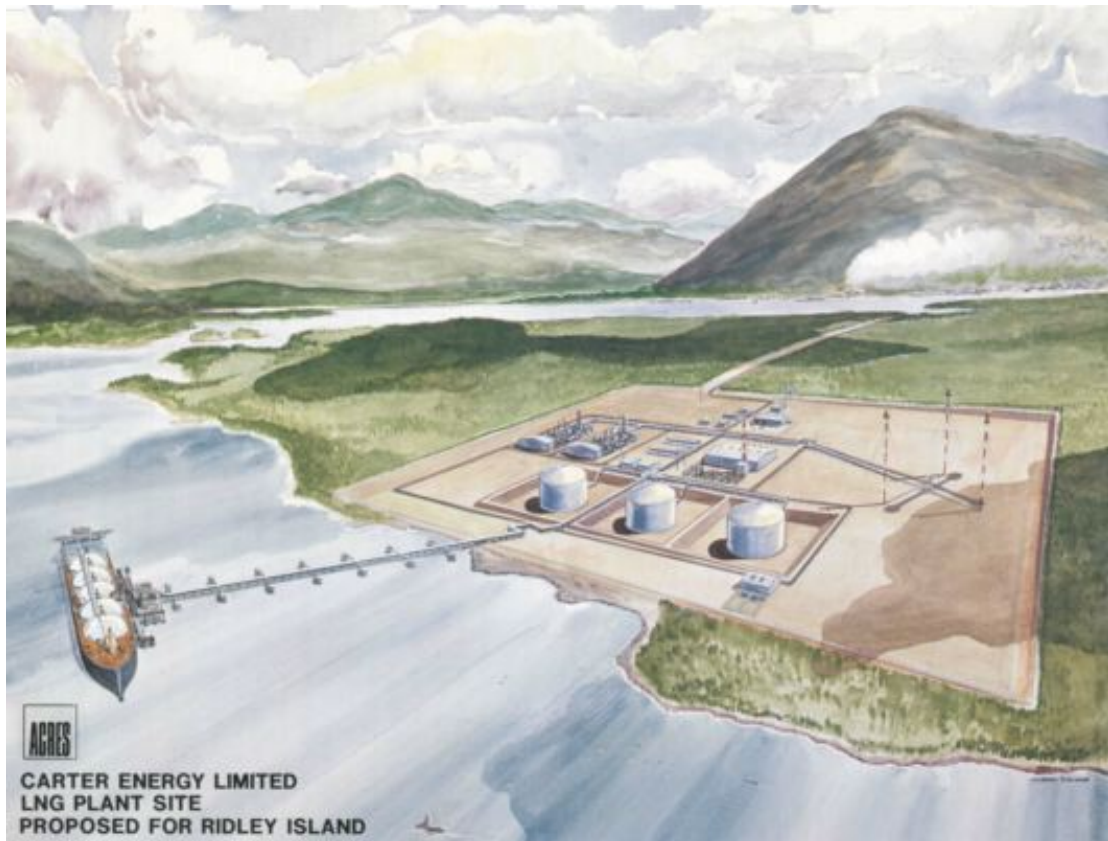


ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ (L.N.G.) ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

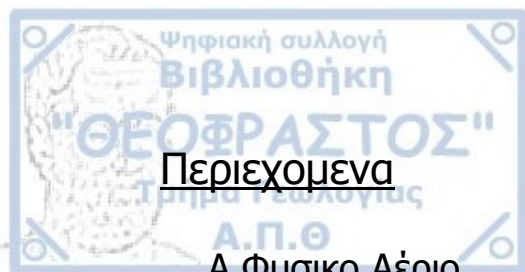


ΠΑΠΑΪΩΑΝΝΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2010

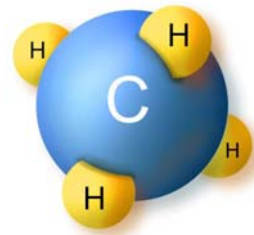


Περιεχόμενα

Α. Φυσικό Αέριο.....	σελ. 2
1. Χημική σύσταση.....	σελ.2
2. Ιδιότητες.....	σελ.2
3. Ιστορικά.....	σελ.3
4.Εξαγωγή και μεταφορά.....	σελ.4
5.Χρήσεις.....	σελ.5
6.Το φυσικό αέριο στον βιομηχανικό τομέα.....	σελ.6
Β. Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (L.N.G.).....	σελ.7
1.Ορισμός.....	σελ.7
2.Ιδιότητες Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.....	σελ.8
3. Ιστορία του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.....	σελ.10
4.Χαρακτηριστικά του L.N.G.....	σελ.12
5.Παγκόσμια Κατανάλωση L.N.G.....	σελ.13
6. Ανταγωνιστικότητα του L.N.G.....	σελ.16
7.Κύκλος του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.....	σελ.18
8.Υγροποίηση:Μετατρέποντας το φυσικό αέριο σε υγρό.....	σελ.19
9.Τεχνολογία Υγροποίησης.....	σελ.19
10.Μεταφορά του L.N.G. με ασφάλεια και προφύλαξη.....	σελ.24
11.Επαναεριοποίηση L.N.G. και Τερματικά Εισαγωγής.....	σελ.30
12.Τερματικοί Σταθμοί L.N.G.....	σελ.31
13.Διαδικασία Επαναεριοποίησης.....	σελ.32
14.Δεξαμενές Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.....	σελ.33
15.Τερματικός Σταθμός L.N.G. της Ρεβυθούσας.....	σελ.36
16.Υπεράκτιες (off-shore) εγκαταστάσεις L.N.G.....	σελ.38
17.Πλεονεκτήματα του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.....	σελ.39
18.Κίνδυνοι από το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο.....	σελ.43
19.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του L.N.G.....	σελ.53
20.Τα σημαντικότερα ατυχήματα L.N.G.....	σελ.54
Γ.Βιβλιογραφία – Πηγές.....	σελ.58



Το **Φυσικό Αέριο** είναι ένα αέριο μίγμα υδρογονανθράκων. Εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες και εξαιτίας των ιδιοτήτων του θεωρείται *οικολογικό καύσιμο*.



Χημική σύσταση

Βασικό συστατικό του φυσικού αερίου είναι το μεθάνιο, συνυπάρχουν όμως σε αυτό και σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπανίου και βουτανίου, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, ήλιο και υδρόθειο.

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH ₄)	70-90
Αιθάνιο (C ₂ H ₆)	5-15
Προπάνιο (C ₃ H ₈) και Βουτάνιο (C ₄ H ₁₀)	< 5
CO ₂ , N ₂ , H ₂ S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

Το φυσικό αέριο που είναι απαλλαγμένο από τους υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου, δηλαδή το καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και **ξηρό φυσικό αέριο**. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και **υγρό φυσικό αέριο**.

Ιδιότητες

Το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο. Η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνικά ώστε να γίνεται αντιληπτό σε τυχόν διαρροές. Ανήκει στη δεύτερη οικογένεια των αέριων καυσίμων. Είναι ελαφρύτερο από τον αέρα: έχει ειδικό βάρος ίσο με 0,59.

Η καύση του φυσικού αερίου, σε σχέση με αυτή άλλων καυσίμων όπως ο γαιάνθρακας ή το λάδι, έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες για το περιβάλλον. Παράγει, για παράδειγμα, μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

Ιστορικά

Η άσφαλτος και τα βιτουμένια, τα πιο παλιά γνωστά προϊόντα του πετρελαίου, όπως και ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου πρωτοβρέθηκαν μεταξύ 6000 και 2000 π.Χ. στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν. Η χρήση του φυσικού αερίου αναφέρεται στην Κίνα το 900 π.Χ. περίπου, όπου ανοίχθηκαν γύρω στα 900-1100 φρέατα και το αέριο μεταφερόταν με αγωγούς από μπαμπού.

Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία. Το αέριο από απόσταξη ανθράκων ανακαλύφθηκε το 1670 και άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790, γιατί ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στον φωτισμό δρόμων και σπιτιών. Το 1821 η πόλη Φριντόνια (Fredonia) στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτιζόταν με φυσικό αέριο. Αλλά η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολουθούσε να είναι περιορισμένη, γιατί δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί έναν αιώνα το φυσικό αέριο παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης, που βασίστηκε στον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

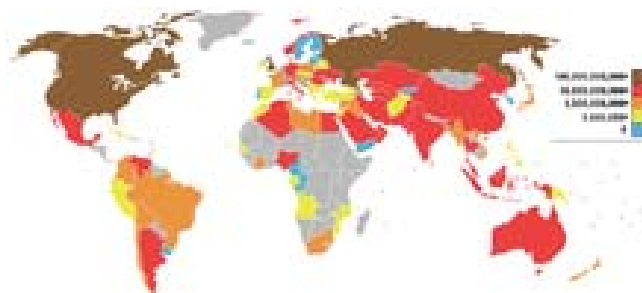
Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτέλεσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του αερίου. Μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ακολούθησε μια περίοδος τεράστιας κατανάλωσης, που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Το 1960 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ήταν 470 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα και το 1979 ήταν 1,459 τρισεκατομμύρια κυβικά μέτρα. Το 1950 το φυσικό αέριο αποτελούσε το 12% της καταναλισκόμενης παγκοσμίως ενέργειας, ένα ποσοστό που αυξήθηκε σε 14,6% το 1960 και σε 25% το 1980. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις

του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (ΔΟΕ) η κατανάλωση φυσικού αερίου θα υπερβεί την κατανάλωση άνθρακα το 2010 και το φυσικό αέριο θα καλύπτει το 1/4 των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών το 2030.



