

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

### مقدمة

وتتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي يمكن للتكنولوجيا الحالية أن تتحققها 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 المحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة ومنها: الوضع في البلد المضيف، والطاقة الاستيعابية في البيئة المعنية، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن تستند تطبيق التوصيات الفنية المحددة إلى الرأي المهني المتخصص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

وحين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تتصل 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 المعنى – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومتفصّل بشأن أية بدائل مُقترحه في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبيّن ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرعية فنية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (GIIP).<sup>1</sup> 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 تعتمد لها 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 المعقّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنية. ويمكن الاطلاع على القائمة الكاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع:

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

<sup>1</sup> هي من حيث تعريفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحسابية والتصرّف المتوفّعة 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 المهنيون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتحقيق مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنية.

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 جزءاً لا يتجزأ من برنامج التقييم والإدارة الشامل الذي تم إعداده خصيصاً لمعالجة المخاطر التي تواجه المشروعات والتغيرات المحتملة الناجمة 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 المختلفة عن أعمال التشييد والصيانة والتخلص من فوائض عمليات التجريف وتشييد دعامات الجسور وأرصفة الموانئ وحواجز الأمواج والهياكل الأخرى على جانب المياه وظاهرة تحت المياه إلى حدوث تأثيرات قصيرة وطويلة الأمد على الموارد 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 تغيرات على نوعية المياه من إربادات أو تصريفات مياه العواصف والمياه المستعملة. بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدي تصريف مياه

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 بالتعويم) ومحطات التخزين الرئيسية لتلبية الطلب في حالات النزوة. أما بالنسبة لمنشآت الغاز الطبيعي المسال الساحلية، بما فيها الموانئ والمرافئ والمرافق الساحلية بوجه عام (مثل قواعد الإمداد البحرية للمحطات الساحلية ومحطات الشحن والتقطيع)، 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 تحديداً 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 تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

يقدم هذا القسم موجزاً 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. وتجر الإشارة إلى أن الإرشادات الإضافية

- التدفق والحماية من الحرائق (بما في ذلك أجهزة إيقاف الالهاب) والتأريض (لمنع الشحنات الكهربائية الإستاتيكية).<sup>2</sup>
- يجب إجراء معاينة دورية لصهاريج التخزين ومكوناتها (مثل الأسقف ومانعات التسرب) بحثاً عن وجود تأكل وللتتأكد من سلامة الهيكل، وأن تخضع لعمليات صيانة واستبدال للمعدات بشكل منظم (مثل الأنابيب ومانعات التسرب والوصلات والصمامات).<sup>3</sup> ويجب تركيب جهاز الحماية الكاثودية (أو ما يُطلق عليه أيضاً الوقاية المهيطية) لمنع التأكل 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 وفقاً للإجراءات الرسمية المقررة مسبقاً لمنع الانطلاق العرضي للمواد وتجنب مخاطر الحرائق / الانفجارات. كما يجب أن تضم الإجراءات جميع جوانب عملية النقل أو التحميل بدءاً من الوصول وحتى المغادرة، وتوصيل أنظمة التأريض، والتحقق من التوصيل والفصل السليمين للخراطيم، والتزام الأفراد

الصابورة والإرسابات من السفن أثناء عمليات التحميل بمحطات الغاز الطبيعي المسال (LNG) إلى دخول أنواع مائية دخلية. أما بالنسبة لمنشآت الغاز الطبيعي المسال القريبة من الساحل (مثل قواعد الإمداد البحرية لمحطات الساحلية ومحطات الشحن والتفرغ)، توفر 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 والأنباب والخراطيم والمضخات على التركيبات الأرضية وعلى الأوعية المخصصة لنقل الغاز الطبيعي المسال. ويحمل تخزين الغاز الطبيعي المسال وتحويله أيضاً مخاطر نشوب حرائق أو وقوع انفجارات، عند حدوث هذه العمليات تحت ضغط، نتيجة طبيعة تلك الغازات المخزنة المتاخرة السريعة الالتهاب والقابلة للاشتعال.

وبالإضافة إلى التوصيات الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة حول التعامل مع المواد الخطرة والنفط، تتضمن التدابير الموصى 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 أطال كارثية أثناء العمليات العادية وأثناء التعرض للمخاطر الطبيعية وللحيلولة دون نشوب حرائق ووقوع انفجارات. عادةً ما تشمل المعايير الدولية المعمول بها على اشتراطات بشأن الحماية من فرط التعبئة وأنظمة الاحتواء الثانوية والقياس والتحكم في

<sup>2</sup> راجع US Code of Federal Regulations (CFR) 4049 CFR Part 193: Liquefied Natural Gas Facilities: European (Federal Safety Standards (2006 Standard (EN) 1473: Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design of Onshore NFPA 59A Standard for the (Installations (1997 Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2001) 2006

<sup>3</sup> 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 التوامي للفيض المغناطيسي والمواجمات فوق الصوتية في اكتشاف النقر.

