المبادئ
التوجيهية لغاز
الميثان

الحد من انبعاثات غاز الميثان:
دليل أفضل الممارسات
التسرب من المعدات

نوفمبر ٢٠١٩

المبادئ
التوجيهية لغاز
الميثان

الحد من انبعاثات غاز الميثان:
دليل أفضل الممارسات
التسرب من المعدات
نوفمبر ٢٠١٩

إخلاء المسؤولية

تم تطوير هذا المستند بواسطة شراكة المبادئ التوجيهية لغاز الميثان. توفر كل خلاصة ملخصاً لعمليات التقليل المعروفة حالياً، والتكاليف، والتقنيات المتاحة بالنسبة لتاريخ النشر، ولكنهم قد يتغيرون أو قد يتم تحسينهم مع مرور الوقت. المعلومات المضمنة دقيقة على حد علم المؤلفين، ولكنها لا تعكس بالضرورة وجهات نظر أو مواقف جميع الأطراف الموقعة أو المنظمات الداعمة لشراكة المبادئ التوجيهية لغاز الميثان، وسيحتاج القراء إلى إجراء تقييمهم الخاص للمعلومات المقدمة. لا يتم منح أي ضمان للقراء بخصوص اكتمال أودقة المعلومات المضمنة في كل ملخص بواسطة مؤسسة إس إل آر الدولية ومقاوليها، شراكة المبادئ التوجيهية لغاز الميثان أو الجهات الموقعة أو المنظمات الداعمة لها.

يصف هذا الدليل الإجراءات التي يمكن أن تتخذها المنظمات للمساعدة في إدارة انبعاثات الميثان.
أي إجراءات أو توصيات ليست إلزامية ؛ إنهم ببساطة وسائل فعالة للمساعدة في إدارة انبعاثات الميثان. قد تكون الأساليب الأخرى فعالة بنفس القدر، أو أكثر فاعلية في موقف معين. إن ما يختار القراء القيام به يعتمد في الغالب على الظروف والمخاطر المحددة تحت الإدارة والنظام القانوني المعمول به.

المحتويات

الملخص ٢

المقدمة ٣

تحديد كمية الانبعاثان من التسربات الهاربة ٦

استراتيجيات التخفيف ٧

قائمة التحقق ١٤

الملحق: مزيد من التفاصيل حول استراتيجيات التخفيف ١٥

المراجع ٢٣

الملخص

يغطي هذا الدليل التسربات غير المقصودة من المعدات المضغوطة المستخدمة في صناعة النفط والغاز. يشير هذا المستند إلى هذه التسربات على أنها 'تسربات هاربة'. يتم تغطية الانبعاثات الأخرى من المعدات المصممة للتنفيس في وثيقة أفضل الممارسات رقم ٤ بعنوان 'تقليل انبعاثات الميثان من التنفيس'.

تنتج الانبعاثات الهاربة عادة عن عيوب أو تآكل عادي في الوصلات محكمة الإغلاق مثل حشوات وصلات الشفة (الفلنجات) أو الوصلات الملولبة أو حشو ساق الصمام أو الصمامات ذات التثبيت الضعيف.
يمكن أن يتسبب التثبيت غير الصحيح في حدوث تسربات، ولكن تحدث التسربات بشكل شائع عن التآكل العادي أو الإجهاد الذي يضر بالسطح المختوم بمرور الوقت. يمكن أن تأتي التسربات أيضًا من جدار وعاء مضغوط أو خط أنابيب مضغوط نتيجة للتآكل أو التلف.

يتناول هذا الدليل مصادر التسربات واستراتيجيات التخفيف التي يمكن استخدامها للكشف عن التسربات وإصلاحها، وبالتالي تقليل الانبعاثات الناتجة عن التسربات الهاربة. يتم سرد استراتيجيات التخفيف العامة أدناه.

من المهم ملاحظة أن أفضل الممارسات لتقليل حالات التسرب الهاربة مشمولة في العديد من أدلة أفضل الممارسات. يمكن التقليل من التسربات:

- حسب التصميم والتشغيل (راجع دليل التصميم الهندسي والبناء)؛
- عن طريق الكشف عن التسربات (كما هو مغطى في هذا الدليل)؛
- من خلال الإصلاحات (كما هو موضح في هذا الدليل ودليل الإصلاحات التشغيلية) ؛ و
- من خلال أنظمة الإدارة (راجع دليل التحسين المستمر).

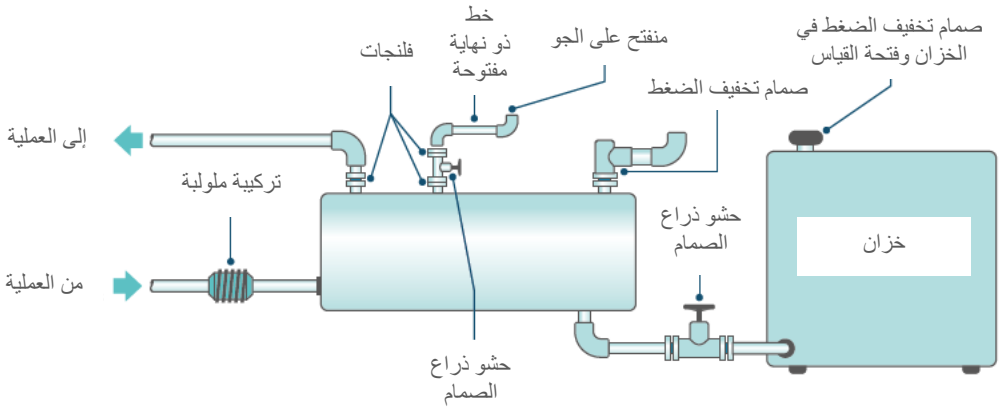
أفضل الممارسات لتقليل انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة
✓ الاحتفاظ بسجل دقيق للانبعاثات من تسرب المعدات.
✓ إجراء كشف دوري للتسرب وإصلاحه (LDAR) في جميع المنشآت فوق سطح الأرض لتحديد التسربات وإصلاحها.
✓ إجراء LDAR الدوري على جميع خطوط الأنابيب تحت سطح الأرض، لتحديد وإصلاح التسربات.
✓ استخدام البرامج 'المركزة' أو 'البديلة' مثل: - الفحص والصيانة الموجه (M&DI)، وهو برنامج مركز. و - برامج المراقبة الشاملة وهي برامج بديلة لا يزال بعضها قيد التطوير.
✓ استبدال أو إزالة الحاجة إلى المكونات التي تتسرب باستمرار.

المقدمة

يمكن أن تؤدي التسربات غير المقصودة من المعدات المضغوطة المستخدمة في صناعة النفط والغاز (التسربات الهاربة) إلى إطلاق الغاز في الغلاف الجوي. يُعرَّف التسرب الهارب بأنه "فقد سائل العملية إلى البيئة من خلال مانع التسرب أو الوصلات الملولبة أو الميكانيكية أو الغطاء أو مقعد الصمام أو خلل أو نقطة التلف الطفيفة على مكونات المعدات في مجال خدمة الهيدروكربون".

يوضح الشكل ١ أدناه المكان الذي قد تأتي منه التسربات الهاربة في مثال على قطعة من المعدات.

الشكل ١: مثال على مصادر التسربات الهاربة

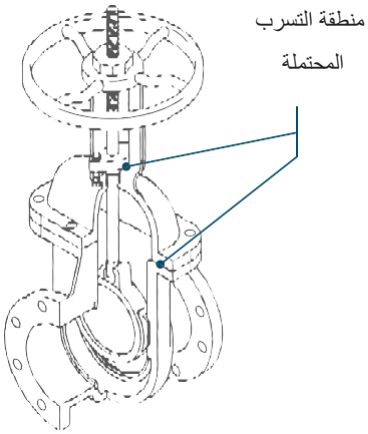
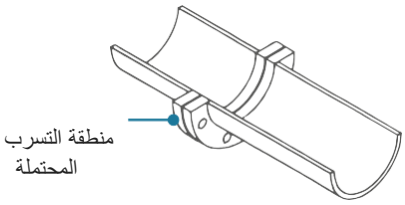
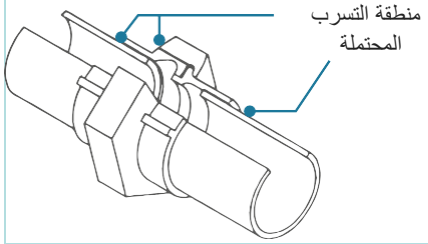
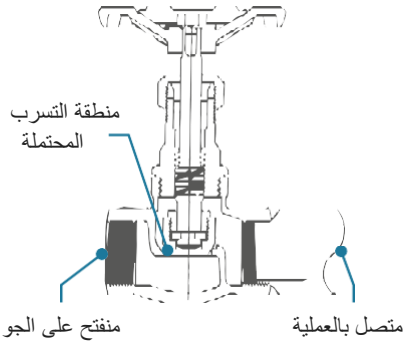


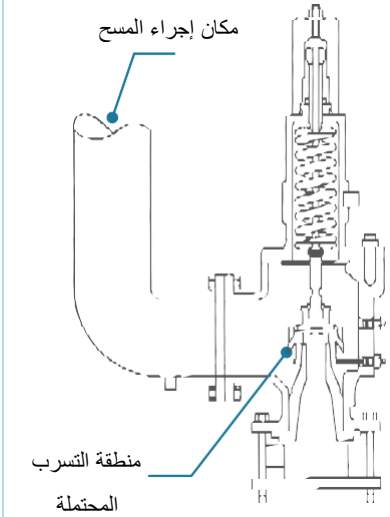
تحتوي معظم مواقع النفط والغاز على آلاف المكونات الفردية التي يمكن أن تكون مصدرًا للتسربات الهاربة. في حين أن نسبة مئوية صغيرة فقط من هذه المكونات تتسرب، فإن هذا يمثل بشكل تراكمي مصدرًا مهمًا محتملًا لانبعاثات الميثان.