Εξαγωγή και μεταφορά

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Σε αυτές τις κοιλότητες το φυσικό αέριο σχηματίστηκε με τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο σχηματισμού του πετρελαίου. Μεταφέρεται προς τους τόπους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όπως είναι, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας.



Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή φυσικού αερίου (με καφέ χρώμα οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή, ακολουθούν αυτές που σημειώνονται με κόκκινο χρώμα)

Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται συνήθως μακριά από τα κύρια κέντρα καταναλώσεως· συνεπώς πρέπει να μεταφερθεί, αν και οι βιομηχανίες χημικής επεξεργασίας είναι συχνά εγκατεστημένες στην περιοχή της παραγωγής. Η μεταφορά του φυσικού αερίου εξαρτάται από την κατάσταση του. Σε αέρια κατάσταση μεταφέρεται με αγωγούς υπό υψηλή πίεση, ενώ σε υγρή κατάσταση μεταφέρεται με πλοία.

Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή τη μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων. Παραδείγματα τέτοιων αγωγών είναι οι αγωγοί της Βόρειας Αμερικής, που εκτείνονται από το Τέξας και τη Λουιζιάνα μέχρι τη βορειοανατολική ακτή και από την Αλμπέρτα ως τον Ατλαντικό. Αγωγοί επίσης εκτείνονται από τη Σιβηρία μέχρι την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη. Οι έρευνες για πετρέλαιο έχουν αποκαλύψει την ύπαρξη μεγάλων κοιτασμάτων αερίου στην Αφρική, Μέση Ανατολή, Αλάσκα και αλλού.

Η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από την Ρωσία και την Αλγερία.

Χρήσεις

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται με αρκετούς τρόπους:

- Αποτελεί βασική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Χρησιμοποιείται στην παραγωγή υδρογόνου.
- Ως καύσιμο οχημάτων (οικολογικά οχήματα). Το 2005, οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό οικολογικών οχημάτων ήταν η Αργεντινή, η Βραζιλία, το



Πακιστάν, η Ιταλία, το Ιράν και οι Η.Π.Α.. Γίνονται, επίσης, προσπάθειες για χρήση του και στην αεροπορία.

- Οικιακή χρήση (μαγειρική, θέρμανση κ.α.)
- Άλλες χρήσεις (παραγωγή γυαλιού, υφασμάτων, ατσαλιού, πλαστικών, ειδών χρωματισμού και άλλων προϊόντων)

Το φυσικό αέριο στον βιομηχανικό τομέα

Τα χαρακτηριστικά του φυσικού αερίου που ευνοούν τη χρήση του στον βιομηχανικό τομέα είναι κυρίως τα εξής:

- Είναι εφικτή η συνεχής παροχή καυσίμου. Κάτι τέτοιο εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία και αποδεσμεύει κεφάλαια που σε άλλες περιπτώσεις απαιτούνται για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων
- Έχει μειωμένες, σε σχέση με άλλα καύσιμα, εκπομπές ρύπων. Έτσι η χρήση του συμβάλλει στο καθαρότερο περιβάλλον και στην καταπολέμηση του φαινομένου του θερμοκηπίου
- Έχει μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμου και συντήρησης
- Αυξημένη ενεργειακή απόδοση και οικονομία
- Βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων
- Ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου
- Αποκέντρωση θερμικών χρήσεων

(<http://el.wikipedia.org/wiki/φυσικόαέριο>)



Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (L.N.G.)

Ορισμός



Ο Γη έχει τεράστιες ποσότητες φυσικού αερίου, αλλά μεγάλο μέρος του είναι σε περιοχές μακριά από όπου το φυσικό αέριο χρειάζεται. Για να μετακινήσετε αυτό το, φιλικό προς το περιβάλλον, καύσιμο σε μεγάλες αποστάσεις στους ωκεανούς, το φυσικό αέριο θα πρέπει να μετατραπεί σε υγροποιημένο φυσικό αέριο (L.N.G.). **Υγροποιημένο φυσικό αέριο** είναι το φυσικό αέριο (κυρίως

μεθάνιο, CH_4) που έχει ψυχθεί στους -260 βαθμούς Φαρενάιτ (-162°C), αλλάζοντας το, από ένα αέριο σε ένα υγρό 600 φορές πυκνότερο από τον αρχικό όγκο του. Αυτή η δραματική μείωση του όγκου του επιτρέπει να αποθηκευτεί και μεταφερθεί εύκολα, ασφαλώς και αποτελεσματικά, με ειδικά σχεδιασμένα L.N.G. πλοία, σε μεγάλες αποστάσεις.

Αν και είναι σχετικά δαπανηρή παραγωγή του, με την τεχνολογική πρόοδο, μειώνεται το κόστους που συνδέεται με την υγροποίηση και επαναεριοποίηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Επειδή είναι εύκολο να μεταφερθεί, μπορεί να χρησιμεύσει για να κάνει οικονομικά εκμεταλεύσιμα απομεμονωμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου για τις οποίες η κατασκευή των αγωγών είναι αντισυμβατική.

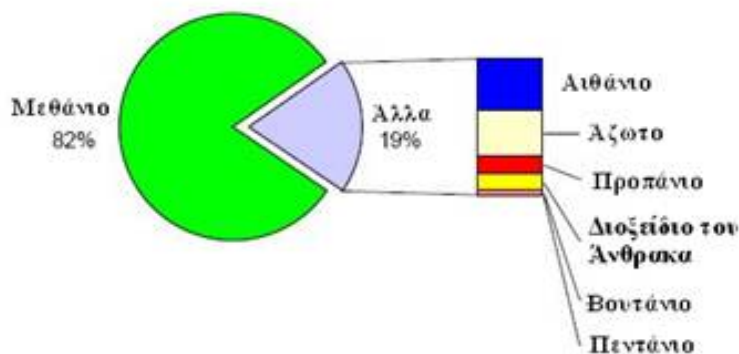
Με τη μορφή αυτή, το φυσικό αέριο μπορεί να αποσταλεί από τα μέρη του κόσμου όπου είναι άφθονο εκεί όπου είναι σε ζήτηση. Μετά την άφιξή του στον προορισμό του, το υγροποιημένο φυσικό αέριο θερμαίνεται για να επιστρέψει στην αέρια κατάστασή του και να παραδίδει σε πελάτες φυσικού αερίου μέσω τοπικών αγωγών.

Ιδιότητες Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.

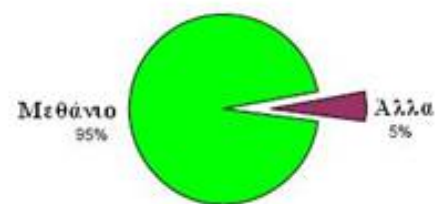
Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι άοσμο, άχρωμο, μη διαβρωτικό και μη τοξικό. Το βάρος του είναι μικρότερο από το ήμισυ του νερού.

Σύνθεση Τυπικού Φυσικού Αερίου και ΥΦΑ

Σύνθεση Τυπικού Φυσικού Αερίου



Σύνθεση Τυπικού ΥΦΑ



Το L.N.G. είναι μια πηγή ενέργειας που έχει πολύ μικρότερη των ατμοσφαιρικών εκπομπών από άλλα ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο ή ο άνθρακας. Το φυσικό αέριο είναι καθαρότερη καύση ορυκτών καυσίμων στον κόσμο και έχει αναδειχθεί ως η προτιμώμενη για το περιβάλλον καύσιμη ύλη.

Επειδή το L.N.G. είναι ένα εξαιρετικά ψυχρό υγρό που σχηματίζεται με ψυχτικά μέσα, δεν αποθηκεύεται υπό πίεση. Είναι λανθασμένη η πεποίθηση ότι είναι ένα συμπιεσμένο αέριο. Η πυκνότητα του είναι περίπου 467 γραμμάρια ανά λίτρο, μικρότερη σε σύγκριση με την πυκνότητα του νερού, (η οποία είναι περίπου 994 γραμμάρια ανά λίτρο). Έτσι, αν χυθεί στο νερό, επιπλέει και εξατμίζεται γιατί είναι ελαφρύτερο από το νερό. Οι ατμοί του από την εξατμισμό είναι εύφλεκτοι και μπορεί να δημιουργήσουν έκρηξη κάτω από ορισμένες συνθήκες. Οι ατμοί ΥΦΑ γίνονται εύφλεκτοι όταν η συγκέντρωση τους στον αέρα είναι μεταξύ 5% και 15% (κατ 'όγκο αέρα). Όταν η συγκέντρωση ατμών ΥΦΑ στο αέρα υπερβαίνει το 15% δεν μπορεί να πάρουν φωτιά γιατί υπάρχει λίγο οξυγόνο. Όταν η συγκέντρωση ατμών στον

αέρα είναι κάτω από το 5% (κατώτατο όριο δεν μπορεί να καούν γιατί είναι πολύ λίγο το φυσικό αέριο).

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν είναι νέο. Έχει μεταφερθεί και χρησιμοποιηθεί για περισσότερο από 50 χρόνια και έχει ισχυρή παράδοση στην ασφάλεια. Περισσότερα από 150 δεξαμενόπλοια μεταφοράς μεθανίου μεταφέρουν με ασφάλεια LNG στους ωκεανούς του κόσμου. Στην πραγματικότητα, η βιομηχανία έχει περισσότερα από 33.000 ταξίδια χωρίς κίνδυνο μείζονος ατυχήματος ή πυρκαγιάς. Παγκοσμίως, υπάρχουν 40 τερματικοί σταθμοί εισαγωγής που προορίζονται να δεχθούν αποστολές υγροποιημένου φυσικού αερίου, 17 τερματικούς σταθμούς εξαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου και περισσότερες από 200 εγκαταστάσεις αποθήκευσης L.N.G., όπου φυλάσσεται μέχρι να χρειαστεί. Η Ιαπωνία, με 24 τερματικούς σταθμούς εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου, έχει περάσει χωρίς κάποιο σημαντικό περιστατικό ασφαλείας στα 35 χρόνια της ιστορίας των.