بالإضافة إلى التوصيات الخاصة بالاستعداد والاستجابة للطوارئ الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، يجب مراعاة التدابير التالية الموصى 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 مدروسة بالموارد والتدريب اللازمين. كما يجب أن تكون المعدات المناسبة اللازمة لمواجهة حوادث انسكاب في المتداول للتعامل مع كافة أنواع حوادث انسكاب، بما فيها حوادث الانسكاب الصغيرة<sup>7</sup>؛
- يجب وضع خطط مكافحة الانسكاب والاستجابة له بالتنسيق مع الجهات الرقابية المحلية ذات الصلة؛
- يجب تجهيز المنشآت بنظام للاكتشاف المبكر لانبعاثات الغاز، وقد تم تصميم هذا الجهاز خصيصاً 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 ثم القليل من مخزونات انبعاثات الغاز.
- يجب أن يتتوفر 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

<sup>7</sup> من المستبعد أن تحتاج حوادث انسكاب الصغيرة للغاز الطبيعي المسال إلى توفير معدات استجابة لإجراءات الاستجابة اليدوية لها، وذلك لأنها سوف تتبخر بسرعة.

والزائرین بسياسات عدم التدخين وعدم استخدام اللہب.<sup>4</sup>

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 المتاخر (غاز الميثان)، مثل دفایات 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 (اللہب) في ظل الظروف غير المحصورة أو المحصورة في حالة وجود مصدر الإشعال. ويؤدي تناشر الغاز الطبيعي المسال على سطح ساخن مباشرةً (مثل المياه<sup>5</sup>) إلى حدوث تغير مرحلي طاري يعرف باسم النقل المرحلي السريع (RPT).<sup>6</sup>

<sup>4</sup> تتضمن الأمثلة المتوفرة حول الممارسات الجيدة في تحمل الغاز الطبيعي المسال وإفراجه ما يلي Liquefied Gas Handling Principles (on Ships and in Terminals - 3rd edition (2000 و Society of International Gas Tanker and Terminal US Code of Federal Operators Ltd (SIGTTO Regulations (CFR) 33 CFR Part 127: Waterfront facilities handling liquefied natural gas and liquefied hazardous gas.

<sup>5</sup> يتاخر الغاز الطبيعي المسال بسرعة عند تعرضه لمصادر الحرارة المحيطة به مثل المياه، مما يؤدي إلى انتاج حوالي 600 متر مكعب قياسي من الغاز الطبيعي لكل متر مكعب من السائل.

<sup>6</sup> ترتبط مخاطر البيئة والسلامة الكبيرة المحتمل حدوثها نتيجة شحن الغاز الطبيعي المسال عملية النقل المرحلي السريع (RPT)، الذي قد يحدث عند انسكاب الغاز الطبيعي المسال بشكل طاري 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 السائلة إلى الحالة الغازية. يمكن أن يتسبب كمية الحرارة الكبيرة المبنية 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 تتركز بشكل عام في منطقة الانسكاب.

- مغلقة أو مغلقة جزئياً. ويجب ترك الغاز الطبيعي المسال حتى يتخر ويجب تقليل معدلات التبخير، إن أمكن، على سبيل المثال، تغطية الغاز برغوة منشرة؛ 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 تشتت 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 وجود 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 عوضاً عن مبادلات الحرارة المبردة بالماء وفرص تكامل مبادلات المياه الباردة مع

الإجراءات المعتبرة لمنع الانسكاب عند تحمل حمولة الناقلات وتقريرها وفقاً للمعايير والإرشادات الدولية المعمول بها والتي تتناول تحديداً الاتصال والتخطيط المسبقين مع المحطة المستقبلة؛<sup>8</sup>

- يجب التأكيد من أنه تم تصميم صهاريج تخزين الغاز الطبيعي المسال مزودة بأنظمة احتواء خارجية (مثلاً، تصميم صهاريج مبطن بالفولاذ وسطحه الداخلي مطلي بالنيلك) وتصميم صهاريج سطحه الخارجي خرساني مقوى وتصميم صهاريج ذي جدار مفرد مزود بحوض يعمل بأنظمة الاحتواء الثانوية وتصميم صهاريج 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 تتبع من خط نقل واحد في غضون 10 دقائق؛<sup>9</sup>
- يجب أن تسير عملية اختيار المواد المستخدمة في تصميم الأنابيب والمعدات، التي تكون عرضة لدرجات حرارة التبريد، وفقاً للمعايير الدولية للتصميم؛<sup>10</sup>
- في حالة انبعاث أحد الغازات، يجب السماح بإجراء تشتت آمن للغاز المنطلق، مما يؤدي إلى زيادة فرص تهوية مناطق الغاز وتقليل إمكانية تجمع هذا الغاز في أماكن

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

<sup>9</sup> يشير المعيار الأوروبي EN 1473 القياسي إلى أنه يجب مراعاة نظام الاحتباس على أساس "تقييم المخاطر".

<sup>10</sup> NFPA 59A Standard for the Production, Storage, (and Handling of Liquefied Natural Gas (2001

ومياه غسل المعدات والمركبات والمياه الملوثة بالنفط بوجه عام. تشمل تدابير منع التلوث ومعالجته الواجب مراعاتها بالنسبة للمياه المستعملة على ما يلي:

- الصرف الصحي: يجب التعامل مع المياه السوداء والرلادية الناتجة من الدش والمرحاض ومرافق المطبخ كما هو موضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.
- مياه الصرف ومياه العواصف: يجب توفر 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 وتغادي 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 المسوددة 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 لتحقيق القدرة على تحقيق تركيز الشحوم والزيوت 10 ملagram / لتر، كما هو موضح في القسم 2.1، في الجدول 1 الخاص بهذه الإرشادات. وتتوفر

منشآت توليد الكهرباء أو المنشآت الصناعية المجاورة. ويجب أن يؤدي اختيار النظام المفضل إلى إحداث توازن بين الفوائد البيئية ومقتضيات السلامة عند الشروع في تحديد الاختيار المقترن<sup>11</sup>. 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 وتبریده 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 والتخلص البيولوجي والتوازن البيولوجي وقدرات التراكم البيولوجي. ويجب مراعاة تأثيرات المخلفات الناتجة عن عملية التصريف باستخدام أساليب مثل التقييم المستند إلى المخاطر.

