

وزارة النفط والثروة المعدنية  
الشركة العامة لمصفاة حمص  
مديرية الجودة والسلامة المهنية والبيئة

**الأمن والسلامة في صناعة**

**الغاز الطبيعي المسال**

**LNG**

**SAFTY and SECURITY**

**ترجمة وإعداد/ المهندس سمير خالد  
مدير الجودة والسلامة المهنية والبيئة**

# الفهرس

- ١- خلاصة موجزة
- ٢- مقدمة
- ٣- اعتبارات السلامة في عمليات الغاز الطبيعي المسال
- ٤- خصائص الغاز الطبيعي المسال ومخاطره الكامنة
  - ١- خصائص الغاز الطبيعي المسال
  - ٢- أنواع مخاطر الغاز الطبيعي المسال
- ٥- كيف يتم تحقيق الأمن والسلامة في تسلسل عمليات الغاز الطبيعي المسال.
  - ١- لمحة موجزة عن تسلسل عمليات الغاز الطبيعي المسال
  - ٢- تسلسل عمليات الغاز الطبيعي المسال الحالي في الولايات المتحدة الأمريكية
  - ٣- تطبيق شروط الأمان على تسلسل عمليات الغاز الطبيعي المسال.

## ٦- استنتاجات

### الملحقات

- الملحق ١- : أسئلة وأجوبة حول الغاز الطبيعي المسال
- الملحق ٢- : وصف لوسائل التعامل مع الغاز الطبيعي المسال
- الملحق ٣- : التشريعات الناظمة لتصنيع الغاز الطبيعي المسال
- الملحق ٤- : من يشرع صناعة الغاز الطبيعي المسال في الولايات المتحدة
- الملحق ٥- : إدراك الخطر
- الملحق ٦- : حوادث الغاز الطبيعي المسال الرئيسية
- الملحق ٧- : قائمة بمصطلحات
- الملحق ٨- : جدول تحويل

## أولاً - خلاصة موجزة

بما أن الغاز الطبيعي المسال قد يلعب دوراً ذو أهمية متزايدة في مستقبل الطاقة العالمي فإن هذه الورقة تبحث في موضوعات الأمن والسلامة المتعلقة بعمليات تصنيع واستخدام الغاز الطبيعي المسال الذي استخدم في الولايات المتحدة وفي العديد من دول العالم منذ حوالي ٤٠ سنة تقريباً وهناك ثلاثة أصناف من الوحدات للتعامل مع هذا الغاز في العالم هذه الوحدات هي :

١. وحدات لتصدير الغاز المسال

٢. وحدات لاستقبال الغاز المسال

٣. وحدات لمعالجة الغاز المسال .

إن صناعة الغاز الطبيعي المسال في العالم لديها سجل سلامة نظيف تقريباً" ناتج عن عدة عوامل :

**العامل الأول:** وجود تقنية وتشغيل تضمن أمن و سلامة العمليات التشغيلية وهذه التقنيات تبدأ من التصميم الهندسي فالإجراءات التشغيلية وتنتهي بتأهيل الفرد فنياً .

**العامل الثاني:** الأخذ بعين الاعتبار الخصائص الفيزيائية والكيميائية حيث يتم من خلالها فهم الأخطار أثناء التنفيذ والتشغيل.

**العامل الثالث:** تطبيق المراجع و الأكواد والقوانين المتعلقة بالأمن والسلامة على صناعة الغاز المسال.

إن السلامة في صناعة الغاز المسال تتحقق بتحقيق أربعة عناصر من مستويات الحماية تؤمن الحماية للعاملين في هذه الصناعة وللوحدات وللجوار.

**أ- يعتبر الاحتواء الرئيسي** (كلمة احتواء تعني في هذه النشرة التخزين والعزل الآمن للغاز) مطلب الحماية الأول الهام إذ يتضمن هذه المستوى من الحماية **استخدام المواد المناسبة** في وحدات تصنيع الغاز المسال إضافة إلى **التصميم الهندسي** المناسب لخزانات التخزين المقامة على اليابسة وعلى سفن الشحن أو في أي مكان آخر .

**ب - أما الاحتواء الثانوي** وهو المستوى الثاني من الحماية فهو لاحتواء أية رشوحات أو انسكابات تحدث بشكل مفاجئ وعزل كامل الغاز المتسرب ومنع وصوله إلى الأماكن العامة .

**ج- وتشكل أنظمة الأمان** المستوى الثالث من الحماية والهدف منها تخفيض تكرار وحجم التسربات في الوحدات المقامة ومنع الضرر الناتج عن المخاطر المحتملة المرتبطة بهذا الغاز كخطر الحريق . من أجل هذا المستوى من الحماية تستخدم أنظمة التوقف المفاجئ في حالات الطوارئ كأنظمة أمان حيث تستطيع هذه الأنظمة أن تحدد المشاكل بدقة وتقوم بإيقاف عمليات التشغيل في حالات العطل المحددة أو حدوث انهيار في المعدات ، وفي بعض الوحدات هناك تصميم لمنع تسرب الغاز أو الحد من كمية الغاز الذي قد يتسرب بشكل كبير. و تستخدم منظومات إطفاء الحريق الاتوماتيكي المزودة بدارات لكشف الغاز المتسرب للحد من تأثيرات تسرب الغاز إذا حدث أي تهريب .

يجب على المشغلين في وحدات الغاز أو على السفن التي تقوم بنقل الغاز المسال أن يقوموا باتخاذ عدة إجراءات تشغيلية ضرورية للسيطرة في حال التسرب وأن يكونوا مدربين للتعامل مع مثل هذه الحالات وأن تكون أنظمة الاستجابة للحالة الطارئة فعالة ، من اجل حماية الناس والملكيات والبيئة من أي تسرب غازي.

**د- أخيرا يجب المحافظة على مسافات فاصلة** مابين وحدات الغاز و الأملاك والمناطق العامة و توفير مناطق عازلة حول سفن شحن الغاز .

من الضروري معرفة **الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغاز** من اجل تحديد كيفية التعامل بشكل أمن مع فالغاز لا رائحة له وغير سام وغير أكال وكثافته أقل من الماء و أبخرته (وبالأخص الميثان) أصعب بالاشتعال من أنواع الوقود السائل القابلة للاشتعال الأخرى .

و يعتبر البخار الناتج عن الغاز المسال عند درجة حرارة أعلى بقليل من (-110) م أخف من الهواء فإذا انسكب الغاز المسال على الأرض أو على الماء فإن الغاز يتبخر ويشكل مزيج قابل للاشتعال مع الهواء وإذا لم يشتعل هذا المزيج فإنه سوف يرتفع في الهواء نحو الأعلى ومن يتبدد و اعتمادا" على هذه الخصائص فإن المخاطر المحتملة المرتبطة بهذا الغاز هي الحرارة الناتجة عن اشتعال أبخرته وتعرض جلد الإنسان أو المعدات لبرودة عالية كما إن بخار الغاز خانق في حال انتشاره في أماكن مغلقة خالية من الأوكسجين .

هناك إمكانية صغيرة جدا" لتسرب هذا الغاز أثناء عمليات التشغيل العادية وذلك بسبب وجود أنظمة الأمان لكن التسربات الكبيرة غير المتوقعة وقد تحدث نتيجة أعطال أو انهيارات أو حوادث طارئة كبيرة .

لا يحتوي الغاز الطبيعي المسال فعليا" على الكبريت لذلك فإن حرق هذا الغاز كوقود يسبب انبعاثات ملوثة بالهواء أقل من أنواع الوقود الأخرى .

## ثانياً - مقدمة

لقد نقل واستخدم الغاز المسال العالم منذ ما يزيد عن ٤٠ عاماً و الولايات المتحدة لديها أكبر عدد وحدات للغاز المسال في العالم ومن خلال تحليل المعلومات المتوفرة عن الغاز المسال حول الأمن والسلامة وجد أن للغاز المسال سجل سلامة ممتاز وهذا السجل ناتج عن عدة عوامل :

١- إن صناعة الغاز ذات تقنية وتشغيل تضمن عمليات الأمن والسلامة وتتضمن التقنية والتشغيل كل شيء من التصميم الهندسي إلى الإجراءات التشغيلية إلى الكفاءة التقنية للأشخاص .

٢- إن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغاز المسال تمكن من معرفة المخاطر التي قد يسببها وبذلك يمكن تجنب هذه المخاطر .

٣- هناك مجموعة واسعة من السنتدرات والمراجع التي تطبق على صناعة الغاز المسال وتضمن السلامة بشكل كبير .

تشرح هذا الورقة كيف يتم تحقيق الأمن والسلامة في صناعة الغاز المسال وذلك اعتماداً على المراجعة الدقيقة للبيانات الفنية والتشغيلية في الولايات المتحدة وتم الاستنتاج بأنه بالإمكان نقل وتخزين واستخدام الغاز المسال بشكل امن وسليم طالما يتم المحافظة على تطبيق التعليمات الموجودة في المراجع والبروتوكولات المتعلقة بالسلامة.

بتحويل الغاز الطبيعي إلى الحالة السائلة يصبح بالإمكان شحنه عبر المحيطات ولمسافات بعيدة من البلدان المنتجة وإلى أماكن الطلب إذ يستخدم الغاز الطبيعي في المنازل للطبخ أو التسخين وفي المؤسسات العامة وفي الزراعة وفي الصناعة لتوليد الطاقة الكهربائية والغاز الطبيعي مهم ليس فقط كمصدر نظيف للطاقة بل يستخدم كقطفة تغذية في الصناعة البتر وكيميائية لإنتاج أنواع البلاستيك والألياف و الأسمدة والعديد من المنتجات الأخرى ومن خلال الاطلاع على **المعلومات المتعلقة** بالخصائص الفيزيائية للغاز المسال وسجلات السلامة في العديد من وحدات الغاز المسال وسفن الشحن وتأثير عمليات الغاز المسال على البيئة والمعلومات المتوفرة لدى المنظمات والوكالات المعنية بشؤون سلامة حماية البيئة في صناعة الغاز المسال **تم الاستنتاج** انه بالإمكان الاستمرار في استخدام الغاز بشكل امن ويبين الشكل رقم - ١ بان هناك تحسن المستمر للسلامة والبيئة والأمن في صناعة الغاز المسال .

## ثالثاً - اعتبار السلامة في عمليات معالجة الغاز الطبيعي المسال

استناداً إلى تعريف السلامة في صناعة الغاز يجب أن نسأل متى يكون هذا الغاز خطراً". إن صناعة الغاز لها نفس المخاطر الروتينية واعتبارات السلامة الموجودة في أي صناعة أخرى . يجب أن تكون أنظمة الحد من المخاطر مركبة وذلك لتقليل احتمالية هذه المخاطر ولضمان حماية الجوار والبيئة الطبيعية وكما هو الحال في أي صناعة فإن المشغلين في صناعة هذا الغاز يجب أن يكونوا متفهمين لكل القوانين والمراجع والأكواد المحلية والعالمية المكافئة ، إضافة إلى المخاطر الروتينية واعتبارات الأمان فإن صناعة هذا الغاز المسال تتطلب اعتبارات أمان خاصة ففي حال حدوث أي تسرب حادثي للغاز فإن منطقة الأمان المحيطة بالوحدة يجب أن تؤمن الحماية للجوار من الأذى الشخصي و الحريق .

الحادثة الوحيدة والوحيدة فقط التي أثرت على الجوار كانت في كليفلاند ولاية أوهايو عام ١٩٤٤ ومن خلال دراسة هذه الحادثة تم التوصل إلى وضع مراجع للسلامة ما تزال مستخدمة حتى اليوم . يبين الشكل رقم ٢- مستويات الحماية المطلوبة في صناعة الغاز المسال

الاحتواء الرئيسي
الاحتواء الثانوي
أنظمة الأمان
مسافة الفصل

**إن متطلبات السلامة التالية :** الاحتواء الرئيسي - الاحتواء الثانوي - أنظمة الأمان - مسافة الفصل هي التي يجب أن تطبق على تسلسل عمليات صناعة الغاز بدءاً من إنتاج الغاز ثم تحويله إلى سائل وشحنه و انتهاءً بالتخزين والتحويل إلى غاز ثانية و فيما يلي شرح مفصل لمتطلبات الأمان الأربعة :

**أ - الاحتواء الرئيسي :** وهو مطلب الأمان الأول والهام في صناعة الغاز الطبيعي المسال ويتم تحقيق هذا المطلب باستخدام مواد تصنيع مناسبة في صناعة خزانات التخزين والمعدات الأخرى والتصميم الهندسي المناسب لكامل سلسلة عمليات صناعة الغاز المسال .