Μια διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου δεν θα βλάψει το έδαφος ή θα αφήσει κατάλοιπα που εξατμίζονται. Στο νερό, είναι αδιάλυτο και απλά θα εξατμιστεί, καθιστώντας περιττό τον καθαρισμό του νερού λόγω διαρροής. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν είναι ένα εύφλεκτο υγρό, έτσι δεν θα εκραγεί ή καεί. Όπως και άλλα καύσιμα, όταν εξατμίζεται και αναμιγνύεται με το οξυγόνο, είναι εύφλεκτο εάν εκτεθεί σε πηγή ανάφλεξης. Καθ' όλη τη διαδικασία μετατροπής φυσικού αερίου προς και από L.N.G., εφαρμόζονται αυστηρότερα μέτρα ασφαλείας.

Ο συχνότερα αναμενόμενος κίνδυνος ανάφλεξης είναι από φλόγες ή σπινθήρες. Η θερμοκρασία **αυτανάφλεξης** είναι η χαμηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα εύφλεκτο αέριο ατμός αναφλέγεται αυτόματα, χωρίς μια πηγή ανάφλεξης (π.χ. σπινθήρα), μετά από μερικά λεπτά έκθεσης στη θερμότητα. Για τους ατμούς μεθανίου που προέρχονται από την εξάτμιση ΥΦΑ, με αναλογία μεθανίου –αέρα περίπου στο 10% (περίπου στο μέσο του 5-15% εύρους αναφλεξιμότητας) και σε ατμοσφαιρική πίεση, η θερμοκρασία αυτό-ανάφλεξης είναι πάνω από 540° C.

Ιστορία του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Η αξία του υγροποιημένου φυσικού αερίου (L.N.G.), έχει αποδειχθεί βιώσιμη από το 1917, όταν η πρώτη μονάδα υγροποιημένου φυσικού αερίου τέθηκε σε λειτουργία στη Δυτική Βιρτζίνια. Η πρώτη εμπορική μονάδα υγροποίησης χτίστηκε στο Κλίβελαντ του Οχάιο το 1941. Τον Ιανουάριο του 1959, το πρώτο δεξαμενόπλοιο υγροποιημένου φυσικού αερίου στον κόσμο μετέφερε φορτίο από το Lake Charles, Λουιζιάνα στο Canvey Island, Ηνωμένο Βασίλειο. Το γεγονός αυτό έδειξε ότι μεγάλες ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου θα μπορούσαν να μεταφερθούν με ασφάλεια σε ολόκληρους ωκεανούς.

Το 1961, η Βρετανία υπέγραψε μια 15-ετή σύμβαση να λάβει λιγότερο από 1 εκατ. τόνους ετησίως από την Αλγερία, ξεκινώντας από το 1965. Η πρώτη μονάδα υγροποίησης στον κόσμο ανατέθηκε στο Arzew στην Αλγερία να προμηθεύσει την παρούσα σύμβαση με την παραγωγή φυσικού αερίου που προέρχεται από τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου που βρίσκονται στη Σαχάρα. Το επόμενο έτος η Γαλλία υπέγραψε παρόμοια συμφωνία για αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλγερία.

Το εργοστάσιο της Αλάσκας, Kenai (η οποία σήμερα έχει χωρητικότητα 1,3 εκατ. τόνους ετησίως) ξεκίνησε παραδόσεις L.N.G. στο Τόκιο της Ιαπωνίας (Gas & Tokyo Electric Power Company _Tepco) το 1969. Το 1972, το Μπρουνέι έγινε ο πρώτος παραγωγός της Ασίας, με αποτέλεσμα να λειτουργεί μία μονάδα υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Lumut που τώρα έχει χωρητικότητα 6,5 εκατ. τόνους ετησίως και προμηθεύει την Κορέα καθώς και την Ιαπωνία.

Εργοστάσιο της Λιβύης στη Marsa el Brega άρχισε τις παραδόσεις στην Ισπανία το 1970. Η Ιταλία, επίσης, παρέχονταν από τη Λιβύη, σηματοδοτώντας την είσοδο ενός νέου παραγωγού και δύο νέους αγοραστές στις τάξεις του εμπορίου υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Αμερικανικές εισαγωγές από την Αλγερία, εγκρίθηκαν το 1972 με την Distrigas της Βοστώνης να δεσμεύεται να αγοράσει 50 εκατομμύρια κυβικά πόδια την ημέρα (MMscfd) από το εργοστάσιο Skikda για περίοδο 20 ετών.

Το 1979 έληξε η σύμβαση υγροποιημένου φυσικού αερίου: το 15-ετές συμβόλαιο μεταξύ της Αλγερίας και του Ηνωμένου Βασιλείου έλαβε τέλος. Οι παραδόσεις από την Αλγερία συνεχίστηκαν και στη δεκαετία του 1980, όπου και τερματίστηκαν. Κατά τη διάρκεια του 1979, η αγορά συγκλονίστηκε από διαμάχες σχετικά με τις τιμές μεταξύ των αγοραστών των Η.Π.Α. και Sonatrach οι οποίες τελικά οδήγησαν στον τερματισμό των συμβάσεων, αποχώρηση των έξι πλοίων μεταφοράς L.N.G. (τριών εκ των οποίων στη συνέχεια καταργήθηκαν) και την διακοπή λειτουργίας των δύο από τους τέσσερις σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου στις Η.Π.Α..

Ωστόσο, η ζήτηση για L.N.G. στην Ασία εξακολούθησε να αυξάνεται και η Μαλαισία εισήλθε στην αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου το 1983 (όγκος συμβόλαιου αρχικά 6 εκατ. τόνους ετησίως αλλά στη συνέχεια αυξήθηκε σε 7,5 εκατ. τόνους ετησίως), ακολουθούμενη από την Αυστραλία το 1989 (ομοίως με αρχικό όγκο σύμβασης τα 6 εκατ. τόνους ετησίως που έχει πλέον έχει αυξηθεί στα 7,5).

Το Κατάρ έγινε η δεύτερη χώρα παραγωγός L.N.G. της Μέσης Ανατολής με την παράδοση του πρώτου φορτίου υγροποιημένου φυσικού αερίου από τις εγκαταστάσεις Qatargas τον Ιανουάριο του 1997. Πιο πρόσφατα αρκετές μονάδες έχουν έρθει στη γραμμή παραγωγής : Τρινιντάντ (3 εκατ. τόνους ετησίως) ξεκίνησε τον Απρίλιο του 1999. Ras Laffan (6.6 εκατ. τόνους ετησίως) Μάιο του 1999. Νιγηρία (5,6 εκατ. τόνους ετησίως) τον Οκτώβριο του 1999. Τον Απρίλιο του 2000, το Ομάν αρχίσει τη δραστηριότητά του με μια μονάδα δυναμικότητας της τάξεως των 6,6 εκατ. τόνους ετησίως, παραδίδοντας το πρώτο φορτίο του στην Κορέα.



Χαρακτηριστικά του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (L.N.G.) είναι μια πολύ καθαρή μορφή του φυσικού αερίου και δεν είναι καρκινογόνο ή τοξικό. Για το φυσικό αέριο ως υγροποιημένα όλες τις ακαθαρσίες πρέπει να αφαιρούνται, όπως:

- * Θείο, Διοξείδιο του Άνθρακα και ο Υδράργυρος που είναι διαβρωτικό
- * Το νερό, που θα μπορούσε να παγώσει και να προκαλέσει απόφραξη
- * Βαρέοι Υδρογονάνθρακες, οι οποίοι θα μπορούσαν επίσης να παγώσουν σαν το νερό

Η κατάργηση των εν λόγω ρύπων κάνει το L.N.G., κατά την επαναεριοποίηση του σε ένα τερματικό σταθμό παραλαβής, μια πολύ καθαρή και αξιόπιστη φυσική πηγή φυσικού αερίου για ψύξη, θέρμανση και ενέργεια.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο προσφέρει ένα ασφαλές και οικονομικό μέσο για τη μεταφορά φυσικού αερίου σε μεγάλες αποστάσεις, σε σημεία που υπερβαίνουν τις δυνατότητες των αγωγών.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν είναι αρωματισμένο επειδή η αρωματική ουσία θα παγώσει ως στερεό, όταν το φυσικό αέριο ψυχθεί στους μείον 260 βαθμούς Fahrenheit. Όταν επαναεριοποιηθεί και διανέμεται, το φυσικό αέριο αρωματίζεται χαρακτηριστικά, όπως απαιτείται από τους κανονισμούς ασφαλείας.

Για να παραμείνει υγρό, πρέπει να διατηρηθεί σε εξαιρετικά χαμηλή θερμοκρασία. Αυτό πραγματοποιείται σε μεγάλο βαθμό από μονωτικό στις δεξαμενές ώστε να κρατήσει έξω τη θερμότητα και την υγρασία που διαμορφώνεται στη δεξαμενή. Έτσι απαιτούνται ειδικά σχεδιασμένες δεξαμενές που μπορούν να αντέξουν ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες. Υγροποιημένο φυσικό αέριο που ελευθερώνεται στο περιβάλλον αμέσως αρχίζει να εξατμίζεται, επιστρέφοντας στην αέρια κατάσταση.

