الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال

مقدّمة

1. الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرجعية فنّية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (GIIP).[1] وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع **وثيقة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، التي تتيح توجيهات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعقَّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنيّة. ويمكن الاطلاع على قائمة كاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع: www.ifc.org/ehsguidelines.

2. تتضمّن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي تُعد عموما قابلة للإنجاز باستخدام التقنيات الحالية في المنشآت الجديدة بتكلفة معقولة. وقد يشمل تطبيق هذه الإرشادات في المنشآت القائمة وضع أهداف وغايات خاصة بكل موقع على حدة، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها.

3. ينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة متماشيا مع المخاطر والتهديدات المُحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة، ومنها: الوضع في البلد المَضيف، القدرة الاستيعابية في البيئة المعنيّة، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن يستند تطبيق التوصيات الفنّية المحددة إلى الرأي المهني المتخصّص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

4. وحين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات هي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومُفصّل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

التطبيق

5. تتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال معلومات تتعلق بمحطات إسالة الحمل الأساسي للغاز الطبيعي المسال والنقل (بحرا وبرا) والتخزين، وإعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية (بما في ذلك وحدات تخزين عائمة لإعادة تحويل الغاز الطبيعي المسال إلى حالته الغازية) ومحطات مواجهة تلبية الطلب في فترات الذروة، ومنشآت إعادة التزويد بالغاز الطبيعي المسال. أما بالنسبة لمنشآت الغاز الطبيعي المسال الساحلية، بما فيها الموانئ والمرافئ والمنشآت الساحلية بوجه عام (مثل المحطات الساحلية، وقواعد الإمداد البحرية، ومحطات الشحن والتفريغ)، فتتوفر توجيهات إضافية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة للموانئ والمرافئ والمحطات**. أما بالنسبة للقضايا ذات الصلة بالبيئة والصحة والسلامة التي ترتبط بناقلات ووحدات التخزين العائمة، تتوفر توجيهات خاصة بها في **"إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن "**. وتتناول الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة **قضايا البيئة والصحة السلامة** المرتبطة بالنقل البري للغاز الطبيعي المسال. ولا تشتمل هذه الإرشادات على القضايا ذات الصلة بإنتاج الغاز البترولي المسال/الماء المتكثّف وتخزينهما في محطات إسالة الغاز.

[1] هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصّر المُتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة بشكل عام. وقد تشمل الأوضاع التي يمكن أن يجدها المهنيّون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المُتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنّية.

هذه الوثيقة منظمة على النحو التالي:

1. الآثار المرتبطة بهذه الصناعة وكيفية التعامل معها 2
1.1 البيئة 2
1.2 الصحة والسلامة المهنية 9
1.3 الصحة والسلامة المجتمعية 13
2. رصد مؤشرات الأداء 15
2.1 البيئة 15
2.2 الصحة والسلامة المهنية 16
3. ثبت المراجع 18
الملحق ألف: وصف عام لأنشطة الصناعة 20

1. الآثار المرتبطة بهذه الصناعة وكيفية التعامل معها

6. يقدم هذا القسم موجزًا عن قضايا البيئة والصحة والسلامة المرتبطة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال[2]، مع تقديم توصيات حول كيفية التعامل معها. وقد تتصل هذه القضايا بأية أنشطة معروضة في قائمة الأنشطة الواردة التي يمكن تطبيقها وفق هذه الإرشادات. وترد توجيهات إضافية متعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة المشتركة في أكبر المنشآت الصناعية خلال مرحلة الإنشاء ووقف التشغيل في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

1-1 البيئة

7. يجب مراعاة القضايا البيئية التالية باعتبارها جزءًا لا يتجزأ من برنامج التقييم والإدارة الشامل الذي تم إعداده خصيصًا لمعالجة المخاطر التي تواجه المشروعات والتأثيرات المحتملة الناتجة عنها. وتتضمن القضايا البيئية المحتملة المرتبطة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال ما يلي:

- التعامل مع المواد الخطرة
- تصريف المخلفات السائلة
- الانبعاثات الهوائية
- إدارة النفايات
- توليد الضوضاء
- القضايا المتصلة بنقل الغاز الطبيعي المسال
- القضايا المتصلة بإعادة التزويد بالغاز الطبيعي المسال

[2] يتألف الغاز الطبيعي بشكل رئيسي من غاز الميثان، لكنه يحتوي عموما على كميات متفاوتة من الألكانات الأعلى الأخرى، وفي بعض الأحيان على نسبة صغيرة من ثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين، وكبريتيد الهيدروجين، أو الهيليوم.

1-1-1 التعامل مع المواد الخطرة

8. قد يؤدي تخزين الغاز الطبيعي وتحويله ونقله إلى حدوث تسربات أو انبعاثات عارضة من الصهاريج والأنابيب والخراطيم والمضخات على التركيبات الأرضية وعلى السفن والشاحنات المخصصة لنقل الغاز الطبيعي المسال. ويحمل تخزين الغاز الطبيعي المسال وتحويله أيضًا مخاطر نشوب حرائق أو وقوع انفجارات، عند حدوث هذه العمليات تحت ضغط، نتيجة لطبيعة تلك الغازات المخزنة المتبخرة سريعة الالتهاب والقابلة للاشتعال.

9. بالإضافة إلى التوصيات الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** حول التعامل مع المواد الخطرة والنفط، تتضمن التدابير المُوصى بها للتعامل مع تلك الأنواع من المخاطر ما يلي:

- يجب أن تكون صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال ومكوناتها (مثل الأنابيب والصمامات والمضخات) مطابقة للمعايير المعترف بها دوليا فيما يتعلق بسلامة تصاميم الهياكل والأداء التشغيلي لتجنب وقوع أعطال كارثية أثناء العمليات العادية وأثناء التعرض للمخاطر الطبيعية وللحيلولة دون نشوب حرائق ووقوع انفجارات. وعادةً ما تشتمل المعايير المعترف بها دوليا على اشتراطات بشأن التشغيل المبدئي والحماية من فرط التعبئة وأنظمة الاحتواء الثانوية والقياس والتحكم في التدفق والحماية من الحرائق (بما في ذلك أجهزة إيقاف اللهب) والتأريض (لمنع الشحنات الكهربية الإستاتيكية).[3]
- يجب إجراء معاينة دورية لصهاريج التخزين ومكوناتها (مثل الأسقف ومانعات التسرب) بحثًا عن وجود تآكل وللتأكد من سلامة الهيكل، وأن تخضع لعمليات صيانة واستبدال للمعدات بشكل منتظم (مثل الأنابيب ومانعات التسرب والوصلات والصمامات[4]). ويجب تركيب جهاز الحماية الكاثودية (أو ما يُطلق عليه أيضاً الوقاية المهبطية) لمنع التآكل أو تقليله، عند الضرورة.
- يجب أن تتم أعمال التحميل / التفريغ (مثل نقل الشحنة بين ناقلات الغاز الطبيعي المسال والمحطات) على يد أفراد مدربين على نحو سليم وفقًا للإجراءات الرسمية المقررة مسبقًا لمنع الانطلاق العرضي للمواد وتجنب مخاطر الحريق / الانفجار. كما يجب أن تضم الإجراءات جميع جوانب عملية النقل أو التحميل بدءًا من الوصول وحتى المغادرة، وتوصيل أنظمة التأريض، والتحقق من التوصيل والفصل السليمين للخراطيم، والتزام الأفراد والزائرين[5] بسياسات عدم التدخين وعدم استخدام اللهب.

الانسكاب

10. الغاز الطبيعي المسال هو سائل مبرد (تبلغ نقطة غليانه تحت الضغط الجوي -162 درجة مئوية (-259 فهرنهايت) وهو غير قابل للاشتعال في شكله السائل. ومع ذلك، يتشكل الغاز المتبخر)الذي يتكون أساسًا من الميثان (مع ارتفاع درجة حرارة الغاز الطبيعي المسال ، ورهن ظروف معينة، تنطلق سحابة من البخار في حالة انبعاث هذا الغاز. وقد يؤدي الانبعاث غير المقيد للغاز الطبيعي المسال إلى اندلاع الحرائق أو نشوبها في حالة وجود مصدر الإشعال، أو تصاعد سحابة من بخار غاز الميثان القابل للاشتعال (اللهب) في ظل الظروف غير المحصورة أو المحصورة في حالة وجود مصدر الإشعال. ويؤدي تناثر الغاز الطبيعي المسال على سطح ساخن مباشرةً (مثل المياه[6]) إلى حدوث تغيّر مرحلي طارئ يعرف باسم النقل المرحلي السريع (RPT).[7]

---

[3] راجع: U.S. Code of Federal Regulations (CFR) Title 49, Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards (2006) and European Standard (EN) 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas—Design of Onshore Installations (2016), National Fire Protection Association (NFPA) 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2016), NFPA 52 Vehicular Gaseous Fuel Systems Code (2013) and EN 13645: Installations and Equipment for Liquefied Natural Gas—Design of Onshore Installations with a Storage Capacity Between 5 metric tons and 200 metric tons (2002), and relevant ISO Standards.

[4] توجد طرق متعددة لمعاينة الصهاريج. وقد تساعد المعاينة البصرية على كشف الشروخ والتسرب في الصهاريج. ويمكن استخدام التحليل باستخدام الأشعة السينية أو الموجات فوق الصوتية لقياس ثخانة الجدار وتحديد مواقع الشروخ بدقة. وقد يفيد الاختبار الهيدروستاتيكي في تحديد حالات التسرب الناجمة عن الضغط، بينما يساعد التحليل باستخدام كل من التيار الدوامي للفيض المغناطيسي والموجات فوق الصوتية في اكتشاف أي تآكل مكاني.

[5] تتضمن الأمثلة المتوفرة حول الممارسات الجيدة في تحميل الغاز الطبيعي المسال وإفراغه ما يلي: Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals—3rd edition (1999), Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGTTO), and U.S. CFR Title 33, Part 127: Waterfront Facilities Handling Liquefied Natural Gas and Liquefied Hazardous Gas.

[6] يتبخر الغاز الطبيعي المسال بسرعة عند تعرضه لمصادر الحرارة المحيطة به مثل المياه، مما يؤدي إلى إنتاج حوالي 600 متر مكعب قياسي من الغاز الطبيعي لكل متر مكعب من السائل.

