هذه الوثيقة لم تعد قيد الاستخدام من قبل مجموعة البنك الدولي. الإصدارات الجديدة من دليل مجموعة البنك الدولي للبيئة والصحة والسلامة متاحة في الرابط التالي

http://www.ifc.org/ehsguidelines.

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال (LNG)

مقدّمة

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 الإرشادات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعقّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنيّة. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

http://www.ifc.org/ifcext/sustainability.nsf/Content/EnvironmentalGuidelines

وتتضمّن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تحققها 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.

وينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة بما يتناسب 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 المُضيف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنيّة، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنّية المحددة إلى الرأي المهني المتخصّص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

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.

[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.

التطبيق

تتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة لمنشآت الغاز الطبيعي المسال (LNG) معلومات تتعلق بمصانع إسالة الحمل الأساسي للغاز الطبيعي المسال والنقل البحري وإعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية (عملية تعرف بالتغويز) ومحطات التخزين الرئيسية لتلبية الطلب في حالات الذروة. أما بالنسبة لمنشآت الغاز الطبيعي المسال الساحلية، بما فيها الموانئ والمرافئ والمرافق الساحلية بوجه عام (مثل قواعد الإمداد البحرية للمحطات الساحلية ومحطات الشحن والتفريغ)، فتتوفر إرشادات إضافية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة للموانئ والمرافئ والمحطات. أما بالنسبة للقضايا ذات الصلة بالبيئة والصحة والسلامة التي ترتبط بناقلات الغاز، تتوفر الإرشادات الخاصة بها في "إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن بالسفن". ولا تشتمل هذه الإرشادات على القضايا ذات الصلة بإنتاج الغاز البترولي المسال/الماء المتكثف وتخزينهما في مصنع إسالة الغاز. وهذه الوثيقة تم تنظيمها وفق الأقسام التالية:

القسم 1.0: الآثار المرتبطة تحديدًا بالصناعة وكيفية التعامل معها
القسم 2.0: مؤشرات الأداء ورصده
القسم 3.0 - ثبت المراجع والمصادر الإضافية
الملحق ألف: وصف عام لأنشطة الصناع

1.0 الآثار المرتبطة تحديدًا بالصناعة وكيفية التعامل معها

يقدم هذا القسم موجزًا عن قضايا البيئة والصحة والسلامة المرتبطة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال، مع تقديم توصيات حول كيفية التعامل معها. وقد تتصل هذه القضايا بأية أنشطة معروضة في قائمة الأنشطة الواردة التي يمكن تطبيقها وفق هذه الإرشادات. وتجدر الإشارة إلى أن الإرشادات الإضافية المتعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة المشتركة في غالبية المرافق الصناعية الكبرى خلال مرحلة الإنشاء واردة في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

1.1 البيئة

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:

- المخاطر التي تواجه البيئات المائية والساحلية
- إدارة المواد الخطرة
- المياه المستعملة
- الانبعاثات الهوائية
- إدارة النفايات
- الضوضاء
- نقل الغاز الطبيعي المسال

المخاطر التي تواجه البيئات المائية والساحلية

قد تؤدي أنشطة تجريف المواد المتخلفة عن أعمال التشييد والصيانة والتخلص من فوائض عمليات التجريف وتشييد دعامات الجسور وأرصفة الموانئ وحواجز الأمواج والهياكل الأخرى على جانب المياه وظاهرة تحات المياه إلى حدوث تأثيرات قصيرة وطويلة الأمد على الموائل المائية والساحلية. وقد تشتمل التأثيرات المباشرة على إزالة المواد المادية من موائل قاع أو شاطئ البحر أو جانب البر أو تغطيتها بينما قد تؤدي التأثيرات غير المباشرة إلى حدوث تغييرات على نوعية المياه من إرسابات أو تصريفات مياه العواصف والمياه المستعملة. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي تصريف مياه

الصابورة والإرسابات من السفن أثناء عمليات التحميل بمحطات الغاز الطبيعي المسال (*LNG*) إلى دخول أنواع مائية دخيلة. أما بالنسبة لمنشآت الغاز الطبيعي المسال القريبة من الساحل (مثل قواعد الإمداد البحرية للمحطات الساحلية ومحطات الشحن والتفريغ)، **تتوفر الإرشادات الخاصة بها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة للموانئ والمرافئ والمحطات.**

إدارة المواد الخطرة

قد يؤدي تخزين الغاز الطبيعي وتحويله ونقله إلى حدوث تسربات أو انبعاثات عارضة من الصهاريج والأنابيب والخراطيم والمضخات على التركيبات الأرضية وعلى الأوعية 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 السريعة الالتهاب والقابلة للاشتعال.

وبالإضافة 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 الدولية 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 الدولية المعمول بها على اشتراطات بشأن الحماية من فرط التعبئة وأنظمة الاحتواء الثانوية والقياس والتحكم في التدفق والحماية من الحرائق (بما في ذلك أجهزة إيقاف اللهب) والتأريض (لمنع الشحنات الكهربية الإستاتيكية). [2]
- 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). [3] 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

[2] راجع US Code of Federal Regulations (CFR) 4049 CFR Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: (Federal Safety Standards (2006 و European Standard (EN) 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design of Onshore (Installations (1997 و NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (20012006)

[3] 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 النقر.

والزائرين بسياسات عدم التدخين وعدم استخدام اللهب. [4]

الانسكاب

الغاز الطبيعي المسال هو غاز تبريد (- *162* ° درجة مئوية [- *259*° درجة فهرنهايت])، ولا يعد مادة سريعة الالتهاب والاشتعال في حالتها السائلة. ومع ذلك، قد ينتج عن أشكال الغاز المتبخر (غاز الميثان)، مثل دفايات الغاز الطبيعي المسال، وتحت أي ظروف، وجود 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 [5]) إلى حدوث تغيّر مرحلي طارئ يعرف باسم النقل المرحلي السريع (*RPT*). [6] .