Παγκόσμια Κατανάλωση L.N.G.

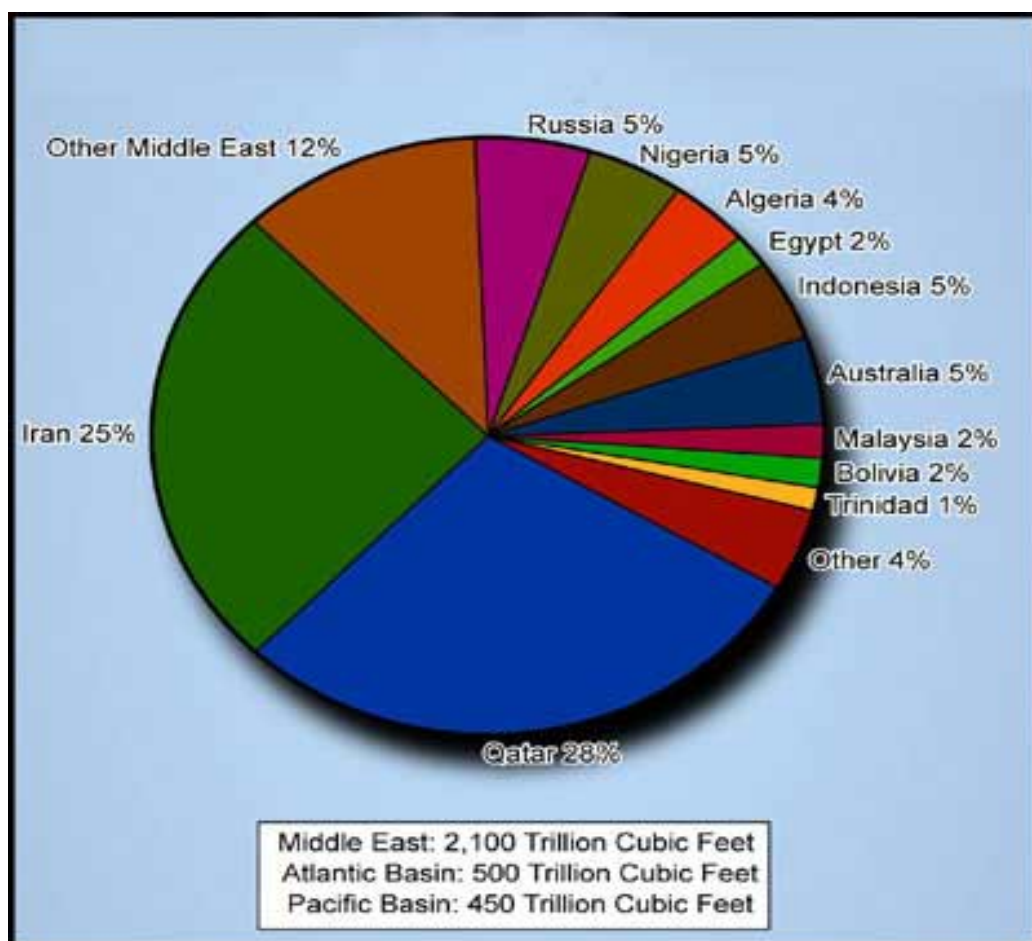
Υπάρχουν τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο που δεν έχουν πρόσβαση οι τοπικές αγορές. Για παράδειγμα, οι εισαγωγές υγροποιημένου φυσικού αερίου (L.N.G.), παρέχουν επί του παρόντος λιγότερο από το 3 τοις εκατό των αποθεμάτων φυσικού αερίου των Η.Π.Α., κυρίως επειδή η τιμή του υγροποιημένου φυσικού αερίου δεν είναι ανταγωνιστική με τις εγχώριες τιμές φυσικού αερίου. Αυτό αλλάζει.

Διεθνής Πίνακας Αγοράς & Ζήτησης Φυσικού Αερίου			
	Αποθέματα (Tcf)	Κατανάλωση (Tcf/Yr)	Αποθέματα /Παραγωγή (Yrs)
Β. Αμερική	263	27.3	10
Ευρώπη	201	18.5	11
Ασία	524	14.4	36
Ν. & Κ. Αμερική	248	4.4	56
Ε.Σ.Σ.Ρ	2059	21.1	98
Αφρική	508	2.5	203
Μέση Ανατολή	2546	8.9	286
Σύνολο	6348	97.1	65

Source: BP 2009 Annual Statistic Review

Το πάνω διάγραμμα απεικονίζει το σημερινό επίπεδο των αποθεμάτων φυσικού αερίου στις περιοχές παραγωγής σε όλη την υδρόγειο. Αποκαλύπτει επίσης τα μέσα ετήσια επίπεδα της κατανάλωσης φυσικού αερίου στις

περιοχές αυτές. Το πιο αποκαλυπτικό είναι η τρίτη στήλη, η οποία δίνει κατά προσέγγιση το χρονοδιάγραμμα για την εξάντληση των αποθεμάτων φυσικού αερίου ανά την περιοχή με τους σημερινούς ρυθμούς κατανάλωσης. Αυτό δείχνει γιατί περιοχές όπως η Μέση Ανατολή και την Αφρική θα έχουν επιπλέον αποθέματα φυσικού αερίου που μπορεί να μετατραπούν σε L.N.G.



για τον εφοδιασμό των περιοχών με φθίνουσα παραγωγή και τα υψηλότερα επίπεδα κατανάλωσης.

Το Cambridge Energy Research Associates προβλέπει ότι η παγκόσμια αγορά υδροποιημένου φυσικού αερίου θα τριπλασιαστεί σε μέγεθος και θα παίξει έναν πιο σημαντικό ρόλο στον ενεργειακό εφοδιασμό σε όλο τον κόσμο τα επόμενα 20 χρόνια. (<http://kireas.org/lng.htm>)

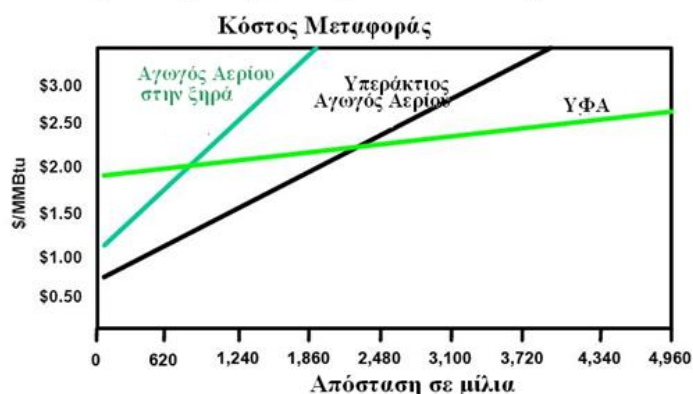


Ανταγωνιστικότητα του L.N.G.

Μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου υπάρχουν σε όλο τον κόσμο σε περιοχές για τις οποίες δεν υπάρχει σημαντική αγορά, ή όπου η προσφορά φυσικού αερίου, υπερβαίνει κατά πολύ την τοπική ή περιφερειακή ζήτηση, ή όπου ο αγωγός δεν είναι μια εναλλακτική λύση.

Αποθέματα τέτοιων υδρογονανθράκων είναι διεσπαρμένα στη Βόρεια Αφρική, τη Δυτική Αφρική, Νότια Αμερική, την Καραϊβική, τη Μέση Ανατολή, την Ινδονησία, τη Μαλαισία, την Αυστραλία και τη βορειοδυτική Αλάσκα.

Τεχνολογία Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Κόστος σε σχέση με την Απόσταση



Source: Institute of Gas Technology.

Ορισμένες ποσότητες από το φυσικό αέριο που παράγεται υγροποιείται για τη θαλάσσια μεταφορά σε περιοχές όπου η χρήση φυσικού αερίου υπερβαίνει την τοπική προσφορά. Τέτοιες αγορές συμπεριλαμβάνουν την Ιαπωνία, την Ταϊβάν, την Κορέα, την Δυτική Ευρώπη και τις ΗΠΑ και το εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία από τους αγωγούς, γιατί επιτρέπει την μεταφορά φυσικού αερίου όπου υπάρχει μεγαλύτερη ανάγκη και οι εμπορικοί όροι είναι πιο ανταγωνιστικοί. Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει ότι όσο η απόσταση στην οποία το φυσικό αέριο πρέπει να μεταφερθεί αυξάνεται, τόσο η χρήση του L.N.G. έχει οικονομικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση αγωγών. Σε γενικές γραμμές, η υγροποίηση φυσικού αερίου και η θαλάσσια μεταφορά του γίνεται φθηνότερη από τη μεταφορά φυσικού αερίου σε υπεράκτιους αγωγούς για αποστάσεις άνω των 700 μιλίων ή για επίγειους αγωγούς στην ξηρά για αποστάσεις μεγαλύτερες από 2.200 μίλια.