على الرغم من أن التسربات الفردية الهاربة تميل إلى أن تكون صغيرة، إلا أنه من المفهوم أن إجمالي جميع التسريبات الهاربة مصدر رئيسي للانبعاثات في الولايات المتحدة، تقدر وكالة حماية البيئة الأمريكية (EPA) إجمالي الانبعاثات السنوية من غاز الميثان من خلال التسربات الهاربة بنسبة ١٦٪ من جميع انبعاثات غاز الميثان من أنظمة البترول والغاز الطبيعي[١،٢]. تم تطوير تقديرات مماثلة في ولايات قضائية أخرى، مثل كندا، حيث تتشابه المعدات[٣].

المكونات الشائعة التي يمكن أن تحدث فيها تسربات هاربة موضحة أدناه في الجدول ١.

الجدول ١: المكونات المشتركة

المكون وموقع التسرب	الوصف	الرسم البياني
الصمامات	تنتج التسربات عن: • تآكل اعتيادي؛ • حشو أو حلقات صمام مكسورة أو معطلة؛ أو • تمزق الحاجز في صمام التحكم	
الوصلات و المشفهة (الفلنجات)	عادة ما تحدث التسربات من الوصلات المشفهة (الفلنجات) بسبب: • تعطل الحشية بين شفتين(فلنجتين) مثبتتين بمسامير؛ أو • عدم محاذاة قسمي أنبوب متزاوج. بالنسبة للوصلات الملولبة، قد تحدث تسربات عند التوصيل الملولب. (ملاحظة: التوصيل الملولب المعروض (Union)، وهو نوع من الوصل الملولب).	**وصلة مشفهة**  **وصلة ملولبة** 
الخطوط ذات النهايات المفتوحة (OELs)	OELs هي صمامات غلق عادة ما تكون مغلقة، ولكن عند فتحها فإنها تنفس الغاز مباشرة في الجو. يمكن أن تحدث التسربات بسبب التآكل أو الحطام في مقعد الصمام، أو عدم إحكام غلق الصمام.	

المكون وموقع التسرب	الوصف	الرسم البياني
صمامات تخفيف الضغط (PRVs)	عادة ما تكون PRVs صمامات أمان محملة بنابض، وموجهة إلى الجو ، مصممة لإطلاق الغاز عند الوصول إلى ضغط معين، بحيث لا تتعرض المعدات للضغط الزائد. يمكن أن تحدث التسربات إذا لم يتم تثبيت قابس صمام PRV بشكل صحيح، أو إذا كان ختم المقعد تالفًا أو إذا كان هناك حطام على الختم. يمكن أن تحدث التسربات أيضًا من "اضطراب المقعد" عند تشغيل العملية عند ضغط قريب جدًا من ضغط الرفع.	
PRVs التي هي فتحات قياس (تسمى أيضًا فتحات أخذ العينات)	يمكن أن تكون المنافذ مصدرًا للانبعاثات عندما تكون مفتوحة أو غير مغلقة بشكل صحيح، أو عندما يفشل جهاز الأمان المدمج في المنفذ في إعادة الختم بعد الفتح. قد يكون سبب الفشل في الختم بشكل صحيح هو وجود حشية معيبة أو نقطة ضبط غير مناسبة.	
جدار الوعاء أو الأنبوب	يمكن أن تحدث التسربات نتيجة للصدأ أو الضرر الناتج عن الصدمة. في بعض الحالات، بالنسبة لخطوط أنابيب التوزيع القديمة تحت الأرض، قد يأتي التسرب من وصلة مشتركة أو مدفونة ولكن لا يزال يعتبر تسربًا في خط الأنابيب.	

تستند الرسوم البيانية في الجدول ١ على 'انبعاثات الميثان من صناعة الغاز الطبيعي، المجلد 8: تسربات المعدات'، معهد أبحاث الغاز، وكالة حماية البيئة الأمريكية، يونيو ١٩٩٦[٤]. الصورة لفتحة الخزان من HY-BON / EDI، إحدى شركات Cimarron Energy.

تحديد كمية انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة

هناك عدة طرق لقياس الانبعاثات الناتجة عن التسربات الهاربة. توفر طرق القياس الكمي لانبعاثات الميثان معدلًا، مثل معدل الكتلة للوقت (مثل كيلوجرام في الساعة) أو الحجم للوقت (مثل متر مكعب قياسي في الساعة)، ويمكن إنتاجها من خلال التقديرات الهندسية ، عن طريق القياس المباشر لمصادر الميثان ، أو باستخدام النماذج. يتم سرد الأساليب أدناه بالترتيب من الطريقة الأقل دقة إلى الطريقة الأكثر دقة.

1. التحديد الكمي حسب كثافة المواقع – بناءً على عدد المواقع ومعدل الانبعاث النموذجي من هذا النوع من المواقع.
2. التحديد الكمي حسب كثافة المعدات – استنادًا إلى عدد نوع من المعدات الرئيسية ومعدل الانبعاث النموذجي من هذا النوع من المعدات.
3. التحديد الكمي حسب المكون:

- التحديد الكمي حسب عدد المكونات / كثافتها – ضرب عدد المكونات بمتوسط معدل الانبعاث لكل مكون.
- التحديد الكمي عن طريق الفرز - إذا تم إجراء فحص للكشف عن التسربات، فيمكن تصنيف المكونات في فئتي 'تسرب' و 'عدم وجود تسرب'، ويتم ضرب الرقم في هذه الفئات في عامل الانبعاث المناسب.
- التحديد الكمي عن طريق القياس المباشر للتسربات - يتم قياس جميع التسربات المكتشفة في الموقع لتحديد معدل الانبعاث للحصول على أدق تقدير للانبعاثات من جميع التسربات الهاربة في الموقع.

يوفر استخدام الفرز أو القياس المباشر نظرة عامة أكثر دقة للتسربات الهاربة وفعالية تدابير التقليل. في حالة استخدامها، يوصى بتكرارها على فترات لا تزيد عن سنة واحدة.

يمكن استخدام جميع الأساليب المذكورة أعلاه، ولكن فقط نهج الفرز ونهج القياس المباشر سيؤديان إلى القياس الكمي الذي يعكس التخفيضات الناشئة عن تدابير التقليل الفعالة. إذا تم استخدام نهج الكثافة، فلن تتغير تقديرات الانبعاثات، حتى لو أدت الضوابط إلى خفض انبعاثات الميثان الفعلية.

استراتيجيات التقليل

- يتم تقليل انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة بشكل شائع عن طريق برامج الكشف عن التسرب وإصلاحه (LDAR)، حيث يتم إجراء عمليات التفتيش لتحديد التسربات، يليها إصلاح التسربات التي تم العثور عليها.
  - في بعض المناطق، تكون برامج الكشف والإصلاح مطلوبة بموجب اللوائح، ولكنها طوعية في مناطق أخرى. تختلف وتيرة عمليات التفتيش (بشكل عام من شهرية إلى سنوية). تقنية الفحص أيضًا تختلف.
  - المجموعات الفرعية من برامج LDAR هي برامج 'LDAR الذكية' أو برامج الفحص والصيانة الموجهة (M&DI)، حيث يتم فحص مجموعة مركزة فقط من أنواع المعدات أو المكونات. على سبيل المثال، قد يتم تصميم البرنامج لفحص أنواع المعدات المعروف عنها أنها تؤدي إلى تسريبات كبيرة، أو مصممة لإجراء إصلاحات محدودة فقط، مثل تلك التي تعتبر فعالة من حيث التكلفة.
- يمكن تقليل التسربات الهاربة باتباع 'برنامج اكتشاف وإصلاح بديل'، حيث يتم الجمع بين تقنيات مختلفة لكشف التسرب على فترات مختلفة. تتنوع الأمثلة ولكنها تشمل ما يلي.
  - عمليات مسح متكررة واسعة النطاق (على سبيل المثال، بواسطة القمر الصناعي أو المسح الجوي) مقترنة بعمليات تفتيش أقل تواتراً للمكونات.
  - المراقبة المستمرة
    يتم حاليًا تطوير مثل هذه البرامج البديلة، وسوف تعتمد ملاءمتها على المعدات أو المكونات المعينة، وبالتالي قد تختلف من أصل إلى آخر.
- يمكن أيضًا تقليل التسرب الهارب عن طريق استبدال أنواع المكونات التي تتسرب عادةً، أو تحديد الحاجة إلى مثل هذه المكونات.