[7] ترتبط مخاطر البيئة والسلامة الكبيرة المحتمل حدوثها نتيجة شحن الغاز الطبيعي المسال بعملية النقل المرحلي السريع، الذي قد يحدث عند انسكاب الغاز الطبيعي المسال

11. بالإضافة إلى التوصيات الخاصة بالاستعداد والاستجابة للطوارئ الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، يجب مراعاة التدابير التالية المُوصى بها لمنع انسكابات الغاز الطبيعي المسال والتصدي لها:

- تقييم مخاطر انسكاب الغاز في المنشآت وأنشطة النقل / الشحن ذات الصلة، مدعوماً بنماذج متعارف عليها دولياً.
- إعداد خطة لمنع وقوع حوادث انسكاب ومكافحتها، ويمكنها التعامل مع السيناريوهات الخطيرة والكميات الهائلة من المواد المنطلقة. ويجب أن تكون الخطة مدعومة بالموارد والتدريب اللازمين. ويجب أن تتوافر بالمنشأة المعدات اللازمة للتعامل مع الانسكابات الصغيرة المرتبطة بطبيعة التشغيل. ويجب إدراج ترتيبات وإجراءات لتعبئة الموارد الخارجية لغرض الاستجابة لحالات الانسكاب الأكبر وإستراتيجيات نشرها، جنبا إلى جنب مع قائمة كاملة تصف معدات الاستجابة، وطبيعتها، وموقعها واستخداماتها سواءً كانت بالموقع أو خارجه، وكذلك زمن الاستجابة لغرض نشرها.
- وضع خطط الاستجابة لمكافحة الانسكاب بالتنسيق مع الهيئات الرقابية المحلية ذات الصلة.
- تجهيز المنشآت بنظام للاكتشاف المبكر لانبعاثات الغاز، مصمم خصيصًا للتعرف على مدى وجود انبعاثات الغاز والمساعدة في تحديد مصدرها، وبناءً على ذلك، يمكن تنشيط أنظمة إيقاف التشغيل في حالة الطوارئ (ESD) التي يتم تشغيلها بواسطة المشغل بشكل سريع، ومن ثمَّ التقليل من مخزونات انبعاثات الغاز.
- يجب أن يتوفر نظام إيقاف التشغيل والاكتشاف في حالة الطوارئ لبدء تنفيذ إجراءات إيقاف تشغيل التحويل التلقائي في حالة تسرب الغاز الطبيعي المسال بكميات كبيرة.
- بالنسبة لأنشطة التفريغ / التحميل التي تعتمد على استخدام سفن ومحطات الغاز الطبيعي المسال، يتم تحضير الإجراءات المتعلقة بمنع الانسكاب وتنفيذها عند تحميل حمولة الناقلات وتفريغها وفقاً للمعايير والإرشادات الدولية المتعارف عليها دوليا والتي تتناول تحديدًا الاتصال والتخطيط المسبقين مع المحطة المستقبلة.[8]
- التأكد من أن تصميم صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال راعى تزويدها بأنظمة احتواء خارجية (مثلاً، تصميم صهريج مبطن بالفولاذ وسطحه الداخلي مطلي بالنيكل، وتصميم صهريج سطحه الخارجي خرساني مقوى، وتصميم صهريج ذي جدار مفرد مزود بحوض يعمل بأنظمة الاحتواء الثانوية، وتصميم صهريج بأنظمة احتواء كامل) بغرض احتواء أي انبعاث غاز مفاجئ.
- يجب أن توفر المنشآت إمكانية إجراء تصنيف الغاز أو تصريفه أو احتباسه حتى تتمكن مناطق التبخر أو المعالجة أو النقل من احتواء أكبر كمية من الغاز الطبيعي المسال أو السوائل الأخرى القابلة للاشتعال والتي يمكن أن تنبعث من خط نقل واحد في غضون 10 دقائق.[9]
- ضمان أن عملية اختيار المواد المستخدمة في تصميم الأنابيب والمعدات، التي تكون عرضة لدرجات حرارة التبريد، تسير وفقًا للمعايير الدولية للتصميم.[10]
- في حالة انبعاث أحد الغازات، السماح بإجراء تشتيت آمن للغاز المنطلق، مما يؤدي إلى زيادة فرص تهوية مناطق الغاز وتقليل إمكانية تجمع هذا الغاز في أماكن مغلقة أو مغلقة جزئيًا. ويجب ترك الغاز الطبيعي المسال حتى يتبخر ويجب تقليل معدلات التبخير، إن أمكن، (على سبيل المثال، بتغطية الغاز برغوة منتشرة).
- تصميم شبكة صرف المنشأة بالدرجة التي يتم بها تجميع الانبعاثات العرضية للمواد الخطرة بهدف تقليل مخاطر الحرائق والانفجارات والتخلص منها في البيئة. كما يجب تحسين شبكة صرف انسكابات الغاز الطبيعي المسال (نظام الأحواض والبالوعات) بهدف تقليل معدلات تبخر الغاز للحد من منطقة تشتيت البخار إجمالاً.[11]

بشكل طارئ في الماء بمعدلات سريعة للغاية. ويتسبب انتقال الحرارة من الماء إلى الغاز الطبيعي المسال المنسكب داخله في تحول الغاز الطبيعي المسال بصورة فورية من طور السيولة إلى الحالة الغازية. ويمكن أن تتسبب كمية الحرارة الكبيرة المنبعثة أثناء عملية النقل المرحلي السريع (RPT) في وقوع انفجارات مادية دون حدوث احتراق أو تفاعلات كيميائية. ويمكن أن تكون المخاطر المحتملة الناتجة عن عمليات النقل المرحلي السريع خطيرة للغاية، ولكنها تتمركز بشكل عام في منطقة الانسكاب.

[8] انظر: U.S. CFR Title 49, Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards (2006), EN 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas—Design of Onshore Installations (2016), and NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2016).

[9] يشير المعيار الأوروبي EN 1473 القياسي إلى مراعاة نظام الاحتباس على أساس "تقييم المخاطر".

[10] NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2016) and NFPA 52 Vehicular Gaseous Fuel Systems Code (2013).

[11] على سبيل المثال، بتوجيه انسكابات الغاز الطبيعي المسال إلى منطقة احتجاز نائية.

2-1-1 تصريف المياه المستعملة

12. توفر **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** معلومات حول تصريف المياه المستعملة والاقتصاد في استخدام المياه وإعادة استعمالها، بالإضافة إلى أنها توفر معلومات حول برامج رصد جودة المياه والمياه المستعملة. وترتبط التوجيهات المذكورة أدناه بمجاري المياه المستعملة الإضافية الخاصة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال.

مياه التبريد ومجاري المياه الباردة

13. إن استخدام المياه في عمليات التبريد داخل منشآت إسالة الغاز الطبيعي وفي إعادة تبخير الحرارة في محطات استقبال الغاز الطبيعي المسال قد يؤدي إلى استخدام كميات كبيرة من المياه ووجود مجاري تصريف كثيرة. وتشتمل التوصيات الخاصة بالتحكم في العملية الحرارية لاستخدام المياه لمرة واحدة ومجاري تصريف المياه على ما يلي:

- يجب مراعاة فرص الاقتصاد في استخدام المياه لأنظمة التبريد في منشآت الغاز الطبيعي المسال (مثلاً، مبادلات الحرارة المبردة بالهواء عوضًا عن مبادلات الحرارة المبردة بالماء - وعند الاقتضاء عن فرص تكامل مبادلات المياه الباردة مع منشآت توليد الكهرباء أو المنشآت الصناعية المجاورة). ويجب أن يؤدي اختيار النظام المفضّل إلى إحداث توازن بين الفوائد البيئية ومقتضيات السلامة عند الشروع في تحديد الاختيار المقترح.[12] وتتوفر توجيهات إضافية حول الاقتصاد في استخدام المياه في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.
- يجب تصريف مياه التبريد أوالمياه الباردة على المياه السطحية في موقع يسمح بإجراء الحد الأقصى من مزج العمود الحراري للتأكد من وصول درجة حرارته إلى 3 درجات مئوية من درجة الحرارة المحيطة في نهاية منطقة المزج، وذلك وفقا للتوجيهات الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** كما هو ملاحظ في الجدول 1 من القسم 2.1 من هذه الوثيقة.
- إذا اقتضت الضرورة استخدام المبيدات البيولوجية أو المواد الكيميائية، فاحرص على تحديد الإضافات الكيميائية التي تتعلق بتركيز الجرعة ودرجة السمية والتحلل البيولوجي والتوافر البيولوجي وقدرات التراكم البيولوجية. ويجب مراعاة تأثيرات المخلفات الناتجة عن عملية التصريف باستخدام أساليب مثل التقييم المستنِد إلى المخاطر.

أنواع الصرف الأخرى

14. تشتمل مياه الصرف الأخرى الناتجة في منشآت الغاز الطبيعي المسال على: مياه الصرف والعواصف (من مناطق العمليات والمناطق الأخرى)، ومياه الصرف الصحي والمياه المتجمعة في قعر الصهاريج (مثلا، المياه الناتجة عن عمليات التكثيف في صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال) ومياه أنظمة إطفاء الحرائق، ومياه غسل المعدات والمركبات والمياه الملوثة بالنفط بوجه عام وغيرها (مثلا، المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي). تشتمل تدابير منع التلوث ومعالجته الواجب مراعاتها بالنسبة للمياه المستعملة على ما يلي:

- الصرف الصحي: يجب التعامل مع المياه السوداء والرمادية الناتجة من الأدشاش والمراحيض ومنشآت المطبخ كما هو موضح في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.
- *مياه التصريف ومياه العواصف:* يجب أن تتوافر شبكات صرف منفصلة بالنسبة لمياه الصرف الناتجة من مناطق العمليات التي يمكن أن تتلوث بالهيدروكربونات (المصارف المغلقة) ومياه صرف المناطق الأخرى من غير مناطق العمليات (المصارف المفتوحة) إلى أقصى حد عملي ممكن، ويجب أن تتوافق مع أنظمة التحكم في انسكابات الغاز الطبيعي المسال المدرجة في قسم التعامل مع المواد الخطرة. ويجب تجهيز جميع مناطق العمليات بحواجز، وتزويدها بخدمات صرف ملائمة بالموقع في شبكة الصرف المغلقة، وذلك لضمان تجنب الانسياب السطحي غير المقيد للمياه الملوثة بالهيدروكربونات. ويجب تصميم صهاريج الصرف والوحل بسعة كافية لملاءمة ظروف التشغيل المتوقعة، بالإضافة إلى أنه يجب تركيب أنظمة لمنع فرط التعبئة. ويجب استخدام صنيات التقطير أو أدوات التحكم الأخرى لتجميع قطرات المياه من فوق المعدات غير المستوعبة في المنطقة المسدودة والمحتويات الموجهة إلى شبكة الصرف المغلقة. ويجب أن تتم تهيئة قنوات تدفق مياه العواصف وأحواض التجميع، المركبة كجزء من شبكة الصرف المفتوحة، ومواءمتها مع أجهزة فصل النفط/الماء. وقد

[12] على سبيل المثال، ونظرًا لأن المساحة محدودة (في عرض البحر مثلاً)، فإن مخاطر الانفجار تؤثر على القرار الخاص بالخيارات المفضّلة. يُوصى بإحداث توازن فيما يتعلق بنهج ALARP للمخاطر الكلية على الصحة والسلامة والبيئة.

تتضمن أجهزة الفصل نوع أداة تنظيم التدفق أو نوع لوح الالتحام، ويجب صيانتها دوريًا. ويجب التعامل مع تدفق مياه العواصف الملوثة بالمركبات الهيدروكربونية من خلال قناة نظام فصل الماء / النفط حتى يمكن تركيز الشحوم والزيوت دون 10 ملغرام / لتر، كما هو موضح في القسم 2.1، في الجدول 1 الخاص بهذه الإرشادات. وتتوفر توجيهات إضافية حول التعامل مع مياه العواصف في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

- *مياه إطفاء الحرائق:* يجب تضمين مياه اطفاء الحرائق الصادرة من الاختبارات الدورية/المنتظمة وتوجيهها إلى شبكة صرف المنشأة أو إلى بركة تخزين ومعالجة المياه المستعملة، في حالة تلوثها بالهيدروكربونات.
- *مياه الغسل:* يجب توجيه مياه غسل المعدات والمركبات إلى شبكة الصرف المغلقة أو إلى نظام معالجة المياه المستعملة التابع للمنشأة.
- *المياه الملوثة بالنفط بوجه عام:* يجب توجيه المياه الملوثة، بالنفط الناتجة من صينيات التقطير وأنابيب السوائل الحلزونية من معدات وانابيب المعالجة ، إلى نظام معالجة المياه المستعملة.
- *المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي:* يستلزم الاختبار الهيدروستاتيكي لمعدات الغاز الطبيعي المسال (مثلاً، صهاريج التخزين وشبكة أنابيب المنشأة ووصلات أنابيب النقل والمعدات الأخرى) إجراء اختبار ضغط المياه أثناء عملية التشييد / بدء التشغيل في التحقق من سلامتها واكتشاف التسريبات المحتملة. ويمكن وضع المضافات الكيميائية في المياه لمنع التآكل الداخلي. وقد يتم توظيف الاختبار الهوائي باستخدام هواء جاف أو غاز النيتروجين في شبكة أنابيب التبريد ومكوناتها. وفي التعامل مع المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي، يجب مراعاة تدابير منع التلوث ومكافحته، وهذه التدابير هي:
  - تقليل الحاجة إلى المواد الكيميائية عن طريق تقليل الوقت الذي يستغرقه الماء قيد الاختبار في الأجهزة.
  - الحرص على تحديد المضافات الكيميائية التي تتعلق بتركيز الجرعة ودرجة السمية والتحلل البيولوجي والتوافر البيولوجي وقدرات التراكم البيولوجية
  - استخدام المياه نفسها في اختبارات متعددة.