ΜΕΤΑΦΟΡΑ

ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ
ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΑΤΩΝ

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ
ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΥ & H_2S

ΑΦΥΔΑΤΩΣΗ

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ
 CO_2

ΨΥΞΗ

ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ &
ΦΟΡΤΩΣΗ

ΜΕΤΑΦΟΡΑ &
ΕΜΠΟΡΙΑ

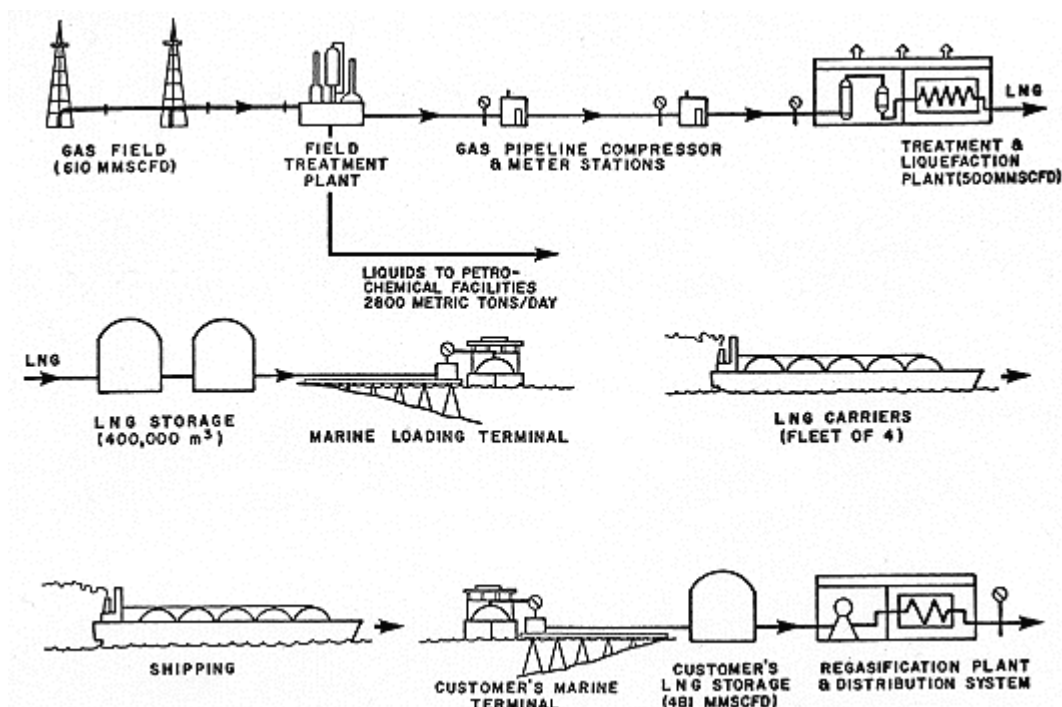
Μια τυπική διαδικασία ΥΦΑ. Το φυσικό αέριο είναι η πρώτη εξαγονται και μεταφέρονται σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας, όπου καθαρίζεται με την κατάργηση όλων των συμπυκνωμάτων, όπως το νερό, λάδι, λάσπη, καθώς και άλλων αερίων όπως το CO_2 και H_2S και ορισμένα στερεά φορές ο υδράργυρος. Το αέριο στη συνέχεια ψύχεται σε φάσεις μέχρι να υγροποιημένο. ΥΦΑ είναι τελικά αποθηκεύεται σε δεξαμενές αποθήκευσης και μπορούν να φορτωθούν και να διατίθεται στο εμπόριο.

(http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_natural_gas)

Κύκλος του Υγροποιημένου Φυσικού Αέριου.

Οι εγκαταστάσεις ή ο κύκλος του υγροποιημένου φυσικού αέριου αποτελείται από τέσσερα αλληλεξαρτώμενα στάδια:

- 1) εξόρυξη και παραγωγή
- 2) την υγροποίηση
- 3) Μεταφορά από το σημείο της υγροποίησης για τον τελικό προορισμό
- 4) την παραλαβή, αποθήκευση και επαναεριοποίηση στον τελικό προορισμό.





Υγροποίηση: Μετατρέποντας το φυσικό αέριο σε υγρό.

Η διαδικασία της ψύξης του φυσικού αερίου σε υγρή φάση ονομάζεται υγροποίηση (Liquefaction). Όπως κάθε βιομηχανικής μονάδας, τα ζητήματα ασφαλείας για τις εγκαταστάσεις υγροποίησης προσαρμόζονται στις περιφερειακές και τοπικές ανάγκες. Τα μέτρα ασφαλείας μπορεί να περιλαμβάνουν φυσικά εμπόδια, το προσωπικό και τον εξοπλισμό ελέγχου πρόσβασης, επιτήρησης του χώρου, καθώς και τα συστήματα συναγερμού.

- Οι τρεις τρόποι παραγωγής ψύξης σε βιομηχανική κλίμακα:
 - ❖ Ελεύθερη εκτόνωση (μέθοδος εκτόνωσης Joule-Thomson)
 - ❖ Εκτόνωση μέσω προσφοράς μηχανικού έργου (μέθοδος Claude)
 - ❖ Μέσω διαδοχικών κύκλων συμπύκνωσης – εξάτμισης (κύκλος Pictet)
- Για την υγροποίηση του φυσικού αερίου, ιδιαίτερα σε μεγάλη κλίμακα, στην πράξη χρησιμοποιείται μόνο η τελευταία μέθοδος.

Τεχνολογία Υγροποίησης

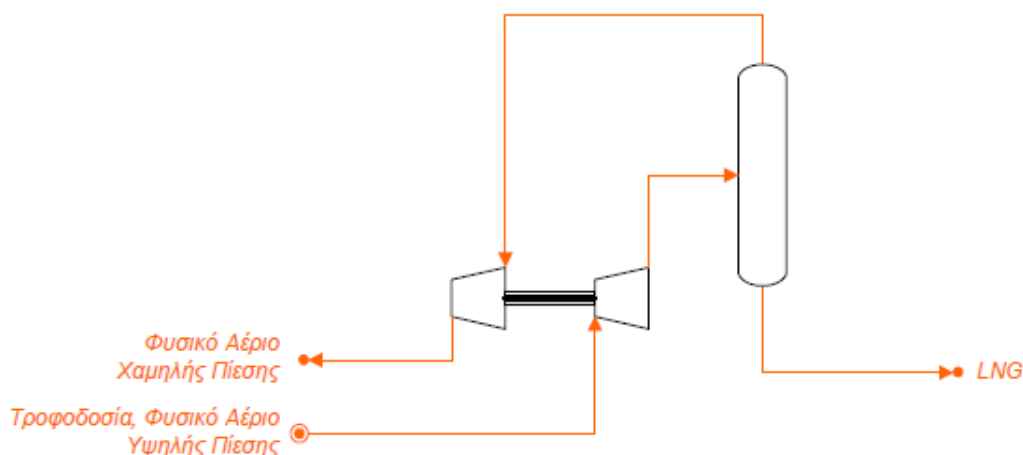
Αυτήν την περίοδο υπάρχουν 4 μονάδες υγροποίησης που είναι διαθέσιμες:

- 1. C3MR** (μερικές φορές αναφέρεται ως **APCI**): σχεδιάστηκε από την Air Products & Chemicals.
- 2. Cascade**: σχεδιάστηκε από Conoco Phillips.
- 3. Shell DMR**
- 4. Linde**

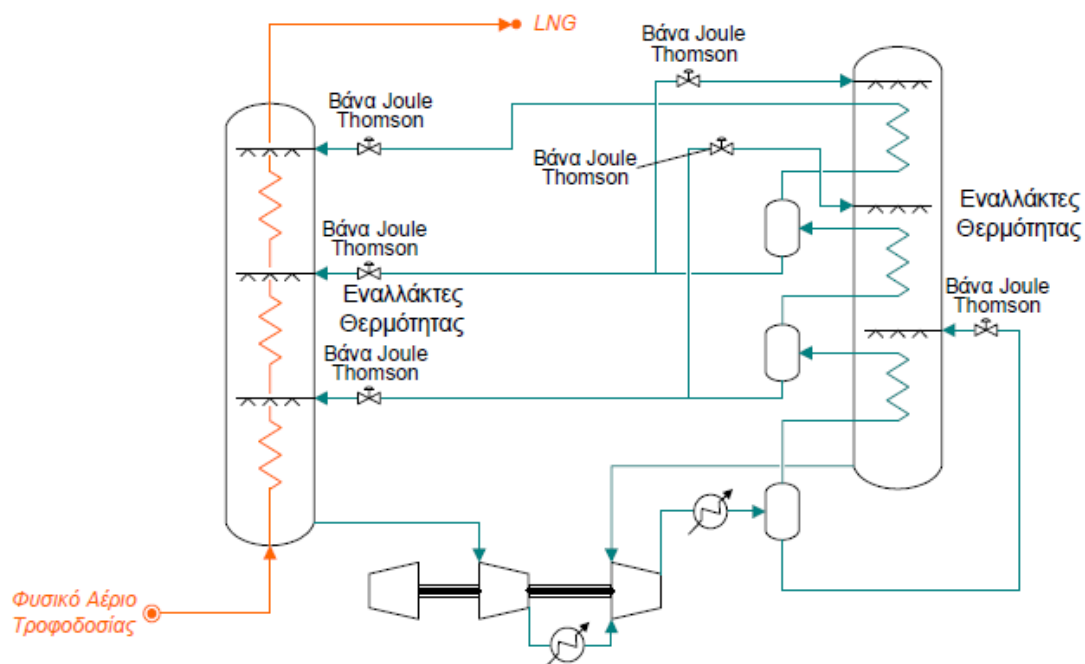
Αναμένεται ότι μέχρι το τέλος του 2012, θα υπάρχουν 100 τρένα υγροποίησης διαθέσιμα με συνολική χωρητικότητα 297,2 MMTPA.

Η πλειοψηφία αυτών των αμαξοστοιχιών χρησιμοποιούν είτε APCI ή Cascade τεχνολογία για τη διαδικασία ρευστοποίησης. Οι άλλες μέθοδοι, που χρησιμοποιούνται σε μικρή μειοψηφία σε κάποιες εγκαταστάσεις υγροποίησης, περιλαμβάνουν την τεχνολογία DMR της Shell και της τεχνολογίας Linde. Οι διαδικασίες αυτές είναι λιγότερο σημαντικές από τις διεργασίες APCI ή Cascade.