تقليدياً، قبل توفر معدات الكشف، يتم تحديد التسربات من قبل شخص (أو أشخاص) يقومون بفحص المعدات أو المكون دون مساعدة معدات الكشف عن التسرب. تسمى عمليات التفتيش هذه أحيانًا بالمسوحات الصوتية والمرئية والشمية (AVO). ومع ذلك، فإن هذه المسوحات، التي تعتمد فقط على البصر والسمع والشم، ليست فعالة جدًا في اكتشاف التسربات الصغيرة أو التسربات في المواقع الصاخبة أو التسربات في المواقع غير المأهولة، لذا فهي لا تعتبر وسيلة فعالة للكشف عن التسربات. تستثنى من ذلك شبكات توزيع الغاز الطبيعي، حيث يتم إضافة الروائح عن قصد، مما يجعل عملية الكشف أسهل وأكثر فعالية. ومع ذلك، حتى في أنظمة التوزيع هذه، من الأفضل إجراء عمليات مسح منتظمة باستخدام أجهزة الكشف.

المصادر المتاحة

العديد من الأدلة لكشف التسربات وإصلاحها تم تطويرها لمنشآت البتروكيماويات الخاضعة للتنظيم الصارم. فيما يلي أمثلة على هذه الأدلة والمعايير.

- 'اكتشاف التسرب وإصلاحه، دليل أفضل الممارسات'، وكالة حماية البيئة الأمريكية، أكتوبر ١٩٩٩°

- ’الانبعاثات الهاربة والمنتشرة ذات الاهتمام المشترك لقطاعات الصناعة. قياس الانبعاثات الهاربة للأبخرة المتولدة من المعدات وتسربات الأنابيب (المعيار البريطاني)‘ ، مؤسسة المعايير البريطانية، BS EN 15446، المعيار البريطاني (والأوروبي) لاكتشاف التسرب [٦]

تفترض هذه الأدلة اتباع النهج التنظيمي الذي تم تطويره لصناعة البتروكيماويات في الولايات المتحدة والذي يسمى ’الطريقة المرجعية ٢١‘ (RM21). هذا النهج هو مسح منتظم للتسربات مقترنة ببرنامج الإصلاح. يوضح الشكل ٢ مسح RM21 حيث يجب فحص كل سطح من كل مكون باستخدام جهاز قياس مناسب، مثل كاشف تأين اللهب (FID).

الشكل 2: مسح RM21

هناك العديد من البرامج والأدلة لتقليل انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة والمخصصة لصناعة الغاز الطبيعي فقط. في مجال الغاز الطبيعي، تعد معظم برامج ولوائح الكشف والإصلاح أقل صرامة و \أكثر مرونة حاليًا من أدلة ومعايير الكشف عن البتروكيماويات وإصلاحها. تتضمن الأدلة والبرامج الخاصة بالغاز الطبيعي ما يلي.

- ’وثيقة الإرشادات الفنية رقم ٢: التسربات الهاربة من المكونات والمعدات‘ ، شراكة تحالف المناخ والهواء النظيف (CCAC) بشأن النفط والغاز والميثان (OGMP)، المعدل: مارس ٢٠١٧ [٧]
- ’التقنيات الموصى بها لتقليل انبعاثات الميثان‘ لبرنامج ستار للغاز الطبيعي، وهو برنامج من قبل وكالة حماية البيئة الأمريكية، www.epa.gov/natural-gas- star-program/recommended-technologies- reduce-methane-emissions [٨]
- ’إرشادات أفضل الممارسات لإدارة الميثان في قطاع النفط والغاز‘، مسودة لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا (UNECE)، مارس ٢٠١٩ [٩] (إرشادات دولية واسعة جدًا)

في العقد الماضي، كانت إحدى الأدوات الجديدة الشائعة لاكتشاف التسربات في صناعة الغاز الطبيعي هي كاميرا التصوير الضوئي للغاز (OGI)، وهي عبارة عن جهاز تصوير بالأشعة تحت الحمراء مع بصريات ومرشحات وأجهزة استشعار مبردة مصممة خصيصًا لاكتشاف الميثان.
تنتج هذه الأجهزة صورة تسمح برؤية عمود غير مرئي من الغاز المتسرب. تتوفر عدة أنواع من هذه الكاميرات مع الحد الأدنى من إمكانيات الكشف المختلفة، وتقوم الشركات المصنعة بتطوير تحسينات.

يوضح الشكل ٣ كاميرات OGI المستخدمة.

الشكل ٣: كاميرات OGI قيد الاستخدام

المصادر: جامعة تكساس في أوستن وشركة هيث للاستشارات المتحدة

توجد الآن العديد من تقنيات الكشف الجديدة المتاحة، أو من المقرر أن تصبح متاحة. لم يتم اعتماد معظم هذه التقنيات الجديدة حتى الآن على أنها مناسبة لبرامج الكشف والإصلاح التي تتطلبها اللوائح، على الرغم من إمكانية استخدامها في برامج تطوعية. هناك برامج بحثية جارية تختبر وتقارن التقنيات المطورة حديثًا. قد توفر هذه التقنيات اكتشافًا للتسرب وإصلاحًا أكثر فعالية من حيث التكلفة في صناعة الغاز الطبيعي مما يتحقق حاليًا باستخدام كاميرا OGI فقط. وقد لخصت التقارير الأخيرة تقنيات الكشف المتاحة.

فيما يلي بعض الأمثلة على هذه التقارير.

- 'مراجعة لتقنيات المدى القريب والفحص للتخفيف من انبعاثات الميثان المتسربة الهاربة من عمليات النفط والغاز الأولية'، فوكس وآخرين، رسائل الأبحاث البيئية، يوليو ٢٠١٩[١٠]
- 'تقييم تقنيات اكتشاف الميثان المبتكرة'، المجلس التنظيمي للتكنولوجيا بين الولايات، سبتمبر ٢٠١٨[١١]

يتم تقييم بعض برامج الكشف والإصلاح الجديدة في البرامج البديلة / برامج التقليل المكافئة التي سيتم تغطيتها لاحقًا في هذا الدليل، ومن خلال الطريقة الموضحة في المقالة الصحفي 'إطار عمل مكافئ لخفض انبعاثات الميثان لبرامج بديلة لاكتشاف التسرب وإصلاحه'، فوكس وآخرين، إليمنتا: علم الأنثروبوسين، ٢٠١٩[١٢].

يلخص الجدول ٢ أفضل الممارسات لتقليل الانبعاثات الناتجة عن التسربات الهاربة. ويرد في الملحق مزيد من التفاصيل حول استراتيجيات ا التقليل.