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؛
- إعداد خطة رسمية لمنع وقوع حوادث انسكاب ومكافحتها، ويمكنها التعامل مع السيناريوهات الخطيرة والكميات الهائلة من المواد المنطلقة. ويجب أن تكون الخطة مدعومة بالموارد والتدريب اللازمين. كما يجب أن تكون المعدات المناسبة اللازمة لمواجهة حوادث الانسكاب في المتناول للتعامل مع كافة أنواع حوادث الانسكاب، بما فيها حوادث الانسكاب الصغيرة [7] ؛
- يجب وضع خطط مكافحة الانسكاب والاستجابة له بالتنسيق مع الهيئات الرقابية المحلية ذات الصلة؛
- يجب تجهيز المنشآت بنظام للاكتشاف المبكر لانبعاثات الغاز، وقد تم تصميم هذا الجهاز 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 (ESD/D) لبدء تنفيذ إجراءات إيقاف تشغيل التحويل التلقائي في حالة تسرب الغاز الطبيعي المسال بكميات كبيرة؛
- بالنسبة لأنشطة التفريغ / التحميل التي تعتمد على استخدام السفن والمحطات البحرية، فإنه يجب تحضير وتنفيذ

[4] 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 (2000 و Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGTTO) و US Code of Federal Regulations (CFR) 33 CFR Part 127: Waterfront facilities handling liquefied natural gas and liquefied hazardous gas.

[5] 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.

[6] ترتبط مخاطر البيئة والسلامة الكبيرة المحتمل حدوثها نتيجة شحن الغاز الطبيعي المسال بعملية النقل المرحلي السريع (RPT)، الذي قد يحدث عند انسكاب الغاز الطبيعي المسال بشكل طارئ في الماء بمعدلات سريعة للغاية. يتسبب انتقال الحرارة من الماء إلى الغاز الطبيعي المسال المنسكب داخله في تحول الغاز الطبيعي المسال بصورة فورية من طور السيولة إلى الحالة الغازية. يمكن 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.

[7] من المستبعد أن تحتاج حوادث الانسكاب الصغيرة للغاز الطبيعي المسال إلى توفير معدات استجابة لإجراء الاستجابة اليدوية لها، وذلك لأنها سوف تتبخر بسرعة.

الإجراءات المعتبرة لمنع الانسكاب عند تحميل حمولة الناقلات وتفريغها وفقاً للمعايير والإرشادات الدولية المعمول بها والتي تتناول تحديدًا الاتصال والتخطيط المسبقين مع المحطة المستقبلة؛ [8]

- يجب التأكد من أنه تم تصميم صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال مزودة 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) في حالة حدوث انبعاث غاز طارئ؛
- 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]
- يجب أن تسير عملية اختيار المواد المستخدمة في تصميم الأنابيب والمعدات، التي تكون عرضة لدرجات حرارة التبريد، وفقًا المعايير الدولية للتصميم؛ [10]
- في حالة انبعاث أحد الغازات، يجب 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، تغطية الغاز برغوة منتشرة؛ و
- يجب تصميم شبكة صرف المنشأة بالدرجة التي يتم بها تجميع الانبعاثات الطارئة للمواد الخطرة بهدف تقليل مخاطر الحرائق والانفجارات والتدفقات البيئية. كما يجب تحسين شبكة صرف انسكابات الغاز الطبيعي المسال (نظام الأحواض والبالوعات) بهدف تقليل معدلات تبخر الغاز لتحديد منطقة تشتيت البخار إجمالاً.

المياه المستعملة

توفر **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة** معلومات حول تصريف المياه المستعملة والمحافظة على المياه وإعادة استعمالها، بالإضافة إلى أنها توفر معلومات حول برامج رصد نوعية المياه والمياه المستعملة. وترتبط الإرشادات المذكورة أدناه بمجاري المياه المستعملة الإضافية الخاصة بمنشآت الغاز الطبيعي المسال.

مياه التبريد ومجاري المياه الباردة

إن استخدام المياه في معالجة 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 عملية التبريد واستخدام المياه الباردة ومجاري تصريف المياه على ما يلي:

- يجب مراعاة فرص المحافظة على المياه مقابل أنظمة التبريد في منشآت الغاز الطبيعي المسال (مثلاً، مبادلات الحرارة المبردة بالهواء عوضًا عن مبادلات الحرارة المبردة بالماء وفرص تكامل مبادلات المياه الباردة مع

[8] راجع US EPA Code of Federal Regulations (CFR) 4049 CFR Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: (Federal Safety Standards (2006 و European Standard (EN) 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design of Onshore (Installations (1997 و NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2006)

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

[10] NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2001)

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 [11] . وتتوفر إرشادات إضافية حول المحافظة على المياه في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة)؛

- يجب تصريف مياه التبريد والمياه الباردة على المياه السطحية في موقع يسمح بإجراء الحد الأقصى من مزج العمود الحراري وتبريده للتأكد من وصول درجة حرارته إلى 3 درجات مئوية من درجة الحرارة المحيطة في نهاية منطقة المزج أو تصل إلى 100 متر في نقطة التصريف، 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.

مجاري المياه المستعملة الأخرى

عادةً ما تشتمل المياه المستعملة الأخرى الناتجة في منشآت الغاز الطبيعي المسال على المياه المستعملة الناتجة عن عمليات التصريف ومياه الصرف الصحي والمياه المتجمعة في قعر الصهاريج (مثلاً، المياه الناتجة عن عمليات التكثيف في صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال) ومياه إطفاء الحرائق ومياه غسل المعدات والمركبات والمياه الملوثة بالنفط بوجه عام. تشتمل تدابير منع التلوث ومعالجته الواجب مراعاتها بالنسبة للمياه المستعملة على ما يلي:

- الصرف الصحي: يجب التعامل مع المياه السوداء والرمادية الناتجة من الدش والمرحاض ومرافق المطبخ كما هو موضح في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.
- مياه الصرف ومياه العواصف: يجب توفّر شبكات صرف منفصلة بالنسبة لمياه الصرف الناتجة من مناطق العمل التي يمكن أن تكون ملوثة بالهيدروكربونات (بالوعات مغلقة) وكذلك بالنسبة لمياه الصرف الناتجة من المناطق الأخرى (بالوعات مفتوحة) إلى أقصى حد عملي ممكن. ويجب تحديد جميع مناطق العمليات لضمان تجنب تدفقات مياه الصرف في شبكات الصرف المغلقة وتفادي الانسياب السطحي غير المقيد. 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، وتكييفها مع أجهزة فصل النفط/الماء. وقد تتضمن أجهزة الفصل نوع أداة تنظيم التدفق أو نوع لوح الالتحام ويجب صيانتها دوريًا. ويجب التعامل مع تدفق مياه العواصف من خلال قناة نظام فصل الماء / النفط لتحقق القدرة على تحقيق تركيز الشحوم والزيوت 10 ملغرام / لتر، كما هو موضح في القسم 2.1، في الجدول 1 الخاص بهذه الإرشادات. وتتوفر

[11] 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.