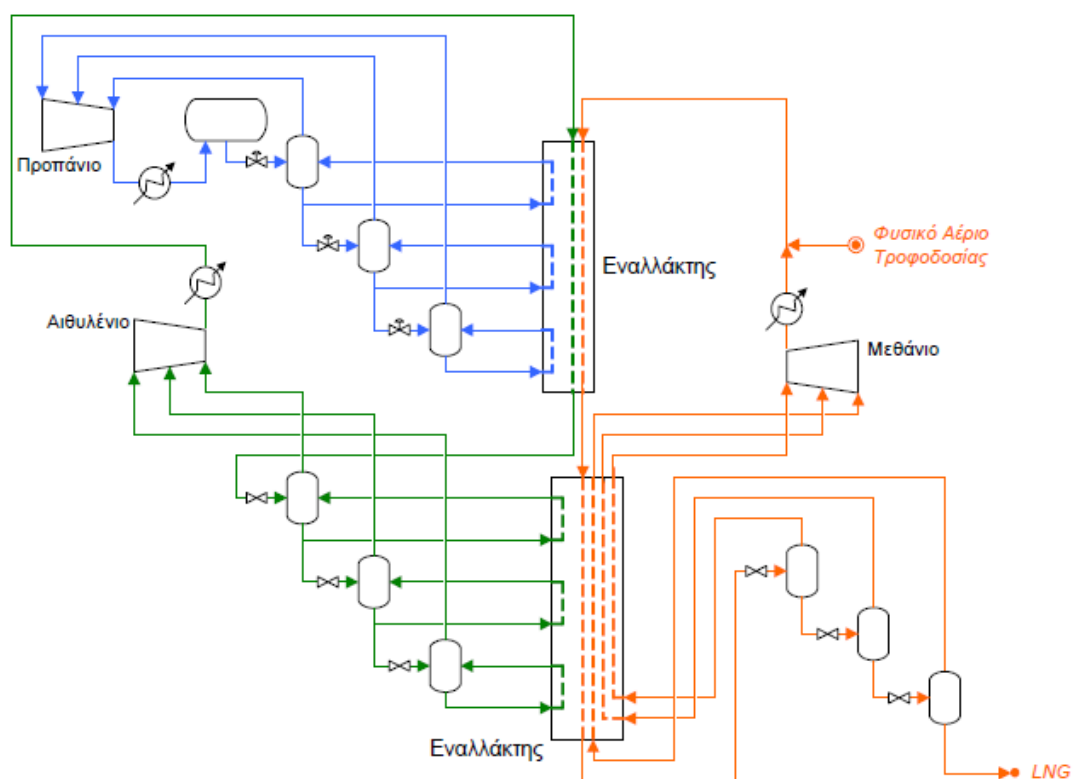
Η APCI τεχνολογία είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη διεργασία υγροποίησης στις εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου. Από τα 100 τρένα υγροποίησης σε λειτουργία ή υπό κατασκευή, 86 αμαξοστοιχίες, με συνολική χωρητικότητα 243 MMTPA έχουν σχεδιαστεί με βάση τη διαδικασία APCI. Η δεύτερη διαδικασία που χρησιμοποιείται είναι η Philips Cascade, η οποία χρησιμοποιείται σε 10 τρένα, με συνολική χωρητικότητα 36,16 MMTPA. Η Shell DMR διαδικασία έχει χρησιμοποιηθεί σε 3 τρένα με συνολική χωρητικότητα 13,9 MMTPA. Και, τέλος, η Linde / Statoil διαδικασία χρησιμοποιείται μόνο για την Snohvit με 4,2 MMTPA.