الجدول ٢: طرق تقليل انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة

استراتيجية التخفيف	الوصف
١. إجراء برامج الكشف الدوري عن التسرب وإصلاحه لجميع المرافق فوق سطح الأرض	أ. عادةً ما تستخدم مواقع الإنتاج الأولية والمواقع الوسطية كاميرات OGI، مثل كاميرات الأشعة تحت الحمراء المصممة خصيصًا والمبردة (الأمثلة هي FLIR GF320 أو كاميرات OpGal EyeCGas)، لاكتشاف تسرب الغاز الطبيعي. تُستخدم كاميرات OGI في المسح سيراً على الأقدام حيث يقوم المستخدم بمسح جميع جهات الجهاز.
	ب. كشف مسح ضوئي آخر، باستخدام أجهزة مثل نظام امتصاص ليزر الثنائي القابل للضبط (TDLAS)، والذي يقيس تركيز الغاز على طول جميع المسارات الممسوحة ضوئيًا. مثال على ذلك هو جهاز Heath RMLD.
	ج. تستخدم كاشفات التأين باللهب (FIDs) أو الأجهزة المماثلة في استطلاعات RM21 أو الأساليب المماثلة الأخرى. في حين أن هذه قد تكون أكثر طرق الكشف عن التسرب حساسية وموثوقية، فهي أيضًا الأكثر تعقيدًا وتكلفة. يستغرق فحص المنشأة وقتًا أطول، لذلك فهي ليست الطريقة المستخدمة في منشآت النفط والغاز عادةً. ومع ذلك، يتم استخدامها إذا كانت مطلوبة بموجب اللوائح.
٢. إجراء برامج الكشف الدوري عن التسرب وإصلاحه لجميع خطوط الأنابيب تحت الأرض	أ. عادة ما يتم إجراء اكتشاف التسرب عن طريق المسح سيراً على الأقدام باستخدام كاشف قضيبي شديد الحساسية. يجب أن تنتقل التسريبات من نقطة الانبعاث على الأنبوب المدفون إلى السطح حتى يتم اكتشافها.
	ب. يمكن أيضًا الكشف عن التسرب من المركبات الآلية على الأرض. يمكن استخدام المسوحات الجوية لخطوط الأنابيب الطويلة، مثل خطوط النقل. ومع ذلك، لم يتم إثبات فعالية المسوحات الجوية بشكل كامل لاكتشاف التسربات. المسوحات الجوية هي في الأساس مسوحات متعلقة بالسلامة، ولكن مع تحسن التقنيات والأساليب، قد تصبح فعالة للكشف عن التسربات.
٣. اتباع برنامج الفحص والصيانة الموجّه (DI&M)	باستخدام هذا النهج، تُستخدم قرارات إدارة المخاطر لتركيز الكشف والإصلاح فقط على معدات أو مكونات معينة، أو يتم إجراء الكشف على جميع المعدات والمكونات، ولكن يتم إعطاء الأولوية فقط للتسربات الأكثر أهمية للإصلاح. يتطلب البرنامج المركّز معلومات شاملة من أنشطة الكشف والإصلاح الكاملة التي تم تنفيذها في الماضي، تستخدم تلك المعلومات لتحديد مكان تركيز الجهود.

الجدول ٢: طرق تقليل انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة (تابع)

استراتيجية التخفيف	الوصف
٤. اتباع برنامج كشف وإصلاح بديل، مثل برنامج مراقبة شامل	تختبر برامج البحث كلا من المسوح والمراقبة المستمرة كبدائل لطرق الكشف والإصلاح الحالية. بعض هذه البدائل تسمى 'برامج المراقبة الشاملة'. أحد هذه البرامج البحثية، ومقرها جامعة ولاية كولورادو، هي مبادرة "الطريق إلى التكافؤ"، والتي تشمل مجموعة واسعة من أصحاب المصلحة وفرق البحث في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا (فوكس وآخرين، ٢٠١٩). تشمل المبادرة: • اختبار الحلول الممكنة في المعامل الميدانية. • نمذجة استراتيجيات التخفيف باستخدام أدوات المحاكاة. • تجارب لاختبار الحلول المحتملة في الظروف الميدانية. و • العمل مع أصحاب المصلحة لتشجيعهم على قبول برامج الكشف والإصلاح البديلة المؤهلة.
٢. استبدال المكونات التي تتسرب باستمرار	يمكن القيام بهذه الخطوة في مرحلة التصميم عن طريق تقليل عدد المكونات والتوصيلات، أو استبدال المكونات التي تسرب عادة.

يمكن الاطلاع على تفاصيل إضافية حول كل من أساليب التخفيف الستة في الملاحق.

نظرًا لأن استراتيجية التخفيف الرئيسية لتقليل الانبعاثات الناتجة عن التسربات الهاربة هي برنامج الكشف عن التسرب وإصلاحه (LDAR)، يجب مراعاة بعض العناصر المهمة في جميع برامج LDAR. من المهم ملاحظة أن برنامج LDAR الفعال يبدأ بمشغلين 'مدركين ومفوضين' والذين:
• يبحثون بانتظام عن مكونات التسرب بين عمليات المسح الرسمية للكشف والإصلاح. و
• مخولون بالإبلاغ عنها وإصلاحها.

العناصر الرئيسية لبرنامج الكشف والإصلاح موضحة في الجدول 3.

الجدول ٣: العناصر الرئيسية لبرنامج LDAR

العنصر الأساسي	الوصف	التعليقات
تحديد المكونات*	يجب أن يعرف المشغل المكونات المختلفة وكيفية العثور على كل منها والتعرف عليها أثناء فحص التسرب.	ينطبق هذا في الغالب على أنظمة الإنتاج والمعالجة (الإنتاج والتجميع والمعالجة والنقل والتخزين). تحتوي شبكات توزيع الغاز، والتي تتكون أساسًا من محطات العدادات والتنظيم، وخطوط الأنابيب المدفونة، وعدادات العملاء، على مواد فريدة ومكونات أقل، لذلك تعد تحديد المكونات مسألة أبسط.
اختيار أجهزة الكشف وتعريف التسرب	يحدد الجهاز المختار، إتباع الإجراء المكتوب، تحديد أقل معدل تسرب يمكن اكتشافه. (يُعرف تحديد هذا المعدل بتعريف التسرب).	في بعض الأساليب التنظيمية، مثل RM21 ، قد يكون تعريف التسرب بمعدل محدد في نطاق تركيز جزء في المليون (على سبيل المثال، ٥٠٠ جزء في المليون في الهواء). غالبًا ما يكون لعمليات التوزيع النهائية اكتشاف تسرب تحدده شركة المرافق والمنظمون.
مراقبة المكونات بانتظام	يستخدم هذا العنصر جهاز الكشف المحدد، باتباع إجراء مكتوب، على فترات زمنية محددة. في أغلب الأحيان، يتم تمييز التسربات، ووسمها بعلامة مؤقتة، وإذا لم يتم إصلاحها على الفور، يتم إدخالها في نظام تتبع التسرب.	تحدد بعض الأساليب التنظيمية الطريقة. على سبيل المثال، تتطلب الأحكام الكندية وأحكام المصدر الجديدة لوكالة حماية البيئة الأمريكية استخدام كاميرات OGI عند أدنى مسافة مشاهدة. قد تستخدم البرامج الطوعية وغير التنظيمية تقنيات الكشف الأخرى، ولكن يجب أن تكون قابلة للمقارنة بشكل مثالي مع الأساليب التنظيمية.
إصلاح المكونات	يجب إصلاح المكونات المتسربة في أسرع وقت ممكن. لا يُنظر إلى المكون على أنه تم إصلاحه إلا بعد مراقبته وتبين أنه لا يسرب فوق تعريف التسرب (غالبًا ما يتم تحديد هذا على أنه عدم اكتشاف بواسطة كاميرا OGI).	تشمل المحاولات الأولى للإصلاح الممارسات التالية. • شد الوصلات الملولبة • شد مسامير غطاء المحرك على الصمامات أو مسامير الوصلات المشفهة (الفلنجات) على حشوة الفلنجة • استبدال مسامير غطاء المحرك • شد صواميل علبة الحشو • حقن مادة التشحيم في الحشوات المشحمة يجب تتبع العناصر التي لا يمكن إصلاحها في المرة الأولى أو التي تستغرق وقتًا أطول للوصول إليها والعناية بها خلال الفرص المستقبلية، مثل أوقات تعطل المعدات أو المنشأة.

الجدول ٣: العناصر الرئيسية لبرنامج LDAR (تابع)

العنصر الأساسي	الوصف	التعليقات
السجلات والمراجعات	يجب الاحتفاظ بسجلات للمسوحات التي تم إجراؤها، والتسريبات التي تم العثور عليها ومن أي مكونات، ومتى تم إجراء الإصلاحات. قد تكون هذه المعلومات مفيدة للاحتفاظ بسجل دقيق للانبعاثات من التسربات الهاربة.	بالنسبة للأساليب التنظيمية المطلوبة، عادة ما تكون السجلات التفصيلية والدقيقة مطلوبة من قبل اللوائح المناسبة. قد يشمل ذلك السجلات الإلكترونية لضمان الجودة / مراقبة الجودة والتدقيق التنظيمي. في الأساليب الطوعية، يجب أن يكون التتبع من الناحية المثالية دقيقًا بدرجة كافية لتحديد المكونات ذات الفشل المتكرر واستبدالها أو إصلاحها بشكل دائم.

* ملاحظة الجدول 3: في الصناعات الخاضعة للتنظيم المكثف، مثل المصانع الكيماوية والمصافي، تتضمن مهمة تحديد المكونات تعيين رقم معرف فريد لكل مكون وتعليق علامة تعريف دائمة وفريدة من نوعها فعليًا على هذا المكون. هذا غير مطلوب بشكل عام في سلسلة إمداد الغاز الطبيعي، حيث يمكن فحص المكونات بكميات كبيرة، مع تحديد تلك التي تسرب فقط ووضع علامات عليها.