15. إذا كان تصريف المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي في المياه السطحية أو على البر هو بمثابة البديل الوحيد المجدي لهذا الغرض، فإنه يجب إعداد خطة للتخلص من المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي والتي تراعي نقاط التصريف ومعدل التصريف والاستخدام الكيميائي (إن وجد) والتشتيت والمخاطر البيئية والمراقبة المطلوبة. ويجب مراقبة جودة المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي قبل الاستخدام والتصريف ويجب معالجتها لكي تتوافق مع حدود التصريف الواردة في الجدول 1 في القسم 2.1 من وثيقة الإرشادات هذه.[13] وتتوفر توصيات إضافية حول كيفية التعامل مع المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي للأنابيب في الوثيقتين المتاحتين حول **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل** تطوير مصادر البترول والغاز البرية والبحرية ، على التوالي.

3-1-1 الانبعاثات الهوائية

16. تشتمل مصادر انبعاثات الملوثات الهوائية (المستمرة منها وغير المستمرة)، في منشآت الغاز الطبيعي المسال، على مصادر الاحتراق لتوليد الكهرباء والحرارة (مثلا، الغلايات أو لغرض أنشطة التجفيف والإسالة في محطات إسالة الغاز الطبيعي وأنشطة إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية في محطات استقبال الغاز الطبيعي المسال)، والمحركات الترددية وغيرها (التي قد تستخدم في دفع الآلات الكبيرة كالضواغط والمضخات). وقد ينتج عن الانبعاثات الملوثة المنطلقة من عملية الحرق والتنفيس، وكذلك من مصادر التسرب، حدوث أنشطة معينة في كل من محطات إسالة الغاز ومحطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية. وتشتمل أهم ملوثات الهواء الناتجة عن تلك المصادر عادةً أكاسيد النيتروجين (NOX) وأول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO2)، وفي حالة الغازات الحامضية، يكون ثاني أكسيد الكبريت (SO2) من الغازات الناتجة.

17. بالنسبة لمحطات الغاز الطبيعي المسال، التي تحتوي على مصادر احتراق مهمة (شاملة وحدات عائمة للتخزين وإعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية المثبتة عبر فترات طويلة)، يجب تقدير آثار نوعية الهواء من خلال استخدام التقييمات الأولية لنوعية الهواء ونماذج التشتيت الجوّي للحصول على أقل مستوى محتمل من تركيزات الهواء المحيط أثناء عملية تصميم المنشأة وتخطيط العمليات كما هو موضح في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.** ويجب أن تؤكد تلك الدراسات تجنب حدوث آثار عكسية على صحة الإنسان وعلى البيئة المحيطة أو الحد منها.

[13] يجب ألا تؤدي عمليات تصريف النفايات المتدفقة على المياه السطحية إلى حدوث تأثيرات كبيرة على صحة الإنسان والموائل الطبيعية الحساسة. وقد يكون من الضروري وضع خطة للتخلص تراعي نقاط التصريف ومعدل التفريغ والاستخدام الكيميائي والتشتيت والمخاطر البيئية. ويجب وضع خطة لنقاط التصريف تراعي المناطق الحساسة بيئيًا، مع الاهتمام على وجه التحديد بمناسيب المياه المرتفعة ومكامن المياه العرضة للخطر والأراضي الرطبة، وكذلك مناطق الاستقبال المحلية الحساسة، بما فيها ينابيع المياه ونقاط سحب المياه والأراضي الزراعية.

18. يجب إجراء جميع المحاولات المجدية فنيا والفعالة من حيث التكلفة لرفع كفاءة الطاقة إلى الحد الأمثل وتصميم المنشآت لتقليل استخدام الطاقة، ويتمثل الهدف العام من ذلك في تقليل انبعاث الملوثات الهوائية. وقد تم تناول توصيات إضافية حول كفاءة استخدام الطاقة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

19. يتعين تقدير إجمالي غازات الاحتباس الحراري المنبعثة من جميع المنشآت سنوياً وفقاً للمنهجيات المتعارف عليها دولياً.

غازات العادم

20. يمكن أن تكون انبعاثات غازات العوادم، الناتجة عن احتراق الغاز الطبيعي أو الهيدروكربونات السائلة في التوربينات والغلايات ومحركات توليد الكهرباء والحرارة، أهم مصدر من مصادر الانبعاثات الهوائية الناتجة من منشآت الغاز الطبيعي المسال. ويجب مراعاة مواصفات الانبعاثات الهوائية أثناء اختيار جميع المعدات وشرائها.

21. تتوفر توجيهات حول طريقة التعامل مع مصادر الاحتراق التي يكون مقدار الطاقة الخاص بها أقل من أو يساوي 50 ميغاوات حراري (MWth)، بما في ذلك مستويات انبعاثات الملوثات الهوائية بالنسبة لانبعاثات العوادم، في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**. وللحصول على إرشادات حول انبعاثات مصادر الاحتراق التي يكون مقدار الطاقة الخاصة بها أكبر من 50 ميغاوات حراري، يمكنك الرجوع إلى **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية**. ويجب أن تستوفي الوحدات العائمة للتخزين وإعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية المثبتة بشكل دائم في منصة رسوّ أو راسية لمدة طويلة في أحد الموانئ معايير انبعاثات الغازات التي تسري على المصادر الثابتة.

22. في محطات إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية، يجب تقييم أجهزة تبخير الحرق المغمورة (SCV) وأجهزة تبخير الرف المفتوح (ORV)[14] وأجهزة تبخير الهيكل والماسورة وأجهزة تبخير الهواء، آخذين في الاعتبار الظروف البيئية الأساسية والحساسيات البيئية. وإذا توفرت طاقة حرارية خلال مسافة قصيرة (مثلاً، بجوار معمل التكرير)، يمكن استخدام أجهزة تبخير استرداد الحرارة المفقودة أو أجهزة تبخير الهيكل والماسورة.

التنفيس والحرق

23. عملية الحرق أو التنفيس هي تدبير مهم من تدابير السلامة يُستخدم في منشآت الغاز الطبيعي المسال للتأكد من أنه تم التخلص من الغاز بطريقة آمنة في حالة حدوث طارئ ما أو في حالة انقطاع الكهرباء أو حدوث عطل في المعدات أو في ظروف مضطربة أخرى في المحطة. ويمكن اللجوء إلى عملية حرق وتنفيس الغاز فقط في حالة الطوارئ أو في حالة حدوث اضطراب في المحطة. ولا تعد عملية التنفيس أو الحرق المستمر للغاز المتبخر في عمليات التشغيل العادية ممارسة سليمة في الصناعة ويجب تجنبها. وتتوفر توجيهات حول الممارسة الأفضل فيما يتعلق بعملية حرق وتنفيس الغاز في **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل تطوير مصادر البترول والغاز البرية.**

الغاز المتبخر

24. بعد إجراء عملية إسالة الغاز الطبيعي، يطلق الغاز الطبيعي المسال المُخزَّن كمية صغيرة من بخار غاز الميثان، المعروف باسم الغاز المتبخر (boil-off gas)، وذلك بسبب الحرارة الناتجة عن الظروف المحيطة ومضخات الصهاريج، بالإضافة إلى التغيّرات التي حدثت في الضغط الجوي يجب جمع الغاز المتبخر باستخدام نظام استرداد بخار مناسب (مثلا، أنظمة ضواغط الهواء). وبالنسبة لمحطات الغاز الطبيعي المسال (باستثناء عمليات تحميل ناقلات الغاز الطبيعي المسال)، يجب إرجاع البخار إلى العملية للاستخدام في عملية الإسالة أو للاستخدام في الموقع كوقود؛ أما بالنسبة لناقلات الغاز الطبيعي المسال المحمَّلة، فيجب إعادة إسالة الغاز المتبخر وإعادته إلى صهاريج التخزين أو استخدامه كوقود، وبالنسبة لمنشآت إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية (محطات الاستقبال)، يجب إرجاع الأبخرة التي تم جمعها إلى نظام المعالجة ليتم استخدامها كوقود في الموقع أو ضغطها ووضعها في مجاري / خطوط أنابيب المبيعات أو حرقها.

[14] إذا تم استخدام أجهزة تبخير الرف المفتوح (ORV) في عملية تبخير الغاز الطبيعي المسال، فمن المتوقع عدم انطلاق أية انبعاثات للملوثات الهوائية من محطة إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية أثناء العمليات العادية، باستثناء الانبعاثات الناتجة عن تسريب غاز غني بالميثان.

انبعاثات الملوثات الناتجة عن التسربات المنفلتة (Fugitive Emissions)

25. يمكن أن ترتبط انبعاثات الملوثات الناتجة عن التسربات المنفلتة في منشآت الغاز الطبيعي المسال بفتحات التبريد وأنابيب التسريب وشبكات الأنابيب والصمامات والوصلات والشفاه (الفلنشات) والحشوات والخطوط مفتوحة النهايات وسدادات المضخات وسدادات ضواغط الهواء وصمامات تخفيف الضغط وعمليات التحميل والتفريغ العامة. ويجب الأخذ في الاعتبار طرق التحكم في الانبعاثات الملوثة الناتجة عن التسريب وتقليلها، بالإضافة إلى تطبيق هذه الطرق في مراحل التصميم والتشغيل والصيانة الخاصة بالمنشآت. كما يجب أن يكون اختيار الصمامات، والفلنشات، والوصلات، وموانع التسرب، وحلقات منع التسرب الملائمة على أساس من متطلبات سلامة المعدات ومدى ملاءمتها للعمل وكذا قدرتها على تقليل تسريب الغاز وانبعاث الملوثات المنفلتة.[15] وبالإضافة إلى ذلك، يجب تطبيق برامج الكشف عن التسريب وإصلاحه.

26. تتوفر توجيهات إضافية بشأن منع الانبعاثات الملوثة الناتجة عن تسريب الغاز من صهاريج التخزين والتحكم فيها في **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل محطات النفط الخام والمنتجات البترولية.**

1-1-4 إدارة النفايات

27. تشتمل النفايات الخطرة والنفايات غير الخطرة، التي يُحتمل أن تتولد في منشآت الغاز الطبيعي المسال، على المخلفات العامة الناتجة عن الأنشطة المكتبية والتعبئة والزيوت التالفة وقطع القماش الملوثة بالزيوت والسوائل الهيدروليكية والبطاريات المستهلكة وعبوات الدهان الفارغة والمخلفات الكيميائية والحاويات الكيميائية المستهلكة والمرشحات المستهلكة والوسائط المستخدمة في معالجة النفط وتجفيفه (مثلاً، المناخل الجزيئية) والأوساخ المترسبة الناتجة عن أجهزة فصل الماء عن الزيت والأمينات المستخدمة في وحدات إزالة الغازات الحامضية (إن وجدت) والنفايات المعدنية (الخردة) والمخلفات الطبية وغيرها.