Διεργασία Υγροποίησης με Εκτόνωση

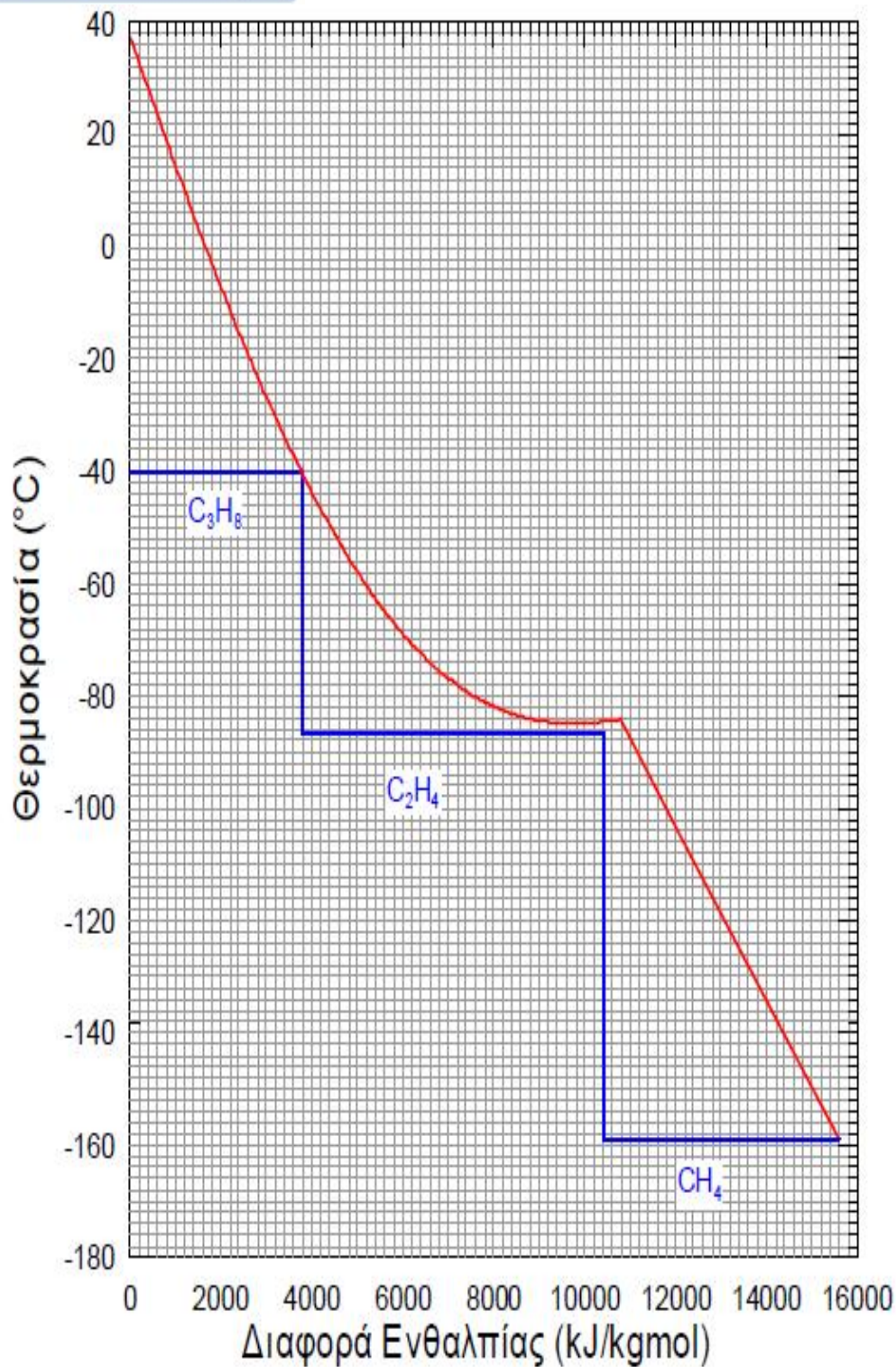


Διεργασία Υγροποίησης με Μίγμα Ψυκτικών

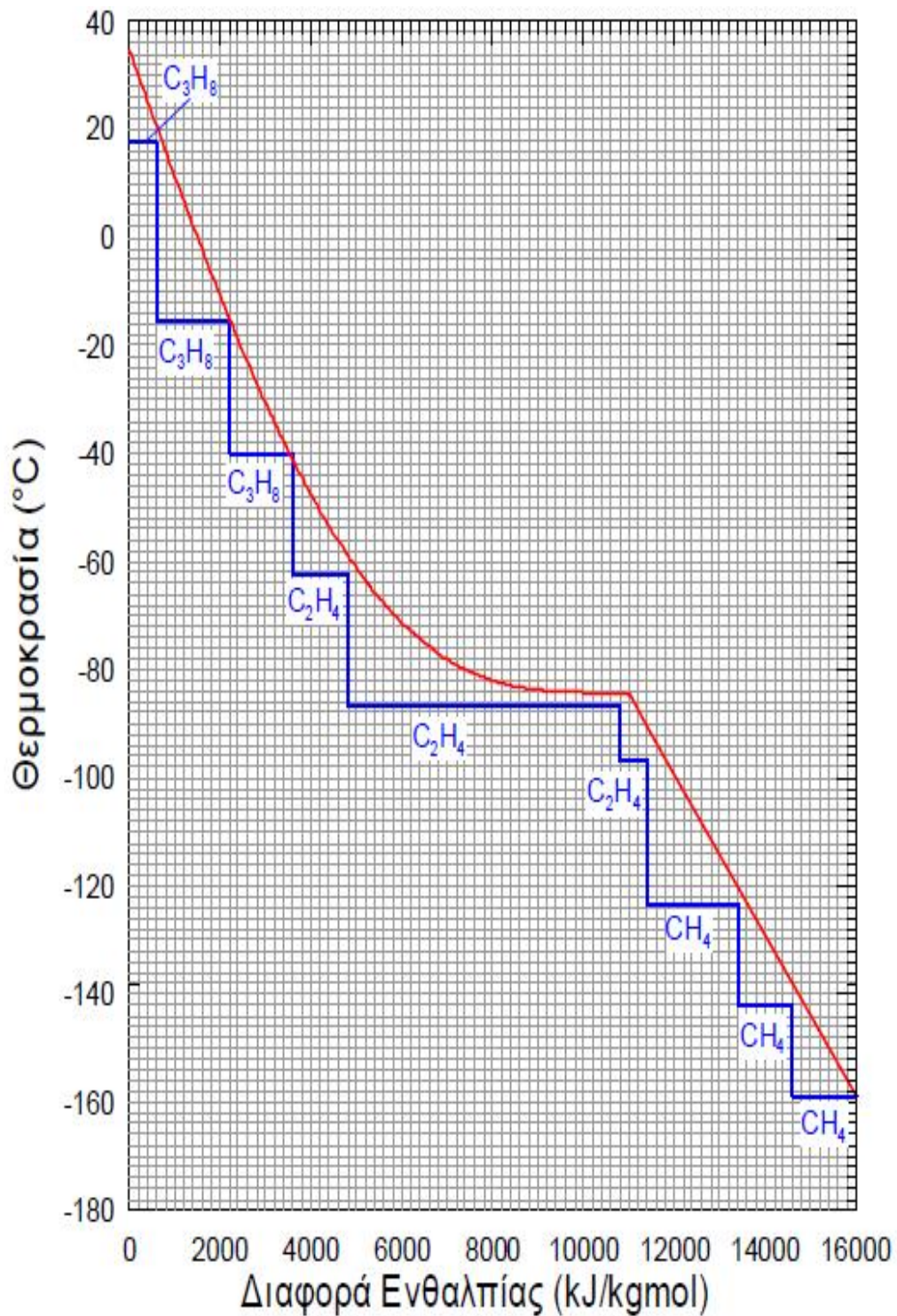


Διεργασία Υγροποίησης 9 Βαθμίδων σε Σειρά

Υγροποίηση με 3 Στάδια Ψύξης



Υγροποίηση με 9 Στάδια Ψύξης



Μεταφορά του L.N.G. με ασφάλεια και προφύλαξη.

Τα πλοία που μεταφέρουν L.N.G. είναι διπλού κύτους και με βαριά μόνωση, για να περιορίζουν την απώλεια υγροποιημένου αερίου λόγω εξάτμισής του με ένα εκτεταμένο σύστημα ασφαλείας φορτίου. Αυτές οι απώλειες εξάτμισης χρησιμοποιούνται για τη συμπλήρωση των καυσίμων των πλοίων. Έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να χειρίζονται την χαμηλή θερμοκρασία του



υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το L.N.G. δεν αποθηκεύεται υπό πίεση. Σύμφωνα με το World Gas Intelligence (2008), σε ένα τυπικό ταξίδι, εκτιμάται ότι περίπου το 0,1% - 0,25% του φορτίου ΥΦΑ εξατμίζεται κάθε μέρα, ανάλογα με την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και την τραχύτητα του ταξιδιού. Σε ένα τυπικό ταξίδι, 20 ημερών μπορεί να εξατμιστεί από το 2% - 6% του συνολικού όγκου του L.N.G..

Τρεις τύποι δεξαμενόπλοιων L.N.G.:

- Σφαιρικού (Moss) σχεδιασμού - (44%)
- Σχεδιασμού μεμβράνης - (51%)
- Διαρθρωτικού πρισματικού σχεδιασμού



LNG Vessel
Photo courtesy of CH-IV International
<http://www.ch-iv.com>



Δεξαμενόπλοια L.N.G. σφαιρικού (Moss) σχεδιασμού

Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς L.N.G. έχουν μήκος μέχρι 300 μέτρα μήκος, 46 μέτρα πλάτος και απαιτούν ένα ελάχιστο βάθος υδάτων 12 μέτρα όταν είναι πλήρως φορτωμένα. Αυτή τη στιγμή υπάρχουν 155 δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν περισσότερο από 120 εκατ. τόνους υγροποιημένου φυσικού αερίου ανά έτος.

Όπως σε όλα τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια, εξελιγμένο ραντάρ και GPS αλλά και συστήματα συναγερμού προειδοποιούν το πλήρωμα για τους κινδύνους



Source: NLNG

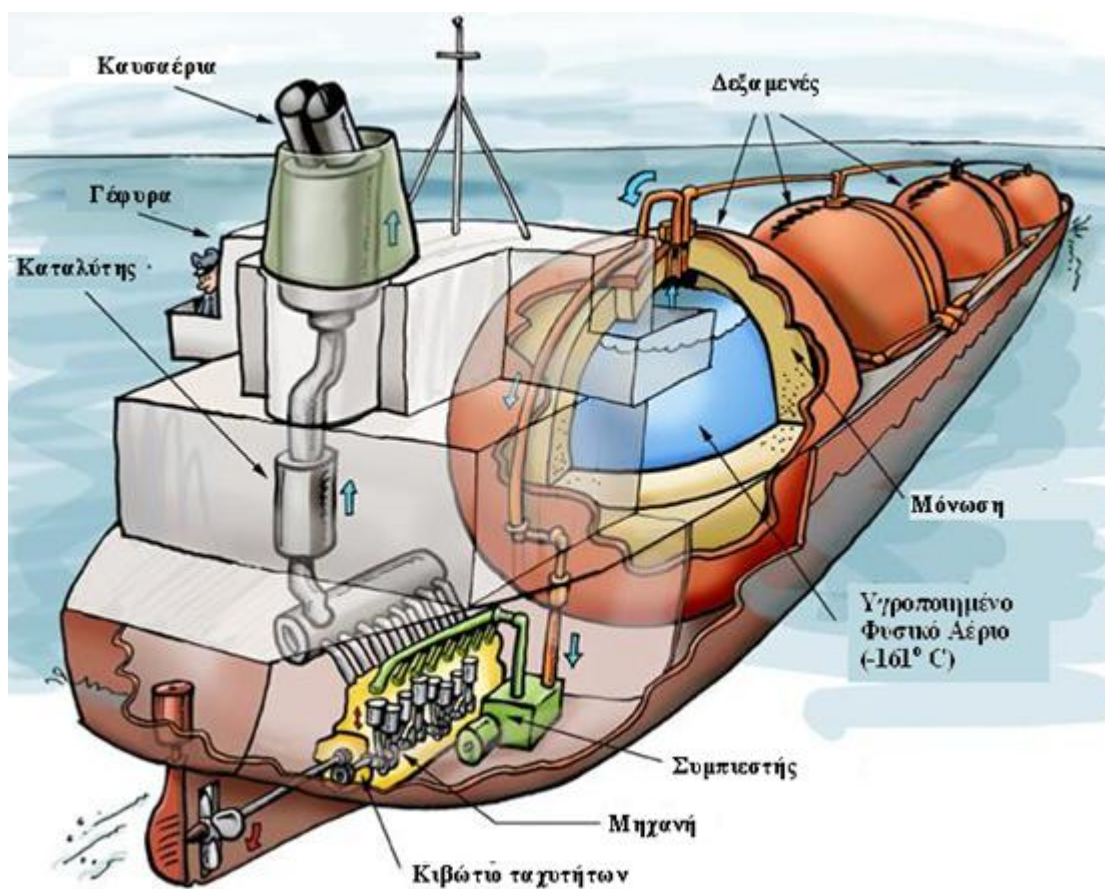
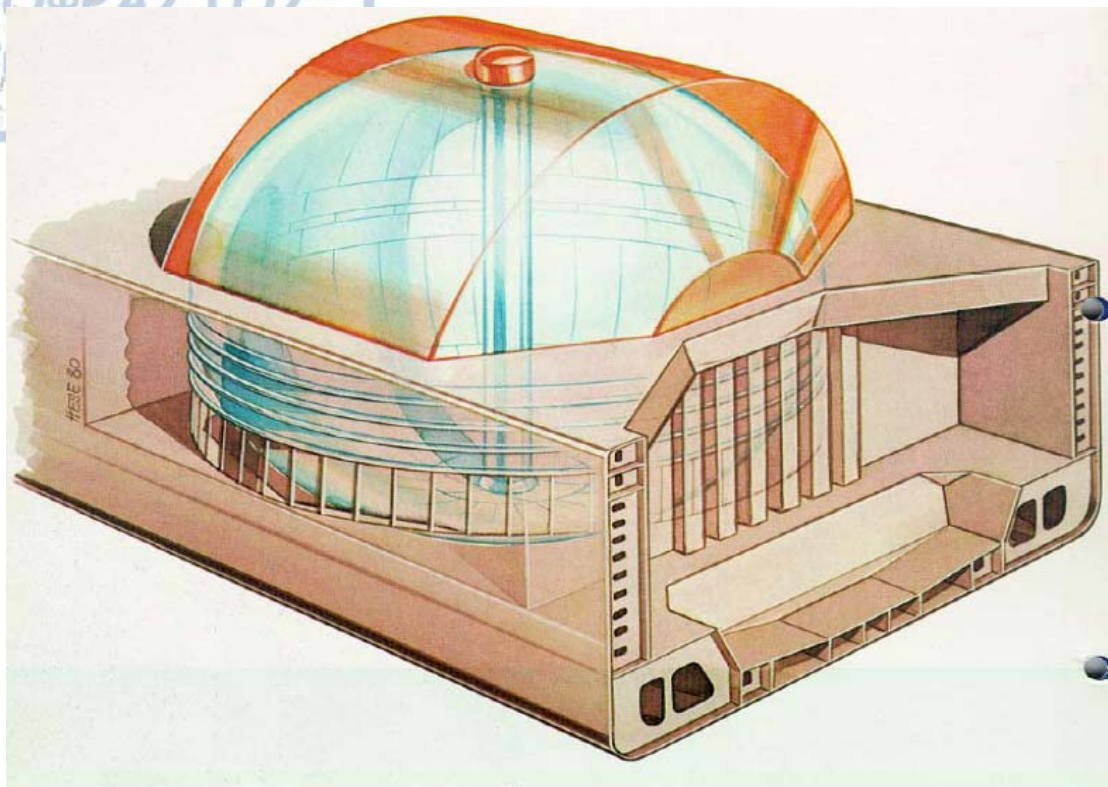
Δεξαμενόπλοιο L.N.G. σχεδιασμού μεμβράνης