**ب - الاحتواء الثانوي :** وهو مطلب الأمان الثاني والذي يضمن بأنه إذا حصلت أية تسريبات أو انسكابات للغاز فإن هذه الانسكابات بالإمكان احتوائها وعزلها . من أجل الوحدات المقامة على البر فإن الحرم المحيط بالخزانات قادر على استيعاب كامل المنتج في حالة انسكابه و أنظمة الاحتواء الثانوي مصممة لاحتواء كمية تزيد عن كامل الحجم الموجود في الخزان .

**ج - أنظمة الأمان :** وهو المستوى الثالث من الحماية والهدف منه تخفيض الكمية المتسربة من الغاز والحد من تأثيرات التسرب . من أجل هذا المستوى من الحماية فإن وحدات تصنيع الغاز تستخدم أجهزة مهمتها

تحديد تسرب أي غاز أو سائل أو حدوث حريق حيث تقوم هذه الدارات بالتحكم عن بعد بالإيقاف الأوتوماتيكي لأنظمة إيقاف التسريبات و الانسكابات في حال الأعطال .

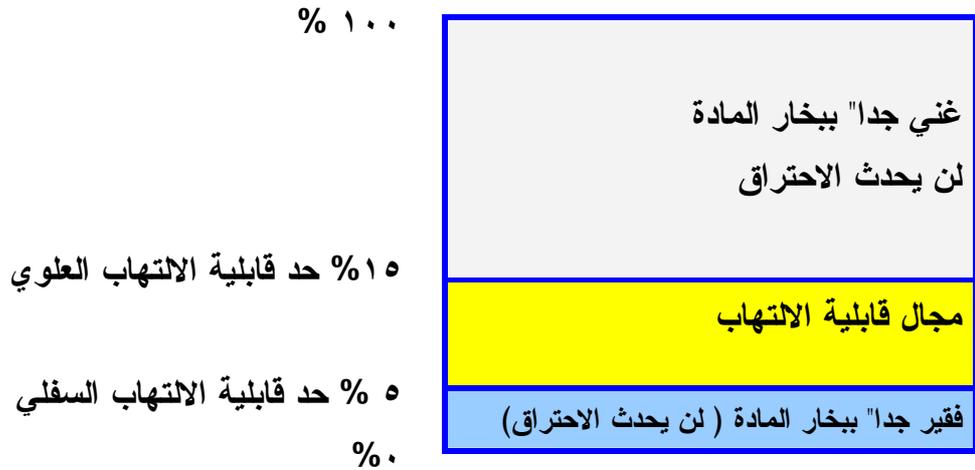
**د - مسافة الفصل :** تتطلب المراجع بأن تكون هناك مسافة آمنة بين وحدات الغاز و الوحدات الصناعية الأخرى أو جوار كذلك الحال بالنسبة لسفن الشحن يجب أن تكون هناك مناطق أمان حولها . تحديد المسافات الآمنة يعتمد على بيانات مثل انتشار الغاز و اعتبارات أخرى موجودة في هذه المراجع .

## رابعاً - خصائص الغاز ومخاطره الكامنة

**٤-١ : خصائص الغاز:** يتألف الغاز الطبيعي من الميثان و الإيثان و البروبان و مواد هيدرو كربونية خفيفة أخرى إضافة إلى كميات بسيطة من النتروجين و الهيليوم و ثاني أكسيد الكربون و مركبات الكبريت و الماء . وتتطلب عملية الإسالة للغاز معالجة أولية الغاز الطبيعي و إزالة الملوثات كالماء و النتروجين و ثاني أكسيد الكربون و كبريت الهيدروجين و مركبات الكبريت الأخرى منه حتى لا تتشكل مواد صلبة عند تبريد الغاز ويتم تبريد الغاز الطبيعي لدرجة حرارة قريبة من (١٦٠-) م حتى يصبح مسال و عندها يكون جاهز للتخزين و الشحن ، يأخذ الغاز المسال (١/٦٠٠) من الحجم المطلوب بالنسبة للغاز عن درجة الحرارة و الضغط الجوي العادي و بما أن الغاز السائل يتشكل نتيجة عملية التبريد فهو لا يخزن تحت الضغط . إن الغاز المسال نقي و غير أكال أو سام بارد جداً عند الضغط الجوي العادي لا رائحة له لذلك تضاف إليه مواد ذات رائحة قبل أن يتم توزيعه إلى المستهلكين تساعد هذه الرائحة في تحديد أي تسربات للغاز . عندما يتحول الغاز المسال إلى الحالة البخارية في المناطق المغلقة و الغير مهواة يسبب الاختناق لأنه يحل محل الأوكسجين و كثافته حوالي (٣,٩ باوند لكل غالون) بالمقارنة مع كثافة الماء و التي هي حوالي (٨,٣ باوند لكل غالون ) وهكذا إذا انسكب الغاز المسال على الماء فإنه يطفو على سطح الماء و يتبخر بسرعة لأنه أخف من الماء و إذا لم يتم التعامل مع هذه الأبخرة المتحررة بشكل صحيح و آمن فإنها تصبح قابلة للاحتهاب بل تصبح قابلة للانفجار في حالات معينة .

تشكل الأبخرة الناتجة عن الغاز المسال مزيج قابل للاحتهاب يمكن أن يشتعل و يحترق و يبين الشكل رقم ٣ - مجال الاحتهاب للميثان الذي هو المكون الأساسي لبخار الغاز المسال و هذا المجال هو ما بين ٥-١٥ % حجماً ، عندما يزيد تركيز البخار عن الحد العلوي للمجال فإنه لا يحدث احتراق بسبب أن الأوكسجين الموجود اللازم للاحتراق قليل هذه الحالة موجودة على سبيل المثال في خزان محكم و مغلق حيث أن تركيز البخار هو بحدود ١٠٠ % ميثان كذلك الحال عندما يكون تركيز البخار أقل من الحد الأصغري للاحتهاب فإنه لن يحدث الاحتراق لأن كمية الميثان الموجودة قليلة جداً مثال على ذلك حدوث رشح لكميات بسيطة من الغاز المسال في منطقة مهواة بشكل جيد حيث أن بخار الغاز الطبيعي المسال سوف يمتزج بسرعة مع الهواء و ينتشر مشكلاً تركيز أقل من ٥ % .

**ملاحظة :** إن مجال الالتهاب وهو مجال ما بين التركيز الأصغري والتركيز الأعظمي لبخار المادة في الهواء (يقاس كنسبة مئوية حجميه)



الشكل رقم ٣/ مجال قابلية الالتهاب لغاز الميثان (الغاز الطبيعي المسال)

يبين الجدول رقم - ١ مقارنة ما بين خصائص الغاز المسال مع أنواع أخرى من الوقود السائل ومن خلال المقارنة نرى أن حد قابلية الالتهاب الأدنى للغاز المسال هو أعلى مما هو عليه بالنسبة لبقية أنواع الوقود السائل وهذا يعني أن هناك حاجة لمزيج من أبخرة الغاز المسال حتى يحدث الاشتعال مقارنة بالغاز البترولي المسال أو البنزين. (في منطقة معينة)

الجدول رقم ١ مقارنة الخصائص لبعض أنواع الوقود السائل

الخاصية	LNC	LPG	البنزين	الفيول اويل
السمية	لا	لا	نعم	نعم
مسرطن	لا	نعم	نعم	نعم
يشكل بخار قابل للالتهاب	نعم	نعم	نعم	لا
يشكل غيوم بخارية	نعم	نعم	نعم	لا
خائق	نعم في غيمة بخار	نعم في غيمة بخار	نعم	نعم
درجة حرارة باردة جدا"	نعم	نعم إذا كان مجمد	لا	لا
مخاطر صحية أخرى	لا يوجد	لا يوجد	تهيج العين - تخدير غثيان	مثل البنزين
درجة الوميض ( F )	٣٠٦ -	١٥٦ -	٥٠ -	١٤٠
درجة الغليان ( F )	٢٥٦ -	٤٤ -	٩٠	٤٠٠
مجال الالتهابية في الهواء	١٥-٥	٩,٥ - ٢,١	٦ - ١,٣	-
ضغط التخزين	ضغط جوي	مضغوط ( جوي إذا كان مجمد )	ضغط جوي	ضغط جوي
ماذا يحدث إذا حصل انسكاب	يتبخر مشكلا" غيوم مرئية جزء من الغيمة قد يكون قابل للالتهاب وفي حالات معينة	يتبخر مشكلا" غيوم مرئية جزء من الغيمة قد يكون قابل	يتبخر ، يشكل بركة قابلة للالتهاب ، مطلوب تنظيف بيئي	كما هو الحال بالبنزين

	قابل للانفجار	للالتهاب وفي حالات معينة قابل للانفجار
--	---------------	-------------------------------------------

يشتعل غاز الميثان فقط إذا كانت نسبة بخار الغاز للهواء ضمن مجال الالتهاب والتعرض للهب مباشر أو شرارة لذلك فإن وحدات الغاز المسال تصمم وتشغل باستخدام ستندرات وإجراءات تضمن إزالة هذا الخطر وهي مجهزة بأنظمة لتحديد النار والوقاية منها في حدوث الالتهاب أو الشرارة .  
**إن درجة الاشتعال الذاتي وهي أخفض درجة حرارة يشتعل عندها الغاز فجأة دون التعرض لمصدر اشتعال و إنما يتم التعرض لمصادر حرارية لعدة دقائق كالتسخين أو الإشعاع الحراري .**

إن درجات الحرارة الأعلى من درجة الاشتعال الذاتي تسبب الاشتعال بعد فترة تعرض أقصر وعند درجات الحرارة المرتفعة جدا" وضمن مجال قابلية الالتهاب فإن الاشتعال يكون فجائي ومن أجل أبخرة الميثان الناتجة عن الغاز الطبيعي المسال والمشكلة لمزيج من الهواء والوقود حيث نسبة الميثان في الهواء ١٠% وتحت الضغط الجوي تكون درجة الاشتعال الذاتي أعلى من ١٠٠٠ ف (٥٥٤) مئوية و يتطلب تشكيل درجة الحرارة العالية جدا" هذه وجود مصدر قوي من الإشعاع الحراري أو سطح حار أو ساخن .  
إذا حدث انسكاب للغاز المسال على الأرض أو على الماء ونتج عن ذلك مزيج قابل للالتهاب وإذا لم يصل هذا المزيج إلى مصدر اشتعال (لهب - شرارة أو مصدر تسخين ذو درجة حرارة ١٠٠٠ ف أو أكثر) فإن المزيج سوف يتبدد في الجو ولن يكون هناك خطر حريق .

لدى المقارنة مع أنواع وقود سائلة أخرى فإن بخار الغاز المسال ( الميثان ) يحتاج إلى درجة اشتعال ذاتي أعلى من بعض المواد الهيدروكربونية الأخرى كما هو مبين في الجدول رقم ٢

الجدول رقم ٢ درجة الاشتعال الذاتي لأنواع الوقود السائل

درجة الاشتعال الذاتي (ف)	نوع الوقود
١٠٠٤	الغاز الطبيعي المسال
[ ٩٥٠ - ٨٥٠ ]	الغاز البترولي المسال
٧٩٣	إيتانول
٨٦٧	ميثانول
٤٩٥	بنزين
٦٠٠	مازوت

**خلاصة :** الغاز الطبيعي المسال مادة باردة جدا" وغير سامة وغير أكالة تنقل وتخزن تحت الضغط الجوي العادي وهو ناتج عن عملية تجميد وليس عملية الضغط وهذا يساعد على نقل أحجام كبيرة من الغاز بطريقة فعالة واقتصادية ولمسافات كبيرة جدا" ولا يشكل الغاز الطبيعي المسال خطر بليغ طالما أنه موجود

ضمن أوعية التخزين و أنابيب الضخ والمعدات المصممة للاستخدام تحت شروط درجات الحرارة المنخفضة جدا" وإن الأبخرة الناتجة عن الغاز المسال بسبب تسرب غير مسيطر عليه تكون خطرة وخاصة إذا كان ضمن مجال الالتهاب وتلامست مع مصدر الاشتعال .