الإرشادات الإضافية حول التعامل مع مياه العواصف في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

- مياه إطفاء الحرائق: يجب تضمين مياه إطفاء الحرائق من اختبار الانبعاثات 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 وأنابيب المعالجة، إلى نظام معالجة المياه المستعملة.
- مياه 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 / التفويض في التحقق من سلامتها واكتشاف التسريبات المحتملة. ويمكن إضافة المضافات الكيميائية إلى المياه لمنع التآكل الداخلي. وقد يتم توظيف الاختبار الهوائي باستخدام هواء جاف أو غاز النيتروجين في شبكة أنابيب التبريد ومكوناتها. وفي إدارة المياه التي تم اختبارها هيدروستاتيكيًا، 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 نفس المياه في اختبارات متعددة

إذا كان تصريف المياه المختبرة هيدرولوجيًا على المياه السطحية أو على البر هو بمثابة البديل الوحيد المجدي لهذا الغرض، فإنه يجب إعداد خطة للتخلص من المياه التي تم اختبارها هيدروستاتيكيًا والتي تراعي نقاط التصريف ومعدل التصريف والاستخدام الكيميائي والتشتيت والمخاطر البيئية والمراقبة المطلوبة. ويجب مراقبة نوعية المياه المختبرة هيدرولوجيًا قبل الاستخدام والتصريف ويجب معالجتها لكي تتوافق مع حدود التصريف الواردة في الجدول *1* في القسم *2.1* من وثيقة الإرشادات هذه. [12] وتتوفر توصيات إضافية حول كيفية التعامل مع المياه المختبرة هيدرولوجيًا للأنابيب في الوثيقتين المتاحتين حول **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل تطوير مصادر البترول والغاز على الشاطئ وفي عرض البحر** على التوالي.

الانبعاثات الهوائية

تشتمل انبعاثات الملوثات الهوائية (المستمرة منها أو غير المستمرة)، في منشآت الغاز الطبيعي المسال، على مصادر الاحتراق لتوليد الكهرباء والحرارة (مثلاً، أنشطة التجفيف والإسالة في محطات إسالة الغاز الطبيعي وأنشطة إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية في محطات استقبال الغاز الطبيعي المسال)، بالإضافة إلى استخدام ضواغط ومضخات ومحركات ترددية (مثلاً، الغلايات والتوربينات والمحركات الأخرى). وقد ينتج عن الانبعاثات الملوثة المنطلقة من عملية الحرق والإطلاق، وكذلك من مصادر التسرب، حدوث أنشطة

[12] 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 تستهدف ترحيل المواد الناتجة عن عمليات التصريف بعيدًا عن المناطق الحساسة بيئيًا، مع الاهتمام على وجه التحديد بجداول المياه المرتفعة ومستودعات المياه العرضة للخطر والأراضي الرطبة والمستقبلات المساعدة، بما فيها ينابيع المياه ومسربات المياه والأراضي الزراعية.

معينة في كل من محطات إسالة الغاز ومحطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية. وتشتمل أهم الغازات الناتجة عن تلك المصادر عادةً أكاسيد النيتروجين (NO_X) وأول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون (CO_2)، وفي حالة الغازات الحامضية، يكون ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) من الغازات الناتجة.

بالنسبة لمصانع الغاز الطبيعي المسال، التي تحتوي على مصادر احتراق مهمة، يجب تقدير آثار نوعية الهواء من خلال استخدام التقييمات الأولية لنوعية الهواء ونماذج التشتيت الجوِّي 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 أنه لا توجد أية آثار عكسية على صحة الإنسان وعلى البيئة المحيطة.

يجب إجراء جميع المحاولات المعقولة لزيادة كفاءة استخدام الطاقة وتصميم المنشآت لتقليل استخدام الطاقة. ويجب أن يتمثل الهدف العام في تقليل انبعاثات الملوثات الهوائية وتقييم الخيارات معقولة التكلفة لتقليل الانبعاثات الأمر الذي يمكن تحقيقه تقنيًا. **وقد تم تناول توصيات إضافية حول كفاءة استخدام الطاقة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.**

يجب أن تقدر كميات غازات الاحتباس الحراري الكبيرة (GHG) (وهي أكبر من القيمة التي تعادل 100000 طن من ثاني أكسيد الكربون CO_2 كل عام)، والتي تنبعث من جميع المنشآت وأنشطة الدعم، بشكل سنوي في صورة انبعاثات كلية وفقًا للمقاييس المعترف بها دولياً وإجراءات إعداد التقارير المعمول بها في هذه الشأن. [13]

غازات العادم

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

تتوفر إرشادات حول طريقة التعامل مع مصادر الاحتراق الصغيرة التي يكون مقدار الطاقة الخاص بها أقل من أو يساوي *50* ميجا وات 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* ميجاوات حراري، يمكنك الرجوع إلى **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل الطاقة الحرارية.**

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

[13] يمكن العثور على إرشادات إضافية حول أساليب التقدير الكمي في المذكرة التوجيهية لـ IFC رقم 3 (IFC Guidance Note 3)، الملحق أ (Annex A)، والمتوفرة عبر الإنترنت على الموقع www.ifc.org/envsocstandards

[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.

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.

الإطلاق والحرق

عملية الحرق أو الإطلاق هي تدبير من تدابير السلامة مهم 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 في المصنع. ويمكن اللجوء إلى عملية حرق وإطلاق الغاز فقط في حالة الطوارئ أو في حالة حدوث اضطراب في المصنع. ولا تعد عملية الإطلاق أو الحرق المستمر للغاز المتبخر تحت الظروف الطبيعية ممارسة سليمة في الصناعة ويجب تجنبها. وتتوفر إرشادات حول الممارسة الأفضل فيما يتعلق بعملية حرق وإطلاق الغاز في **الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل تطوير مصادر البترول والغاز على الشاطئ.**

الغاز المتبخر (BOG)

بعد إجراء عملية إسالة الغاز الطبيعي، يُطلق الغاز الطبيعي المسال المُخزَّن بخار غاز الميثان، المعروف باسم الغاز المتبخر (BOG)، وذلك نتيجة الحرارة الناتجة عن الظروف المحيطة ومضخات الصهاريج، بالإضافة إلى التغيّرات التي حدثت في الضغط الجوي يجب جمع الغاز المتبخر باستخدام نظام استرداد بخار مناسب (مثلاً، أنظمة ضواغط الهواء). وبالنسبة لمصانع 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 مجارٍ / خطوط أنابيب المبيعات أو حرقها.