قائمة التحقق

تتيح لك قائمة التحقق التالية تقييم التقدم في تقليل انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة. العمود الأخير في قائمة التحقق مخصص لك للإشارة إلى النسبة المئوية لجميع المعدات التي تم تطبيق استراتيجية التقليل عليها بالفعل.

النشاط	ضع علامة عند الانتهاء	النسبة المئوية لجميع المعدات المدرجة في هذا النشاط
الإبلاغ عن السجلات السنوية التي تتضمن تقديرات انبعاثات تسرب المعدات		
إجراء برنامج LDAR دوري		
تنفيذ برنامج M&DI مركّز		
استخدام برامج الكشف والإصلاح البديلة، مثل برامج المراقبة الشاملة		
استبدال المكونات التي تتسرب بشكل متكرر أو التخلص من الحاجة إليها		

من المهم أن ندرك أن قائمة التحقق البسيطة هذه لا تقيّم مدى قوة برامج الكشف والإصلاح، أو مدى فعاليتها.

الملحق: مزيد من التفاصيل حول استراتيجيات التخفيف

استراتيجية التخفيف ١: إجراء برنامج للكشف الدوري عن التسرب وإصلاحه لجميع المنشآت فوق سطح الأرض

بشكل تراكمي، من المفهوم أن التسربات الهاربة تساهم بشكل كبير في إجمالي انبعاثات الميثان من صنع الإنسان ويمكن تقليلها باتباع برنامج للكشف عن التسربات وإصلاحها.

لطالما استخدمت برامج الكشف والإصلاح في شبكات التوزيع المحلية، حيث تقوم هذه الأنظمة بتوصيل الغاز مباشرة إلى الشركات والمنازل، وبالتالي قد تتسبب في أكبر تعرض للجمهور. لعقود عديدة، قبل وقت طويل من تنفيذ أنشطة الكشف عن التسرب في منشآت عمليات النفط والغاز الأولية، أجرت شركات التوزيع المحلية مسوحات روتينية للتسرب. في أمريكا الشمالية، يتم إجراؤها بشكل عام كل عام أو عامين أو ثلاثة أعوام. قد تكون المسوحات أكثر تكراراً دولياً. تم الإبلاغ عن التسربات أيضًا من قبل الجمهور، حيث يتم إضافة رائحة لغاز التوزيع بحيث يمكن اكتشاف التسربات بسهولة أكبر. يتم إصلاح العديد من التسربات المبلغ عنها على الفور في ذلك الجزء، ولكن يتم ببساطة تتبع بعض التسربات الصغيرة. لا يتم إصلاح بعض تسربات التوزيع على الفور استناداً إلى أنها صغيرة ولا تشكل خطراً على الجمهور. في تلك الحالات، تتم مراقبة التسربات.

في شبكات التوزيع في الولايات المتحدة، يتم تصنيف معظم التسربات حسب المخاطر على السلامة (١ أو ٢ أو ٣). يتم إصلاح التسربات من الدرجة الأولى على الفور. غالبًا ما يتم وضع تسربات الدرجة الثانية في إجراء ليتم إصلاحها 'في وقت ما هذا الموسم'. يتم رصد التسربات من الدرجة الثالثة. لدى معظم شركات التوزيع المحلية آلاف التسربات التي تتم مراقبتها بشكل دائم، على الرغم من أن بعض الولايات القضائية تحدد حدًا أقصى للوقت اللازم لإجراء الإصلاحات.

في عمليات النفط والغاز الوسطية، مثل مصانع معالجة الغاز الطبيعي، تتطلب العديد من الولايات القضائية برنامجًا رسميًا للكشف عن التسرب وإصلاحه، ولكن فقط على سوائل المصنع حيث يتم التعامل مع البروبان والبيوتان والهيدروكربونات المتطايرة الثقيلة. لم يتم تضمين مسارات الغاز من عمليات النفط والغاز الأولية والغاز الخارج التى هى ميثان في الأساس في برنامج الكشف والإصلاح التنظيمي. بعض المشغلين أضاف طواعية جانب الميثان من المصنع إلى برنامج الكشف والإصلاح الخاص بهم.

تاريخياً، لم تميل عمليات التنقيب عن النفط والغاز إلى برامج رسمية للكشف عن التسربات. في العقد الماضي، تم إصدار لوائح الكشف والإصلاح لبعض عمليات التنقيب والإنتاج في أمريكا الشمالية. على سبيل المثال، تتطلب وكالة حماية البيئة الأمريكية برنامجًا لاكتشاف التسرب وإصلاحه للمصادر الجديدة والمعدلة. في المناطق الأخرى، يلزم وجود برامج الكشف عن التسرب وإصلاحه لجميع المصادر الحالية (على سبيل المثال، بموجب القانون الفيدرالي الكندي للنفط والغاز والأحكام الإقليمية في كندا). العديد من الولايات الأمريكية لديها أحكام مثل القاعدة ٧ لكولورادو التي تتطلب برامج الكشف والإصلاح لجميع مصادر عمليات النفط والغاز الأولية.

في حالات أخرى، اختار بعض المشغلين اعتماد برنامج كشف وإصلاح عبر جميع المواقع، ليس فقط في المناطق التي تتطلبها اللوائح. بطبيعة الحال، تميل برامج الكشف والإصلاح الطوعية إلى أن تكون أكثر مرونة من البرامج التنظيمية.

أين تكون هذه الاستراتيجية مناسبة

من المتوقع أن تقلل أي منشأة سطحية بها معدات مضغوطة الانبعاثات الناتجة عن التسربات الهاربة باتباع برنامج كشف وإصلاح منتظم لتحديد التسربات ثم إصلاحها.

في مرافق عمليات التنقيب والإنتاج، الأداة الأكثر شيوعًا لاكتشاف التسربات هي كاميرا التصوير الضوئي للغاز (كاميرا OGI) التي يستخدمها شخص ما سيرًا على الأقدام من مسافة قريبة. وعادة ما يتم قبول ذلك من خلال برامج الكشف عن التسرب وإصلاحه المطلوبة في أمريكا الشمالية.

يُسمح أيضًا بالطريقة المرجعية ٢١ (RM21) باستخدام أجهزة الكشف عن تأين اللهب (FIDs)المحمولة، ولكن لا يتم استخدامها لأنها تتطلب اتصالًا فوريًا بجميع أسطح كل مكون، وبالتالي فهي تتطلب عمالة مكثفة ومكلفة. تعد معدات FID المستخدمة لنهج RM21 أقل تكلفة من معدات OGI، لكن الطريقة نفسها أكثر تكلفة. من المهم ملاحظة أن تقنية RM21 لبرامج الكشف والإصلاح لم تتغير منذ أكثر من ٢٠ عامًا، في حين أن OGI لا تزال جديدة نسبيًا ولا تزال فعاليتها قيد الدراسة. OGI متعارف عليها من قبل العديد من الولايات القضائية كوسيلة فعالة. نادرًا ما يتم استخدام OGI في قطاعات صناعة تكرير البترول وتسويقه ونقله لأن تسرب أنظمة التوزيع غالبًا ما تكون أصغر، وعادة ما تكون أقل من عتبة اكتشاف OGI.

الخاتمة

على الرغم من استخدام برامج الكشف والإصلاح في صناعات أخرى لعقود من الزمن، إلا أن فعاليتها من حيث التكلفة ليست محددة جيدًا. ويرجع ذلك جزئيًا إلى أنه غالبًا ما يتم استخدام الكشف والإصلاح عندما يكون ذلك مطلوبًا بموجب التنظيم وعلى هذا النحو لم يكن هناك محرك لدراسة فعالية الترددات المختلفة أو تقنيات الكشف لأنه تم تحديدها جميعًا. في الأحكام الأخيرة، افترضت وكالة حماية البيئة الأمريكية أن الاكتشاف والإصلاح في عمليات التنقيب والإنتاج يمكن أن يؤدي إلى انخفاض بنسبة ٤٠٪ في الانبعاثات من التسربات الهاربة إذا تم إجراؤها مرة واحدة في السنة، وتخفيض بنسبة ٦٠٪ إذا تم تنفيذها كل ثلاثة أشهر، وتخفيض بنسبة ٨٠٪ إذا تم إجراؤها مرة واحدة في الشهر. ومع ذلك، لم يتم دعم هذا الافتراض بنتائج مفصلة.

يجب مراعاة الفعالية من حيث التكلفة لبرنامج الكشف والإصلاح الذي يشمل جميع الأصول (المعدات والمكونات) عند تصميم برنامج تطوعي، وبالتالي يمكن تشكيل إجراءات التكرار والتقنية والإصلاح من خلال القرارات المتعلقة بفعالية التكلفة.
بالنسبة للبرامج التنظيمية، عادةً ما يتم تعيين التردد والأجهزة والأساليب، لذلك هناك خيارات تصميم أقل.

