاغ والتحقق من غاز الميثان. متاحة في:
https://globalmethane.org/mrv

---

104. انظر على سبيل المثال جامعة ولاية كولورادو 2021: دورة تدريب OGI،
https://energy.colostate.edu/metec/ogi-training-class

---

105. موزهو جاو، وآخرون 2023: تغطية رصدية عالمية لمصادر النفط والغاز والميثان باستخدام TROPOMI،
https://www.researchsquare.com/article/rs-2681923/v1

106. جي تي آي للطاقة 2021: التقرير التمهيدي لتقييم طرق الكشف عن غاز الميثان الناشئة،
https://www.gti.energy/wp-content/uploads/2022/03/Evaluation-of-Emerging-Methane-Detection-Methods_Dec2021.pdf

107. مبادرة النفط والغاز بشأن المناخ 2020: نشر تقنيات الكشف عن غاز الميثان وتقديره بشكل فعال،
https://www.ogci.com/news/deploying-methane-detection-and-quantification-technologies-effectively

108. شيفرون 2022: تقرير الميثان، صفحة 9،
https://www.chevron.com/-/media/shared-media/documents/chevron-methane-report.pdf

الفصل 10

109. وكالة حماية البيئة الأمريكية 2023: سياسة التدقيق الخاصة بوكالة حماية البيئة،
https://www.epa.gov/compliance/epas-audit-policy

110. وكالة الطاقة الدولية 2021: خفض تسرب غاز الميثان من صناعة النفط والغاز، صفحة 58،
https://www.iea.org/reports/driving-down-methane-leaks-from-the-oil-and-gas-industry

111. صندوق الدفاع عن البيئة 2019: مسارات الامتثال البديل: إطار لتعزيز الابتكار وحماية البيئة والازدهار،
https://www.edf.org/sites/default/files/documents/EDFAlternativeComplianceReport_0.pdf

الفصل 11

112. الرقم القياسي لأسعار المستهلك 2022: مشهد تمويل خفض انبعاثات غاز الميثان،
https://www.climatepolicyinitiative.org/wp-content/uploads/2022/07/Landscape-of-Methane-Abatement-Finance.pdf

113. وكالة الطاقة الدولية 2022: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2022،
https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022/estimating-methane-emissions

114. الرقم القياسي لأسعار المستهلك 2022: مشهد تمويل خفض انبعاثات غاز الميثان.

115. وكالة الطاقة الدولية 2022: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2022،
https://www.iea.org/reports/global-methane-tracker-2022

116. وكالة الطاقة الدولية 2023: ستظل انبعاثات الميثان مرتفعة بشكل مستمر في عام 2022، حتى مع ارتفاع أسعار الطاقة الذي أدى إلى اتخاذ إجراءات لتقليلها بتكلفة أقل من أي وقت مضى،
https://www.iea.org/news/methane-emissions-remained-stubbornly-high-in-2022-even-as-soaring-energy-prices-made-actions-to-reduce-them-cheaper-than-ever

117. سي بي إس نيوز 17 أبريل 2020: 1.7 مليار دولار لتنظيف الآبار المعزولة والمهجورة يمكن أن تخلق آلاف فرص العمل،
https://www.cbc.ca/news/canada/calgary/federal-oil-and-gas-orphan-wells-program-1.5535943

118. وزارة الخزانة الأمريكية: إرشادات طاقة الوقود الأحفوري لبنوك التنمية المتعددة الأطراف (MDBs)، *https://home.treasury.gov/system/files/136/Fossil-Fuel-Energy-Guidance-for-the-Multilateral-Development-Banks.pdf*

---

119. وزارة الخارجية الأمريكية 2022: إعلان مشترك من مستوردي ومصدري الطاقة بشأن خفض انبعاثات اللغازات الدفيئة الناتجة عن الوقود الأحفوري، *https://www.state.gov/joint-declaration-from-energy-importers-and-exporters-on-reducing-greenhouse-gas-/emissions-from-fossil-fuels*

---

120. إذا كانت أسواق الكربون الطوعية تعمل في بيئة تكون فيها اللوائح سارية، فيجب تحديد معايير إضافية. إذا كانت اللوائح تتطلب تخفيضات، فلن تعتبر تخفيضات الانبعاثات تلك "إضافية" ولن تكون مؤهلة للتعويض في سوق الكربون.