انبعاثات الملوثات الناتجة عن التسربات (الهاربة Fugitive Emissions*)*

يمكن أن ترتبط انبعاثات الملوثات الناتجة عن التسربات 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 بالمنشأة. ويجب أن يكون اختيار الصمامات المناسبة والشفاه (الفلنشات) والتركيبات والسدادات والحشوات على أساس قدرتها على تقليل تسريب الغاز وأيضًا الانبعاثات الملوثة الناتجة عن التسريب [15] . وبالإضافة إلى ذلك، يجب تطبيق برامج الكشف عن التسريب وإصلاحه.

تتوفر إرشادات إضافية بشأن منع الانبعاثات الملوثة الناتجة عن تسريب الغاز من صهاريج التخزين والتحكم فيها في

[15] راجع US EPA Code of Federal Regulations (CFR) 4049 CFR 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 (1997) و NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2006)

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة من أجل محطات النفط الخام والمنتجات البترولية.

إدارة النفايات

تشتمل النفايات الخطرة والنفايات غير الخطرة، المتولدة بشكل دوري في منشآت الغاز الطبيعي المسال، على المخلفات العامة الناتجة عن المكتب والتعبئة والزيوت التالفة والخرق 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 والنفايات المعدنية (الخردة) والمخلفات الطبية وغيرها.

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 المنشأ 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**.

الضوضاء

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 والمدفآت 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.

وتشتمل الظروف الجوية التي قد تؤثر على مستويات الضوضاء على الرطوبة واتجاه الرياح وسرعة الرياح. وقد يعمل الكساء النباتي، مثل الأشجار، والجدران على تقليل مستويات الضوضاء. وإذا اقتضت الضرورة، يمكن تركيب حواجز عازلة للصوت. وتتوفر إرشادات حول الحد الأقصى المسموح به من مستويات الضوضاء في البيئة المحيطة الذي يجب عدم تجاوزه بالإضافة إلى توصيات عامة لمنع الضوضاء والتحكم فيها في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

نقل الغاز الطبيعي المسال (LNG)

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 في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن بالسفن**. الجدير بالذكر أن الانبعاثات الناتجة من زوارق السحب وأوعية الغاز الطبيعي المسال، وخاصة في حالة قرب رصيف الميناء بشكل كبير من الساحل، قد تمثل مصدرًا بالغاً من المصادر التي تؤثر على نوعية الهواء.

ويجب أن يتوافق كل من التصميم والبناء وعمليات التشغيل الخاصة بسفن نقل الغاز الطبيعي المسال مع المعايير والقوانين المعمول بها على الصعيد الدولي [16] فيما يتعلق بمتطلبات

[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

جسم السفينة (مثلاً، توفير قشرة مزدوجة 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] . وتتضمن التوصيات المحددة للتخفيف من آثار عملية النقل المرحلي السريع (RPT) ما يلي:

- يجب زيادة معدل الضغط في صهاريج شحنات الغاز الطبيعي المسال الفعلية؛
- يجب تفعيل العمل بنظام تخفيف الضغط الخاص بصهاريج شحنات الغاز الطبيعي المسال في أسرع وقت ممكن، وذلك بهدف التخلص من كميات البخار التي يمكن أن تتولد نتيجة إجراء عملية النقل المرحلي السريع (RPT).

1.2 الصحة والسلامة المهنية

يجب مراعاة قضايا الصحة والسلامة المهنية باعتبارها جزءًا لا يتجزأ من البرنامج الشامل لتقييم المخاطر أو الأخطار، بما فيه على سبيل المثال، دراسة التعرف على المخاطر [HAZID] ودراسة المخاطر والتشغيل [HAZOP] أو دراسات 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.

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

ويجب 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 الصحة والسلامة في المنشأة.

يجب تطوير نظام رسمي لتصاريح العمل (PTW) للمنشآت. حيث يؤدي نظام تصاريح العمل إلى ضمان تنفيذ كافة الأعمال الخطرة المحتملة بأمان، وضمان تنفيذ تراخيص فعّالة 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.

يجب تزويد المنشآت بمقدمي إسعافات أولية (أفراد رعاية ما قبل دخول المستشفى لعمال الشركات الصناعية) وتجهيزهم بوسائل تقديم رعاية المرضى عن بُعد قصيرة الأجل كحد أدنى. واستنادًا إلى عدد الأفراد المتواجدين ومستوى تعقيد تركيبة المنشأة، يجب مراعاة توفير وحدة طبية في الموقع وطبيب. وفي حالات محددة، قد تكون منشآت التطبيب عن بُعد خياراً بديلاً.

the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk)، المعروف باسم القانون الدولي لناقلات الغاز المسال (IGC Code). تتوفر إرشادات 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".

تتوفر إرشادات حول التصميم العام للمنشأة وتدابير التشغيل، الخاصة بالتعامل مع المخاطر التي تواجه الصحة والسلامة المهنية، في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. وتتوفر الإرشادات العامة المتعلقة بأنشطة مرحلتي الإنشاء والإنهاء أيضًا بالتوازي مع الإرشادات الخاصة بالتدريب على برامج الصحة والسلامة ومعدات وتجهيزات الحماية الشخصية والإرشادات المتوفرة حول المخاطر الكيمائية والبيولوجية والإشعاعية المشتركة في جميع الصناعات.

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

- الحرائق والانفجارات
- التكدس
- الاحتكاك بالأسطح الباردة
- المخاطر الكيميائية
- الأماكن المحصورة

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. [18]

الحرائق والانفجارات

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 [19] 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 أثر تطاير وتبخر سوائل البركة.