28. ويجب فصل النفايات وتقسيمها إلى نفايات خطرة ونفايات غير خطرة ومراعاة إعادة استخدامها / إعادة تدويرها قبل التخلص منها. كما يجب وضع خطة لإدارة النفايات تشتمل على آلية تتبع النفايات بدءًا من موقع المَنشأ إلى الموقع النهائي لاستقبال تلك النفايات. ويجب إجراء عملية تخزين النفايات الخطرة وغير الخطرة ومعالجتها والتخلص منها بطريقة تتوافق مع الممارسات الجيدة للبيئة والصحة والسلامة من أجل إدارة النفايات، كما هو موضح في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

1-1-5 الضوضاء

29. تشتمل مصادر انبعاثات الضوضاء الرئيسية في منشآت الغاز الطبيعي المسال على المضخات وضواغط الهواء والمولدات ومحركات التشغيل وعمليتي تفريغ / مص ضواغط الهواء وأنظمة أنابيب عملية إعادة التدوير وأجهزة التجفيف الهوائية وأجهزة التدفئة والمبردات الهوائية في منشآت إسالة الغاز وأجهزة التبخير المُستخدمة أثناء عملية إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية بالإضافة إلى عمليات التحميل / التفريغ العامة لناقلات / سفن نقل الغاز الطبيعي المسال. تتوفر توجيهات حول المستويات المقبولة والتوصيات العامة لمنع الضوضاء والتحكم فيها في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

1-1-6 نقل الغاز الطبيعي المسال

30. تم تناول القضايا البيئية العامة المتعلقة بسفن وعملية الشحن (مثلاً، التعامل مع المواد الخطرة والمياه المستعملة والنفايات الأخرى وانبعاثات الملوثات الهوائية وتوليد النفايات الصلبة وإدارة شاحنات / ناقلات الغاز الطبيعي المسال) والتوصيات الخاصة بالتعامل معها في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن بالسفن.** علما بأن الانبعاثات الناتجة من زوارق السحب وسفن الغاز الطبيعي المسال، وخاصةً في حالة قرب رصيف الميناء بشكل كبير من الساحل، قد تمثل مصدرًا مهماً من المصادر التي تؤثر على نوعية الهواء.

[15] انظر: U.S. CFR Title 49, Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards (2006), European Standard (EN) 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas—Design of Onshore Installations (2016), and NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2016).

31. يجب أن يتوافق كل من التصميم والبناء وعمليات التشغيل الخاصة بسفن نقل الغاز الطبيعي المسال مع المعايير والقوانين[16] المعمول بها على الصعيد الدولي فيما يتعلق بمتطلبات جسم السفينة (مثلاً، توفير هيكل مزدوج لجسم السفينة مع وجود مسافات فاصلة بين كل طبقة) وتغليف الشحنة وضوابط الضغط / درجة الحرارة وصهاريج الصابورة وأنظمة السلامة والحماية من الحرائق وتدريب طاقم العمل، بالإضافة إلى قضايا أخرى ذات صلة.[17] تتضمن التوصيات المحددة للحد من آثار عملية النقل المرحلي السريع، التي تشير إلى انفجار مادي تتسبب فيه عملية تبخير الغاز الطبيعي المسال السريعة فور ملامسة المياه ولا تنطوي على أي اشتعال أو احتراق، ما يلي:

- يجب زيادة معدل الضغط في صهاريج شحنات الغاز الطبيعي المسال الفعلية إلى أقصى حد ممكن.
- يجب تفعيل العمل بأنظمة تخفيف الضغط الخاص بصهاريج شحنات الغاز الطبيعي المسال، وذلك بهدف التخلص من كميات البخار التي يمكن أن تتولد نتيجة إجراء عملية النقل المرحلي السريع.

32. يمكن نقل الغاز الطبيعي المسال باستخدام الشاحنات أو المقطورات الصهريجية إلى المستخدمين النهائيين ومنشآت إعادة التزويد بالغاز الطبيعي المسال. وتتمثل المخاطر المحتملة المرتبطة بالنقل البري للغاز الطبيعي المسال في: حوادث السير، وتراكم الغاز المتبخر، وحدوث تسريبات من الصهاريج. ويعد تراكم الغاز المتبخر أثناء عملية النقل البري باستخدام الشاحنات عنصرا حرجا ينبغي معالجته بشكل سليم. ويجب تصنيع شاحنات أو مقطورات نقل الغاز الطبيعي المسال باستخدام جدار مزدوج، وتزويدها بنظام مدمج لتفريغ الهواء والعزل بغرض الحفاظ على برودة الغاز المسال أثناء عملية النقل. ويرد في القسم 3.5 من **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** توجيهات إضافية حول كيفية نقل المواد الخطرة.

1-1-7 التزويد بالغاز الطبيعي المسال

33. يجب أن يتوافق تصميم الحاويات وأوعية الضغط والمضخات ومعدات التبخير والمباني والهياكل والمعدات المرتبطة بذلك المستخدمة في تخزين وصرف الغاز الطبيعي المسال كوقود محركات لجميع أنواع المركبات، وتحديد موقعها وإنشاؤها وتركيبها واحتواء الانسكابات بها وتشغيلها، مع المعايير المتعارف عليها دوليا.[18]

34. تتضمن **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بشبكات بيع المنتجات البترولية بالتجزئة** توجيهات إضافية من أجل التعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة ذات الصلة بعمليات التزويد بالوقود بالتجزئة (كالمياه المستعملة والنفايات السائلة الأخرى والانبعاثات الهوائية وتوليد النفايات الصلبة وإدارتها).

2-1 الصحة والسلامة المهنية

35. يجب مراعاة قضايا الصحة والسلامة المهنية باعتبارها جزءًا لا يتجزأ من البرنامج الشامل لتقييم المخاطر أو التهديدات، بما فيه على سبيل المثال، دراسة التعرف على المخاطر (HAZID) ودراسة عن المخاطر وإمكانية التشغيل [HAZOP] أو دراسات عن تقييم المخاطر الأخرى. ويجب استخدام النتائج للتخطيط لإدارة قضايا الصحة والسلامة، وذلك في مرحلة تصميم المنشأة وفي أنظمة التشغيل الآمنة وأثناء عمليات تجهيز تدابير التشغيل الآمنة والإعلان عنها.

36. يجب تصميم المنشآت بحيث يمكن تجنب احتمال حدوث إصابات أو مخاطر طارئة، كما يجب أخذ الظروف البيئية السائدة في موقع العمل في الاعتبار، بما فيها احتمال حدوث أخطار طبيعية، مثل الزلازل أو الأعاصير.

---

[16] تشتمل الأمثلة المتوفرة حول المعايير والقوانين الدولية على القانون الدولي الصادر عن المنظمة البحرية الدولية (IMO) بشأن بناء وتجهيز السفن التي تنقل الغازات المسالة بكميات كبيرة (International Maritime Organization' s (IMO) International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk)، المعروف باسم القانون الدولي لناقلات الغاز المسال (IGC Code). تتوفر توجيهات إضافية في شكل معايير وقوانين تشغيل ومبادئ وتعليمات أصدرتها الجمعية الدولية لمشغلات المحطات وناقلات الغاز (SIGTTO)، ومتوفرة على شبكة الإنترنت عبر الموقع www.sigtto.org.

[17] يجب وضع "خطة الطوارئ على سطح السفينة" بالنسبة لسفن نقل الغاز الطبيعي المسال، على النحو المنصوص عليه في اللوائح التنظيمية (القاعدة رقم 26 من الملحق 1 من اتفاقية MARPOL 73/78). ويجب أن تتناول خطط الطوارئ في منشآت الغاز الطبيعي المسال عمليات التحميل / التفريغ، وكما جاء في توصيات المنظمة البحرية الدولية (IMO)، فإنه يجب أن تتضمن أيضًا أنظمة الاتصالات ووسائل التعاون بين "السفينة والبر".

[18] وعلى سبيل المثال: NFPA 52 Vehicular Gaseous Fuel Systems Code (2013) and EN 13645: Installations and Equipment for LNG—Design of Onshore Installations with a Storage Capacity Between 5 metric tons and 200 metric tons (2002).

37. وينبغي أن تبيّن خطة إدارة الصحة والسلامة ما يلي: أنه سيتم تبني نهج منظم ومرتب لإدارة الصحة والسلامة وتنفيذ هذه الضوابط لتقليل المخاطر إلى أدنى مستوى معمول به؛ وأن يتم تدريب الموظفين بصورة مناسبة؛ وأن تتم صيانة المعدات في الظروف الآمنة. ويُوصى بتكوين لجنة للصحة والسلامة في المنشأة.

38. يجب تطوير نظام رسمي لتصاريح العمل للمنشآت. حيث يؤدي نظام تصاريح العمل إلى ضمان تنفيذ كافة الأعمال الخطرة المحتملة بأمان، وضمان الترخيص الفاعل للأعمال المخصصة واتصال فعّال بالأعمال، بما تنطوي عليه من مخاطر، واتباع تدابير العزل الآمن قبل بدء العمل. ويجب تنفيذ إجراءات الإغلاق / الحماية للمعدات لضمان عزل جميع المعدات من مصادر الطاقة قبل الصيانة والإصلاح أو الإزالة.

39. يجب تزويد المنشآت، كحد أدنى، بعدد مناسب من المتخصصين في تقديم الإسعافات الأولية (أفراد رعاية ما قبل دخول المستشفى لعمال الشركات الصناعية) وتجهيزهم بوسائل تقديم رعاية المرضى عن بُعد قصيرة الأجل. وتبعا لعدد الأفراد المتواجدين ومستوى تعقيد تركيبة المنشأة، يجب مراعاة توفير وحدة طبية وأخصائي رعاية صحية في الموقع. وفي حالات محددة، قد تكون منشآت التطبيب عن بُعد خياراً بديلاً.

40. وترد **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** تدابير عامة لتصميم المنشآت وتشغيلها للتعامل مع المخاطر التي تواجه الصحة والسلامة المهنية. وتتوفر توجيهات عامة لأنشطة مرحلتي الإنشاء ووقف التشغيل أيضًا بالتوازي مع الإرشادات الخاصة بالتدريب على برامج الصحة والسلامة ومعدات وتجهيزات الحماية الشخصية والإرشادات المتوفرة حول المخاطر الكيميائية والبيولوجية والإشعاعية المشتركة في جميع الصناعات.

41. تتضمن قضايا الصحة المهنية والأمان التي تتعلق بالعمليات التي تتم في منشآت الغاز الطبيعي المسال ما يلي:

- الحرائق والانفجارات
- تكدس الغاز (Roll-over)
- ملامسة الأسطح الباردة
- المخاطر الكيميائية
- الأماكن المغلقة

42. وقد تم تناول تأثيرات الصحة والسلامة المهنية والتوصيات المعمول بها في عملية نقل الغاز الطبيعي المسال بواسطة السفن في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن بالسفن**.[19]

1-2-1 الحرائق والانفجارات

43. ترجع مخاطر الحرائق والانفجارات في منشآت الغاز الطبيعي المسال إلى وجود غازات وسوائل قابلة للاشتعال والسوائل والأكسجين ومصادر الإشعال أثناء أعمال التحميل والتفريغ و/أو تسرب أو انسكاب المنتجات سريعة الالتهاب. وتتضمن مصادر الإشعال المحتملة الشرارة المصاحبة لتراكم الكهرباء الإستاتيكية [20] والبرق واللهب المكشوف. وقد يؤدي انبعاث الغاز الطبيعي المسال بشكل عارض إلى تكوين بركة سوائل متطايرة، ومن المحتمل أن يؤدي هذا إلى نشوب حرائق في البركة و / أو تشتيت سحابة من الغاز الطبيعي إثر تطاير وتبخر سوائل البركة.