يعتمد التقييم الاقتصادي لأي إجراء للحد من التسرب على كمية الانبعاثات التي تم تخفيضها أو إزالتها. بالنسبة لموقع معين، يتطلب ذلك عادةً قياس أو تقدير معدل التسرب من جميع التسربات المحددة، مقارنةً بتكلفة برنامج الكشف والإصلاح. تجمع دراسات ICF (راجع المراجع) وتضع بعض الافتراضات بشأن التكاليف وفعالية التكلفة.

قد تكون هناك فوائد أخرى من اتباع برامج الكشف والإصلاح، مثل تحسين الآراء من أصحاب المصلحة وجذب المستثمرين.

استراتيجية التخفيف ٢: إجراء برنامج للكشف الدوري عن التسرب وإصلاحه لجميع خطوط الأنابيب تحت الأرض

من المفهوم أن التسربات الهاربة من خطوط الأنابيب المدفونة هي مصدر صغير لانبعاثات الميثان التي هي من صنع الإنسان من أنظمة تجميع الغاز وأنابيب النقل وشبكات التوزيع. يتم إجراء عمليات المسح الخاصة بالتسربات من خطوط الأنابيب المدفونة في المقام الأول لأسباب تتعلق بالسلامة، وليس فقط لتقليل انبعاثات الميثان.

يمكن أن يساعد وجود برنامج اكتشاف وإصلاح لخطوط الأنابيب المدفونة في تحديد التسربات ومواقعها بحيث يمكن إصلاحها، مما يؤدي في النهاية إلى تقليل إجمالي الانبعاثات الناتجة عن مثل هذه التسربات.

أين تكون هذه الاستراتيجية مناسبة

يمكن أن يقلل برنامج الكشف والإصلاح المنتظم الانبعاثات من أي غاز مضغوط.

من المهم ملاحظة أنه حتى في الولايات القضائية الخاضعة للتنظيم، هناك متطلبات متنوعة على نطاق واسع للتحقق من وجود تسرب في خطوط الأنابيب المدفونة.

تحتوي معظم شبكات التوزيع والعديد من خطوط أنابيب النقل في جميع أنحاء العالم على بعض المتطلبات التنظيمية للمسوحات، ولكن معظم خطوط أنابيب التجميع لها متطلبات فحص تنظيمي فقط لخطوط الأنابيب ضمن مسافة محددة من المباني المشغولة، أو في البيئات الأخرى عالية الخطورة، مثل معابر الأنهار. غالبًا ما تستخدم خطوط أنابيب النقل المسوحات الجوية (أدوات الأشعة تحت الحمراء أو الطيفية في الطائرات التي تقوم بمسح الأعمدة وقد تقوم أيضًا بمسح الأرض المضطربة والنباتات الميتة)، ولكن البعض يستخدم أيضًا أساليب على مستوى سطح الأرض مع كاشفات غاز على المركبات التي تسير في حق الطريق. في عمليات النقل، غالبًا ما يتم إجراء المسح لأسباب تتعلق بالسلامة أكثر من هدف تقليل الانبعاثات.

في شبكات التوزيع المحلية، يتم إجراء المسح للكشف عن التسربات إما باستخدام كاشف الميثان شديد الحساسية على مركبة أو مع شخص يسير على الأقدام يحمل كاشف الميثان المحمول باليد.
لا يتم إجراء المسوحات الجوية بسبب التداخل من المباني والتضاريس والنباتات.

الخاتمة

إذا كان برنامج الكشف والإصلاح مطلوبًا بموجب اللوائح، فإن فعالية تكلفة البرنامج لا تحتاج بالضرورة إلى تقييم.

بالنسبة للبرامج التطوعية، يجب مراعاة الفعالية من حيث التكلفة لبرنامج خطوط الأنابيب عند تصميم البرنامج، وبالتالي يمكن تشكيل إجراءات التكرار والتقنية والإصلاح من خلال قرارات بشأن فعالية التكلفة.

يعتمد التقييم الاقتصادي لأي إجراء للحد من التسرب على كمية الانبعاثات التي تم تخفيضها أو إزالتها. بالنسبة لموقع معين، يتطلب هذا عادةً قياس أو تقدير معدل التسرب من جميع التسربات المحددة، مقارنةً بتكلفة برنامج الكشف والإصلاح.

قد تكون هناك فوائد أخرى من اتباع برامج الكشف والإصلاح، مثل تحسين الآراء من أصحاب المصلحة وجذب المستثمرين.

استراتيجية التخفيف ٣: إجراء فحص موجه وبرنامج صيانة (M&DI)

بشكل تراكمي، من المفهوم أن التسربات الهاربة تساهم بشكل كبير في إجمالي انبعاثات الميثان من صنع الإنسان ويمكن تقليلها عن طريق برنامج للكشف عن التسربات وإصلاحها. ومع ذلك، إذا لم يكن هناك متطلبات تنظيمية، فقد يختار المشغل تطبيق البرنامج على منطقة محدودة.

بالنسبة لهذا النهج، يجب أن تكون هناك معلومات ومعرفة من الأنشطة السابقة لكشف التسربات، بحيث يمكن للمشغلين أن يتأكدوا من وجود أنواع من المعدات أو أنواع مصادر المكونات التي نادرًا ما تميل إلى التسرب وبالتالي يمكن أن يكون لها فترات أطول بين عمليات الفحص. يُفضل تطبيق برنامج كشف وإصلاح كامل لمعظم المعدات.

إذا كان لدى المشغل معرفة مفصلة بمصادر التسرب، فقد يختار تركيز جهوده على أنواع المعدات أو المكونات التي تعتبر مصادر معروفة للتسربات الكبيرة، وإعطاء أولوية أقل لمسح المعدات أو المكونات الأخرى. يمكن أن يوفر هذا النهج برنامج كشف وإصلاح أكثر فعالية من حيث التكلفة ومركزًا. يُطلق على هذا الكشف والإصلاح المركّز أحيانًا اسم 'Smart-LDAR' أو 'الفحص والصيانة الموجهين' (M&DI).

حتى مع وجود برنامج مركز، يجب فحص بقية المعدات والمكونات على فترات منتظمة.

أين تكون هذه الاستراتيجية مناسبة

أي منشأة سطحية بها معدات مضغوطة من المتوقع أن تقلل من انبعاثات الميثان من التسربات الهاربة باتباع برنامج مكثف للكشف والإصلاح.

الخاتمة

بالنسبة لبرامج الكشف الطوعي عن التسرب وإصلاحه لمعدات أو مكونات مختارة، يجب مراعاة الفعالية من حيث التكلفة عند تصميم البرنامج، وبالتالي يمكن تشكيل التكرار والتقنيات وإجراءات الإصلاح من خلال القرارات المتعلقة بفعالية التكلفة.

يمكن تحديد المعدات والمكونات التي يجب تركيز البرنامج عليها من خلال قرارات تستند إلى فحص أولي لجميع المعدات لتحديد مكان حدوث التسربات الأكثر أهمية. على سبيل المثال، قد يحدد المشغل أن معظم انبعاثات الموقع الهاربة في قطاع التجميع تأتي من حشوة عمود الضاغط والخطوط المفتوحة للضاغط، وبالتالي يركز برنامج M&DI الذي يقوم فقط باكتشاف التسرب على تلك المصادر واستبعاد المصادر الأخرى الغير متوقع أن تكون مساهمة مهمة.

يعتمد التقييم الاقتصادي لأي برنامج للحد من التسرب على كمية الانبعاثات التي تم تقليلها أو إزالتها. بالنسبة إلى موقع معين، يتطلب ذلك عادةً قياس أو تقدير معدل التسرب من جميع التسربات المحددة، مقارنةً بتكلفة برنامج الكشف والإصلاح. يتمثل أحد الجوانب الرئيسية لبرنامج Smart-LDAR في أنه أكثر استهدافًا وبالتالي يقلل من تكاليف العمالة، وهو ما قد يكون اعتبارًا مهمًا.
مع أي برنامج للكشف والإصلاح، وخاصة مع البرامج المركزة مثل Smart-LDAR، بمجرد معالجة أكبر التسربات، من المرجح أن يحصل المشغلون على عوائد أقل في دورات LDAR المستقبلية، لذلك قد تكون هناك مرحلة يمكن فيها تعديل وتيرة عمليات الكشف والإصلاح للحفاظ على فعالية التكلفة.

استراتيجية التخفيف ٤: استخدام برنامج كشف وإصلاح بديل، مثل برنامج مراقبة شامل

بشكل تراكمي، من المفهوم أن التسربات الهاربة تساهم بشكل كبير في إجمالي انبعاثات الميثان من صنع الإنسان ويمكن تقليلها عن طريق برنامج للكشف عن التسربات وإصلاحها. إذا لم تكن هناك متطلبات تنظيمية قابلة للتطبيق، أو إذا كانت المتطلبات التنظيمية مرنة، فقد يختار المشغلون إجراء اكتشاف التسرب باستخدام برنامج بديل.