وبالإضافة 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 المحطات تحديدًا:

- يجب أن يتم تصميم منشآت الغاز الطبيعي المسال وإنشاؤها وتشغيلها وفقًا للمعايير الدولية [20] لمنع ومكافحة مخاطر الحرائق والانفجارات، بما في ذلك الاشتراطات الخاصة بالمسافة الآمنة بين الصهاريج في المنشأة وبين المنشأة والمباني المجاورة؛ [21]
- تطبيق إجراءات السلامة في تحميل المنتجات وتفريغها في أنظمة النقل (مثلاً، عربات السكة الحديد الصهريجية وشاحنات الصهريج والسفن [22])، بما في ذلك استخدام

[18] 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 إرشادات إضافية في شكل معايير وقوانين تشغيل ومبادئ وتعليمات أصدرتها الجمعية الدولية لمشغلات المحطات وناقلات الغاز (SIGTTO).

[19] 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.

[20] من بين الأمثلة على الممارسات الجيدة US National Fire Protection Association (NFPA) Code 59A: يخدم هذا المعيار في حماية الغاز الطبيعي المسال وتخزينه ومعالجته (2006) و EN 1473. تتوفر إرشادات إضافية لتقليل التعرض لمصدر كهرباء إستاتيكية والبرق في: API Recommended Practice Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents (2003).

[21] في حالة عدم ضمان حدوث تباعد ملائم بين المناطق، يجب الأخذ في الاعتبار استخدام الجُدر المنفجرة لفصل مناطق المعالجة عن المناطق الأخرى من المنشأة و/أو يجب مراعاة تدعيم وتقوية المباني.

[22] راجع Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals - 3rd edition (2000) و Society of

صمامات التحكم ذات الوقاية التلقائية وأجهزة إيقاف التشغيل والاكتشاف في حالة الطوارئ (ESD/D)؛

- إعداد خطة رسمية لمكافحة الحرائق مدعومة بما يلزم من موارد وتدريب، بما في ذلك التدريب على استخدام معدات إخماد الحرائق والإخلاء. 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 الإشعال المحتملة مثل:
  - التأريض السليم لتجنب تراكم الكهرباء الإستاتيكية ومخاطر البرق (بما في ذلك الإجراءات الرسمية لاستخدام وصيانة وصلات التأريض)؛ [23]
  - استخدام تركيبات كهربية آمنة الاستعمال ذاتيًا وأدوات لا تصدر شررًا؛ [24]
  - تطبيق أنظمة التصاريح والإجراءات الرسمية لإجراء أية أعمال على الساخن أثناء أعمال الصيانة، [25] بما في ذلك التنظيف والتهوية المناسبين للصهاريج؛
  - استعمال نهج تطويق المناطق الخطرة للمعدات الكهربائية في مرحلة التصميم؛
- يجب أن تكون المنشآت مجهزة تجهيزًا مناسبًا بمعدات اكتشاف الحريق وإخماده المطابقة للمواصفات الفنية المعترف بها دوليًا فيما يخص أنواع وكميات المواد الملتهبة والقابلة للاشتعال المخزّنة في تلك المنشأة. 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. 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، ولكن. [26]
- يجب اختيار موقع جميع أنظمة 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؛
- يجب تجنب الإطارات المنفجرة الموجودة في الأماكن المحصورة من خلال تحويل هذه الأماكن إلى مساحات غير فعّالة؛
- 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؛

International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGGTO) و US EPA Code of Federal Regulations (CFR) 33 CFR Part 127: Waterfront facilities handling liquefied natural gas and liquefied hazardous gas و NFPA 59A Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2006).

[23] على سبيل المثال، راجع الفصل 20 من 1995) ISGOTT).

[24] على سبيل المثال، راجع الفصل 19 من 1995) ISGOTT).

[25] التحكم في مصادر الإشعال يكتسب أهمية خاصة في المناطق المحتمل بها وجود مزيج بخار وهواء سريع الالتهاب 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.

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

- تطبيق إجراءات السلامة في تحميل المنتجات وتفريغها في أنظمة النقل (مثل صهاريج السفن وعربات السكة الحديد الصهريجية وشاحنات الصهريج والسفن [27]), بما في ذلك استخدام صمامات التحكم ذات الوقاية التلقائية وأجهزة / هياكل إيقاف التشغيل في حالات الطوارئ؛ [28]
- إعداد خطة مكافحة الحرائق مدعومة بما يلزم من موارد لتنفيذ الخطة؛
- توفير تدريب على الأمور المتعلقة بالسلامة من الحرائق وطرق الاستجابة لها، ويأتي ذلك كجزء من التدريب / الحث على الحفاظ على صحة وسلامة العاملين، بما في ذلك التدريب على استخدام معدات إخماد الحرائق والإخلاء، بالإضافة إلى توفير تدريب متقدم على السلامة من الحرائق لفريق مكافحة الحرائق المتخصص.

التكدس

قد يؤدي تخزين كميات كبيرة من الغاز الطبيعي المسال في صهاريج إلى حدوث ظاهرة معروفة باسم "التكدس". وقد يحدث التكدس إذا تراصت طبقات من الغاز الطبيعي المسال في طبقات ذات كثافات مختلفة داخل صهريج التخزين، متسببًا هذا في حدوث ضغط في الصهريج، والأمر الذي قد يؤدي، في حالة غياب صمامات تهوية السلامة التي تعمل بشكل جيد، إلى حدوث أضرار في هيكل الصهريج.

وتتضمن الإجراءات المُوصى بها لمنع حدوث ظاهرة التكدس ما يلي:

- مراقبة صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال للتعرف على الضغط والكثافة ودرجة الحرارة لهذه الصهاريج طوال الوقت في عمود السائل؛
- مراعاة تركيب نظام يعمل على إعادة تدوير الغاز الطبيعي المسال داخل الصهريج؛
- تركيب صمامات وقائية من الضغط للصهاريج المصممة للتوافق مع أحوال تكدس الغاز المسال؛
- تثبيت نقاط تحميل متعددة على مستويات مختلفة للصهريج لكي تتيح إمكانية توزيع الغاز الطبيعي المسال الموجود بكثافات مختلفة داخل الصهريج لمنع تقسيمه إلى طبقات.

الاحتكاك بالأسطح الباردة

قد يؤدي تخزين الغاز الطبيعي المسال ومعالجته إلى تعرض الأفراد للاحتكاك بالمنتجات ذات درجات حرارة منخفضة للغاية. ويجب تحديد معدات المصانع التي تعرض للمخاطر المهنية بسبب انخفاض درجة الحرارة على نحو ملائم والسعي نحو الحماية من هذه المخاطر بهدف تقليل الاحتكاك العرضي بين الأفراد وهذه المعدات. ويجب تدريب العاملين لتعريفهم بمخاطر الاحتكاك بالأسطح الباردة (على سبيل المثال، الحرق البارد) وتزويدهم بمعدات الوقاية الشخصية (PPE) (مثلاً، القفازات وملابس عازلة)، إذا اقتضت الضرورة ذلك.