**مجاري المياه المستعملة الأخرى**  
عادةً ما تشمل 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

<sup>11</sup> على سبيل المثال، ونظرًا لأن المساحة محدودة (في عرض البحر مثلاً)، فإن مخاطر الانفجار تؤثر على القرار الخاص بالخيارات المفضلة. يوصى بإحداث توازن فيما يتعلق بنهج ALARP للمخاطر الكلية على الصحة والسلامة والبيئة.

إذا كان تصريف المياه المختبرة هيرولوجيًا على المياه السطحية أو على البر هو بمثابة البديل الوحيد المجدى لهذا الغرض، فإنه يجب إعداد خطة للتخلص من المياه التي تم اختبارها هيروستاتيكياً والتي تراعي نقاط التصريف ومعدل التصريف والاستخدام الكيميائى والتشتت والمخاطر البيئية والمراقبة المطلوبة. ويجب مراقبة نوعية المياه المختبرة هيرولوجيًا قبل الاستخدام والتصريف ويجب معالجتها لكي تتوافق مع حدود التصريف الواردة في الجدول 1 في القسم 2.1 من وثيقة الإرشادات هذه.<sup>12</sup> وتتوفر توصيات إضافية حول كيفية التعامل مع المياه المختبرة هيرولوجيًا للأنابيب في الوثائقين 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 ضواحي ومضخات ومحركات ترددية (مثلاً، الغاليات والتوربينات والمحركات الأخرى). وقد ينبع عن الانبعاثات الملوثة المنطقية من عملية الحرق والإطلاق، وكذلك من مصادر التسرب، حدوث أنشطة

<sup>12</sup> 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 والتشتت والمخاطر البيئية. ويجب وضع خطة تستهدف ترحيل المواد الناتجة عن عمليات التصريف بعيداً عن المناطق الحساسة بيئياً، مع الاهتمام على وجه التحديد بداول المياه المرتفعة ومستودعات المياه العرضة للخطر والأراضي الرطبة والمستقلبات المساعدة، بما فيها ينابيع المياه ومسربات المياه والأراضي الزراعية.

- 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 بالهيروكربونات.
- 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 الهيروستاتيكي: يستلزم الاختبار الهيروستاتيكي لمعدات الغاز الطبيعي المسال (مثلاً، صهاريج التخزين وشبكة أنابيب المنشأة ووصلات أنابيب النقل والمعدات الأخرى) إجراء اختبار ضغط المياه أثناء عملية التشبييد / التقويض في التحقق من سلامتها واكتشاف التسربات المحتملة. ويمكن إضافة المضافات الكيميائية إلى المياه لمنع التأكل الداخلي. وقد يتم توظيف الاختبار الهوائي باستخدام هواء جاف أو غاز النيتروجين في شبكة أنابيب التبريد ومكوناتها. وفي إدارة المياه التي تم اختبارها هيروستاتيكياً، 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 والتوازن البيولوجي وقدرات التراكم البيولوجي
  - استخدام نفس المياه في اختبارات متعددة

وفقاً للمقاييس المعترف بها دولياً وإجراءات إعداد التقارير المعمول بها في هذه الشأن.<sup>13</sup>

#### غازات العادم

يمكن أن تكون انبعاثات غازات العادم، الناتجة عن احتراق الغاز الطبيعي أو الهيدروكربونات السائلة في التوربينات والغلايات وضاغط 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.

توفر إرشادات حول طريقة التعامل مع مصادر الاحتراق الصغيرة التي يكون مقدار الطاقة الخاص بها أقل من أو يساوي 50 ميجاوات حراري (MWth)، بما في ذلك مستويات انبعاثات الملوثات الهوائية بالنسبة لانبعاثات العادم، 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)<sup>14</sup> وأجهزة تبخير الهيكل والمسورة وأجهزة تبخير الهواء، آخذين في الاعتبار الظروف البيئية

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

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

معينة في كل من محطات إسالة الغاز ومحطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية. وتشتمل أهم الغازات الناتجة عن تلك المصادر عادةً أكسيد النيتروجين ( $\text{NO}_x$ ) وأول أكسيد الكربون (CO) وثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ )، وفي حالة الغازات الحامضية، يكون ثانوي أكسيد الكبريت ( $\text{SO}_2$ ) 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 ونمذج التشتت الجوي للحصول على أقل مستوى محتمل من تركيزات الهواء المحيط أثناء عملية تصميم المنشأة وتحطيط العمليات كما هو موضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. ويجب أن تؤكد تلك الدراسات أنه لا توجد آية 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 تقنياً. 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  $\text{CO}_2$  كل عام)، والتي تبعث من جميع المنشآت وأنشطة الدعم، بشكل سنوي في صورة انبعاثات كمية

فيجب إعادة إسالة الغاز المتاخر وإعادته إلى صهاريج التخزين أو استخدامه كوقود، وبالنسبة لمنشآت إعادة الغاز المسال إلى حالتها 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 حرقتها.