#### ٤ - ٢ - أنوع مخاطر الغاز الطبيعي المسال

إن المخاطر المحتملة التي تؤثر بشكل خاص على المشغلين في وحدات الغاز والجوار المحيط تأتي من الخصائص الأساسية للغاز الطبيعي والاحتواء الرئيسي والثانوي و أنظمة الأمان و مسافة الفصل تشكل مستويات متعددة من الحماية وهي تؤمن الحماية ضد المخاطر الناتجة عن الغاز الطبيعي المسال والتي هي كالتالي :

#### ٤-٢-١ : خطر الانفجار

يحدث الانفجار عندما تغير مادة حالتها الكيميائية بسرعة أي تشتعل - أو يحدث تسرب مفاجئ لمادة مضغوطة وحتى يحدث مثل هذا التسرب يجب أن يحدث انهيار للوعاء الحاوي على هذه المادة .  
يخزن الغاز الطبيعي المسال في خزانات تحت درجة حرارة منخفضة جدا" حوالي ١٦٠<sup>-</sup> م وضغط جوي و تمنع أنظمة الاحتواء مصادر الاشتعال من الوصول إلى السائل وبما أن الغاز المسال يخزن تحت ضغط جوي فليس هناك خطر الانفجار المباشر في حال حدوث انهيار للوعاء الحاوي .

#### ٤-٢-٢ : خطر تشكيل غيوم البخار

حالما يغادر الغاز المسال الوعاء المبرد فإنه يبدأ بالتسخين متحولاً إلى سائل ومن ثم إلى غاز وفي البداية يكون الغاز أبرد وأثقل من الهواء المحيط لذلك يشكل ضباب (غيمة بخارية ) فوق السائل المتسرب وكلما سخن الغاز فإنه يمتزج مع الهواء المحيط ويبدأ بالانتشار .  
إن الغيمة البخارية تشتعل فقط إذا تلامست مع مصدر اشتعال ويكون تركيز الغاز ضمن مجال الالتهاب الخاصة به لذلك فإن أنظمة السلامة والإجراءات التشغيلية الموجودة في وحدات الغاز مقصود منها تخفيض إمكانية التسرب والعمل على ألا يكون للغيمة البخارية أي تأثير خارج حدود الوحدة .

#### ٤-٢-٣ : خطر السائل البارد

إذا تسرب الغاز المسال وحدث تلامس مباشر للجسم البشري مع السائل ذو درجة حرارة منخفضة جدا" فإنه سيحدث تجمد للنسيج البشري لذلك على الأشخاص الذين يتعاملون مع الغاز المسال ارتداء الكفوف الواقية و الأقفعة الوجهية وألبسة الوقاية الأخرى للحماية من السائل المتجمد عند الدخول إلى مناطق الخطر المحتمل .

#### ٤-٢-٤ : خطر الإضافة

عندما يتم تعبئة خزان بغازات طبيعية مسالة ذات كثافات متعددة في نفس الوقت فإنه لن يحدث امتزاجات في البداية بل ستوجد على شكل طبقات غير مستقرة داخل الخزان بعد فترة من الزمن هذه الطبقات الغير مستقرة قد يحدث فيها إضافة أنية لتثبت السائل بالخزان ، كلما سخنت الطبقة السفلى من الغاز المسال نتيجة التسرب الحراري العادي تتغير كثافتها حتى تصبح بالنهاية اخف من الطبقة الأعلى ، في هذه اللحظة

فان ستحدث إضافة السائل (تبديل الأماكن ) مع تبخر مفاجئ للغاز المسال وهذا التبخر قد يكون كبيراً بحيث يسبب فتح صمامات الأمان .

في وقت ما قد يسبب الضغط الزائد تمزق الخزان أو انهياره ، لمنع تطبيق الخزان يجب على المشغلين الذين يقومون بتفريغ سفن الغاز المسال بقياس كثافة الحمولة ، و تعدل إجراءات التفريغ طبقاً لذلك ، خزان الغاز المسال لديها أنظمة حماية من الإضافة تتضمن حساسات لدرجة الحرارة و أنظمة مزج pump-around

#### ٤-٢-٥: خطر التحول الطوري السريع

عندما يتسرب الغاز إلى الماء فإنه يطفو عليه لأنه أقل كثافة من الماء ويبدأ بالتبخر وإذا تسربت أحجام كبيرة من الغاز إلى الماء فإنه يتبخر بسرعة كبيرة مسبباً ما يسمى بالانتقال الطوري السريع . إن درجة حرارة الماء ووجود المواد الأخرى غير الميثان تؤثر أيضاً على احتمالية التحول الطوري السريع (يحدث التحول الطوري السريع إذا حدث مزج ما بين الماء والغاز )، يحدث نفس الأثر في السوائل الأخرى ذات درجات الحرارة ودرجات الغليان المختلفة بشكل واسع عندما تتلامس مع بعضها .

## خامساً - كيف يتم تحقيق الأمان والسلامة في عمليات الغاز الطبيعي المسال

انتشرت صناعة الغاز الطبيعي المسال في العالم منذ أكثر من ٤٠ سنة كانت الحوادث خلالها قليلة جداً وكأي صناعة هناك مخاطر وأخطار معينة مرتبطة بعمليات التشغيل اليومية لذلك سيكون تركيزنا على خصائص الغاز الطبيعي المسال وعلى المخاطر والأخطار الخاصة التي قد تنتج عن هذه الخصائص وعلى فوائد الأمان والسلامة في وحدات الغاز .

إن المخاطر الرئيسية المحتملة للغاز المسال وللابخرة الناتجة محددة ومعروفة وتؤخذ بالحسبان أثناء الإنشاء والتشغيل والصيانة الآمنة وللمنع والحد من احتمالية تشكل هذه المخاطر تتبع القوانين و الأكواد والإجراءات التشغيلية التي تجعل احتمالية حدوث أي حادثة منخفضة جداً .

٥-١ : فكرة عن تسلسل العمل على الغاز الطبيعي المسال : إن المكونات الأساسية لسلسلة عمليات الغاز الطبيعي المسال هي التالية : ( انظر الشكل ٤ )

- ١- إنتاج الغاز الطبيعي : وتشمل عملية البحث عن الغاز وإنتاجه ومن ثم إرساله إلى وحدة المعالجة
- ٢- تحويل الغاز إلى سائل : تساعد عملية التحويل في نقل الغاز ضمن السفن .
- ٣- النقل : ويشمل تحميل الغاز ضمن سفن المخصصة لهذا الغرض .
- ٤- إعادة تحويل الغاز المسال إلى غاز : يتم تحويل الغاز المسال إلى الطور الغازي .
- ٥- توزيع وتصريف الغاز الطبيعي : من خلال شركة للأنابيب ومن ثم إلى المستخدمين ،



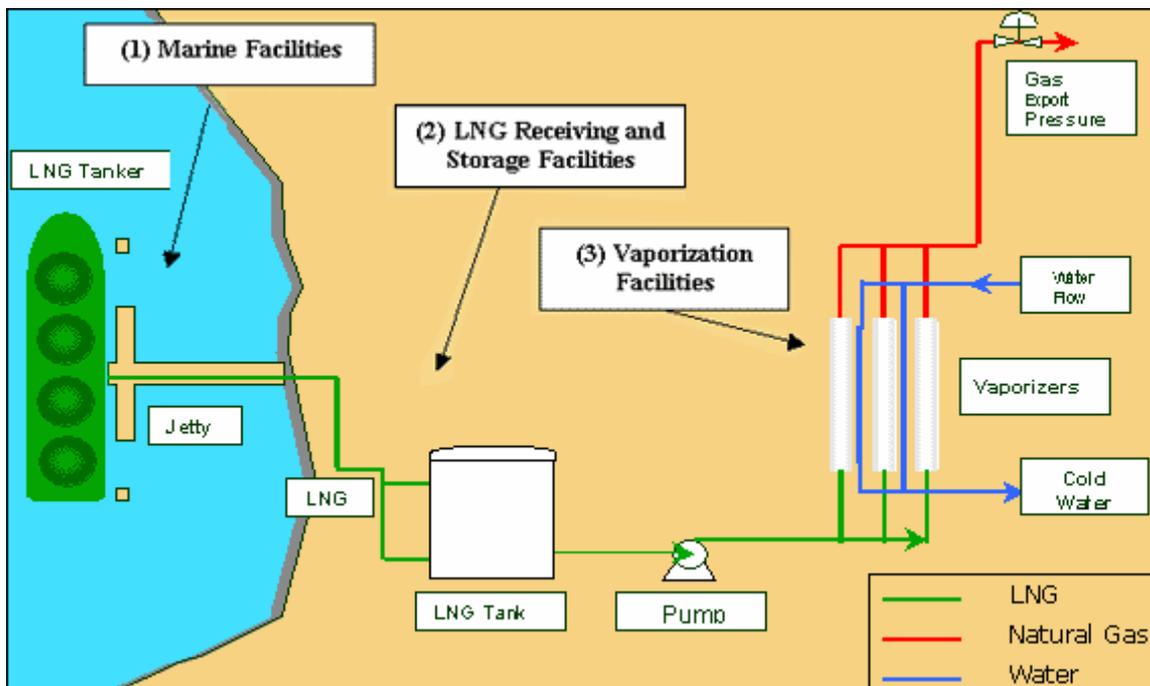
أنابيب الضخ - المبخرات - خزان الغاز المسال - سفينة الشحن - خزان الغاز - وحدة الإسالة - حقل الغاز

## الشكل رقم ٤

يبين الشكل رقم ٤ سلسلة عمليات الغاز الطبيعي التي تتلخص بالخطوات التالية :

إنتاج الغاز - إسالة الغاز - تخزين الغاز المسال - نقل الغاز المسال بالسفن الخاصة - إعادة تخزين الغاز المسال بعد تفريغه من السفن - تبخير الغاز المسال - تصريف الغاز في شبكة أنابيب .  
إن التخزين هو أساس الأمن والسلامة . وحالما يتم إسالة الغاز الطبيعي فإنه يتم تخزينه قبل شحنه أو تحميله مباشرة بالسفن .

يبين الشكل رقم ٧ مخطط لوحدة استقبال أبخرة الغاز المسال



حيث تتألف هذه الوحدة من :

- مأخذ لتفريغ السفن إلى خزان واستقبال الغاز المسال .
- تجهيزات التبخير وتحويل الغاز المسال إلى الطور الغازي .



**Figure 9. A Satellite Storage Facility**



**Figure 10. An LNG Truck**

### **٥-٢ : تطبيق شروط الأمان على سلسلة عمليات الغاز الطبيعي المسال**

لن يتم الإشارة في هذه النشرة إلى المخاطر المرتبطة باستكشاف وإنتاج الغاز ومعالجة الغاز الطبيعي أو تلك المرتبطة بأنابيب ضخ الغاز الطبيعي أو أنظمة التوزيع الغاز و إنما سيتم شرح عناصر الحماية الأربعة (الاحتواء الرئيسي - الاحتواء الثانوي - أنظمة الأمان - مسافات الفصل) المتعلقة بتسلسل عمليات الغاز الطبيعي المسال

### **أولاً - الاحتواء الرئيسي**

إن مصطلح احتواء يعني التخزين والعزل الآمن للغاز الطبيعي المسال وإن الاستخدام الآمن لأي مادة ذات درجة حرارة منخفضة يتطلب فهم سلوك المواد عن درجات الحرارة المنخفضة جداً ، إن اختيار المواد التي تصنع منها الخزانات والأنابيب والمعدات التي ستتلامس مع الغاز المسال هو أمر حرج فاستخدام أنواع الفولاذ الحاوي على النيكل بنسبة عالية أو الألمنيوم أو أنواع الستانلس ستيل هو مكلف لكنه ضروري لمنع قابلية الكسر وانهيار المعدات التي تصيب الفولاذ العادي ( يفقد قابليته للتمدد ويصبح قابل للكسر في