44. بالإضافة إلى التوصيات بشأن التعامل مع المواد الخطرة والنفط والاستعداد والاستجابة للطوارئ الواردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**، يجب مراعاة التدابير التالية الخاصة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال تحديدًا:

[19] يجب أن يتوافق بناء وتجهيز السفن التي تنقل الغازات المسالة بمقادير كبيرة وناقلات الغاز مع المتطلبات المنصوص عليها في القانون الدولي لناقلات الغاز المسال (IGC Code)، الذي أصدرته المنظمة البحرية الدولية (IMO). تتوفر توجيهات إضافية في شكل معايير وقوانين تشغيل ومبادئ وتعليمات أصدرتها الجمعية الدولية لمشغلات المحطات وناقلات الغاز (SIGTTO).

[20] يمكن أن تتولد الكهرباء الإستاتيكية نتيجة لحركة السوائل الملامسة لمواد أخرى كالأنابيب وصهاريج الوقود أثناء تحميل أو تفريغ المنتج. علاوة على ذلك، يمكن أن يصبح رذاذ الماء والبخار المتولد أثناء تنظيف الصهريج والمعدات مشحونًا بالكهرباء، خاصة في وجود عوامل التنظيف الكيميائية.

- يجب أن يتم تصميم منشآت الغاز الطبيعي المسال وإنشاؤها وتشغيلها وفقًا للمعايير المتعارف عليها دوليا[21] والممارسات المتعلقة بمنع ومكافحة مخاطر الحرائق والانفجارات، بما في ذلك الاشتراطات الخاصة بالمسافات الآمنة بين الصهاريج في المنشأة وبين المنشأة والمباني المجاورة.[22]
- تطبيق إجراءات السلامة في تحميل المنتجات وتفريغها في أنظمة النقل (مثل صهاريج السفن وعربات السكك الحديدية الصهريجية وشاحنات الصهريج والسفن[23])، بما في ذلك استخدام صمامات التحكم ذات الوقاية التلقائية وأجهزة / هياكل إيقاف التشغيل في حالات الطوارئ.
- إعداد خطة رسمية لمكافحة الحرائق مدعومة بما يلزم من موارد، وتوفير التدريب على مكافحة الحرائق وطرق الاستجابة لها وذلك في إطار التدريب التوجيهي للحفاظ على صحة العاملين وسلامتهم. ويجب أن يشتمل التدريب على استخدام معدات إخماد الحرائق والإخلاء، بالإضافة إلى توفير تدريب متقدم على السلامة من الحرائق لفريق متخصص لمكافحة الحرائق. وقد تتضمن الإجراءات أعمال تنسيق مع السلطات المحلية أو المنشآت المجاورة. ويتم تناول توصيات إضافية بشأن الاستعداد لمواجهة حالات الطوارئ في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**
- منع مصادر الاشتعال المحتملة، من خلال ضمان:
  - التأريض السليم لتجنب تراكم الكهرباء الإستاتيكية ومخاطر البرق (بما في ذلك الإجراءات الخاصة باستخدام وصيانة وصلات التأريض).[24]
  - استخدام تركيبات كهربية آمنة الاستعمال بوجه عام وأدوات لا تصدر شررًا.[25]
  - تطبيق أنظمة التصاريح والإجراءات الرسمية لإجراء أية أعمال على الساخن أثناء أعمال الصيانة،[26] بما في ذلك التنظيف والتنفيس المناسبان للصهاريج.
  - استعمال نهج تطويق المناطق الخطرة للمعدات الكهربائية في مرحلة التصميم.
- تجهيز المنشآت تجهيزًا مناسبًا بمعدات اكتشاف الحريق وإخماده المطابقة للمواصفات الفنية المتعارف عليها دوليًا فيما يخص أنواع المواد الملتهبة والقابلة للاشتعال المخزّنة في تلك المنشأة وكمياتها. وتتضمن معدات إخماد الحرائق، على سبيل المثال، المعدات المتنقلة / المحمولة مثل طفايات الحرائق، والمركبات المتخصصة. وقد تتضمن أنظمة إخماد الحرائق الثابتة استخدام أبراج الرغاوي ومضخات التدفق الكبيرة. وينبغي أن يُتاح بالمنشآت البحرية مجموعة متنوعة من الأنظمة الآلية واليدوية للإنذار من الحريق. وعند تركيب أنظمة نشطة للحماية من الحرائق، ينبغي أن تتوزع بحيث تمكن من الاستجابة السريعة والفعالة. ولا يعد تركيب أجهزة الحرائق التي تعتمد على غازات الهالوجين ممارسة سليمة في الصناعة ويجب تجنبه. وقد تتضمن الأنظمة الثابتة أيضًا طفايات الرغاوي المرفقة بالصهاريج وأنظمة الحماية من الحرائق التي تعمل تلقائيًا أو يدويًا في مناطق التحميل / التفريغ. ولا يعد الماء خيارًا جيدًا لاستعماله في مكافحة حرائق الغاز الطبيعي المسال لأن الماء يعمل على زيادة معدل تبخر الغاز الطبيعي المسال.
- تحديد مواقع جميع أنظمة الحماية من الحرائق في منطقة آمنة من المنشأة، وحماية هذا الموقع من الحرائق بتحديده في مكان على مسافة بعيدة من المنشأة أو عن طريق استخدام جُدر الحماية من الحرائق.[27]

---

[21] من بين الأمثلة على الممارسات الجيدة :the U.S. NFPA Code 59A Standard for the Production, Storage, and handling of Liquefied Natural Gas (LNG) (2016) and EN 1473 (2016). تتوفر توجيهات إضافية للحد من التعرض للكهرباء الساكنة والبرق في الممارسة التي أوصى بها المعهد الأمريكي للبترول وهي: Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents(2003).

[22] في حالة عدم ضمان حدوث تباعد ملائم بين المناطق، يجب مراعاة التدابير الأخرى للحد من المخاطر، مثل استخدام الجدران الواقية من شظايا الانفجارات، وذلك لفصل مناطق المعالجة عن المناطق الأخرى من المنشأة و/أو تقوية المباني.

[23] راجع: Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals—3rd edition (2000), Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGGTO) and U.S. CFR Title 33, Part 127 :Waterfront Facilities Handling Liquefied Natural Gas and Liquefied Hazardous Gas, and NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas.

[24] على سبيل المثال، راجع الفصل 20 من .ISGOTT(2006).

[25] على سبيل المثال، راجع الفصل 19 من .ISGOTT(2006).

[26] التحكم في مصادر الإشعال يكتسب أهمية خاصة في المناطق المحتمل وجود مزيج بخار وهواء سريع الالتهاب بها، كما هو الحال داخل الصهاريج التي بها حيز البخار، وداخل حيز البخار في القاطرات / الشاحنات الناقلة أثناء التحميل / التفريغ، بالقرب من أنظمة التخلص / استعادة البخار، وبالقرب من فتحات التصريف في الصهاريج الجوية، بالقرب من موضع تسرب أو انسكاب.

[27] من بين الأمثلة على الإجراءات الجيدة المعيار A 59 التابع للجمعية الأمريكية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) أو غيره من المعايير المكافئة.

- تجنب الأجواء المنفجرة الموجودة في الأماكن المغلقة من خلال تحويل هذه الأماكن إلى مساحات لا يتم القيام فيها بأنشطة.
- حماية أماكن السكن بتحديدها في مكان على مسافة بعيدة من المنشأة أو عن طريق استخدام جُدر الحماية من الحرائق. ويجب أن تعمل مسربات هواء التهوية على منع دخول الأدخنة إلى أماكن السكن؛
- تطبيق إجراءات السلامة في تحميل المنتجات وتفريغها في أنظمة النقل (مثل صهاريج السفن وعربات السكك الحديدية الصهريجية وشاحنات الصهريج والسفن[28])، بما في ذلك استخدام صمامات التحكم ذات الوقاية التلقائية وأجهزة / هياكل إيقاف التشغيل في حالات الطوارئ.[29]
- توفير تدريب على الأمور المتعلقة بالسلامة من الحرائق وطرق الاستجابة لها في إطار برامج التوجيه / التدريب الخاصة بالحفاظ على صحة العاملين وسلامتهم، بما في ذلك التدريب على استخدام معدات إخماد الحرائق والإخلاء، بالإضافة إلى توفير تدريب متقدم على السلامة من الحرائق لفريق مكافحة الحرائق المتخصص.

2-2-1 تكدس الغاز (Roll-over)

45. قد يؤدي تخزين كميات كبيرة من الغاز الطبيعي المسال في صهاريج إلى حدوث ظاهرة معروفة باسم "تكدس الغاز roll-over". ويحتمل حدوث تكدس للغاز في صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال عندما توجد طبقات منفصلة للغاز الطبيعي المسال ذات كثافات مختلفة داخل الصهريج. وإذا حدث امتزاج غير ملائم بين هذه الطبقات، فمن الممكن أن يتسبب ذلك في انبعاث سريع في أبخرة الغاز الطبيعي المسال وارتفاع سريع في الضغط، الأمر الذي قد يؤدي، في حالة غياب صمامات تهوية السلامة التي تعمل بشكل جيد، إلى حدوث أضرار في هيكل الصهريج. ويمكن أن يحدث تكدس الغاز بسبب: التطبّق (stratification) الناتج عن تحميل الغاز الطبيعي المسال بكثافات مختلفة في صهريج التخزين؛ أو حدوث تطبق تلقائي إذا وجدت كمية كافية من النيتروجين في الغاز الطبيعي المسال بحيث يبدأ في الغليان على نحو تفضيلي ويسفر عن انخفاض كثافة الحمولة السائلة. وتتضمن الإجراءات المُوصى بها لمنع تكدس الغاز أو الحد من آثاره ما يلي:[30]

- قياس عملية التطبّق (stratification) بمراقبة صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال للتعرف على الضغط والكثافة ودرجة الحرارة لهذه الصهاريج طوال الوقت في عمود السائل.
- منع التطبّق بتركيب نظام يعمل على إعادة تدوير الغاز الطبيعي المسال داخل الصهريج و/أو تثبيت نقاط تحميل متعددة على مستويات مختلفة للصهريج لكي تتيح إمكانية توزيع الغاز الطبيعي المسال الموجود بكثافات مختلفة داخل الصهريج.
- تركيب صمامات أمان الضغط المصممة للتوافق مع ظروف تكدس الغاز ومنع تضرر الصهريج.

3-2-1 ملامسة الأسطح الباردة

46. قد يؤدي تخزين الغاز الطبيعي المسال ومعالجته إلى تعرض الأفراد للاحتكاك بمنتج ذي درجات حرارة منخفضة للغاية. ويجب تحديد معدات المحطات التي تعرض للمخاطر المهنية بسبب انخفاض درجة الحرارة على نحو ملائم والسعي نحو الحماية من هذه المخاطر (مثلا، المعزولة) بهدف تقليل الاحتكاك العرضي بين الأفراد وهذه المعدات. ويجب توفير تدريب بغرض تعريف العاملين الذين يتعاملون مع الغاز الطبيعي المسال أو توزيعه (مثلا، في محطات التزويد بالغاز الطبيعي المسال) بمخاطر الاحتكاك بالأسطح الباردة (مثلا، الحرق البارد)، ويجب كذلك تزويدهم بمعدات الوقاية الشخصية (PPE) (مثل، القفازات والملابس العازلة).