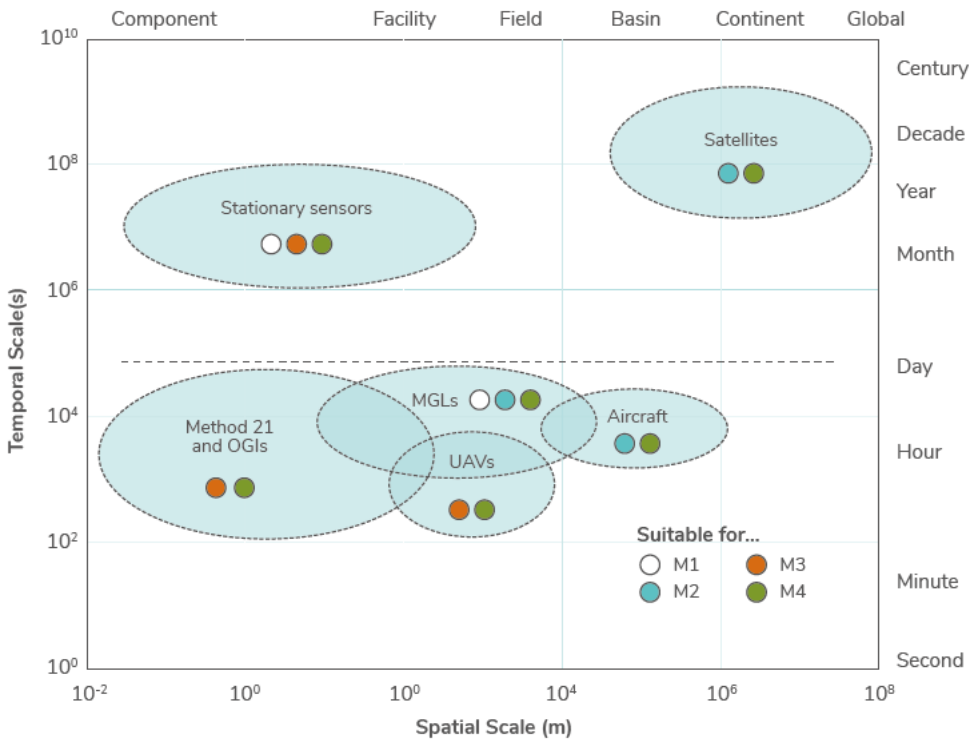
عادةً ما تجد برامج البحث التي تبحث في انبعاثات الغاز الطبيعي أن عددًا صغيرًا من مصادر الانبعاثات (البواعث) مسؤول عن جزء كبير من إجمالي الانبعاثات. من القواعد النموذجية المستندة إلى المعلومات التي تم جمعها في الولايات المتحدة الأمريكية أن ٤ إلى ٥٪ من البواعث تنتج ٤٠ إلى ٥٠٪ أو أكثر من الانبعاثات (Lamb et al، ٢٠١٥؛ Zimmerle et al، ٢٠١٥؛ Brandt et al، ٢٠١٦)[١٣،١٤،١٥]. وقد أدى هذا الانحراف في توزيعات الانبعاثات إلى زيادة الاهتمام بالمراقبة المستمرة أو إجراء المزيد من المسوح المتكررة للكشف عن التسرب في البنية التحتية للغاز الطبيعي. في الواقع، تم تصميم هذه الأساليب لاكتشاف التسربات الكبيرة بسرعة، مما يؤدي إلى إصلاحات أسرع وتخفيضات أكبر في الانبعاثات.

قد تستخدم البرامج البديلة تقنيات بديلة لإجراء مسح أوسع، وبالتالي تقليل الحاجة إلى مسوحات التسرب التقليدية على جميع المعدات في جميع المواقع. ومن الأمثلة على البرامج البديلة 'المراقبة المستمرة لخط السياج'، أو برنامج يستخدم فيه الفحص المتدرج للتسربات عمليات مسح منتظمة من خلال تقنيات على مستوى المنشأة. على سبيل المثال، قد تستخدم استطلاعات جوية أو أقمار صناعية أقل حساسية والتي يتم إجراؤها بشكل متكرر، مع اقتصار المتابعة على إرسال الفرق فقط إلى المواقع التي يتم فيها اكتشاف التسربات.

لا تزال هذه البرامج قيد التطوير وتمت مناقشتها في أوراق مثل Fox et al (٢٠١٩) [١٢]. أيضًا، يتم إجراء البحث لمقارنة الأساليب البديلة الجديدة علميًا. أمثلة على هذه المقارنات هي تقييم فعالية برنامج إدارة الانبعاثات الهاربة (FEMP EA) لتحالف تكنولوجيا البترول الكندي (PTAC)، وبرنامج 'الطريق إلى التكافؤ' التابع لجامعة كالجاري وجامعة ولاية كولورادو، وتحدي المراقبة المتنقلة لصندوق الدفاع البيئي وجامعة ستانفورد[١٦].
يهدف التطوير والبحث المستمر إلى إيجاد ومقارنة الطرق المتاحة لكشف التسربات، بحيث يمكن اعتماد أكثر الطرق دقة وفعالية من حيث التكلفة، أو مجموعات من الطرق. ومع ذلك، لا توجد حاليًا معلومات محددة يمكن استخدامها لمقارنة فعالية تكلفة هذه الأساليب. قد يتغير ذلك في المستقبل القريب، كما تتطور البرامج التي وصفها فوكس وآخرون (Fox et al).

كما تستمر التقنيات الجديدة وطرق الكشف في الظهور. تم عرض بعضها تجاريًا، ولا يزال البعض الآخر قيد الاختبار التجريبي. حاولت التقارير الأخيرة تصنيف تقنيات الكشف المختلفة (ITRC, 2018)[١١]. لا تزال بعض التقنيات في مراحل تجريبية، مثل بعض التقنيات التي ظهرت من وكالة مشاريع الأبحاث المتقدمة - الطاقة التابعة لوزارة الطاقة الأمريكية (DOE ARPA-E)، والتي تسمى ' شبكات مراقبة الميثان ذات التكنولوجيا المبتكرة للحصول على التخفيضات' (MONITOR).

العديد من تقنيات الكشف مخصصة للترددات المختلفة وبحدود كشف مختلفة. قارنت الدراسات الحديثة المقياس المكاني المختلف (الحد الأدنى للمساحة التي يمكن تحليلها) مقابل المقياس الزمني (تكرار الملاحظات). يوضح الرسم البياني أدناه من Fox et al (٢٠١٩) [١٢] بعضًا من هذه المقارنة.



Satellite = الأقمار الصناعية
Stationary sensors = المجسات الثابتة
Aircraft = الطائرات
Suitable for = مناسب لـ
Temporal Scale (s) = المقياس الزمني (ثانية)
Spatial Scale (m) = المقياس المكاني (م)
Component = المكون
Facility = المنشأة
Field = الحقل
Basin = الحوض
Continent = القارة
Global = عالمي
Century = القرن
Decade = العقد
Year = السنة
Month = الشهر
Day = اليوم
Hour = الساعة
Minute = الدقيقة
Second = الثانية

ملاحظة: يتم تصنيف هذه التقنيات أيضًا حسب استخداماتها المحتملة، الموضحة في الدوائر الملونة، وتركز في الغالب على قياس الانبعاثات من العمليات الأولية للنفط والغاز:

م١ = تطوير وتحسين معاملات الانبعاث لتحسين السجلات

م٢ = تقدير الانبعاثات التنازلية من منطقة ذات مصادر متعددة

م٣ = LDAR تقليدي قريب المدى باستخدام أدوات محمولة

م٤ = الفرز السريع للانبعاثات الشاذة

تشير الدراسات الحديثة حول التقنيات المختلفة إلى أن الابتكارات في مجالات مختلفة قد تؤدي إلى تحسينات في الكفاءة وسرعة الاكتشاف وحجم حلول مراقبة الميثان.

أين تكون هذه الاستراتيجية مناسبة

أى منشأة على سطح الأرض بها معدات مضغوطة يمكن أن تقلل الانبعاثات من التسربات الهاربة باتباع برنامج بديل مناسب. ومع ذلك، فإن بعض التقنيات التي تقيم الانبعاثات على مستوى المنشأة بقياس لحظى تعرقلها انبعاثات تنفيس أخرى قد تحدث في وقت الفحص، مثل تفريغ الضغط عند الصيانة، وتفريغ سوائل آبار الغاز، أو حتى انزلاق غاز الميثان في عادم محرك الضاغط. نظرًا لأن هذه البرامج لا تزال في طور التطوير والاختبار، يجب على المشغل الذي يستخدمها لبرنامج تطوعي أن يظل على اتصال بأحدث الأبحاث حول فعالية الأساليب.