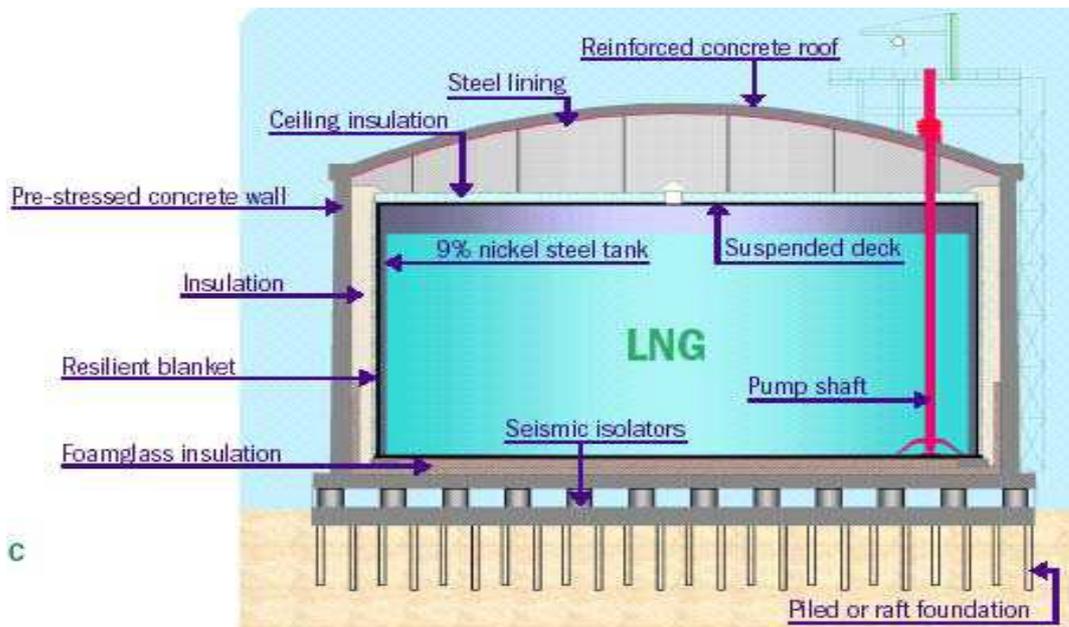
درجات الحرارة المنخفضة ) ، تستخدم عادة خلائط الفولاذ العالية المكونة من ٩ % نيكل وستانلس ستيل لصناعة الخزان الداخلي في خزانات الغاز الطبيعي المسال ومعدات الغاز المسال الأخرى .

هناك عدة تصاميم هندسية لخزانات الغاز تضمن السلامة ( انظر الشكل رقم ١٣ ) من احد هذه التصاميم الخزانات ذات الجدار المزدوج والتي تعمل تحت الضغط الجوي والخزان من هذا النوع هو خزان ضمن خزان مع وجود مادة عازلة ما بين جدار الخزانين والخزان الخارجي مصنوع من الكربون ستيل و الهدف من الخزان الخارجي تثبيت العزل في مكانه وهو لا يؤمن الحماية في حالة انهيار الخزان الداخلي، أما الخزان الداخلي فهو على تلامس مباشر مع الغاز السائل و مصنوع من مواد مقاومة لدرجات الحرارة المنخفضة (عادة فولاذ حاوي على ٩% نيكل ) وتستخدم الخرسانة والألمنيوم في صناعة الخزان الداخلي . إن أرضية الخزان الداخلي تتوضع على مادة عازلة كالصوف الزجاجي ويجب أن يتحمل الخزان الحمل الهيدروستاتيكي للسائل المخزن و يحدد الارتفاع الهيدروستاتيكي سماكة جدران الخزان الداخلي .ويبين الشكل رقم ١٣ تصميم احد الخزانات و الأنابيب الداخلة إلى الخزان والخارجة منه كلها تتم عبر سقف لتجنب انسكاب كميات كبيرة في حال حدوث أي ضرب في احد الأنابيب . ( يبين الشكل رقم ١٤ خزانات احتواء فردية والتي هي عبارة عن خزانات مؤلفة من خزان داخلي ووعاء خارجي محيط الهدف منه تثبيت العزل والبخار وهو غير مصمم لاحتواء الغاز المسال في حال الرشح من الوعاء الداخلي ) قد تكون الخزانات ذات تصميم من نوع احتواء مزدوج أو احتواء كامل حيث يكون الخزان الخارجي مصمم لاحتواء كامل الكمية الموجودة في الخزان الداخلي في حال حدوث انهيار فيه . إن التصميم الهندسي لتحقيق السلامة يطبق أيضا" على سفن شحن الغاز المسال حيث يحافظ على الغاز المسال تحت ضغط جوي ودرجة حرارة -١٦٠ م ، وهناك ثلاثة تصاميم لأنظمة الاحتواء الموجودة في سفن الشحن :

- **تصميم كروي** : بمعدل ٥٢% من السفن الموجودة .
- **تصميم غشائي** : بمعدل ٤٦% من السفن الموجودة .
- **تصميم موشوري إنشائي مدعم ذاتيا"** : يعادل ٢% من السفن الموجودة .

إن السفن ذات الخزانات الكروية هي المعروفة عادة كسفن لشحن الغاز الطبيعي المسال ذلك لأن سقف الخزان الكروي مرئي فوق سطح السفينة ( انظر الشكل ١٥ ) لكن العديد من السفن والتي تصمم حاليا" هي سفن من النوع الغشائي أو الموشوري وهي تشبه كثيرا" سفن نقل النفط ( انظر الشكل ١٦ )

إن نظام احتواء الشحنة في السفن من النوع الغشائي مؤلف من وعاء رئيسي و احتواء ثانوي وعزل فالوعاء الرئيسي هو لاحتواء الشحنة قد يكون مصنوعا" من الستانلس ستيل أو الإنفاب (فولاذ حاوي على ٣٦% نيكل) أما مواد العزل فقد تكون من البوليكلوريكان أو كلوريد البولي فيلين الرغوي أو البوليستيرين والبرليك يوضع النتروجين في فراغ العزل ذلك لأن النتروجين لا يتفاعل مع الغازات أو المواد الأخرى حتى أن الرشوحات بالإمكان تحديدها بمراقبة الفراغ العازل المملوء بالهيدروجين لتحديد وجود الميثان .



**Figure 13. Conceptual Design of Storage Tanks**



**Figure 14. Single Containment Tanks**



**Figure 15. A Spherical Tank**



**Figure 16. LNG Lagos - Membrane Type LNG Carrier**

### ثانياً- الاحتواء الثانوي

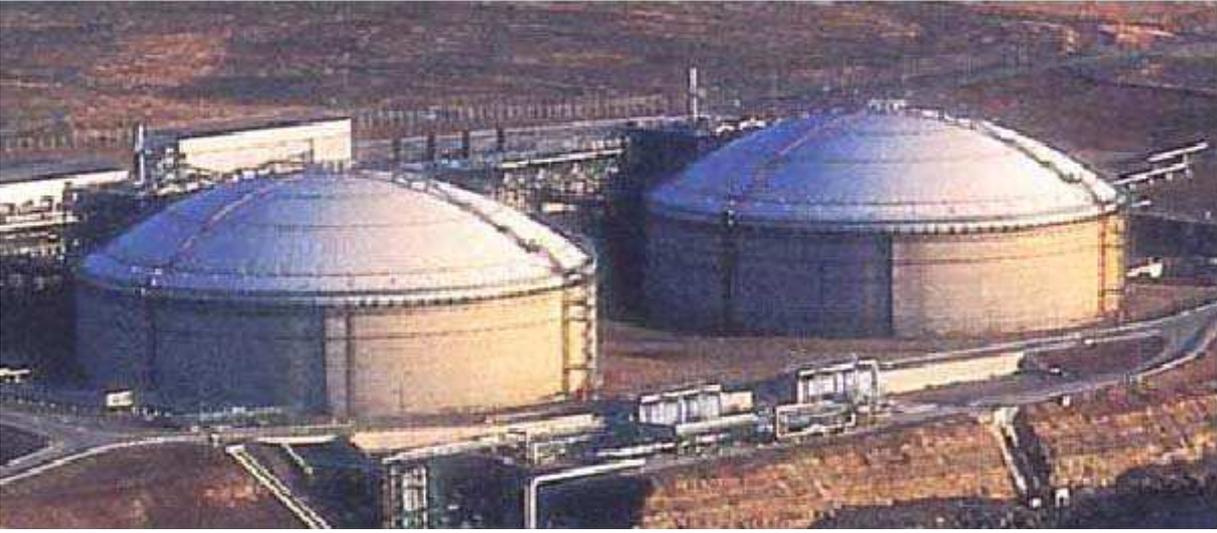
يؤمن الاحتواء الثانوي الحماية بعد الاحتواء الرئيسي وتطبق هذه الحماية على الخزانات في مكان استقبال الغاز ومكان إعادة تحويل السائل إلى غاز إضافة إلى سفن الشحن ، يبنى حول الخزان المبني على الأرض حوض لاحتواء أي تسرب ناتج عن حالة غير محتملة لانفجار الخزان ، يساعد هذا الحوض في

العزل والسيطرة على أي تسرب ، و تصمم الأحواض لتحتوي (١٠٠ - ١١٠) % من حجم الخزان وتكون ذات ارتفاع كافي بحيث أنه إذا بلغ ارتفاع مستوى المادة المتسربة إلى مستوى مساوي لأعلى مستوى للسائل في الخزان فإن المادة لن يتجاوز حافة الحوض ومعظم الخزانات الموجودة في الولايات المتحدة هي من هذا النوع التي تتطلب مساحات أرضية للتخزين أكبر لأن الانسكاب الكامل يتطلب مساحة حوض أكبر **إن الخزان ذو الاحتواء المزدوج** المبين في الشكل ١٧ مصمم ومبني بحيث أن كلا من الخزان الداخلي والخزان الخارجي قادر على احتواء السائل بشكل مستقل ، يحتوي الخزان الداخلي على الغاز المسال تحت الشروط التشغيلية أما الخزان الخارجي أو الجدار الخارجي فالمقصود منه احتواء أي رشح للغاز المسال من الخزان الداخلي . غالبية الخزانات التي حاليا في العالم هي من هذا النوع .



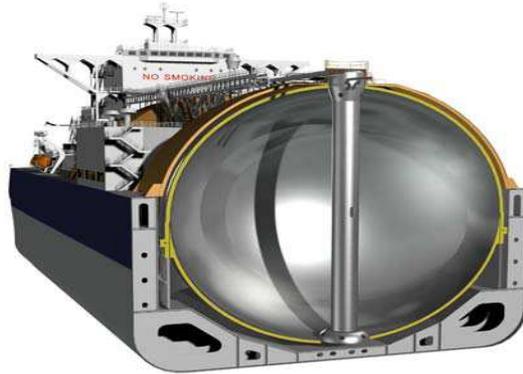
الشكل رقم ١٧

وكما هو الحال في الخزان ذو الاحتواء المزدوج فإن الخزان ذو الاحتواء الكامل مصمم ومبني بحيث أن كلا من الخزان الداخلي والخزان الخارجي قادر على احتواء الغاز المخزن بشكل مستقل ، يحتوي الخزان الداخلي على الغاز المسال تحت شروط تشغيلية نظامية أما الخزان أو الجدار الخارجي فهو مكون من الخرسانة بسماكة حوالي ٣ قدم وبعيد من متر إلى مترين عن الخزان الداخلي يحمل الخزان الخارجي سطح خارجي مقصود منه احتواء الغاز المسال إن هذا النوع من الخزانات هو أقل احتمالا للتضرر من قوى خارجية وهذا النوع من الخزانات ممكن مشاهدته في اليابان وكوريا واليونان وتركية والبرتغال والكاميرون انظر الشكل رقم ١٨ .