المخاطر الكيميائية

يجب إعداد تصميم المنشآت الموجودة على الشاطئ بحيث تعمل على تقليل تعرض الأفراد للمواد الكيميائية والوقود والمنتجات التي تحتوي على مواد خطرة. ويجب تحديد استخدام المواد والمنتجات المصنفة على أنها شديدة السمية أو مسرطنة أو مؤرجة (مسببة للحساسية) أو مسببة للتغيرات الجينية أو مادة ماسخة أو مسببة للتآكل بقوة واستبدالها بمواد بديلة أقل خطورة، إن أمكن. وبالنسبة للمواد الكيميائية

[27] تشتمل الأمثلة على الإجراءات الصناعية الجيدة في تحميل وتفريغ الناقلات على معايير ISGOTT.
[28] من بين الأمثلة على الإجراءات الجيدة المعيار 59A التابع للجمعية الأمريكية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) أو غيره من المعايير المكافئة.

المستخدمة، يجب توفير استمارة بيانات السلامة للمواد الكيميائية (MSDS) وتوفير إمكانية الوصول إليها بسهولة في المنشأة. وتتوفر إرشادات حول النهج التسلسلي العام الخاص بمنع تأثيرات المخاطر الكيميائية في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

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 المطوقة. الجدير بالذكر أن منشآت إسالة الغاز التي تقوم بعمليات معالجة الغاز لديها القدرة على إطلاق كبريتيد الهيدروجين (H_2S). وفي أي مكان يتراكم فيه غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S، يجب مراعاة الإجراءات التالية:

- وضع خطة طارئة لأحداث انبعاث غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S، بما فيها كافة الجوانب الضرورية بدءًا من عملية الإخلاء وصولاً للعمليات العادية؛
- تركيب مجموعة من أجهزة المراقبة لتنشيط إشارات التحذير في حالة اكتشاف وجود تركيزات لغاز كبريتيد الهيدروجين H_2S تتجاوز 7 مليغرامات لكل متر مكعب (mg/m^3). ويجب تحديد عدد أجهزة المراقبة ومواقعها استنادًا إلى تقييم مواقع المصنع التي تتعرض لانبعاثات غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S ومستوى التعرض له أثناء مزاولة العمل؛
- توفير أدوات اكتشاف غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S الشخصية للعاملين في المواقع ذات التعرض العالي للمخاطر بالإضافة إلى جهاز تنفس كامل مستقل وإمدادات غاز الأوكسجين في حالات الطوارئ والتي يمكن الوصول إليها بسهولة لتمكين الأفراد من قطع المهام بأمان والوصول إلى مأوى مؤقت أو ملاذ آمن؛
- 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.

الأماكن المحصورة

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

1.3 صحة المجتمع المحلي وسلامته

تماثل الآثار التي تتعلق بصحة المجتمعات المحلية وسلامتها والتي تحدث أثناء مرحلتي الإنشاء والإنهاء الآثار التي تحدث في غالبية المنشآت الصناعية الأخرى، وتتناولها بالمناقشة **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**.

تتماثل الآثار التي تتعلق بصحة المجتمع المحلي وسلامته خلال مرحلة تشغيل منشآت الغاز الطبيعي المسال 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 جديرة بالإهمال في العادة.[29] ويجب أن يعتمد تخطيط منشأة الغاز الطبيعي المسال والمسافة الفاصلة بين المنشأة والمنشآت العامة و/أو المجاورة الواقعة خارج حدود مصانع 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.

وينبغي للمنشآت 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). وتتوفر معلومات إضافية عن عناصر خطط الطوارئ في **الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة**. وتتوفر الاستراتيجيات العامة لإدارة سلامة عمليات الشحن، المعمول بها في نقل الغاز الطبيعي المسال عبر البحر، في **إرشادات البيئة والصحة والسلامة للشحن بالسفن.**

الأمان

ينبغي تجنب الوصول غير المصرح به إلى منشآت من خلال السياج الخارجي المحيط بالمنشأة والتحكم في نقاط الوصول (البوابات المحمية). ويجب العمل بأسلوب التحكم العام في الوصول إلى المنشآت. وينبغي للافتات المناسبة والمناطق المغلقة إقامة مناطق تبدأ فيها عمليات التحكم في الأمان بدءًا من حدود العقار. 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، يجب أن تتوفر لدى المنشأة أنظمة إضاءة مناسبة.

2.0 مؤشرات الأداء والمعايير الإرشادية للصناعة

2.1 الأداء البيئي

الإرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

تتوفر الإرشادات بشأن النفايات السائلة في الجدول 1. ويجب السيطرة على الانبعاثات الهوائية المنبعثة من منشآت الغاز الطبيعي المسال عن طريق تطبيق الأساليب المبينة في القسم 1.1 من الإرشادات الحالية. 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 الخاصة بانبعاث الملوثات من مصادر

[29] 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. Code of Federal Regulations (CFR) 49, Part 193.16، لحماية المناطق المجاورة.

الاحتراق المرتبطة بأنشطة توليد الكهرباء البخارية والكهربائية من مصادر لها قدرة تساوي أو تقل عن 50 ميجاوات؛ 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 الهيدرولوجية	المعالجة والتخلص منها بموجب القيمة الإرشادية الموضحة في القسم 1.1 من هذه الوثيقة. وبالنسبة لعمليات التصريف على المياه السطحية أو على الأرض: o إجمالي محتوى الهيدروكربونات: 10 ملغم/ لتر o الأس الهيدروجيني: 6 - 9 o الأكسجين البيوكيميائي المطلوب: 25 ملغم/ لتر o الأكسجين الكيميائي المطلوب: 125 ملغم/ لتر o المواد العالقة الكلية: 35 ملغم/ لتر o الفينولات: 0.5 ملغم/ لتر o الكبريتيدات: 1 ملغم/ لتر o المعادن الثقيلة (الإجمالي): 5 ملغم/ لتر o الكلوريدات: 600 ملغم / لتر (متوسط)، 1200 ملغم / لتر (الحد الأقصى)
صرف مياه العواصف الخطرة	يجب التعامل مع تدفق مياه العواصف من خلال استخدام نظام الفصل بين الزيت والماء يمكنه تحقيق تركيز الزيوت والشحوم بمقدار 10 ملغم / لتر.
مياه التبريد	تؤدي النفايات السائلة إلى ارتفاع درجة الحرارة بما لا يقل عن *3* درجات مئوية عند حافة المنطقة التي يتم فيها إجراء المزج الأولي وعملية التخفيف. وفي حالة عدم تحديد المنطقة، استخدم *100* متر من نقطة التصريف. ويجب الحفاظ على نسبة تركيز الكلور الحر (إجمالي الكلور المؤكسد المتبقي في مياه النهر / البحر) في عمليات تصريف مياه التبريد / المياه الباردة (كعينة عند نقطة التصريف) عند *0.2* من الأجزاء لكل مليون.
الصرف الصحي	المعالجة بموجب القيمة الإرشادية المتوفرة 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).