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

يمكن أن ترتبط انبعاثات الملوثات الناتجة عن التسربات في منشآت الغاز الطبيعي المسال بفتحات التبريد وأنابيب التسريب وشبكات الأنابيب والصمامات والوصلات والشفاه (الفلنفات) والخشوات والخطوط مفتوحة النهايات وسدادات المضخات وسدادات ضواغط الهواء وصمامات تخفيف الضغط وعمليات التحميل والتغريغ 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 (الفلنفات) والتركيبات والسدادات والخشوات على أساس قدرتها على تقليل تسريب الغاز وأيضاً الانبعاثات الملوثة الناتجة عن التسريب<sup>15</sup>. وبالإضافة إلى ذلك، يجب تطبيق برامج الكشف عن التسريب وإصلاحه.

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

<sup>15</sup> 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 NFPA 59A Standard for the Installations (1997 Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (2006

الأساسية والحساسيات البيئية. وإذا توفرت طاقة حرارية خلال مسافة قصيرة (مثلاً، بجوار معمل التكرير)، يمكن استخدام أجهزة تخمير استرداد الحرارة المفقودة أو أجهزة تخمير الهيكل والمسورة.

### **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 المتاخر تحت الظروف الطبيعية ممارسة سلية 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 المتاخر (BOG)**

بعد إجراء عملية إسالة الغاز الطبيعي، يُطلق الغاز الطبيعي المسال المُخزَّن بخار غاز الميثان، المعروف باسم الغاز المتاخر (BOG)، وذلك نتيجة الحرارة الناتجة عن الظروف المحيطة ومضخات الصهاريج، بالإضافة إلى التغيرات التي حدثت في الضغط الجوي يجب جمع الغاز المتاخر باستخدام نظام استرداد بخار مناسب (مثلاً، أنظمة ضواغط الهواء). وبالنسبة لمصانع الغاز الطبيعي المسال (باستثناء عمليات تحويل ناقلات الغاز الطبيعي المسال)، يجب إرجاع البخار إلى العملية للاستخدام في عملية الإسالة أو للاستخدام في الموقع كوقود؛ أما بالنسبة لمناقلات الغاز الطبيعي المسال المحمَّلة،

التخدير المستخدمة أثناء عملية إعادة الغاز المسال إلى حاليه الغازية بالإضافة إلى عمليات التحميل / التفريغ العامة لنقلات 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 حاجز 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 وابتعاثات 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 مصدراً 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<sup>16</sup> فيما يتعلق بمتطلبات

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 الهيدروليكيه والبطاريات المستهلكة وعبوات الدهان الفارغة والمخلفات الكيميائية والحاويات الكيميائية المستهلكة والمرشحات المستهلكة والوسائل المستخدمة في معالجة النفط وتجميفه (مثلاً، المناخل الجزئية) والأوساخ المترسبة الناتجة عن أجهزة فصل الماء عن الزيت والأمينات المستخدمة في وحدات إزالة الغازات الحامضية والنفايات المعدنية (الخردة) والمخلفات الطيبة 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 تتضمن على آلية تتبع النفايات بدءاً 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 وضوااغط الهواء والمولدات ومحركات التشغيل وعمليتي تفريغ / مص ضوااغط الهواء وأنظمة أنابيب عملية إعادة التدوير وأجهزة التجفيف الهوائية والمدافن والمبردات الهوائية في منشآت إسالة الغاز وأجهزة

<sup>16</sup> تشتمل الأمثلة المتوفرة حول المعايير والقوانين الدولية على القانون الدولي الصادر عن المنظمة البحرية الدولية (IMO) بشأن بناء وتجهيز السفن التي تنقل الغازات المساله بكميات كبيرة (International Maritime Organization's (IMO) International Code for

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

يجب تطوير نظام رسمي لتصاريح العمل (PTW) للمنشآت. حيث يؤدي نظام تصاريح العمل إلى ضمان تنفيذ كافة الأعمال الخطيرة المحتملة بأمان، وضمان تنفيذ تراخيص فعالة للأعمال المخصصة واتصال فعال بالأعمال، بما تتطوّي 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 بعد قصيرة الأجل كحد أدنى. واستناداً إلى عدد الأفراد المتواجدين ومستوى تعقيد تركيبة المنشأة، يجب مراعاة توفير وحدة طبية في الموقع وطبيب. وفي حالات محددة، قد تكون منشآت التطبيب عن بعد خياراً بديلاً.

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<sup>17</sup>. 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 جزءاً لا يتجزأ من البرنامج الشامل لتقدير 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

the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk (Liquefied Gases in Bulk gas Code)، المعروف باسم القانون الدولي لنقلات الغاز المسال (IGC Code). توفر إرشادات إضافية في شكل معايير وقوانين تشغيل ومبادئ وتعليمات أصدرتها الجمعية الدولية لمشغلات المحطات ونقلات الغاز (SIGTTO)، ومتوفرة على شبكة الإنترنت عبر الموقع [www.sigtt.org](http://www.sigtt.org).

<sup>17</sup> يجب وضع "خطة الطوارئ على سطح السفينة" بالنسبة لسفينة نقل الغاز الطبيعي المسال، على النحو المنصوص عليه في اللوائح التنظيمية (القاعدة رقم 26 من الملحق 1 من اتفاقية MARPOL 73/78 (MARPOL 73/78 Convention)). 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 أيضاً أنظمة الاتصالات ووسائل التعاون بين "السفينة والبر".