**Figure 18. Full Containment Tanks**

إن سجلات السلامة لوحدات معالجة الغاز المسال الساحلية تبين أن الاحتواء الرئيسي لخزانات الغاز المسال آمن وذلك لأن أنظمة احتواء الانسكاب الثانوية المركبة حول هذه الخزانات لم تستخدم نهائياً لتثبيت السائل . كذلك يتطلب الأمر من المشغلين تأمين الاحتواء وتصميم منخفضات لتوجيه تدفق الغاز المسال إلى حوض تجميع موجود في مكان آمن حيث هناك احتمال لحدوث الانسكاب ، مثل مناطق أنابيب النقل وصهاريج الغاز ووحدات التبخير . من أجل سفن الشحن فإن القوانين المتعلقة بالحاجز الثانوي تعتمد على نوع إنشاء الخزانات ، قد تكون احتواء ثانوي كامل في السفن ذات التصميم الغشائي والذي يكافئ الحاجز الرئيسي . في الحالة التي تكون فيها السفن ذات خزانات مستقلة مثل تلك ذات الخزانات الكروية فإن الحاجز الثانوي هو مانع طرش ببركة لتجميع القطرات في القاع حيث يتبخر السائل المتجمع ( انظر الشكل ١٩ ) المواد المستخدمة لإنشاء المانع الثانوي تضم الألمنيوم ، القصدير ، التانلس ستيل



الشكل رقم ١٩ مقطع في خزان ذو شكل كروي في سفينة شحن

### ثالثاً- أنظمة الوقاية

تصمم وحدات الغاز بحيث تؤمن احتواء أي الانسكاب يحدث للغاز المسال ويركب فيها انظمه أمان شاملة لتحديد تسرب الغاز باستخدام مجموعة من الكواشف المختلفة مثل : حساسات غاز الميثان و حساسات الحريق باستخدام الأشعة فوق البنفسجية أو تحت الحمراء و حساسات الدخان ونواتج الاحتراق و كواشف درجات الحرارة المنخفضة و حساسات مراقبة مستويات الغاز المسال وضغوط أبخرته وهناك كاميرات

مراقبة تلفزيونية ذات دارة مغلقة تراقب كل الأماكن الخطرة في مناطق الغاز كذلك هناك أنظمة تعمل على إيقاف الوحدة بالحالات الطارئة مثل حدوث حالات تسرب أو انسكاب أو تشكل أبخرة الغاز .  
أن اعتبارات الأمن والسلامة والبيئة متشابهة في الأنواع المختلفة من التصاميم لوحدات الغاز المسال وتضمن الاستندارت والمراجع الخاصة بالأمن والسلامة لصناعة الغاز المسال بان تكون فرص الخطر بالحد الأدنى .

إن خطوط النقل مصممة لمنع التسريب وإذا حصل انسكاب للغاز المسال أو تسرب أبخرة الغاز نتيجة ضرب في قطعة ما من الأنابيب في وحدة ما فان حساسات الحريق والغاز تتحسس الخطر وتقوم بتفعيل أنظمة الفوم الأوتوماتيكية لتبديد أو احتواء أبخرة الغاز المنطلقة بسرعة أو أي خطر حريق آخر تطلق حساسات الحريق صوت إنذار وتبدأ مباشرة بتفعيل بإجراءات التوقف الطارئ وتشغيل أنظمة الإطفاء المختلفة اتوماتيكيا" ، إذا وجد أي مصدر للاشتعال في المنطقة الحاوية على التسرب فان الغاز المتبخر سوف يشتعل وستعود النار إلى نقطة التسرب ، تحترق أبخرة الغاز المسال وتصدر دخان بكميات قليلة جدا" يتبخر الغاز المسال بسرعة بسبب الحرارة المحيطة واللهب .

إذا لم يشتعل الغاز المتسرب خلال فترة من الزمن فانه سوف تتشكل غيمة بخارية ، وإذا اشتعلت هذه الغيمة فان النار ستعود إلى مصدر التسرب و تعتمد سرعة الاحتراق على شروط مثل حجم التسرب وحالات الطقس .

إن سفن شحن الغاز المسال مصممة بهيكل مزدوج ، يؤمن هذا التصميم الحماية المثالية وحماية الشحنة في حال في الاصطدام أو التلامس مع الأرض أو فقدان التوازن و السفن مزودة برادار متطور و أنظمة تحديد المكان التي تساعد الطاقم في مراقبة مكان السفينة و أماكن إشارات المرور والخطر حول السفينة ، وهناك نظام استغاثة عالمي يرسل الإشارات اتوماتيكيا" إذا كانت هناك حالة تتطلب المساعدة الخارجية .  
كما تحتوي السفن على أنظمة لتحديد التسرب والحريق إضافة إلى الكسح بالنتروجين و وجود صمامات الأمان التي تقوم بتسريب الضغط الزائد إلى الجو من الخزانات .

ترسو السفن ببطء شديد لتتجنب الاصطدام مع حواجز المرسى و عندما تربط السفن يؤمن نظام مراقبة أوتوماتيكي سلامة ترتيب الربط ، عندما تربط إلى وحدة مقامة على الساحل فان دارات الأجهزة في هذه الوحدة ودارة نقل الغاز من السفينة تعمل كأنها نظام واحد سامحة بالتوقف الطارئ لكامل النظام من السفينة ومن الوحدة .

فيما يتعلق بالمعايير البيئية فان على وحدات الغاز المسال أن تلتزم بالقوانين المسموحة بالنسبة للهواء والماء والحمايات الأخرى للسلامة والبيئة و الاقتراحات لإنشاء الوحدات الجديدة يجب أن تتوافق مع التقييمات البيئية لتحديد الأثر الكلي للوحدة وتشغيلها **و قبل تنفيذ مشاريع الغاز المسال يجب أن تتضمن الدراسات مايلي :**

- تخمين متطلبات تحديد الموقع
- القيام باستطلاع الأرض التي سوف تستخدم وتحليل الآثار التي يمكن أن تنتج
- تصميم الوحدة

- تقييم الأخطار والقيود التشغيلية المرتبطة بالوحدة ، والوحدات المساعدة وشحن الغاز المسال بما فيه الهزات الأرضية
- قابلية توافق وحدات الغاز المسال مع الاستخدامات الحالية والمخططة للمجاري المائية والأراضي المجاورة

- تقييم الإخطار الكامنة لمواقع متوقعة قريبة من أماكن السكن

- تقييم التأثيرات الكامنة لإنشاء وتشغيل الوحدة على الأنظمة البيئية الأرضية والمائية

تتضمن هذه الدراسات تحاليل للشروط الملاحية و الارصادية و الاوسينوغرافية لتحديد فيما إذا كان دخول سفن الشحن سهل وامن وفيما إذا كان تشغيل الوحدات الموجودة على طول الممرات المائية متأثرة أم لا يجب اعتبار الوحدة الجديدة مصدر جديد محتمل لتلوث الهواء وهي تحتاج إلى موافقة من وكالة تنظيمية مسئولة عن جودة مراقبة الهواء وعند استلام الموافقة يجب مراقبة المشروع من اجل الالتزام بكل قوانين وتعليمات ومراجع الجودة ويجب أن يقارن أثر الانبعاث الجديد على جودة الهواء مع مستويات جودة الهواء الموجودة .

إن الانبعاث للهواء الناتج عن احتراق الغاز المسال عند استخدامه كوقود في العربات أو في محطات الطاقة الكهربائية تمثل التأثيرات البيئية المرتبطة باستخدام الغاز المسال المتزايد و بالمقارنة مع أنواع الوقود الاحفوري الأخرى فإن الغاز المسال ذو اخفض انبعاث لغازات - NOx - CO والمركبات العضوية الغير متطايرة والجزيئات الصغيرة ( ذات الحجم الأقل من ٢,٥ ميكرون ) إضافة إلى ذلك فإن للغاز الطبيعي اخفض انبعاث لغاز ثاني اوكسيد الكربون والمعادن الثقيلة والسامة ذلك لأن عملية التميع تتطلب إزالة كل هذه الشوائب من الغاز الطبيعي المنتج ومحتوى الكبريت في الغاز المسال معدوم مما يعني عدم وجود انبعاث لأكاسيد الكبريت .إن الغاز المسال هو مصدر المنافع البيئية فعندما يحرق الغاز الطبيعي لتوليد الطاقة فإن انبعاث غاز SO2 يكون معدوم عمليا" وانبعاث CO2 منخفض جدا" بالمقارنة مع أنواع الوقود الأخرى مثل الفحم و الفيول اويل . في بعض البلدان المنتجة للنفط الخام مثل نيجيريا يتم التخلص من الغاز الطبيعي المنتج مع النفط الخام عن طريق الحرق بدلا" من تحويله إلى غاز مسال الذي يخفض الأثر البيئي الناتج عن الحرق المستمر لكميات كبيرة من الغاز الطبيعي .

اهتمت الوكالات والسلطات بوضع قوانين وتعليمات لوحدات الغاز المسال فقد وضعت المنظمة البحرية الدولية *The International Maritime Organization* مراجع لإنشاء وتشغيل السفن بما فيها سفن نقل الغاز المسال وهناك العديد من المنظمات المشابهة التي وضعت مراجع تتعلق بإجراءات الأمان المطلوبة لدى التعامل مع الغاز المسال وكل هذه المراجع الموضوعية من قبل منظمات مختلفة فهي تكمل بعضها وهي تطبق على التصميم و الإنشاء والتشغيل لوحدات الغاز المسال وقد طورت باستخدام أفضل الخبرات الهندسية ذات سنوات الخبرة العديدة .

## سادسا- استنتاجات

كما لاحظنا من خلال المقدمة أن الغاز المسال استخدم بأمان لعدة سنوات وحافظت صناعته على سجل سلامة نظيف نتيجة لإجراءات السلامة في الوحدات وسفن الشحن **وإبتداءً من أيلول عام ٢٠٠٣** تتضمن صناعة الغاز المسال العالمية ١٧ وحدة تصدير ( تمييع ) و ٤٠ وحدة استلام ( إعادة تبخير ) و ١٤٥ سفينة شحن تعالج جميعها أكثر من ١١٠ مليون طن متري من الغاز المسال سنويا" ، نقل الغاز المسال بشكل امن عن طريق بالمحيطات والبحار لأكثر من ٤٠ عام . خلال هذه الفترة سافرت أكثر من ٤٠٠٠٠ رحلة قاطعة مسافة أكثر من ٦٠ مليون ميل بدون أي حوادث رئيسية سببها تسرب رئيسي للغاز المسال في الميناء أو البحر .إن سفن الغاز المسال تتحرك ضمن المناطق ذات الكثافة المرورية العالية فعلى سبيل المثال في عام ٢٠٠٠ كانت تدخل شحنة غاز مسال إلى طوكيو بمعدل كل ٢٠ ساعة ، يبين الملحق ٥ تفاصيل شاملة حول الحوادث الموثقة في صناعة الغاز المسال . منذ عام ١٩٨٠ ، حصلت سبع حوادث في سفن بالمحيط أو وفي وحدة بالعالم و أربع حوادث عربات في الولايات المتحدة بدون ضحايا وهذا يعتبر ايجابيا" مقارنة بأنواع الوقود الأخرى

## الملحق رقم ١- أسئلة وأجوبة حول الغاز الطبيعي المسال

### ١- ما هو الغاز الطبيعي المسال

هو غاز طبيعي مبرد بحالة سائلة ، عندما يتم تبريد الغاز الطبيعي إلى حوالي - ٢٥٦ درجة فهرنهايت وعند الضغط الجوي فإنه يتحول إلى سائل ولتمييع الغاز الطبيعي يجب إزالة الشوائب والتي يمكن أن تتجمد منه مثل الماء وثاني اوكسيد الكربون والكبريت وبعض الهيدروكربونات الأثقل منه . يصل حجم السائل إلى ١/٦٠٠ مرة من حجم الغاز عند ثقب رأس الحراق ، يزن الغاز المسال حوالي ٤٥% من وزن الماء وهو عديم الرائحة واللون وغير أكال أو سام

### ٢- ما هو تركيب الغاز المسال

يتألف بشكل أساسي من الميثان (٩٠% على الأقل) ويمكن أن يحتوي على الإيثان ، البروبان ، وهيدروكربونات أثقل وكميات صغيرة من النتروجين ، الأوكسجين ، ثاني اوكسيد الكربون ، مركبات الكبريت والماء ، عملية التمييع التي تنتج الغاز المسال تزيل هذه الشوائب

### ٣- لماذا الغاز الطبيعي المسال

تحويل الغاز إلى سائل يخفض حجمه من ٦٠٠ إلى ١ وهذا يؤمن سهولة النقل بالصهاريج وتخزينه و إعادة تبخير السائل وتزويد المستهلك به

## ٤- كيف يتم إسالة الغاز

تقوم أنظمة التبريد الكبيرة بتحويل الغاز إلى سائل بتبريده إلى حوالي - ٢٥٦ درجة فهرنهايت

## ٥- ما هو عدد وحدات الغاز المسال في الولايات المتحدة

هناك ١١٣ وحدة في الولايات المتحدة ، يميع الغاز ويخزن في ٢٥ وحدة و ٦٩ وحدة لتخزين الغاز موصولة مع شبكة أنابيب الغاز الطبيعي . وهناك أكثر من ٢٠٠ وحدة للتعامل والتخزين للغاز المسال في العالم البعض منها يعمل منذ منتصف الستينات .