استخدام الموارد واستهلاك الطاقة

يقدم الجدول *2* أمثلة لمؤشرات استهلاك الموارد والطاقة في هذا القطاع. والقيم المعيارية للصناعة متاحة 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.

الرصد البيئي

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

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 إرشادات إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات والنفايات السائلة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

جدول 2 – استهلاك الموارد والطاقة

المعامل	الوحدة	المعيار الإرشادي للصناعة
استهلاك الطاقة في نقل الغاز الطبيعي المسال[1]	ميجا جول/جيجا جول غاز لكل **100** كم	**19–20**[1]
استهلاك الطاقة - مصانع إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية	ميجا وات كهربائي (MWe)	**20–30**[2]
استهلاك المياه - أنظمة أجهزة تبخير الرف المفتوح[3]	م^3/ساعة	**30,000**

ملاحظات:
[1] وكالة الطاقة الدولية (IEA)، 1999
[2] هياكل بحرية قائمة على مبدأ الجاذبية (GBS) أو وحدة إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية في الأماكن العائمة من 8 جم/م^3/سنة
[3] مصنع إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية دلتا حرارية من 5°درجة مئوية بالنسبة إلى مقدار 8 جم/م^3/سنة

2.2 الصحة والسلامة المهنية

إرشادات الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنشورة دوليًا، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) المنشورة من قبل المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية الحكوميين (ACGIH) [30]، ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة من قِبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH) [31]، وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قِبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA) [32]، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني المنشورة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي [33]، أو ما يشابهها من مصادر.

معدلات الحوادث والوفيات

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 من خلال استشارة المصادر المنشورة (مثلاً، مكتب الولايات المتحدة لإحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة) [34].

رصد الصحة والسلامة المهنية

يجب رصد بيئة العمل بحثًا عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين [35] كجزء من برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. كما يجب على إدارة المنشآت الاحتفاظ بسجلات عن الحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطرة. وتتوفر إرشادات إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

[30] متاح على الموقع التالي: http://www.acgih.org/TLV/ و/http://www.acgih.org/store
[31] متاح على الموقع التالي: /http://www.cdc.gov/niosh/npg
[32] متاح على الموقع التالي:
http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992
[33] متاح على الموقع التالي:
/http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel

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

3.0 ثبت المراجع والمصادر الإضافية

American Petroleum Institute (API). 2003. Recommended Practice. Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents. API RP 2003. Washington, DC: API.

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

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. Available at http://www.energy.ca.gov/naturalgas/index.html

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. Available at http://www.beg.utexas.edu/energyecon/

CEE. 2003b. LNG Safety and Security. Sugar Land, Texas: CEE. Available at http://www.beg.utexas.edu/energyecon/

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

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

International Energy Agency (IEA). 1999. Automotive Fuels Information Service. Automotive Fuels for the Future: The Search for Alternatives. Paris: IEA. Available at http://www.iea.org/dbtw-wpd/textbase/nppdf/free/1990/autofuel99.pdf

International Maritime Organisation (IMO). 1983. International Gas Carrier Code (IGC Code). IMO 782E. Latest edition. London: IMO.

International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT). 1995. 4th 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.

National Fire Protection Association (NFPA). 2006. NFPA 59A. Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG). Quincy, MA: NFPA.

Nova Scotia Department of Energy. 2005. Code of Practice. Liquefied Natural Gas Facilities. Halifax, Nova Scotia: Department of Energy. Available at 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. Available at http://www.sigtto.org

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

United States (US) Environment Protection Agency (EPA). Code of Federal Regulations 49 CFR Part 193. Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standards. Latest edition. Washington, DC: US EPA. Available at http://ecfr.gpoaccess.gov/cgi/t/text/text-idx?c=ecfr&tpl=/ecfrbrowse/Title49/49cfr193_main_02.tpl

United States (US) Environmental Protection Agency (EPA). Code of Federal Regulations (CFR) 33 CFR Part 127: Waterfront facilities handling liquefied natural gas and liquefied hazardous gas. Latest addition. Washington, DC: US EPA

الملحق ألف: وصف عام لأنشطة الصناعة

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

- المرحلة 1: إنتاج الغاز الطبيعي (أنشطة ومنشآت غير مألوفة)؛
- المرحلة 2: نقل الغاز الطبيعي إلى مصانع المعالجة / الإسالة؛
- المرحلة 3: معالجة الغاز الطبيعي (التجفيف وإزالة كبريتيد الهيدروجين (H_2S)، إلخ.)؛
- المرحلة 4: إسالة الغاز الطبيعي؛
- المرحلة 5: تحميل الغاز الطبيعي المسال في ناقلات 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؛ و
- المرحلة 8: توزيع الغاز الطبيعي إلى شبكات عن طريق خطوط أنابيب نقل الغاز.

يجب أن تتم "معالجة" الغاز الطبيعي الخام قبل استخدامه لإزالة الهيدروكربونات الأثقل والمكونات غير المرغوب فيها أو الشوائب. وتحدث عملية معالجة الغازات في منشآت مستقلة أو قائمة بذاتها أو يمكن دمج هذه العملية في مصنع إسالة الغاز الطبيعي المسال، وتشتمل هذه العملية عادةً على استخراج الهيدوركربونات الأثقل مثل الغاز البترولي المسال (LPG) وسوائل الغاز الطبيعي (NGL) مثل البروبان والبيوتان. وتتم بعد ذلك معالجة الغاز المُعالج (غاز غني بالميثان) في منشآت إسالة الغاز الطبيعي المسال. ولكي يتم نقل الغاز الطبيعي المسال، يتم تبريده إلى حوالي 162 درجة مئوية تحت الصفر، حيث يتم تكثيفه إلى سائل تحت ضغط جوي تقل درجته إلى حوالي 1/600 من حجمه الأصلي وتصل إلى كثافة تبلغ من 420 إلى 490 كيلوغراماً لكل متر مربع (كجم/م^2).