قد ترغب الشركة أيضًا في تركيز برنامج بديل على المعدات والمكونات التي يمكن أن تنتج أكبر انبعاثات. على سبيل المثال، قد يعطي المنتج الأولوية للحقول التي لديها معدل إنتاج عالي للسوائل الهيدروكربونية، بدلاً من حقل غاز جاف، حيث أن مواقع الإنتاج الرطبة ستولد معظم غازات التحرير من الخزانات تحت الضغط الجوي.

الخاتمة

نظرًا لعدم وجود معلومات محددة لمقارنة فعالية تكلفة هذه الطرق، سيحتاج المشغل إلى جمع المعلومات المناسبة. قد يكون هذا عائقا أمام استيعاب هذه البرامج البديلة حتى يتم توفير مزيد من المعلومات من الاختبارات التجريبية والبحوث الجارية.

يعتمد التقييم الاقتصادي لأي إجراء للحد من التسرب على كمية الانبعاثات التي تم تخفيضها أو إزالتها. بالنسبة إلى موقع معين، يتطلب ذلك عادةً قياس أو تقدير معدل التسرب من جميع التسريبات المحددة، مقارنةً بتكلفة برنامج الكشف والإصلاح. في بعض الحالات، يمكن للمشغل أن يثبت بشكل قاطع فعالية برنامج بديل من خلال قياساته.

استراتيجية التخفيف ٥: استبدال المكونات التي تتسرب باستمرار

بشكل تراكمي، من المفهوم أن التسربات الهاربة تساهم بشكل كبير في إجمالي انبعاثات الميثان من صنع الإنسان. في جميع الحالات، نسبة صغيرة من العدد الإجمالي للمكونات تسرب. في بعض الحالات، يمكن أن يكون الدافع وراء معدل التسرب الكلي هي تسربات من أنواع معينة من المكونات. إذا استمرت هذه المصادر في كونها مشكلات بأن تتكرر حتى بعد إصلاحها أو تتسبب في حدوث تسربات كبيرة جدًا بشكل منتظم، فقد يختار المشغل تغيير نوع المكون، أو حتى إزالة أحد المكونات إذا كان من الممكن القيام بكل من الإزالة والتشغيل المستمر بعد الإزالة / الاستبدال بأمان.

يمكن التخلص من المكونات التي تميل إلى التسرب بانتظام عند تصميم الأنظمة (راجع الدليل المنفصل عن التصميم)، أو عند تعديل أو تكييف المعدات الموجودة حالياً. يغطي هذا الدليل عمليات التكيف مع المعدات الموجودة حالياً فقط.

عادة ما يتم اتخاذ قرار إلغاء أو استبدال أنواع معينة من المعدات أو المكونات لأن مسوحات الكشف والإصلاح التي تتعقب انبعاثاتها أظهرت أن المكون أو الجهاز يسرب باستمرار ويشكل مساهمًا كبيرًا في الانبعاثات.

أين تكون هذه الاستراتيجية مناسبة

أي منشأة سطحية بها معدات مضغوطة من المتوقع أن تتعرض لبعض التسربات الهاربة خلال عمرها الافتراضي. ومع ذلك، من المتوقع أن تحتوي بعض المواقع فقط على 'مكونات تسبب مشاكل' تستمر في التسريب مرة أخرى بعد إصلاحها. يحتاج المشغل إلى تتبع التسربات والحفاظ على معلومات كافية لمعرفة نوع وموقع التسرب حتى يتمكن من العثور على التسربات المتكررة.

بمجرد تحديد المكون الذي يسبب مشاكل، يمكن إجراء تحليل هندسي لمعرفة ما إذا كان يمكن استبداله بنوع مختلف من المكونات أو إزالته تمامًا. بعض الأمثلة على ذلك كالتالي؛

نوع المصدر	الاستبدال أو التغيير المحتمل	الإزالة المحتملة
الموصّل	استبدال الموصّل، مثل استبدال الوصلة بواحدة جديدة.	أنبوب ملحوم بلا موصّل.
الصمام	قم بالتغيير إلى نوع مختلف من الصمامات، أو قم بالتغيير إلى نوع حشوة مختلف في نفس الصمام.	إزالة الصمام.
الخطوط ذات النهايات المفتوحة	أضف صمام غلق إضافيًا بحيث يكون هناك 'صمام مزدوج الغلق' في الخط المفتوح على الجو. أضف سدادة ضخمة أو غطاء مشدود إلى نهاية الخطوط ذات النهايات المفتوحة (OEL).	التوجيه إلى جهاز تحكم أو الحرق، أو إزالة الخطوط ذات النهايات المفتوحة (OEL) إذا لم تكن هناك حاجة لأي غرض تشغيلي.

صمامات تخفيف الضغط	قم بتغيير نوع صمام تخفيف الضغط (PRV) أو أضف لوحة نبضة التزامن.	استبدال صمام تخفيف الضغط بجهاز تخفيف بديل (مثل لوحة نبضة التزامن) أو إذا أمكن، توجيه صمام تخفيف الضغط إلى نظام تحكم بدلاً من الجو.
فتحات القياس	الاستبدال بنوع مختلف من فتحات القياس.	التغيير إلى خزانات مضغوطة أو التغيير إلى تصميم بلا خزان على منصات الآبار.
أختام الضاغط	استبدال الأختام بنوع مختلف أو إضافة أدوات تحكم في أختام الغاز.	التخلص من الضاغط.

من المهم للغاية ملاحظة أن استبعاد المكونات كتكييف مع المعدات الحالية من المحتمل أن يتطلب مراجعة إدارة التغيير للتأكد من عدم الحاجة إلى المكون في العمليات، وأن إزالته لن يؤثر سلباً على السلامة فيما يتعلق بالمعدات أو عمليات. في معظم الحالات، سيمنع ذلك من الإزالة البسيطة لأحد المكونات حيث يُتوقع عادةً أن يكون لها غرض مهم في المنشأة الأصلية.

المراجع

1 United States Environmental Protection Agency (US EPA) 2017 Greenhouse Gas Reporting Program Industrial Profile: Petroleum and Natural Gas Systems, October 2018

2 United States Environmental Protection Agency 'Inventory of Greenhouse Gas Emission and Sinks, 1990-2017', April 2019

3 Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP) 'Update of Fugitive Equipment Leak Emission Factors', Canadian Association of Petroleum Producers (CAPP), Clearstone Engineering Ltdm, February 2014, **www.capp.ca/publications-and-statistics/ publications/238773**

4 Gas Research Institute, U.S.
Environmental Protection Agency, 'Methane Emissions from the Natural Gas Industry, Volume 8: Equipment Leaks, June 1996

5 United States Environmental Protection Agency 'Leak detection and Repair A Best Practices Guide', October 1999

6 British Standards Institution 'Fugitive and Diffuse Emissions of Common Concern to Industry Sectors. Measurement of Fugitive Emission of Vapours Generating from Equipment and Piping Leaks (British Standard)' BS EN 15446 the British (and European) standard for leak detection

7 Climate and Clean Air Coalition's (CCAC) Oil and Gas Methane Partnership (OGMP) 'Technical Guidance Document Number 2: Fugitive Component and Equipment Leaks', Modified March 2017

8 United States Environmental Protection Agency Natural Gas Star Program's 'Recommended Technologies to Reduce Methane Emissions' **www.epa.gov/natural-gas-star-program/recommended-technologies-reduce-methane- emissions**

9 United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) 'Best Practice Guidance for Methane Management in the Oil and Gas Sector', Draft, March 2019

10 1Fox et al, A review of close-range and screening technologies for mitigating Fugitive methane emissions in upstream oil and gas, Environmental research letters, July 2019

11 The Interstate Technology Regulatory Council 'Evaluation of Innovative Methane Detection Technologies', September 2018

12 Fox et al, A methane emissions reduction equivalence framework for alternative leak detection and repair programs, Elementa, 2019, **www.doi.org/10.1525/elementa.369**

13 Lamb et al, Direct Measurements Show Decreasing Methane Emissions from Natural Gas Local Distribution Systems in the United States, Environ Sci Technol 49(8): 5161–5169 doi:

10.1021/es505116p, 2015

14 Zimmerle et al, Methane Emissions from the Natural Gas Transmission and Storage System in the United States Environ Sci Technol 49(15): 9374–9383 doi: 10.1021/acs.est.5b01669, 2015

15 AR Brandt, GA Heath, D Cooley, 'Methane leaks from natural gas systems follow extreme distributions' Environ Sci Technol, in press doi: 10.1021/acs.est.6b04303 , October 2016

16 Arvind Ravikumar, et al., Single-blind inter- comparison of methane detection technologies – results from the Stanford/EDF Mobile Monitoring Challenge, Elementa, 2019