## ٦- كيف يستخدم الغاز الطبيعي المسال

يستخدم الغاز بالعالم على النحو التالي :

- **التجارة العالمية** : يميع الغاز الطبيعي وينقل بالسفن من مواقع بعيدة إلى الأسواق في آسيا و أوروبا و أمريكا الجنوبية حيث يستخدم في الغالب كوقود في وحدات إنتاج الطاقة الكهربائية والحاجة المتنامية إلى الكهرباء في آسيا أدى إلى زيادة الطلب على الغاز المسال بحدود ٨% عام ١٩٨٠ وهذا جعل من الغاز احد قطاعات الطاقة الأسرع نمواً .
- **تخزين الغاز الموسمي** : تقريبا" هناك حوالي ١٠٠ وحدة للغاز المسال في العالم لتميع الغاز وتخزينه خلال الأشهر الحارة لتبخيره وحقنه في أنابيب الضخ خلال الطقس البارد
- **بديل وقود للسيارات** :يعتبر الميثان أنظف وقود احفوري بالنسبة للحرق وفي الحالة السائلة يمكن تخزين كميات اكبر من الوقود في خزان السيارة مقارنة بالغاز المضغوط لذلك فهو مناسب جدا" لل عربات التي تستهلك الوقود بشكل كبير .

## ٧- ما هي فوائد الغاز المسال

- ١- **يأخذ الغاز المسال** حجم اقل بـ ٦٠٠ مرة من الغاز العادي عند درجة الحرارة والضغط العاديين وهذا يؤمن سهولة النقل والتخزين بالمقارنة مع الغاز العادي ، ويمكن تخزين الغاز المسال في خزانات فوق الأرض أو تحت الأرض مصممة بجدار مزدوج
- ٢- **يمكن نقل الغاز المسال** إلى مسافات بعيدة عن طريق السفن الحاوية على خزانات مصممة خصيصا" للمحافظة على برودة الغاز أثناء النقل
- ٣- **حل الغاز المسال** بدلا" عن المازوت في العديد من الشاحنات و الباصات ذات الحمولة العالية والقطارات كبديل ذو انبعاثات اخفض

## ٨- ما هي مساوئ الغاز المسال

- **عمليات الغاز المسال مكلفة** ، حيث أن تكاليف إنشاء الوحدات والسفن المخصصة للنقل ووحدات إعادة التبخير كبيرة جدا"
- **يعتبر غاز الميثان** ، والذي هو المركب الرئيسي في الغاز الطبيعي ، غاز دفيئة بسبب انه يزيد مستويات الكربون في الجو عندما يتسرب .

## ٩- ما هو الفرق بين الغاز الطبيعي المسال LNG والغاز الطبيعي المضغوط CNG وسوائل الغاز الطبيعي NGL والغاز البترولي المسال LPG ونسبة الغاز الى السوائل GTL .

- الغاز الطبيعي المسال LNG : معظمه من الميثان وتتطلب عملية التميعب إزالة الشوائب الموجودة فيه مثل ثاني اوكسيد الكربون والماء و البوتان والبنتان والمركبات الأثقل من الغاز الطبيعي المنتج .

- الغاز الطبيعي المضغوط CNG : هو عبارة عن غاز طبيعي مضغوط ومخزن في خزانات تشبه القارورة الملحومة عند ضغط يصل إلى 3600 psig . والغاز المضغوط له نفس تركيب الغاز الطبيعي المضخوخ في خطوط الأنابيب .

- سوائل الغاز الطبيعي NGL (المتكاثف) : تتكون من جزيئات أثقل من الميثان مثل الإيثان و البروبان و البوتان

- الغاز البترولي المسال LPG : فهو خليط من البروبان والبوتان بحالة سائلة عند درجات الحرارة العادية .

- نسبة الغاز الى السوائل GTL : تشير إلى تحويل الغاز الطبيعي إلى منتجات مثل الميثانول ، دي ميثيل الايثر (DME) ، المقطرات الوسطية (المازوت ووقود الطيران ، المواد الكيميائية والشموع الخاصة) .

١٠- من ينظم صناعة الغاز المسال في الولايات المتحدة .

في الولايات المتحدة صناعة الغاز المسال محكومة بالوكالات الاتحادية والولاية والموضعية وتشمل الوكالات الاتحادية مايلي :

- إدارة النقل
- لجنة تنظيم الطاقة
- خفر السواحل
- وكالة حماية البيئة
- خدمة الحياة البرية والسمك
- فيالق الجيش من المهندسين
- خدمة إدارة الفلزات
- إدارة الصحة والسلامة المهنية في وزارة العمل (OSHA)

## ١٢- كيف يفيد الغاز المسال في الولايات المتحدة

يكمل الغاز المسال حاجة أمريكا للغاز الطبيعي والغاز الطبيعي هو الوقود الذي يتم اختياره من أغلبية وحدات الطاقة الجديدة التي تبنى اليوم ، ونتيجة هذا الطلب فانه من المتوقع أن ينمو سوق الغاز الطبيعي المحلي من ٢٢ تريليون قدم مكعب إلى ٣٠ تريليون قدم مكعب خلال العشر سنوات القادمة ، للمساعدة على تلبية الطلب المتزايد فان الغاز المسال سيلعب دورا "متزايدا" في مزيج التزود بالطاقة للبلد

## ١٣- كيف ينقل الغاز المسال للتصدير

ينقل الغاز المسال بواسطة سفن خاصة إلى وحدات إعادة التبخير وهذه السفن ذات حمولات تتراوح ما بين ٢٥٠٠٠ م٣ - ١٣٨٠٠٠ م٣ أو أكثر . هذه السفن مزودة بنظام خاص لاحتواء الشحنة داخل الهيكل الداخلي للحفاظ على الغاز المسال تحت ضغط جوي عادي وحرارة مقدارها - ٢٥٦ ف هناك حوالي ١٤٥ سفينة حاليا" في الأسطول العالمي وأكثر من ٥٦ واحدة إضافية عند الطلب .

## ١٤- ما هي الوسائل التي تشكل محطة استيراد الغاز المسال

تتألف محطة استيراد الغاز المسال من مرسى لربط السفن وتفريغ الغاز المسال عن طريق الأنابيب و خزانات لتخزين الغاز و مبخرات لتحويل الغاز المسال من الشكل السائل إلى الشكل الغازي وخدمات أخرى لتشغيل المحطة .

## ١٥- كيف يخزن الغاز المسال

يخزن الغاز في خزانات مصممة لاحتواء المنتج بشكل امن وسليم ويتفاوت تصاميم الخزانات فالخزانات الكبيرة ذات نسبة طول للعرض منخفضة واسطوانية التصميم بسقف مقبب ، يخزن الغاز تحت الضغط الجوي يجب الحفاظ على الغاز باردا" ليبقى بالحالة السائلة وبشكل مستقل عن الضغط

## ١٦- كيف يتم الحفاظ على برودة الغاز

العزل حسب كفاءته لن يحافظ على الغاز المسال بارد لوحده ، يخزن الغاز كسائل بارد جدا" عند درجة غليانه مشكلا" الضغط الذي عنده يتم التخزين ، تخزين الغاز مشابه لتخزين الماء المغلي ، ابرد من ٤٧٢ ف إن درجة حارة الماء الغالي ٢١٢ ف وهي لا تتغير حتى لو تم زيادة الحرارة حيث انه يبرد بالتبخير ( توليد البخار ) ، تقريبا" بنفس الطريقة فان الغاز المسال سيبقى بالقرب من درجة حرارة ثابتة إذا تم المحافظة على ضغط ثابت . تدعى هذه الظاهرة — *autorefrigeration* طالما يبقى مسموح للبخار بالخروج من الخزان فان درجة الحرارة ستبقى ثابتة . هذا التبخير محتجز بوحدات الغاز المسال والسفن ويستخدم كوقود أو يرسل إلى شبكة أنابيب الضخ .

## ١٧- هل الغاز المسال امن

تم التعامل مع الغاز بشكل امن لعدة سنوات وهذه الصناعة لديها سجل سلامة ممتاز وخصوصا" خلال السنوات الأربعين الماضية التشغيل الآمن والسليم بيئيا" لهذه الوحدات ، لكلا" من السفن والمحطات ، وحمية هذه الوحدات من العمليات الإرهابية والحوادث الأخرى ومسؤولية مشتركة ما بين المشغلين بالإضافة الى المسؤولين

## ١٨- هل سبق وان حصلت حوادث غاز مسال جديّة

الغاز المسال هو شكل من أشكال الطاقة ويجب فهمه كذلك ، اليوم ينقل ويخزن الغاز بشكل أكثر أمانا" من أي من أنواع الوقود السائل الأخرى ، في عام ١٩٤٤ وقبل أن تفهم طريقة تخزين السوائل العالية البرودة حصلت حادثه خطيرة في كليفلاند - أوهايو توقف على أثرها كل أعمال التطوير في صناعة الغاز المسال

لمدة ٢٠ سنة في أمريكا إضافة إلى هذه الحادثة هناك حوادث أخرى مرتبطة بشكل ما بالغاز المسال ، فحدث الإنشاء على جزيرة STATEN عام ١٩٧٣ قد ارجع في بعض أجزاءه كحدث غاز مسال لان طاقم الإنشاء كان يعمل داخل خزان غاز مسال فارغ ، في حالة أخرى سمح انهيار المانعة الكهربائية لمضخة غاز مسال عام ١٩٧٩ لغاز ( غير مسال ) بدخول بناء مغلق ، حصلت شرارة غير محددة المصدر سببت بانفجار البناء ، وكنتيجة لهذه الحادثة فقد روجع كود الكهرباء من اجل تصميم الموانع الكهربائية المستخدمة مع كل الموانع القابلة للالتهاب تحت الضغط .

## ١٩- كيف تعمل حرائق الغاز المسال بالمقارنة مع أنواع الوقود الأخرى

إطفاء حريق انسكاب غاز مسال مشابه جدا" لإخماد حريق أي مادة هيدروكربونية

## ٢٠- هل يحترق الغاز المسال

بخار الغاز المسال المكون بشكل رئيسي من الميثان (غاز طبيعي) يحترق ضمن مجال من ٥-١٥% حجما" مزيج غاز إلى الهواء . إذا كان تركيز الغاز اقل من ٥% فانه لن يحترق لعدم وجود وقود كافي وإذا كان التركيز أعلى من ١٥% فانه لن يحترق لعدم وجود أكسجين كافي ، وحتى يحترق الغاز المسال يجب ان يتسرب ويتبخر ويمتزج مع الهواء بنسبة ضمن مجال الالتهاب وان يتعرض لمصدر اشتعال ومن وجهة نظر بيئية هناك دخان قليل جدا" ينتج عن حريق الغاز المسال .

## ٢١- هل ينفجر الغاز المسال

الانفجار غير محتمل الحدوث في فعالية الغاز المسال ، فالغاز المسال بالشكل السائل لن ينفجر ضمن الخزانات حيث انه يخزن تحت درجة مقدارها -٢٥٦ ف (-١٦٠ م) وضغط جوي ، بدون وجود ضغط أو احتواء أو غيوم من الأبخرة محجوزة بشدة فلن يكون هناك انفجار . هناك احتمال لحدوث انفجار في تسرب من غاز مسال فقط إذا توافرت الشروط التالية في نفس الوقت : الأبخرة ضمن مجال الالتهاب وموجودة في مكان مغلق ووجود مصدر للاشتعال

## ٢١- هل هناك إمكانية لتحديد حدود الانسكاب

ضمن وحدة الغاز المسال أو السفن الحاملة هناك أنواع مختلفة من الكواشف المستخدمة لتحذير الأشخاص على وجود رشح أو انسكاب هذه الكواشف تتحسس بالغاز أو اللهب أو الدخان أو درجات الحرارة المرتفعة أو المنخفضة ، بما أن أبخرة الغاز المسال لالون لها ولا رائحة وإذا حصل تسرب فان درجة الحرارة المنخفضة تسبب تكثيف لبخار الماء الموجود بالهواء وتشكل غيمة بيضاء مرئية بوضوح .