[28] تشتمل الأمثلة على الممارسات الصناعية الجيدة في تحميل وتفريغ الناقلات على معايير ISGOTT.
[29] من بين الأمثلة على الإجراءات الجيدة المعيار A 59 التابع للجمعية الأمريكية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) أو غيره من المعايير المكافئة.
[30] راجع: "Rollover in LNG Storage Tanks 2nd Edition: 2015: Summary Report by the GIIGNL Technical Study Group on the Behaviour of LNG in Storage", http://www.giignl.org/sites/default/files/PUBLIC_AREA/Publications/rollover_in_lng_storage_tanks_public_document_low-res.pdf

4-2-1 المخاطر الكيميائية

47. يجب إعداد تصميم منشآت الغاز الطبيعي المسال بحيث تعمل على تقليل تعرض الأفراد للمواد الكيميائية والوقود والمنتجات التي تحتوي على مواد خطرة. وبالنسبة للمواد الكيميائية المستخدمة، يجب توفير استمارة بيانات السلامة (SDS) وتوفير إمكانية الوصول إليها بسهولة في المنشأة. وتتوفر توجيهات حول النهج التسلسلي العام الخاص بمنع تأثيرات المخاطر الكيميائية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

48. يجب تجهيز المنشآت بنظام موثوق به لاكتشاف الغاز الذي يسمح بعزل مصدر انبعاث الغاز وتقليل مخزون الغاز الذي يمكن انبعاثه. ويجب بدء عملية تفوير لجهاز الضغط لتقليل ضغط النظام وبالتالي تقليل معدل تدفق الانبعاثات الغازية. ويجب أيضًا استخدام أجهزة اكتشاف الغازات للسماح بالدخول وإجراء عمليات التشغيل في الأماكن المغلقة.

49. الجدير بالذكر أن منشآت إسالة الغاز التي تقوم بعمليات معالجة الغاز لديها القدرة على إطلاق كبريتيد الهيدروجين (H2S). وفي أي مكان يتراكم فيه غاز كبريتيد الهيدروجين (H2S)، يجب مراعاة الإجراءات التالية:

- وضع خطة طارئة لأحداث انبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين، بما فيها كافة الجوانب الملائمة بدءًا من عملية الإخلاء وصولاً إلى استئناف العمليات العادية.
- تركيب مجموعة من أجهزة المراقبة لتنشيط إشارات التحذير في حالة اكتشاف وجود تركيزات لغاز كبريتيد الهيدروجين تتجاوز 7 مليغرامات لكل متر مكعب .(mg/m3)[31] ويجب تحديد عدد أجهزة المراقبة ومواقعها استنادًا إلى تقييم مواقع المحطة التي تتعرض لانبعاثات غاز كبريتيد الهيدروجين ومستوى التعرض له أثناء مزاولة العمل.
- توفير أدوات اكتشاف غاز كبريتيد الهيدروجين الشخصية للعاملين في المواقع ذات التعرض المرتفع للمخاطر بالإضافة إلى جهاز تنفس كامل مستقل وإمدادات غاز الأكسجين في حالات الطوارئ والتي يمكن الوصول إليها بسهولة لتمكين الأفراد من وقف المهام بأمان والوصول إلى مأوى مؤقت أو ملاذ آمنٍ.
- توفير تهوية كافية للمباني المأهولة بالعاملين وتوفير أنظمة سلامة كافية (مثلاً، الأقفال الهوائية وإغلاق منافذ التهوية عند اكتشاف الغاز) وذلك لتجنب تراكم غاز كبريتيد الهيدروجين.
- تدريب العاملين على استخدام معدات السلامة والمكافحة في حالة حدوث تسرب.

5-2-1 الأماكن المغلقة

50. كما هو الحال في أي قطاع آخر من قطاعات الصناعة، قد تحمل مخاطر الأماكن المغلقة بين طياتها آثارًا مميتة بالنسبة للعاملين. فدخول العمال إلى الأماكن المغلقة واحتمالات وقوع حوادث بها يختلف من منشأة إلى أخرى من منشآت محطات الغاز الطبيعي المسال بحسب تصميمها، والمعدات المتوفرة بالموقع، والبنية التحتية الخاصة بكلٍ منها. وقد تشتمل الأماكن المغلقة على صهاريج التخزين ومناطق الاحتواء الثانوي والبنية التحتية لإدارة مياه العواصف والمياه المستعملة. ويجب على المنشآت وضع إجراءات لدخول الأماكن المغلقة وتطبيقها وفقًا لما هو مبين في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

3-1 الصحة والسلامة المجتمعية

51. تماثل الآثار التي تتعلق بالصحة والسلامة المجتمعية والتي تحدث أثناء مرحلتي الإنشاء ووقف التشغيل الآثار التي تحدث في غالبية المنشآت الصناعية الأخرى، وتتناولها بالمناقشة **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

[31] المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين - قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض في الأجل القصير (ACGIH Threshold Limit Value–Short-Term Exposure Limit).

52. تتماثل الآثار التي تتعلق بالصحة والسلامة المجتمعية خلال مرحلة تشغيل منشآت الغاز الطبيعي المسال أو نقله مع تلك الآثار الناتجة عن تسريب الغاز الطبيعي المحتمل حدوثه بشكل طارئ، سواءً في حالته السائلة أو الغازية. ويمكن أن تؤثر الغازات سريعة الالتهاب أو الإشعاعات الحرارية والضغط الزائد على المناطق المجتمعية الواقعة خارج حدود المنشأة، إلا أن احتمالات وقوع حوادث كبيرة الحجم ذات ارتباط مباشر بعمليات التخزين في المنشآت المصممة والمُدارة بشكل جيد تكون ضئيلة للغاية.[32] ويجب أن يعتمد تخطيط منشأة الغاز الطبيعي المسال والمسافة الفاصلة بين المنشأة والمنشآت العامة و/أو المجاورة الواقعة خارج حدود محطات الغاز الطبيعي المسال على مسألة تقييم المخاطر من حرائق الغاز الطبيعي المسال (الحماية من الإشعاع الحراري) أو سحابة من البخار (الحماية من تشتيت البخار سريع الاشتعال) أو المخاطر الكبرى الأخرى.

53. ينبغي لمنشآت الغاز الطبيعي المسال إعداد خطة استعداد واستجابة للطوارئ تضع في اعتبارها دور المجتمعات المحلية والبنية الأساسية للمجتمع في حالة حدوث تسرب غاز طبيعي مسال أو حدوث انفجارات في منشآتها. ويجب مراعاة حركة مرور السفن، بما في ذلك مراعاة حركة المرور على أرصفة موانئ التحميل والتفريغ، المرتبطة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال، فيما يتعلق بأنماط حركة المرور البحرية المحلية وأنشطتها. وينبغي لموقع منشآت تحميل / تفريغ السفن أن يراعي وجود ممرات شحن أخرى وأنشطة بحرية أخرى في المنطقة (مثلاً، أعمال الصيد والترفيه). ويجب تدريب سائقي شاحنات / ناقلات الغاز الطبيعي المسال على تدابير السلامة على الطرق وخطط الاستجابة لحالات الطوارئ. وتتوفر معلومات إضافية عن عناصر خطط الطوارئ في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**. وتتوفر الإستراتيجيات العامة لإدارة سلامة عمليات الشحن، المعمول بها في نقل الغاز الطبيعي المسال عبر البحر، في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن بالسفن.**

1-3-1 الأمن

54. ينبغي تجنب الوصول غير المصرح به إلى المنشآت من خلال السياج الخارجي المحيط بالمنشأة ونقاط دخول خاضعة للتحكم/الرقابة (البوابات المحروسة). ويجب تفعيل الرقابة الشديدة عند الوصول إلى المنشآت. وينبغي للافتات المناسبة والمناطق المغلقة إقامة مناطق تبدأ فيها الضوابط الأمنية عند حدود المنشآت. وينبغي أن تدل حركة مرور المركبات بوضوح على المداخل الخاصة بمركبات الشاحنات / البضائع والزوار / الموظفين. ويجب مراعاة استخدام وسائل الكشف عن التطفل والدخول بدون تصريح (مثلاً، شبكة تلفزيون بدوائر مغلقة). ولزيادة فرص المراقبة وتقليل إمكانية دخول المتطفلين، ينبغي أن تتوفر لدى المنشأة أنظمة إضاءة مناسبة.

[32] يجب أن يتم تقييم المخاطر التي تواجه المجتمع ومكافحتها وفقًا للمعايير المعترف بها دوليًا، على سبيل المثال، معيار EN 1473. ويجب مراعاة تحديد مسافات الحماية التي تفصل منشآت تخزين الغاز الطبيعي المسال والمنشآت الأخرى وإقرارها، على سبيل المثال، وفقًا لـ U.S. CFR, Title 49, Part 193.16، لحماية المناطق المجاورة.

2. رصد مؤشرات الأداء

2-1 البيئة

2-1-1 الإرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

55. ينبغي السيطرة على الانبعاثات الهوائية المنبعثة من منشآت الغاز الطبيعي المسال عن طريق تطبيق الأساليب المبينة في القسم 1-1 من الإرشادات الحالية. ويرد وصف بالإرشادات بشأن النفايات السائلة في الجدول 1. وتشرح القيم الإرشادية الخاصة بالنفايات السائلة الناتجة عن العمليات التي تجري في هذا القطاع بوضوح الممارسة الصناعية الدولية الجيدة كما هي واردة في المعايير ذات الصلة للبلدان التي لديها أطر تنظيمية معترف بها. وتعالج **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** الإرشادات المرتبطة بأنشطة استرداد الحرارة وتوليد الطاقة البخارية و/أو الكهربائية من مصادر لها قدرة تساوي أو تقل عن 50 ميغاوات؛ أما انبعاثات مصادر الطاقة الكهربائية الأكبر فتعالجها **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية.**

الجدول 1. مستويات النفايات السائلة في منشآت الغاز الطبيعي المسال

المعامل	القيمة الإرشادية
المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي	المعالجة والتخلص منها بموجب التوجيهات الموضحة في القسم 1.1 من هذه الوثيقة. وبالنسبة لعمليات التصريف على المياه السطحية أو على الأرض: ○ إجمالي محتوى الهيدروكربونات: 10 ملغم/ لتر ○ الأس الهيدروجيني: 6-9 ○ الأكسجين المطلوب بيولوجيا: 25 ملغم/ لتر ○ الأكسجين المطلوب كيميائيا: 125 ملغم/ لتر ○ المواد العالقة الكلية: 35 ملغم/ لتر ○ الفينولات: 0.5 ملغم/ لتر ○ الكبريتيدات: 1 ملغم/ لتر ○ معادن ملوثة ذات أولوية [أ] (إجمالي): 5 ملغم/ لتر الكلوريدات:[ب] 600 ملغم / لتر (متوسط)، 1200 ملغم / لتر (الحد الأقصى)
تصريف مياه العواصف الملوثة	يجب التعامل مع تدفق مياه العواصف الملوثة من خلال استخدام نظام للفصل بين الزيت والماء يمكنه تحقيق تركيز الزيوت والشحوم بما لا يتجاوز 10 ملغم / لتر.
التبريد أو المياه الباردة	ينبغي ألا تؤدي النفايات السائلة إلى تغير في درجة الحرارة بأكثر من 3 درجات مئوية عند حافة منطقة مزج مثبتة علمياً تأخذ في الاعتبار جودة المياه المحيطة، واستخدام المياه المستقبلة، والمستقبلات المحتملة، والطاقة الاستيعابية. وينبغي الحفاظ على نسبة تركيز الكلور الحر (إجمالي الكلور المؤكسد المتبقي في مياه مصاب الأنهار / البحر) في عمليات تصريف مياه التبريد / المياه الباردة (كعينة عند نقطة التصريف) أقل من 0.2 من الأجزاء لكل مليون.
الصرف الصحي	المعالجة بموجب التوجيهات الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، بما فيها متطلبات التصريف. وقد يتعيّن توفير منشآت لاستقبال النفايات السائلة الموجودة في خزّان الغاز الطبيعي المسال (راجع الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة للموانئ والمرافئ).

ملاحظات:
[أ] وهذه الحالات هي: Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, Zn.
[ب] بالنسبة لتصريف المياه العذبة.