إسالة الغاز الطبيعي

يظهر رسم بياني نموذجي لتدفق مصانع إسالة الحمل الأساسي للغاز الطبيعي المسال في الشكل أ-*1*. وتعتمد متطلبات المعالجة والمرافق على أحوال الموقع ونوعية الغاز المستخدم وتصنيف المنتج. وفي هذا الرسم البياني النموذجي، يتم تسليم الغاز المغذي عند ضغط عالي (يصل إلى *90* بار) من حقول الغاز غير المألوفة 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 المصنع.

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 تحلية الغاز وتجفيفه، وتتكون هذه العمليات من إزالة الغازات الحامضية ومكونات الكبريت، على سبيل المثال، ثاني أكسيد الكربون (CO_2) وكبريتيد الهيدروجين (H_2S) والمركبتان، وإزالة الزئبق والملوثات النادرة الأخرى، كلما دعت الضرورة إلى ذلك، وإزالة الماء.

يتم بعد ذلك تبريد الغاز الحلو 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 أقل نوعًا ما من الضغط المذكور أعلاه. وتتم إعادة تدوير الأبخرة اللامعة والغازات المتبخرة (BOG). ويتم تخزين الغاز الطبيعي المسال الناتج في صهاريج هوائية جاهزة للتصدير عن طريق السفن.

تتم تجزئة الهيدوركربونات الأثقل التي يمكن فصلها أثناء التبريد واستعادتها. وعادةً ما 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.

يتم في عمليات إسالة الغاز بالدرجة الأولى استخدام التبريد الميكانيكي، التي يتم فيها تحويل الحرارة من الغاز الطبيعي عبر أسطح المبادل الحراري وصولاً إلى سائل تبريد منفصل ذو حلقة تكرارية مغلقة. وتستفيد حلقات التبريد من مفعول عملية التبريد في تمديد السائل، مما يتطلب العمل على المدخلات بواسطة ضاغط الهواء. وقد تم تطوير عددٍ من عمليات معالجة الغاز الطبيعي المسال المختلفة، وتتضمن أكثر هذه العمليات شيوعًا ما يلي:

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

وتتضمن المواد المساعدة لدعم وحدات المعالجة ما يلي:

- غاز الوقود (المشتق من تدفقات المعالجة) لتوليد الكهرباء الكهربائية؛
- وسط مبرد (ماء أو هواء)؛ و
- وسط تسخين (بخار أو نظام زيوت ساخنة).

نقل الغاز الطبيعي المسال

يتم نقل الغاز الطبيعي المسال من موقع مصنع الإسالة إلى محطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية عبر ناقلات غاز طبيعي مسال مصممة خصيصًا لهذا الغرض، تبلغ سعتها النموذجية 80000 متر مكعب وتصل إلى 260000 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 من الغاز في الصهاريج وتجميعها بغرض منع حدوث تراكم تدريجي نتيجة الضغط الموجود في الصهريج ويمكن استخدامها كوقود للناقلة. وهناك خمسة أنظمة من أنظمة الاحتواء، تراقب باستمرار حدوث تغيُّر في الغاز ودرجة الحرارة، وهي أنظمة قيد الاستخدام في ناقلات الغاز الطبيعي المسال الجديدة: [36]

- تصميمان من نوع التصميمات المدعومة ذاتيًا:
  - o صهريج كرِّي (طحلبي)،
  - o صهريج منشوري.
- تصميمان من أنواع التصميمات المبطنة (TGZ Mark III وGT96). وتستخدم الصهاريج المبطنة غشائين من

[36] تم تناول الخصائص المناسبة والتفصيلية للصهاريج في وثائق الإرشادات ومواصفات التصميم التي تم تطويرها بواسطة جمعية SIGTTO

الصلب يتسمان بالمرونة (أساسي وثانوي) لكي تحتوي على الشحنة.

محطة إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية على الشاطئ

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.

ويتم 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.

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

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

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 ووسط التسخين إمكانية تبخير الغاز الطبيعي المسال عالي الضغط، ويتم إرسال الغاز المتولد مباشرةً إلى خط التصدير. فيما 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؛ و
- أجهزة تبخير الهيكل والماسورة (أو سائل متوسط)، حيث يتوفر مصدر خارجي للحرارة.

أنظمة الحرق والإطلاق

في حالة الهبوط مفرط أو الظروف الطارئة، يمكن توليد الغاز المتبخر بكميات تتجاوز سعة جهاز إعادة التكثيف. وفي هذه الحالة، يتم إرسال الغاز المتبخر إلى فتحات التهوية عبر عملية الحرق والإطلاق. وفي حالة تنفيذ إطلاق غاز بشكل طارئ، يجب الاهتمام بتقليل غاز الميثان البارد بعد التصريف لتجنب

وصول غاز الميثان البارد إلى درجة أعلى من الحد الأدنى للاشتعال (LFL).

محطة استقبال الغاز الطبيعي المسال الموجودة في عرض البحر

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

- الهياكل القائمة على مبدأ الجاذبية (GBS)،
- الوحدات الطافية للتخزين وإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية (FSRU)،
- الوحدات الطافية لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية (FRU)، و
- أنظمة الإرساء التي تشتمل على إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية.

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

الوحدة الطافية 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 الطافية لإعادة الغاز الطبيعي إلى حالته الغازية.

يقوم مفهوم الوحدة الطافية 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 الطافية 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.

ويمكن 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 (SPM)، والذي يتم فيه التبخير الفوري للغاز ونقله عن طريق خطوط أنابيب الغاز؛ و
- مرساة البرج الرافع (RTM) القابلة للانفصال، وهي عبارة عن مرساة ونظام تفريغ، تعمل على تمكين تصريف بضغط عالٍ من ناقلة الغاز الطبيعي المسال التي يوجد على متنها مصنع لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية.

الشكل ألف-1: إنتاج الغاز الطبيعي المسال