## ٢٢- هل انسكاب الغاز المسال يسبب تلوث مماثل للتلوث الناتج عن انسكاب النفط

إذا حصل رشح للغاز المسال فانه سوف يتبخر كلياً" بدون متبقي على التربة أو الماء لذلك ليس من ضرورة لإجراء تنظيف بيئي للانسكاب من الغاز على الأرض أو الماء

## ٢٣- كيف تصمم محطات الغاز المسال بحيث تكون آمنه

وسائل الأمان والمتضمنة كواشف الغاز ، كواشف الحريق بالأشعة تحت الحمراء أو الفوق بنفسجية ، دارة مراقبة بالكاميرات مغلقة ، مراقبة الموقع من الخارج ، متطلبان تدريب الأفراد ، والدخول المحدود للمحطة . إضافة إلى بارامترات التصميم الصارمة لمحطات استيراد الغاز المسال تتطلب تطبيق الإجراءات الصحيحة في الحالة الغير محتملة للتسرب أو فشل المعدات

## ٢٣ – ما هي قضايا السلامة العامة المتعلقة بالغاز المسال

### أ- تشكيل غيوم من أبخرة قابلة للاشتعال

- إذا تسرب الغاز المسال فإن الأبخرة الناتجة سوف تسخن وتصبح اخف من الهواء وتنتشر مع الريح السائدة . أبخرة الغاز المسال الباردة تظهر على شكل غيمة بيضاء
- إذا وجد مصدر اشتعال حيث وجود أبخرة الغاز المسال بتركيز ما بين ٥-١٥% حجما" في الهواء فإن البخار سيحترق على طول جبهة لهب تمتد حتى مصدر التسرب
- يجب ملاحظة إن أبخرة الغاز المسال لا تشتعل بنفس السهولة التي تشتعل فيها أنواع الوقود الأخرى مثل البنزين و البروبان وأبخرة الغاز سوف تتبدد بسهولة أكثر وهذا يعني أن المخاطر الكامنة لأنواع الوقود الأخرى يمكنها أن تستمر لفترة أطول مما هو عليه الحال بالنسبة للغاز المسال .

### ب – الحرائق

- إذا تسرب الغاز المسال بوجود مصدر اشتعال فإنه سيحدث حريق ناتج عن التبخر المستمر للغاز
- بما إن النار ستكون ذات حرارة شديدة فتركب معدات الإطفاء ووسائل السلامة الأخرى في المحطات وفي داخل سفن الشحن للمساعدة في إدارة الحادث

## ٢٤ – كيف يتم تصميم السفن بحيث تكون آمنة

تصمم السفن بحيث تكون ذات هيكل مزدوج لتأمين الحماية القصوى لكامل الشحنة في حال الاصطدام أو الطفو ، كذلك تحوي السفن معدات سلامة تتضمن رادار متطور و أنظمة تحديد الموقع والتي تساعد الطاقم بمراقبة وضع السفينة ، المرور و الأخطار المحددة حول السفينة . هناك نظام ضيق بحري عالمي يرسل الإشارات اتوماتيكيا" إذا حصلت حالة طارئة داخل السفينة لطلب المساعدة الخارجية كذلك تتضمن ميزات السلامة لنظام الشحنة حقيقية أجهزة شاملة تقوم بإيقاف النظام بشكل امن إذا بدا بالعمل خارج البارامترات المحددة بشكل مسبق ، كذلك تحوي السفينة على أنظمة تحديد الغاز والحريق والكسح بالنتروجين الهياكل المزدوجة وخزانات الاحتواء المزدوجة أو أحواض تجميع الرشح و مركب على كل خزان صمامين أمان تقوم بتهديب الضغط الزائد إلى الجو ترسو السفن ببطء شديد وعندما ترسو وتربط يزود مراقبة خط الربط اتوماتيكيا" أحمال خط فردية للمساعدة في الحفاظ على سلامة ترتيب الربط عندما يتم الربط الى نظام ساحلي تعمل الأجهزة كوحدة متكاملة .

## ٢٥ – هل الغاز المسال صديق للبيئة

عندما يتبخر الغاز ويستخدم كوقود فإنه يخفض انبعاث الجزيئات إلى الصفر تقريبا" وانبعاث غاز ثاني اوكسيد الكربون إلى ٧٠% مقارنة مع أنواع الوقود الأخرى أما انبعاث اكاسيد الكبريت فهي معدومة .

إذا حدث انسكاب للغاز المسال على الأرض أو في الماء فإنه لن يمتزج مع الماء أو التربة بل يتبخر وينتشر في الهواء بدون بواقي انه لا يعزل أو يتفاعل كما هو الحال في الغازات الهيدروكربونية الأخرى و لا يمكن اعتباره مصدر للانبعاث إضافة لذلك هناك فوائد عدة عندما يستخدم الغاز كوقود زيادة عن أنواع الوقود الاحفوري الأخرى لكن الميثان وهو المكون الرئيسي للغاز المسال يعتبر غاز دفيئة ويمكن ان يسبب مشكلة لتغير المناخ العالمي إذا تسرب إلى الجو .

## ٢٦- ماذا يحدث إذا تسرب الغاز المسال في وحدة التخزين

تسرب الغاز نادر الحدوث بسبب متطلبات التصميم القاسية للوحدات ، تصميم الخزانات و الأنابيب يمنع حدوث التسريبات أو الانسكاب لكن إذا حدث ضرب في قطعة من الأنبوب في وحدة ما قد يحدث تسرب غاز مسال إن الوحدة مصممة بحيث يتم احتواء ذلك الانسكاب . يتجمع السائل في حوض أو عدة أحواض حيث انه سيتبخر ، وأنظمة التوقف الطارئ سوف تعمل للحد من أي تسرب . حابس محتويات الخزان يمكن أن يحتوي أكثر من ١٠٠% من حجم الخزان والذي يضمن احتواء أي تسرب حاصل . إن معدل التبخير وكمية الأبخرة المتولدة تعتمد على كمية السائل المنسكب ومساحة السطح للمنطقة الحاجزة .

## ٢٦- كيف تصمم وحدات الغاز المسال بحيث تكون آمنة

كل الوحدات التي تتعامل مع الغاز المسال لديها أنظمة داخلية لاحتواء الغاز ومنع الحرائق وهذا حقيقي سواء في وحدة الغاز او نقل الغاز من والى السفن ، شحن الغاز أو تبخيره . هناك اختلافات بالتصميم بين أنواع هذه الوحدات لكن القضايا المتعلقة بالبيئة و الأمن والسلامة هي نفسها .

## الملحق ٣ : وصف وحدات الغاز المسال

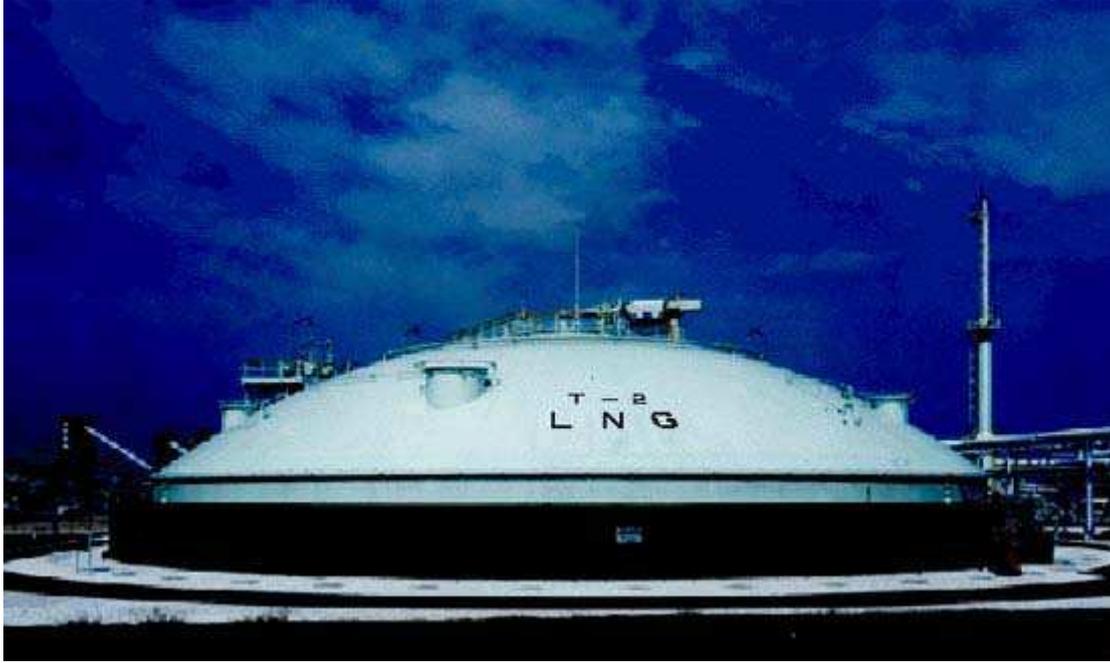
يزود هذا الملحق بمعلومات جديدة حول الميزات الحرجة المرتبطة بالأمن والسلامة لوحدات الغاز المسال الرئيسية.

### أنواع خزانات التخزين :

- **الخزانات المبنية فوق الأرض :** وهي المستخدمة بشكل واسع لتخزين الغاز لأنها اقل كلفة بالبناء والحفاظ عليها أسهل من تلك المبنية تحت الأرض هناك أكثر من ٢٠٠ خزان في أنحاء العالم وسعة الخزان يتراوح ما بين ٧٠٠٠ م<sup>٣</sup> إلى ١٦٠٠٠٠ م<sup>٣</sup> واكبر خزان يوجد في اليابان لدى شركة Osaka Gas سعته ٣١٨٠٠٠٠ م<sup>٣</sup>

- **الخزانات المبنية تحت الأرض :** هذا النوع من الخزانات أكثر كلفة من الخزانات الأرضية وهناك ثلاثة أنواع مختلفة من هذه الخزانات في الاستخدام الحالي

- الخزانات المبنية في الأرض : سقف هذا النوع موجود فوق الأرض واليابان فيها اكبر خزان من هذا النوع في العام صار له بالخدمة منذ عام ١٩٩٦ وسعته ٣م٢٠٠٠٠٠٠ وهناك ٦١ خزان في اليابان و يبين الشكل ٢٣ هذا النوع من الخزانات



هذا النوع من الخزانات مدفون كلياً بالأرض ولها قبعات خرسانية وهذا النوع من التصميم لا يخفض الخطر فقط له مظهر جمالي



**Figure 24. In pit LNG storage tank**

يبين الشكل ٢٤ خزان في حفرة تحت الأرض هذا النوع من الخزانات ذو جدار معدني مزدوج مع خزان داخلي وخارجي الخزان الداخلي مصنوع من المعدن ذو المقاومة العالية لدرجات الحرارة المنخفضة وهناك

عزل إضافي من مواد عازلة للحرارة وغاز النتروجين يملأ الفراغ ما بين الخزان الداخلي والخزان الخارجي

### وحدات التبخير

كل خزان لديه مضخات لسحب الغاز المسال من الخزان إلى المبخرات يمكن استخدام الهواء الجوي أو ماء البحر عند الدرجة ١٥ م أو أي وسط آخر مثل الماء المسخن ليمر عبره الغاز المسال البارد (مبادلات حرارية) ويتبخر إلى غاز ، الأنواع الشائعة الاستخدام كمبخرات هي :

- الرف المفتوح (ORV) Open Rack
  - الاحتراق المغمور (SCV). Submerged Combustion
  - الأنواع الأخرى تتضمن مبادلات حرارية شل + تيوب Shell & Tube exchanger (STV)
  - المبخر ذو الأنبوب المزدوج (DTV), Double Tube Vaporizer
  - المبخر ذو المروحة الصفيفة المزعفة (PFV) Plate Fin Vaporizer
  - المبخر ذو المروحة الهوائية (HAV). Air Fin Vaporizer
- يبين الشكل ٢٥ المبخر ذو الرف المفتوح (أبراج تبريد)



حيث يستخدم ماء البحر كمصدر للحرارة إذ يتدفق ماء البحر على سطح خارجي للوحة مبادل حراري من الألمنيوم أو التانلس ستيل ويتبخر الغاز المسال داخل اللوحة أن هذا النوع من المبخرات له الميزات التالية :