2-1-2 استخدام الموارد واستهلاك الطاقة

56. يقدم الجدول 2 أمثلة لمؤشرات استهلاك الموارد والطاقة في هذا القطاع. وتتوفر القيم المعيارية للصناعة لأغراض المقارنة فقط وعلى المشروعات الفردية أن تستهدف التحسين المستمر في هذه المجالات. وتُقدم هذه المؤشرات هنا كنقاط مرجعية لأغراض المقارنة بهدف تمكين مديري المنشأة من تحديد الكفاءة النسبية للمشروع، كما يمكن استخدامها أيضًا لتقييم التغيرات التي تمت في الأداء بمرور الوقت.

الجدول 2. استهلاك الطاقة

المعامل	الوحدة	المعيار الإرشادي للصناعة
استهلاك الطاقة - عملية إسالة الغاز الطبيعي المسال	كيلووات ساعة/ طن من الغاز الطبيعي المسال	400–275[أ]

ملاحظات:
[أ] لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية لأوروبا، 2014.

2-1-3 الرصد البيئي

57. ينبغي تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بهذا القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد أن لها آثاراً كبيرة محتملة على البيئة، أثناء العمليات العادية وفي الظروف المضطربة. وينبغي أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع بعينه للانبعاثات والنفايات السائلة واستخدام الموارد.

58. وينبغي أن يكون معدل تكرار الرصد بالقدر الكافي لتوفير بيانات تمثيلية للمعيار الجاري رصده. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات مع استخدام معدات تجري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر توجيهات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات والنفايات السائلة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

2-2 الصحة والسلامة المهنية

2-2-1 إرشادات الصحة والسلامة المهنية

59. ينبغي تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية مقارنةً بإرشادات التعرض المنشورة دوليًا، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) التي نشرها المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين، (ACGIH)[33] ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية الذي نشره المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية، (NIOSH)[34] وحدود التعرض المسموح بها (PELs) التي نشرتها الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية، (OSHA)[35] والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني التي نشرتها الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي[36]، أو ما يشابهها من مصادر.

[33] http://www.acgih.org/store /
[34] http://www.cdc.gov/niosh/npg/
[35] http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992
[36] https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/exposure-to-chemical-agents-and-chemical-safety/osh-related-aspects/council-directive-91-414-eec

2-2-2 معدلات الحوادث والوفيات

60. يجب على إدارات المشاريع أن تحاول خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواءً المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لا سيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويمكن مقارنة معدلات الحوادث والوفيات في منشأة محددة بأداء المنشآت الأخرى في هذا القطاع بالبلدان المتقدمة بالرجوع إلى المصادر المنشورة (مثلاً، مكتب الولايات المتحدة لإحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة).[37]

2-2-3 رصد الصحة والسلامة المهنية

61. يجب رصد بيئة العمل بحثًا عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين[38] كجزء من برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. كما يجب على إدارة المنشآت الاحتفاظ بسجلات عن الحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطرة. وتتوفر توجيهات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

[37] http://www.bls.gov/iif/ and http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm
[38] يمكن أن يشتمل المهنيون المعتمدون على أخصائيي الصحة الصناعية المعتمدين، أو أخصائيي الصحة المهنية المسجلين، أو أخصائيي السلامة المعتمدين أو من يكافئهم.

3. ثبت المراجع

ABS Consulting. 2004. Consequence Assessment Methods for Incidents Involving Releases from Liquefied Natural Gas Carriers. Report for FERC. Houston, TX: ABS Consulting.

American Petroleum Institute (API). 2003. Recommended Practice. Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents. API RP 2003. Washington, DC: API.Aspen Environmental Group. 2005. International and National Efforts to Address the Safety and Security Risks of Importing Liquefied Natural Gas: A Compendium. Prepared for California Energy Commission. Sacramento, CA: Aspen Environmental Group.

California Energy Commission. 2003. Liquefied Natural Gas in California: History, Risks, and Siting. Staff White Paper. No. 700-03-005. Sacramento, CA: California Energy Commission. http://www.energy.ca.gov/publications/index.php.

Center for Energy Economics (CEE). 2003a. Introduction to LNG. An Overview on Liquefied Natural Gas (LNG), its Properties, the LNG Industry, Safety Considerations. Sugar Land, Texas: CEE. http://www.beg.utexas.edu/energyecon.

———. 2006. LNG Safety and Security. Sugar Land, Texas: CEE. http://www.beg.utexas.edu/energyecon/lng/documents/CEE_LNG_Safety_and_Security.pdf.

European Union. European Norm (EN) Standard EN 1473. 2016. Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas—Design of Onshore Installations. Latest Edition. Brussels: EU.

———. 2002. EN 13645. Installations and Equipment for Liquefied Natural Gas—Design of Onshore Installations with a Storage Capacity Between 5 t and 200 t.

International Maritime Organisation (IMO). 2016. International Gas Carrier Code (IGC Code). http://www.imo.org/publications.

International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA). 2008. Guide to Tiered Preparedness and Response. Vol. 8 of Oil Spill Preparedness and Response. London. http://www.ipieca.org.

International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT). 2006. 5th ed. ICS & OCIMF. London: Witherbys Publishing.

IMO. 1978. MARPOL 73/78. International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto. London: IMO.

Kidnay, A.J., and W.R. Parrish. 2006. Fundamentals of Natural Gas Processing. Boca Raton, FL: CRC Press.

National Fire Protection Association (NFPA). 2016. NFPA 59A. Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG). Quincy, MA: NFPA.

———. 2013. NFPA 52. Vehicular Gaseous Fuel Systems Code. Quincy, MA: NFPA.

Nova Scotia Department of Energy. 2005. Code of Practice. Liquefied Natural Gas Facilities. Halifax, Nova Scotia: Department of Energy. http://www.gov.ns.ca/energy.

Sandia National Laboratories. 2004. Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill Over Water. SAND2004-6258, December 2004. Albuquerque, New Mexico, and Livermore, California: Sandia National Laboratories.

Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO). 1997 Site Selection and Design of LNG Ports and Jetties. London: SIGTTO. http://www.sigtto.org.

———. 1999. Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals - 3rd edition. London: SIGTTO.

———. 2000. Safety in Liquefied Gas Marine Transportation and Terminal Operations. London: SIGTTO. http://www.sigtto.org.

United Nations Commission for Europe (UNECE). 2014. Current Status and Perspectives for LNG in the UNECE Region. http://www.unece.org/energy/se/lng.html.

United States (U.S.) Department of Transportation, Pipeline and Hazardous Material Safety Administration. "Code of Federal Regulations (CFR). Title 49: Transportation. Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards." Washington, DC. http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=cd21c092380ea207143329726734e8ca&mc=true&node=pt49.3.193&rgn=div5.

U.S. Department of Homeland Security, Coast Guard. "Code of Federal Regulations (CFR). Title 33: Navigation and Navigable Waters. Part 127: Waterfront Facilities Handling Liquefied Natural Gas and Liquefied Hazardous Gas." Washington, DC. http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=b52b35cc7a3e8cebd4e6e58e2eb97141&mc=true&node=pt33.2.127&rgn=div5.

الملحق ألف: وصف عام لأنشطة الصناعة

62. تتيح إسالة الغاز الطبيعي إمكانية تقليل حجم الغاز بشكل كبير، وهو ما يؤدي إلى إمكانية تخزين كميات كبيرة من الغاز الطبيعي المسال (LNG) ونقلها باستخدام السفن. وتتضمن سلسلة عملية إسالة الغاز الطبيعي مراحل الأنشطة التالية:

- المرحلة 1: إنتاج الغاز الطبيعي (أنشطة ومنشآت المراحل الأولية)
- المرحلة 2: نقل الغاز الطبيعي إلى محطات المعالجة / الإسالة
- المرحلة 3: معالجة الغاز الطبيعي (التجفيف وإزالة كبريتيد الهيدروجين (H2S)، إلخ.)
- المرحلة 4: إسالة الغاز الطبيعي
- المرحلة 5: تحميل الغاز الطبيعي المسال في ناقلات/سفن الغاز الطبيعي المسال ونقله إلى محطات الاستقبال
- المرحلة 6: تفريغ الغاز الطبيعي المسال وتخزينه في محطات الاستقبال
- المرحلة 7: إعادة تحويل الغاز الطبيعي المسال إلى حالته الغازية من خلال التبادل الحراري
- المرحلة 8: توزيع الغاز الطبيعي إلى شبكات عن طريق خطوط أنابيب نقل الغاز، وإلى منشآت التزويد بالغاز الطبيعي المسال للنقل البري والنقل بالسكك الحديدية، والتطبيقات غير المستخدمة على الطرق (الشاحنات المستخدمة في التعدين)

63. ينبغي أن يتم "تكييف" الغاز الطبيعي الخام قبل استخدامه لإزالة الهيدروكربونات الأثقل والمكونات غير المرغوب فيها أو الشوائب. وتحدث عملية تكييف الغازات في منشآت منفصلة أو قائمة بذاتها أو يمكن دمج هذه العملية في محطة إسالة الغاز الطبيعي المسال، وتشتمل هذه العملية عادةً على استخراج الهيدروكربونات الأثقل مثل الغاز البترولي المسال (LPG) وسوائل الغاز الطبيعي (NGL) مثل البروبان والبيوتان. ويتم بعد ذلك تكييف الغاز المُعالج (غاز غني بالميثان) في منشآت إسالة الغاز الطبيعي المسال. ولكي يتم نقل الغاز الطبيعي المسال، يتم تبريده إلى حوالي سالب 162 درجة مئوية تحت الصفر، حيث يتم تكثيفه إلى سائل تحت ضغط جوي تقل درجته إلى حوالي 600/1 من حجمه الأصلي وتصل إلى كثافة تبلغ من 420 إلى 490 كيلوغراماً لكل متر مكعب (كغم/م^3).

أ - 1 إسالة الغاز الطبيعي

64. يظهر رسم بياني نموذجي لتدفق محطات إسالة الحمل الأساسي للغاز الطبيعي المسال في الشكل أ-1. وتتوقف متطلبات المعالجة والمنشآت على أحوال الموقع ونوعية الغاز المستخدم وتصنيف المنتج. وفي هذا الرسم البياني النموذجي، يتم تسليم الغاز المغذي عند ضغط عالٍ (يصل إلى 90 بار) من حقول الغاز خلال المراحل الأولية للإنتاج عبر خطوط الأنابيب، ويتم تثبيت أي ناتج مرتبط من نواتج التكثيف وإزالته. ويتم قياس حجم الغاز وضبط الضغط الخاص به على قيمة الضغط التشغيلي وقت التصميم في المحطة.

65. يتم إجراء معالجة مسبقة للغاز بهدف إزالة أية شوائب تتداخل مع عملية المعالجة أو غير مرغوب فيها في المنتجات النهائية. وتشتمل عمليات المعالجة هذه على معالجة الغاز (تتكون هذه العمليات من إزالة الغازات الحامضية ومكونات الكبريت، على سبيل المثال، ثاني أكسيد الكربون والمركبتان، وإزالة الزئبق والملوثات النادرة الأخرى، كلما دعت الضرورة إلى ذلك) وتجفيفه (إزالة الماء).

66. يتم بعد ذلك تبريد الغاز المعالج الجاف بواسطة تدفقات التبريد لفصل الهيدروكربونات الأثقل. ويخضع الغاز الذي تمت معالجته لمراحل تبريد متعددة عن طريق إجراء تبادل حراري غير مباشر باستخدام واحد أو أكثر من المبردات، التي تعمل على تقليل درجة حرارة الغاز تدريجيًا حتى اكتمال عملية الإسالة. وعلاوة على ذلك، يتم تمديد الغاز الطبيعي المسال المضغوط وتبريده إلى درجة أقل من درجة التجمد في مرحلة أو أكثر من المراحل لتسهيل عملية التخزين عند ضغط جوي أعلى نوعًا ما من الضغط المذكور أعلاه. وتتم إعادة تدوير الأبخرة اللامعة والغازات المتبخرة في هذه العملية. ويتم تخزين الغاز الطبيعي المسال الناتج في صهاريج هوائية جاهزة للتصدير عن طريق السفن.