وأو تسرب أو انسكاب المنتجات سريعة الالتهاب. وتتضمن مصادر الإشعال المحتملة الشراراة المصاحبة لترانكم الكهرباء الإستاتيكية<sup>19</sup> والبرق واللهم المكسوف. وقد يؤدي انبعاث الغاز الطبيعي المسال بشكل عارض إلى تكوين بركة سوائل متطايرة، ومن المحتمل أن يؤدي هذا إلى نشوب حريق في البركة و / أو تشتت سحابة من الغاز الطبيعي أثر تطوير 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 تحديداً:

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

<sup>19</sup> يمكن أن تتولد الكهرباء الإستاتيكية نتيجة لحركة السوائل الملامسة لمواد أخرى كالإيثانول وصهاريج الوقود أثناء تحمل أو تفريغ المنتج. عادة على ذلك، يمكن أن يصبح رذاذ الماء والبخار المتولد أثناء تنظيف الصهريج والمعدات مشحونة بالكهرباء، خاصة في وجود عوامل التنظيف الكيميائية.

<sup>20</sup> من بين الأمثلة على الممارسات الجيدة US National Fire Protection Association (NFPA) Code 59A المعيار في حماية الغاز الطبيعي المسال وتتخزينه ومعالجته (2006) وEN 1473. توفر إرشادات إضافية لقليل التعرض لمصدر كهرباء إستاتيكية والبرق في API Recommended Practice: Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents (2003).

<sup>21</sup> في حالة عدم ضمان حدوث تباعد ملائم بين المناطق، يجب الأخذ في الاعتبار استخدام الجدر المفجّرة لفصل مناطق المعالجة عن المناطق الأخرى من المنشأة وأو يجب مراعاة تدعيم وتفويت المباني.

<sup>22</sup> راجع Liquefied Gas Handling Principles on Ships Society of (and in Terminals - 3rd edition (2000

توفر 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 والإنتهاء أيضاً بالتوازي مع الإرشادات الخاصة بالتدريب على برامج الصحة والسلامة ومعدات وتجهيزات الحماية الشخصية والإرشادات المتوفرة حول المخاطر الكيميائية 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.<sup>18</sup>

### الحرائق والانفجارات

ترجع مخاطر الحرائق والانفجارات في منشآت الغاز الطبيعي المسال إلى وجود غازات وسوائل قابلة للاشتعال والسوائل والأكسجين ومصادر الإشعال أثناء أعمال التحمل والتقرير

<sup>18</sup> يجب أن يتوافق بناء وتجهيز السفن التي تنقل الغازات المسالبة بمقاييس كبيرة ونقلات الغاز مع المطالبات المنصوص عليها في القانون الدولي لنقلات 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 ونقلات الغاز (SIGTTO).

- يجب أن تكون المنشآت مجهزة تجهيزاً مناسباً بمعدات اكتشاف الحرائق وإخماده المطابقة للمواصفات الفنية المعترف بها دولياً فيما يخص أنواع وكميات المواد الملحومة والقابلة للاشتعال المخزنة في تلك المنشأة. وتتضمن معدات إخماد الحرائق، على سبيل المثال، المعدات المتغيرة / المحمولة مثل طفایات 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 سلية في الصناعة ويجب تجنبه. وقد تتضمن الأنظمة الثابتة أيضاً طفایات الرغاوي المرفقة بالصهاريج وأنظمة الحماية من الحرائق التي تعمل تلقائياً أو يدوياً في مناطق التحميل / التفريغ. ولا يعد الماء خياراً جيداً لاستعماله في مكافحة حرائق الغاز الطبيعي المسال لأن الماء يعمل على زيادة معدل تبخر الغاز الطبيعي المسال، ولكن.<sup>26</sup>
- 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 جدر الحماية من الحرائق؛
- يجب تجنب الإطارات المنفجرة الموجودة في الأماكن المحصورة من خلال تحويل هذه الأماكن إلى مساحات غير فعالة؛
- حماية أماكن السكن بتحديدها في مكان على مسافة بعيدة من المنشأة أو عن طريق استخدام جدر الحماية من الحرائق. ويجب أن تعمل مسبرات هواء التهوية على منع دخول الأدخنة إلى أماكن السكن؛

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

- 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؛
- من مصادر الإشعال المحتملة مثل:
  - التأريض السليم لتجنب تراكم الكهرباء الإستاتيكية ومخاطر البرق (بما في ذلك الإجراءات الرسمية لاستخدام وصيانة وصلات التأريض)؛<sup>23</sup>
  - استخدام تركيبات كهربائية آمنة الاستعمال ذاتياً وأدوات لا تصدر شرراً؛<sup>24</sup>
  - تطبيق أنظمة التصاريح والإجراءات الرسمية لإجراء أية أعمال على الساخن أثناء أعمال الصيانة،<sup>25</sup> بما في ذلك التنظيف والتقوية المناسبين للصهاريج؛
  - استعمال نهج تطويق المناطق الخطرة للمعدات الكهربائية في مرحلة التصميم؛

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

<sup>23</sup> على سبيل المثال، راجع الفصل 20 من (1995).

<sup>24</sup> على سبيل المثال، راجع الفصل 19 من (1995).

<sup>25</sup> 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.