- سهولة الإنشاء والصيانة
- وثوقية وأمان عاليين



يبين الشكل ٢٦ المبخرات من نوع الاحتراق المغمور التي تستخدم الماء الحار المسخن عن طريق حراق احتراق مغمور لتبخير الغاز المسال في مبادل حراري أنبوبي من الفولاذ هذا النوع من المبخرات له الميزات التالية :

- كلفة منخفضة
- إقلاع سريع
- تقلب حمل مسموح به واسع

# الملحق ٤ – من ينظم صناعة الغاز المسال في الولايات المتحدة

يبين المخطط ٢٧ الجهات المنظمة لصناعة الغاز المسال في الولايات المتحدة

الساحلية / البحرية  
Onshore/Marine

البعيدة عن الشاطئ  
Offshore

الوكالات الاتحادية/ Federal Agencies

- إدارة الطاقة
- خفر السواحل الأمريكي (USCG)
- إدارة النقل (DOT)
- خدمة الحياة البرية والسمك الأمريكية
- الإدارة القومية للمحيطات والغلاف الجوي
- إدارة الصحة والسلامة المهنية في وزارة العمل (OSHA)
- الفيالق العسكرية الأمريكية للمهندسين
- وكالة حماية البيئة (EPA)
- لجنة التنظيم الاتحادية للطاقة (FERC)

الوكالات الاتحادية/ Federal Agencies

- إدارة الطاقة )
- خفر السواحل الأمريكي
- إدارة النقل
- خدمة الحياة البرية والسمك الأمريكية
- الإدارة القومية للمحيطات والغلاف الجوي
- إدارة الصحة والسلامة المهنية في وزارة العمل
- الفيالق العسكرية الأمريكية للمهندسين

الوكالات في الولاية الموضوعية

- إدارات حماية البيئة
- إدارات مكافحة الحرائق
- الشرطة

هيئات المراجع الغير حكومية – الخاصة

- جمعية الوقاية من الحريق الوطنية (NFPA)
- المجمع الأمريكي للمهندسين الميكانيكيين (ASME)
- المجمع الأمريكي للمهندسين المدنيين (ASCE)
- معهد البترول الأمريكي (API)
- معهد الخرسانة الأمريكي (ACI)
- المجمع الأمريكي للتجريب والمواد (ASTM)

## الملحق - ٥ : فهم الخطر

إن الضرر والإصابات المحتملة من أي حادث ناتج عن الغاز المسال يعتمد على بدء الحدث ، حجم ومكان التسرب ، معدل التسرب ، اتجاه وسرعة الريح ، وعوامل أخرى .  
على أية حال يمكن إجراء الحساب الكمي لاحتمالات مثل هذه الحوادث فعليا" فقط إذا توفرت معلومات كافية.

### • الإرهاب

الخطر الناتج عن العمليات الإرهابية يختلف بالطبع عن الخطر العادي لان العمليات الإرهابية غير معروف أين أو متى يمكن أن تحدث ، على أية حال يجب أن يكون هناك حماية أمنية لحماية كل أنواع الوحدات و الأماكن العامة بما فيها وحدات الغاز المسال من أعمال العنف ، فيما يتعلق بالأخطار الغير متوقعة مثل الإرهاب طبق نظام للوقاية في وحدات الغاز المسال حيث أن الخزانات الحاوية على الغاز سواء" على السفن أو الأرض تتطلب كميات كبيرة استثنائية من القوة لإحداث الضرر فيها لان كمية الطاقة المطلوبة لخرق الخزان كبيرة جدا" وفي اغلب الحالات يكون الضرر الرئيسي الناتج عن الإرهاب هو الحريق وليس الانفجار ، إذا تحطمت طائرة في وحدة غاز مسال فان التأثير سيكون حدوث حريق ناتج عن وقود الطائرة ومن ثم يمكن إن يحدث اشتعال في الغاز مسببا" حريق اكبر في الوحدة و تتخذ إجراءات الحريق الطارئة والحماية في الوحدة أو السفن في مثل هذه الحالة . الخطر على الجمهور من مثل هذا النوع من الحوادث سيكون قليل أو معدوم بسبب بعد هذه الوحدات .

### • الهزات الأرضية

عند إجراء تقييم الخطر لمشاريع الغاز المسال يؤخذ بالاعتبار الخطر الناتج عن حركات الأرض القوية وحالات الانهيار بسبب النشاط الزلزالي و متطلبات التصميم الزلزالي موجودة في المرجع NFPA 59-A 2001 يمكن أن تسبب الهزات الأرضية الرئيسية ضرر شديد إذا كانت الوحدات غير مصممة لمقاومة مثل هذه الحالات لذا تجري الشركات دراسات إقليمية و نوعية للموقع لترى فيما إذا كانت هذه المنطقة ذات نشاط زلزالي ، تؤخذ هذه العوامل بالحسبان أثناء مراحل التخطيط و التصميم وتصميم خزانات الغاز يمكن أن يتلاءم مع النشاط الزلزالي الإقليمي في المواقع حيث احتمالية الخطر ، لا توجد حالات معروفة لانهيار خزان غاز مسال سببه زلزال وفي الواقع لم يتضرر أي خزان في Kobe اليابان نتيجة هزة أرضية بلغت شدتها ٦,٨ على مقياس ريختر حدثت في عام ١٩٩٥

تعتبر اليابان اكبر مستخدم للعالم للغاز المسال ولديها العديد من الخزانات ، يبين الجدول ٣ وحدات الغاز المسال في الولايات المتحدة واليابان و اليابان هي احد أكثر المناطق ذات النشاط الزلزالي بالعالم ، والضرر لوحدها من الغاز المسال بسبب الهزات الأرضية العنيفة كان فقط في خطوط أنابيب ضخ الغاز الطبيعي

**Table 3. LNG Facilities in the U.S. and Japan**

اليابان	الولايات المتحدة	نوع الوحدة
	١	محطات التميع
٢٢	٤	محطات التبخير
	٥٧	وحدات القشط البالغة الذروة
٢٦	٣٩	وحدات التخزين الموصولة مع الأقمار الصناعية (بدون تميع)
	١٢	وحدات أخرى
٤٨	١١٣	المجموع
حسب عام ١٩٩٨	حسب عام ٢٠٠٢	

#### • الحوادث البحرية

يبين تاريخ صناعة الغاز المسال أن الحوادث البحرية ذات التسريبات الحادة من الغاز المسال نادرة جداً ، ولأكثر من ٦٠ سنة و ٤٠٠٠٠٠ رحلة لم يحصل أي تسرب من سفينة إلى الماء ناتج عن تصادم أو طفو ، إن سفن الشحن مصممة بشكل جيد ومحافظ عليها وهذا يخفف من فرص الحوادث ، هناك تصاميم تمنع الخرق لخزانات الشحن وإدخال خزانات متعددة في حوادث والمخاطر المحتملة تأتي من اشتعال بركة غاز مسال أو غيمة بخار .

#### • الحوادث التشغيلية

هي حوادث ناتجة عن خطأ بشري أو انهيار معدات أو كلاهما معا" قد تحدث الحوادث أثناء التفريغ أو التخزين أو التبخير أو النقل بالأنابيب أو أي مرحلة من مراحل الإنتاج الأخرى وقد تكون الحادثة انسكاب أو حريق ووحدات الغاز المسال وسفن الشحن لديها الأنظمة المناسبة للتعامل مع هذه الحوادث

## الملحق ٦ - حوادث الغاز المسال الرئيسية

طبقاً لإدارة الطاقة في الولايات المتحدة وخلال ٦٠ سنة من عمر صناعة الغاز المسال لم تحدث سوى ثمانية حوادث بحرية في العالم أدت هذه الحوادث إلى انسكاب الغاز المسال ولم يحدث أي حرائق ، إن تصميم سفن الشحن يساهم في تجنب الضرر في خزانات الغاز المسال .

باستثناء حريق كليفلاند عام ١٩٤٤ فان كل الأضرار الناتجة عن الغاز المسال كانت تحصل للوحدة فقط ولم تحدث أي حالة وفاة على سفينة شحن نهائياً" . لم تحدث حالة وفاة أو حوادث قاسية في الولايات المتحدة منذ حادثة الخليج الصغير عام ١٩٧٩ .

### حادثة كليفلاند - أوهايو - ١٩٤٤

في عام ١٩٣٩ بنيت أول وحدة للغاز المسال في غرب فيرجينيا، في عام ١٩٤١ بنت شركة غاز أوهايو الشرقية وحدة ثانية في كليفلاند اشتعلت هذه الوحدة دون حوادث حتى عام ١٩٤٤ وعندما كان يتم إجراء توسع للوحدة لتركيب خزان اكبر ، أدى نقص وجود خلائط الستانلس ستيل أثناء الحرب العالمية الثانية إلى ضرورة إجراء تعديلات في تصميم الخزان الجديد ، انهار الخزان بعد فترة قصيرة من وضعه بالخدمة هرب الغاز المسال وشكل غيمة بخار في الشوارع المحيطة وفي المجار ير اشتعل الغاز الموجود بالمجار ير المطرية وسببت الحادثة وفاة ١٢٨ شخص من المنطقة السكنية المجاورة . واستنتج التحقيق بان مفهوم التميع والتخزين للغاز المسال يبقى صالح إذا اتخذت الإجراءات الوقائية المناسبة

### جزيرة STATEN نيويورك شباط عام ١٩٧٣

في شباط من عام ١٩٧٣ حصلت حادثة صناعية غير مرتبطة بوجود الغاز المسال في وحدة peak shaving الموجودة لدى شركة Texas Eastern Transmission Company على جزيرة ستاتن ، في شباط من عام ١٩٧٣ توقع المشغلين وجود رشح في الخزان ، تم إيقاف الوحدة وتفرغ الخزان من الغاز المسال ولدى الكشف وجد حدوث تسرب إلى بطانة myler وأثناء القيام إصلاح البطانة اشتعل مبطن ميلر والحريق الحاصل سبب ارتفاع لدرجة الحرارة داخل الخزان وتوليد ضغط كافي لإزاحة السقف البيتوني ذو السماكة ٦ أنش وسقوطه على العمال في الخزان وقتل ٤٠ شخص .استنتج التحقيق أن الحادثة هي حادثة إنشء وليست حادثة غاز مسال

### حادثة الخليج الصغير في ميرلاند عام ١٩٧٩

في عام ١٩٧٩ حدث انفجار في محطة كهربائية فرعية موجودة في وحدة استقبال مقامة في الخليج الصغير، تسرب الغاز المسال خلال عملية شد فاشلة لمانعة مضخة كهربائية للغاز المسال ، تبخر الغاز المتسرب وانتقل عبر قناة كهربائية بطول ٢٠٠ قدم إلى المحطة الفرعية وبما انه ليس المتوقع أن يصل الغاز إلى المحطة المذكورة فلم تتركب حساسات للغاز فيه . أدت التماسات لوصول الدارات داخل المحطة إلى إشعال

مزيج الهواء مع الغاز الطبيعي وحدث انفجار أدى إلى وفاة احد العاملين في المبنى وإصابة عامل آخر بأضرار جسيمة وسبب خسارة بحدود ٣ مليون دولار .

### حوادث السيارات العاملة على الغاز المسال

في ٦ كانون الأول من عام ١٩٩٢ حدث انفجار داخل باص يعمل على الغاز الطبيعي المسال وذلك أثناء قيام ميكانيكي بإصلاح التسرب الحاصل في دارة الوقود حيث أشار كاشف الغاز المركب داخل الباص عن وجود تسرب ، وبما أن الباص كان موجود ضمن مراب و مثل هذه الإصلاحات من المفترض أن تجرى في مكان مهوى فقد قام الميكانيكي وبعد أن تم تحديد مكان التسرب بإيقاف الإنذار وشغل الباص من أجل تحريكه إلى خارج وعندما اقلع الباص قامت ريلية في دارة التكييف في الباص بإشعال المزيج القابل لالتهاب من الهواء والميثان الذي كان متجمع داخل الباص ونتج عن ذلك انفجار أدى إلى تحطيم نوافذ الباص وقذفها بعيداً إضافة إلى السقف ولم يتأذى الميكانيكي

## **المهندس سمير خالد**

### **مدير الجودة والسلامة المهنية والبيئة**

المصدر

معهد الاتربرايز - جامعة هيوستن