67. تتم تجزئة الهيدروكربونات الأثقل التي يمكن فصلها أثناء التبريد واستعادتها. وفي بعض الأحيان، تتم إعادة حقن غاز الميثان في مجرى الغاز لتتم إسالته. وقد تتم إعادة حقن أي من البروبان والبيوتان أو تصديره في شكل منتجات الغاز البترولي المسال ويمكن تصدير مادة البنتان (أو المكونات الأثقل) في شكل منتجات البنزين.

68. يتم في عمليات إسالة الغاز بالدرجة الأولى استخدام التبريد الميكانيكي، التي يتم فيها تحويل الحرارة من الغاز الطبيعي عبر أسطح المبادل الحراري وصولاً إلى نظام تبريد مضغوط منفصل ذي حلقة مغلقة. وقد تم تطوير عددٍ من عمليات معالجة الغاز الطبيعي المسال المختلفة، وتتضمن أكثر هذه العمليات شيوعًا ما يلي:

- الترتيب التعاقبي، الذي يتم فيه استخدام عدد من حلقات التبريد المنفصلة، مع سوائل المكونات المفردة المختلفة، مثل البروبان والإيثيلين والميثان.
- المبرد المختلط، والذي يستخدم مزيج من النيتروجين والهيدروكربونات الخفيفة.

69. تتضمن المواد المساعدة لدعم وحدات المعالجة الرئيسية ما يلي:

- غاز الوقود (المشتق من تدفقات المعالجة) لتوليد الكهرباء
- أداة تبريد (ماء أو هواء)
- أداة تسخين (بخار أو نظام زيوت ساخنة)

أ - 2 نقل الغاز الطبيعي المسال

70. يتم نقل الغاز الطبيعي المسال من موقع محطة الإسالة إلى محطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية عبر ناقلات غاز طبيعي مسال مصممة خصيصًا لهذا الغرض، تبلغ سعتها النموذجية 80 ألف متر مكعب وتصل إلى 260 ألف متر مكعب. وتعمل الصهاريج على متن السفينة بمثابة أوعية كبيرة الحجم حافظة للحرارة أو البرودة (قارورة وهمية)، والتي تعمل على بقاء الغاز الطبيعي المسال في صورته السائلة طوال مدة النقل. ويتم إنتاج كمية صغيرة جدا من الغاز في الصهاريج وتجميعها بغرض منع حدوث تراكم تدريجي نتيجة الضغط الموجود في الصهريج ويمكن استخدامها كوقود للناقلة. وهناك أربعة أنظمة من أنظمة الاحتواء، تراقب باستمرار حدوث تغيُّر في الغاز ودرجة الحرارة، وهي أنظمة قيد الاستخدام في الناقلات الجديدة للغاز الطبيعي المسال:[39]

- تصميمان من نوع التصميمات المدعومة ذاتيًا:
  - صهريج كرّي (طحلبي)
  - صهريج منشوري
- تصميمان من أنواع التصميمات المبطنة (GT96 و TGZ Mark III). وتستخدم الصهاريج المبطنة غشائين من الصلب يتسمان بالمرونة (أساسي وثانوي) لكي تحتوي على الشحنة.

أ - 3 محطة إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية إلى البر

71. تتكون محطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية من الأنظمة التالية:

- نظام تفريغ الغاز الطبيعي المسال، شاملاً رصيف الميناء ومرسى السفن
- صهريج (صهاريج) تخزين الغاز الطبيعي المسال
- مضخات الغاز الطبيعي المسال الداخلية والخارجية
- نظام معالجة البخار
- أجهزة تبخير الغاز الطبيعي المسال.

[39] تم تناول الخصائص المناسبة والتفصيلية للصهاريج في وثائق الإرشادات ومواصفات التصميم التي أعدتها الجمعية الدولية لمشغلات المحطات وناقلات الغاز (SIGTTO).

72. يتم نقل الغاز الطبيعي المسال إلى خطوط التفريغ وفي صهاريج الغاز الطبيعي المسال على الشاطئ باستخدام مضخات السفينة. وأثناء عملية تفريغ السفينة، تتم إعادة البخار المتولد في صهريج التخزين بواسطة الإزاحة إلى صهاريج الشحنات الموجودة على السفينة بواسطة خط إرجاع البخار، مما يعمل على حفظ الضغط الإيجابي في السفينة. ويتم تركيب صهريج واحد أو أكثر من الصهاريج ذات السعة الكبيرة لاستقبال الغاز الطبيعي المسال وتخزينه.

73. أثناء العملية العادية، يتم إنتاج الغازات المتبخرة في الصهاريج وخطوط مملوءة بالسائل عن طريق نقل الحرارة من البيئات المحيطة. ويتم تجميع الغازات المتبخرة في العادة لتتم إعادة تكثيفها في مجرى الغاز الطبيعي المسال. وأثناء عملية تفريغ السفينة، تزداد كمية البخار المتولد لتصل إلى مستوى أعلى. ويتم توجيه البخار من أسطوانة امتصاص ضغط الهواء إلى خطوط إرجاع البخار ومنها إلى السفينة أو إلى ضواغط الغازات المتبخرة. ويتم في العادة ضغط البخار الذي لم يتم إرجاعه إلى السفينة وتوجيهه إلى جهاز إعادة التكثيف.

74. يتم إرسال الغاز الطبيعي المسال من صهاريج التخزين باستخدام المضخات الداخلية إلى جهاز إعادة التكثيف. ويتم أيضًا توجيه الغازات المتبخرة المتولدة أثناء تشغيل المحطة إلى هذه السفينة، حيث يجري مزجها بالغاز الطبيعي المسال الذي تم تبريده إلى درجة أقل من درجة التجمد وتكثيفه.

75. تقوم مضخات توزيع ذات رأس عالية متعددة المراحل بأخذ الغاز الطبيعي المسال من جهاز إعادة التكثيف وإدخاله إلى أجهزة التبخير، حيث يتيح التبادل الحراري بين الغاز الطبيعي المسال وأداة التسخين إمكانية تبخير الغاز الطبيعي المسال عالي الضغط، ويتم إرسال الغاز المتولد مباشرةً إلى خط التصدير. وفيما يلي عرض أنواع أجهزة التبخير الأكثر شيوعًا:

- أجهزة تبخير الرف المفتوح (ORV)، التي تستخدم ماء البحر لتسخين الغاز الطبيعي المسال وتبخيره.
- أجهزة تبخير الحرق المغمورة (SCV)، التي تستخدم المحارق التي تتم تغذيتها بواسطة الغاز المنتشر لتوليد حرارة للتبخير.
- أجهزة تبخير الهيكل والماسورة (أو سائل متوسط)، حيث يتوفر مصدر خارجي للحرارة.

أ - 4 أنظمة الحرق والتنفيس

76. في حالة الهبوط المفرط أو الظروف الطارئة، يمكن توليد الغاز المتبخر بكميات تتجاوز سعة جهاز إعادة التكثيف. وفي هذه الحالة، يتم إرسال الغاز المتبخر إلى فتحات التنفيس عبر عملية الحرق أو التنفيس. وفي حالة تنفيذ تنفيس غاز بشكل طارئ، يجب الاهتمام بتقليل غاز الميثان البارد الذي يمكن أن ينخفض بعد التصريف من فتحة التنفيس، وذلك لتجنب وصول غاز الميثان البارد إلى درجة الحد الأدنى للاشتعال (LFL).

أ - 5 محطة استقبال الغاز الطبيعي المسال البحرية

77. فيما يلي عرض لأنواع تصميمات منشآت الغاز الطبيعي المسال الموجودة في عرض البحر:

- الهياكل القائمة على مبدأ الجاذبية (GBS)
- الوحدات العائمة للتخزين وإعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية
- الوحدات العائمة لإعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية
- أنظمة الإرساء التي تشتمل على إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية

78. الهياكل القائمة على مبدأ الجاذبية (GBS) هي هياكل خرسانية ثابتة مقامة في قاع البحر تبنى فوقها كل منشآت المحطة.

79. الوحدة العائمة لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية (FSRU) هي سفينة ناقلة تم تعديلها لكي تشمل أنظمة إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية. وتعرف تلك الوحدات على أنها هياكل طافية تم إرساؤها في قاع البحر بواسطة نظام مرساة برجي. وتوجد الأنظمة اللازمة لضخ الغاز الطبيعي المسال والتبخير ومعالجة الغاز المتبخر ونقل الغاز الطبيعي إلى الشاطئ على متن الوحدات العائمة لإعادة الغاز الطبيعي إلى حالته الغازية.

80. يقوم مفهوم الوحدة العائمة لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية على تحويل ناقلة النفط الخام، والتي تم تعديلها لتوفير رصيف لإجراء عملية تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية ولتمكين عملية الإرساء وتفريغ الغاز الطبيعي المسال من الناقلات. وقد لا تحتوي الوحدات العائمة لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية على أية وحدات تخزين غاز طبيعي مسال أو قد تحتوي على عددٍ محدود منها، ولذا يتم فورًا تبخير الغاز الطبيعي المسال الذي تستقبله تلك الوحدات من الناقلات ونقله. ويؤدي الحجم الكبير لتخزين الغاز إلى تمكين الوحدة من العمل كمنشأة رئيسية للتخزين لتلبية الطلب في حالات الذروة.

81. يمكن أن تتكون أنظمة الإرساء الملحقة بعملية إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية مما يلي:

- برج إرساء ذو نقطة واحدة (SPM)، والذي يتم فيه تركيب منشآت إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية الموجودة على السطح على شكل برج ثابت. ويجب إرساء ناقلات الغاز الطبيعي المسال بواسطة هيكل ذراع دوار في البرج الثابت. وتقوم الناقلة بتفريغ الغاز الطبيعي المسال ببطء إلى برج الإرساء ذي النقطة الواحدة، والذي يتم فيه التبخير الفوري للغاز ونقله عن طريق خطوط أنابيب الغاز.
- مرساة البرج الرافع القابلة للانفصال، وهي عبارة عن مرساة ونظام تفريغ، تعمل على تمكين تصريف بضغط عالٍ من ناقلة الغاز الطبيعي المسال التي يوجد على متنها محطة لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية.

أ - 6 منشآت التزويد بالغاز الطبيعي المسال

82. تتسلم محطات التزويد بالغاز الطبيعي المسال بشكل عام إمداداتها من الغاز الطبيعي المسال من محطة الإسالة عن طريق الشحنات الصهريجية المصممة لتوزيع الوقود المبرد. وفي موقع التزويد بالوقود، يتم تفريغ الغاز الطبيعي المسال في منظومة التخزين بالمنشأة. وفي معظم محطات الغاز الطبيعي المسال، يمر الوقود عبر مضخة إلى مبخر الهواء المحيط الذي يعمل كمبادل للحرارة. وفي هذا المبخر، ترتفع درجة حرارة الغاز الطبيعي المسال. كما ترتفع درجة الضغط عند درجات الحرارة تلك، لكن يظل الوقود سائلا. وتسمى هذه العملية "التكييف". وبعد ذلك، يتم تخزين الغاز الطبيعي المسال في سفن تبريد كبيرة يمكن وضعها أفقيا أو رأسيا، ويوجد في العادة في قدرات تخزين تبلغ 30 إلى 100 متر مكعب. وعند الحاجة، يتم توزيع الغاز الطبيعي المسال في شكل سائل في خزانات التبريد داخل العربة عند ضغط يصل إلى 20 بار.

الشكل أ-1. إنتاج الغاز الطبيعي المسال