- 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 تحمل 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 تعرّض للمخاطر المهنية بسبب انخفاض درجة الحرارة على نحو ملائم والسعى 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 تعرّض 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 ماسحة أو مسببة للتأكل بقوة واستبدالها بمواد بديلة أقل خطورة، إن أمكن. وبالنسبة للمواد الكيميائية

- تطبيق إجراءات السلامة في تحمل المنتجات وتقريرها في أنظمة النقل (مثل صهاريج السفن وعربات السكة الحديد الصهريجية وشاحنات الصهاريج والسفن<sup>27</sup> )، بما في ذلك استخدام صمامات التحكم ذات الوقاية التقانية وأجهزة / هيكل إيقاف التشغيل في حالات الطوارئ؛<sup>28</sup>
- إعداد خطة مكافحة الحرائق مدرومة 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، متسبياً 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 المؤوصى بها لمنع حدوث ظاهرة التكدس ما يلي:

<sup>27</sup> تشتمل الأمثلة على الإجراءات الصناعية الجيدة في تحمل وتقرير الناقلات على معايير ISGOTT.

<sup>28</sup> من بين الأمثلة على الإجراءات الجيدة المعيار 59A التابع للجمعية الأمريكية الوطنية للحماية من الحرائق (NFPA) أو غيره من المعايير المكافئة.

- 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، الأفالم الهوائية وإغلاق منافذ التهوية عند اكتشاف الغاز) وذلك لتجنب تراكم غاز كبريتيد الهيدروجين؛
- تدريب العاملين على استخدام معدات السلامة والمكافحة في حالة حدوث تسرُّب.

#### **الأماكن المحصورة**

كما هو الحال في أي قطاع آخر من قطاعات الصناعة، قد تحمل مخاطر الأماكن المحصورة بين طياتها آثاراً مميتة بالنسبة للعاملين. فدخول العمل إلى الأماكن المحصورة واحتمالات وقوع حادث 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 وفقاً لما هو مبين في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

### **1.3 صحة المجتمع المحلي وسلامته**

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

نماذج الآثار التي تتعلق بصحة المجتمع المحلي وسلامته خلال مرحلة تشغيل منشآت الغاز الطبيعي المسال مع تلك الآثار

المستخدمة، يجب توفير استماراة 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 توفير لجهاز الضغط لتقليل ضغط النظام وبالتالي تقليل معدل تدفق الانبعاثات الغازية. ويجب أيضاً استخدام أجهزة اكتشاف الغازات للسماح بالدخول وإجراء عمليات التشغيل في الأماكن المطوفة. الجدير بالذكر أن منشآت إسالة الغاز التي تقوم بعمليات معالجة الغاز لديها القدرة على إطلاق كبريتيد الهيدروجين ( $H_2S$ ). وفي أي مكان يترافق 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 بدءاً من عملية الإخلاء وصولاً للعمليات العادلة؛
- 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 و مواقعها استناداً إلى تقييم موقع المصنع التي تتعرض لأنبعاثات غاز كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  ومستوى التعرض له أثناء مزاولة العمل؛
- توفير أدوات اكتشاف غاز كبريتيد الهيدروجين  $H_2S$  الشخصية للعاملين في الموقع ذات التعرض العالي للمخاطر بالإضافة إلى جهاز تنفس كامل مستقل وإمدادات غاز الأوكسجين في حالات الطوارئ والتي يمكن

الشحن، المعتمول 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 للاقنات المناسبة والمناطق المغلقة إقامة مناطق تبدأ فيها عمليات التحكم في الأمان بدءاً 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 ومعايير الإرشادية للصناعة

### 2.1 الأداء البيئي

#### الإرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

توفر 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

الناتجة عن تسرب 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 والمُداربة بشكل جيد تكون جديرة بالإهمال في العادة.<sup>29</sup> ويجب أن يعتمد تخطيط منشأة الغاز الطبيعي المسال والمسافة الفاصلة بين المنشآة والمنشآت العامة وأو المجاورة الواقعة خارج حدود مصانع الغاز الطبيعي المسال على مسألة تقييم المخاطر من حريق الغاز الطبيعي المسال (الحماية من الإشعاع الحراري) أو سحابة من البخار (الحماية من تشتت 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 والتفرغ، 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

<sup>29</sup> يجب أن يتم تقييم المخاطر التي تواجه المجتمع ومكافحتها وفقاً للمعايير المعترف بها دولياً، على سبيل المثال، معيار EN 1473. ويجب مراعاة تحديد مسافات الحماية التي تفصل منشآت تخزين الغاز الطبيعي المسال والمنشآت الأخرى وإقرارها، على سبيل المثال، وفقاً لـ U.S. Code of Federal Regulations (CFR) 49, Part 193.16، لحماية المناطق المجاورة.

في هذه المجالات. وتقدم هذه المؤشرات هنا نقاطاً مرجعية لأغراض المقارنة بهدف تمكين مديرى المنشآت من تحديد الكفاءة النسبية للمشروع، كما يمكن استخدامها أيضاً لتقدير التغيرات التي تمت في الأداء بمرور الوقت.

### الرصد البيئي

يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بذلك القطاع للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديدها كونها تحدث آثاراً كبيرة محتملة على البيئة، أثناء العمليات العادلة وفي الظروف المضطربة. ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة وغير المباشرة المطبقة على مشروع عينه 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 تجاري معايرتها وصيانتها على نحو سليم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسعى 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		
المعيار الإرشادي للمصناعة	الوحدة	المعامل
20 <sup>1</sup> -19	ميغا جول/جيغا جول غاز لكل 100 كم	استهلاك الطاقة في نقل الغاز الطبيعي المسال <sup>1</sup>
30 <sup>2</sup> -20	ميغا وات كهربائي (MWe)	استهلاك الطاقة - مصانع إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالة الغازية
30,000	م <sup>3</sup> /ساعة	استهلاك المياه - أنظمة أجهزة تخزين الرف المفتوح <sup>3</sup>