---

121. وكالة الطاقة الدولية 2020: المتعقب العالمي لغاز الميثان 2020، *https://www.iea.org/reports/methane-tracker-2020/methane-abatement-options*

---

122. البنك الدولي 2022: حلول تمويلية لخفض حرق الغاز الطبيعي وانبعاثات غاز الميثان، *https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/27e9b31f-c8bf-5fa4-aeechap3-3576d60e1a48/content*

---

123. البنك الدولي 2022: حلول تمويلية لخفض حرق الغاز الطبيعي وانبعاثات غاز الميثان، *https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/e7bb2e64-799c-59d7-9f92-4531d541b129*

124. إيكوفيس 2004: دليل المقدمة مشروعات آلية التنمية النظيفة في دول التحول المبكر، ص.3،
https://www.oecd.org/env/outreach/34595305.pdf

الفصل 12

125. وكالة الطاقة الدولية،
https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/marginal-abatement-cost-curve-for-oil-and-gas-related-methane-emissions-globally

---

126. مجموعة المناخ: المزيد، الأسرع، معًا: إجراءات قادة Under2 في COP26،
https://www.theclimategroup.org/further-faster-together-under2-leaders-actions-cop26
, (آخر زيارة في 5 مايو 2023)

---

127. وزارة الخارجية الأمريكية 2022: وزارة الخارجية الأمريكية ومؤسسات بلومبرغ الخيرية تعلنان عن دعمهما لتبادل قادة العمل المناخي على المستوى دون الوطني،
https://www.state.gov/u-s-state-department-and-bloomberg-philanthropies-announce-support-for-the-subnational-climate-/action-leaders-exchange

---

128. مبادرة النفط والغاز العالمية OGCI: تهدف مبادرة OGCI إلى تحقيق مبادرة صفر انبعاثات غاز الميثان،
https://aimingforzero.ogci.com

---

129. تحالف التقييم القطري المشترك،
https://www.ccacoalition.org/en/activity/reducing-methane-emissions-mexico's-oil-and-gas-sector

130. تحالف التقييم القطري المشترك،
https://www.ccacoalition.org/en/news/harnessing-law-slash-methane-emissions-oil-and-gas-industry-0

الملحق

131. الأمم المتحدة. التقييم العالمي لغاز الميثان،
http://ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report

---

132. ولا يتناول هذا الإطار قضايا عرض اللحوم أو خفض الطلب عليها، والتي قد تكون مكونات رئيسية لاستراتيجيات خفض الانبعاثات طويلة المدى. يجب على صناع السياسات الذين يقومون بصياغة الاستراتيجيات وفقًا لهذا الإطار توخي الحذر لتجنب خلق حوافز ضارة أو تقييد البرامج التي يمكن أن تمنع الجهود المستقبلية.

---

133. برنامج الأمم المتحدة للبيئة وCACC 2022: التقييم العالمي لغاز الميثان: تقرير خط الأساس لعام 2023 ،
https://www.ccacoalition.org/en/resources/global-methane-assessment-full-report

بيانات النسخ

تم ترخيص هذا العمل لاستخدامه بموجب الرخصة الدولية 4.0 المشاع الإبداعي الإسناد - غير التجاري - المشاركة على حد سواء **(CC BY NO SA).**

تم تأليف هذا الكتاب باستخدام طريقة Book Sprints (*www.booksprints.net*) في مايو 2023.

المؤلفون: آدم باكسي، تشاثورا ويجيسينغ، دارين شرودر، ديانا هينز، إريك كامب، جيل ديمون، كيه سي. مايكل، كينيون ويفر، محمد بديسي، نادرة أوجير، رفيق الإسلام، ريان وونغ، ستيف ولفسون

ميسر Book Sprints: باربرا رولينج

محررو النسخ: راوين وايت، كريستين ديفيس

مصمم كتب HTML: مانويل فازكيز

المصور ومصمم الغلاف: لينارت ولفيرت، هنريك فان ليوين

صورة الغلاف: لقطة شاشة منشورة من لقطات فيديو حرارية تم التقاطها بكاميرا تعمل بالأشعة تحت الحمراء وتم إتاحتها لرويترز في 10 يونيو 2021 بواسطة فرقة عمل الهواء النظيف (CATF)

الخط: إنريا من ذا بلاك [مسبك]، تكنا من كارل إنلوند، فاون من أليس سافوي

ينبغي الاستشهاد بهذه الوثيقة على النحو التالي: الحد من انبعاثات غاز الميثان في النفط والغاز: دليل لصانعي السياسات (2023).

بتمويل من:

Bureau of Energy Resources

U.S. DEPARTMENT *of* STATE

مطور بواسطة:

CLDP

COMMERCIAL LAW DEVELOPMENT PROGRAM

المساهمون المؤسسيون:

IEA

CATF

CLEAN AIR TASK FORCE

Berkeley Law

Center for Law, Energy, & the Environment

The Commonwealth