الاحتراق المرتبط 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	المياه	المعالجة والتخلص منها بموجب القيمة الإرشادية الموضحة في القسم 1.1 من هذه الوثيقة. وبالنسبة لعمليات التصريف على المياه السطحية أو على الأرض:
المياه	المياه	اجمالي محتوى الهايدروكربونات: 10 ملغم/ لتر
المياه	المياه	الاس الهايدروجيني: 6 - 9
المياه	المياه	الاكسجين البيوكيمياني المطلوب: 25 ملغم/ لتر
المياه	المياه	الاكسجين الكيميائي المطلوب: 125 ملغم/ لتر
صرف مياه العواصف الخطرة	صرف مياه العواصف الخطرة	الماء العالقة الكلية: 35 ملغم/ لتر
مياه التبريد	مياه التبريد	الفينولات: 0.5 ملغم/ لتر
مياه التبريد	مياه التبريد	الكبريتيدات: 1 ملغم/ لتر
مياه التبريد	مياه التبريد	المعادن الثقيلة (الاجمالي): 5 ملغم/ لتر
صرف الصرف الصحي	صرف الصرف الصحي	الكلوريدات: 600 ملغم / لتر (متوسط)، 1200 ملغم / لتر (الحد الأقصى)
صرف مياه العواصف الخطرة	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	مياه التبريد	تؤدي النفايات السائلة إلى ارتفاع درجة الحرارة بما لا يقل عن 3 درجات مئوية عند حافة المنطقة التي يتم فيها إجراء المزج الأولى وعملية التخفيف. وفي حالة عدم تحديد المنطقة، استخدم 100 متر من نقطة التصريف. ويجب الحفاظ على نسبة تركيز الكلور الحر (اجمالي الكلور المؤكسد المتبقى في مياه النهر / البحر) في عمليات تصريف مياه التبريد / المياه الباردة (كعينة عند نقطة التصريف) عند 0.2 من الأجزاء لكل مليون.
صرف الصرف الصحي	صرف الصرف الصحي	المعالجة بموجب القيمة الإرشادية المتوفرة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، بما فيها متطلبات التصريف. وقد يتطلب توفير منشآت لاستقبال النفايات السائلة الموجودة في خزان الغاز الطبيعي المسال (راجع الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة للموانئ والمرافق).

**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

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 لاحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة) <sup>34</sup>.

### رصد الصحة والسلامة المهنية

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

**ملاحظات:**  
<sup>1</sup> وكالة الطاقة الدولية (IEA)، 1999  
<sup>2</sup> هيكل بحرية قائمة على مبدأ الجنبيّة (GBS) أو وحدة إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية في الأماكن العائمة من 8 جم/م<sup>3</sup>/سنة  
<sup>3</sup> مصنوع إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية دلتا حرارية من 5° درجة مئوية بالنسبة إلى مقدار 8 جم/م<sup>3</sup>/سنة

## 2.2 الصحة والسلامة المهنية

### إرشادات الصحة والسلامة المهنية

يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية بالمقارنة مع إرشادات التعرض المنشورة دولياً، 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) <sup>30</sup> ، ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية المنشورة من قبل المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH) <sup>31</sup> ، وحدود التعرض المسموح بها (PELs) المنشورة من قبل الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA) <sup>32</sup> ، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني المنوشرة من قبل الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي <sup>33</sup> ، أو ما يشابهها من مصادر.

### معدلات الحوادث والوفيات

يجب على إدارات المشاريع أن تحاول خفض عدد الحوادث التي تقع بين عمال المشروع (سواء المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لا

<sup>30</sup> متاح على الموقع التالي: <http://www.acgih.org/TLV/> و <http://www.acgih.org/store>

<sup>31</sup> متاح على الموقع التالي: <http://www.cdc.gov/niosh/npg>

<sup>32</sup> متاح على الموقع التالي: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992)

<sup>33</sup> متاح على الموقع التالي: [http://europe.osha.eu.int/good\\_practice/risks/ds/oel](http://europe.osha.eu.int/good_practice/risks/ds/oel)

<sup>34</sup> متاح على الموقع التالي: <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>

<sup>35</sup> 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/energycon/>

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

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/npdf/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.sigitto.org>

SIGTTO. 2000. Safety in Liquefied Gas Marine Transportation and Terminal Operations. London: SIGTTO. Available at <http://www.sigitto.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](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

إسالة الغاز الطبيعي المسال، ولكن يتم نقل الغاز الطبيعي المسال، يتم تبريده إلى حوالي 162 درجة مئوية تحت الصفر، حيث يتم تكتيفه 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 مربع (كجم/م<sup>2</sup>).

### 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 المألفة عبر خطوط الأنابيب، ويتم تثبيت أي ناتج مرتبط من نواتج التكتيف وإزالته. ويتم قياس حجم الغاز وضبط الضغط الخاص به على قيمة الضغط التشغيلي وقت التصميم في المصنع.

يتم إجراء معالجة مسبقة للغاز بهدف إزالة آية شوائب تتدخل مع عملية المعالجة أو غير مرغوب فيها في المنتجات النهائية. وتشتمل عمليات المعالجة هذه على تحليية الغاز وتتجفيفه، وت تكون هذه العمليات من إزالة الغازات الحامضية ومكونات الكبريت، على سبيل المثال، ثاني أكسيد الكربون ( $\text{CO}_2$ ) وكربونات الهيدروجين ( $\text{H}_2\text{S}$ ) 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. وبخضاع الغاز الذي تمت معالجته لمراحل تبريد متعددة عن طريق إجراء تبادل حراري غير مباشر باستخدام واحد أو أكثر من الميرادات، التي تعمل

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 ومنتوجات غير مألفة)؛
- المرحلة 2: نقل الغاز الطبيعي إلى مصانع المعالجة / الإسالة؛
- المرحلة 3: معالجة الغاز الطبيعي (التجفيف وإزالة كبريتيد الهيدروجين ( $\text{H}_2\text{S}$ )، إلخ.)؛
- المرحلة 4: إسالة الغاز الطبيعي؛
- المرحلة 5: تحويل 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. وتحدد 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 الهيدروكربونات الأثقل مثل الغاز البترولي المسال (LPG) وسائل الغاز الطبيعي (NGL) مثل البروبان والبيوتان. وتنتمي بعد ذلك معالجة الغاز المُعالج (غاز غني بالميثان) في منشآت

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 خصيصاً لهذا الغرض، تبلغ سعتها النموذجية 80000 متر مكعب وتصل إلى 260000 متر مكعب. وتعمل الصهاريج على متن السفينة بمثابة أووعية كبيرة الحجم حافظة للحرارة أو البرودة (قارورة وهمية)، والتي تعمل علىبقاء 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 الصهاريج ويمكن استخدامها كوقود للناقلة. وهناك خمسة أنظمة من أنظمة الاحتواء، تراقب باستمرار حدوث تغير في الغاز ودرجة الحرارة، وهي أنظمة قيد الاستخدام في ناقلات الغاز الطبيعي المسال الجديدة:<sup>36</sup>

- تصميمان من نوع التصميمات المدعومة ذاتياً:
  - صهريج كري (طحلبي)،
  - صهريج منشوري.
- تصميمان من أنواع التصميمات المبطنة (TGZ Mark III و GT96). وتستخدم الصهاريج المبطنة غشائين من

على تقليل درجة حرارة الغاز تدريجياً 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 نوعاً ما من الضغط المذكور أعلاه. وتنتمي تدوير الأبخرة اللامعة والغازات المتاخرة (BOG). ويتم تخزين الغاز الطبيعي المسال الناتج في صهاريج هوائية جاهزة للتصدير عن طريق السفن.

تم تجزئة الهيدروكربونات الأنفل التي يمكن فصلها أثناء التبريد واستعادتها. وعادةً ما تتم إعادة حقن غاز الميثان في محرك 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 الأقل) 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 شيئاً 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.

<sup>36</sup> تم تناول الخصائص المناسبة والقصصية للصهاريج في وثائق الإرشادات ومواصفات التصميم التي تم تطويرها بواسطة جمعية SIGTTO

الغازات المتاخرة. 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 أيضاً توجيه الغازات المتاخرة 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 يتتيح 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 شيوعاً:

- 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 والمسورة (أو سائل متوسط)، حيث يتتوفر مصدر خارجي للحرارة.

### أنظمة الحرق والإطلاق

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

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

محطة إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية على الشاطئ تكون محطات إعادة تحويل الغاز المسال إلى حالته الغازية من الأنظمة التالية:

- نظام تفريغ الغاز الطبيعي المسال، شامل رصيف الميناء ومرسى السفن؛
- صهاريج (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 صهاريج التخزين بواسطة الإزاحة إلى صهاريج الشحنات الموجودة على السفينة بواسطة خط إرجاع البخار، مما يعلم على حفظ الضغط الإيجابي في السفينة. ويتم تركيب صهاريج واحد أو أكثر من الصهاريج ذات السعة الكبيرة لاستقبال الغاز الطبيعي المسال وتخزينه.

أثناء العملية العادية، يتم إنتاج الغازات المتاخرة في الصهاريج وخطوط مملوئة بالسائل عن طريق نقل الحرارة من البيئات المحيطة. ويتم تجميع الغازات المتاخرة بشكل نموذجي لتنمية 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 ضواحي

الناقلات. وقد لا تحتوي الوحدات الطافية لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية على أية وحدات تخزين غاز طبيعي مسال أو قد تحتوي على عدد محدود منها، ولذا يتم فوراً 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 الملحة 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 بتقريغ الغاز الطبيعي المسال ببطء إلى برج الإرساء ذي النقطة الواحدة (SPM)، والذي يتم فيه التبخير الفوري للغاز ونقله عن طريق خطوط أنابيب الغاز؛ ومرسة البرج الرافع (RTM) القابلة للانفصال، وهي عبارة عن مرسة ونظام تفريغ، تعمل على تمكين تصريف بضغط عالي من ناقلة الغاز الطبيعي المسال التي يوجد على متنها مصنع لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية.

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 الجانبية (GBS)،
- الوحدات الطافية لتخزين وإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية (FSRU)،
- الوحدات الطافية لإعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية (FRU)،
- أنظمة الإرساء التي تشتمل على إعادة الغاز المسال إلى حالته الغازية.

الهيكل القائم على مبدأ الجانبية (GBS) هي هيكل خرسانية ثابتة مفروشة في قاع البحر تبني 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 هيكل طافية تم إرساءها في قاع البحر بواسطة نظام مرسة برجي. وتوجد الأنظمة اللازمة لضخ الغاز الطبيعي المسال والتبخير ومعالجة الغاز المتاخر 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 وتقريغ الغاز الطبيعي المسال من

الشكل ألف-1: إنتاج الغاز الطبيعي المسال