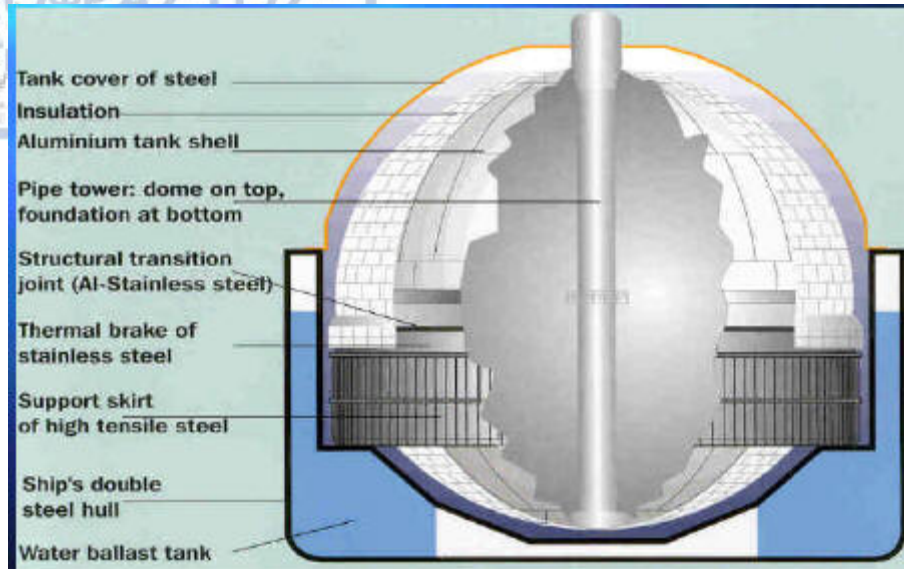
γύρω από το πλοίο. Συστήματα αποφόρτισης και φάροι αυτόματα στέλνουν μηνύματα, εάν το πλοίο βρίσκεται σε δυσκολία.

Τα πλοία αυτά χρησιμοποιούν επίσης μέτρα αντι-πειρατείας και μέτρα επιβίβασης και πρέπει να πληρούν τις απαιτήσεις του Διεθνούς Κώδικα Ασφαλείας Πλοίων και Λιμενικών. Ενώ το πλοίο βρίσκεται εν πλώ, το κέντρο ελέγχου φορτίου είναι επανδρωμένο μόνιμα, αλλά και όταν φορτίο μεταφέρεται προς και από το πλοίο.

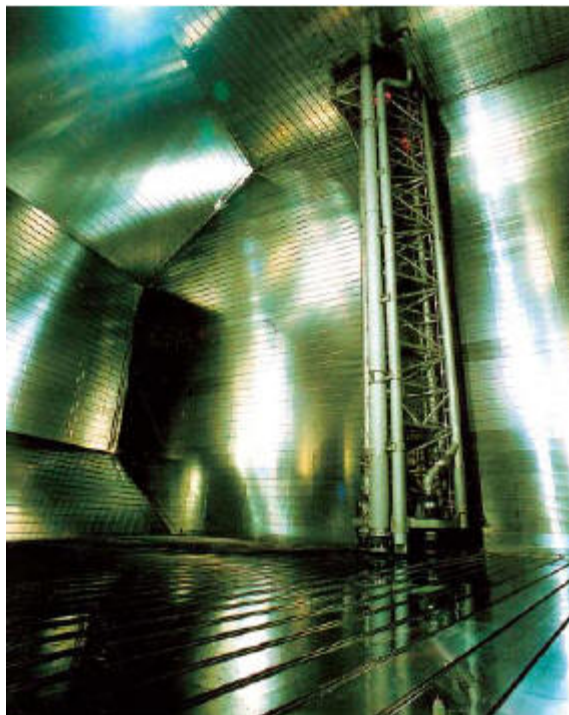


Mozah, το μεγαλύτερο δεξαμενόπλοιο L.N.G. τύπου Q-MAX σχεδιασμού μεμβράνης με χωρητικότητα 266.000 κυβ. μέτρα

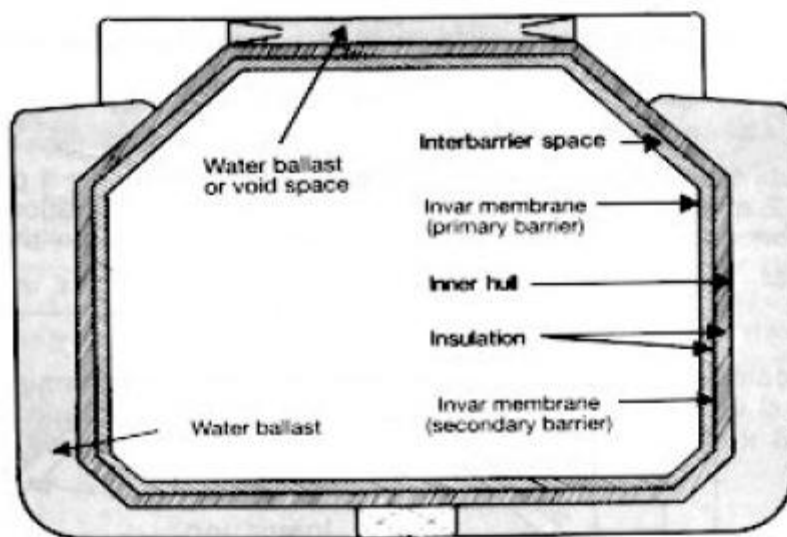




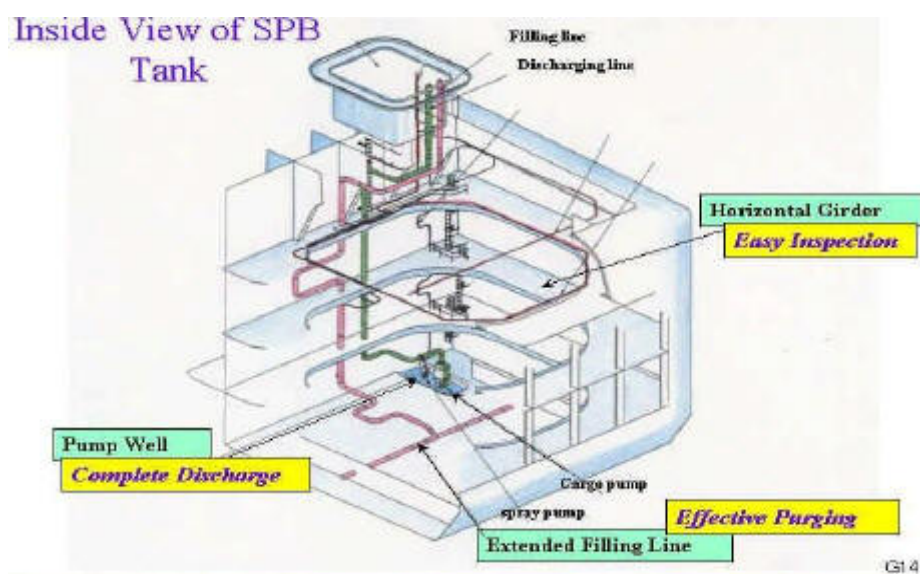
Διατομή δεξαμενής δεξαμενόπλοιου L.N.G. σφαιρικού τύπου



Δεξαμενή δεξαμενόπλοιου L.N.G. τύπου μεμβράνης



Διατομή δεξαμενής δεξαμενόπλοιου L.N.G. τύπου μεμβράνης



Διατομή δεξαμενής δεξαμενόπλοιου ΥΦΑ διαρθρωτικού πρισματικού σχεδιασμού

Επαναεριοποίηση L.N.G. και Τερματικά Εισαγωγής

Επαναφέροντας το υγροποιημένο φυσικό αέριο σε αέρια κατάσταση γίνεται στα τερματικά εισαγωγής και επαναεριοποίησης L.N.G., τα οποία σχεδιάζονται και κατασκευάζονται σύμφωνα με αυστηρούς εθνικούς κώδικες και διεθνή πρότυπα. Εκτεταμένα συστήματα ασφαλείας παρακολουθούν τον εξοπλισμό και τηρείται περιορισμός της πρόσβασης στην περιοχή των τερματικών 24 ώρες την ημέρα, 365 μέρες το χρόνο. Επίσης εφαρμόζεται περιμετρική περίφραξη, ανίχνευση κίνησης, κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης και νυχτερινός φωτισμός. Τα μέτρα ασφαλείας περιλαμβάνουν ακόμα ανιχνευτές μεθανίου, υπερίωδεις και υπέρυθρους ανιχνευτές πυρκαγιάς, καθώς και τακτική εκπαίδευση του προσωπικού.

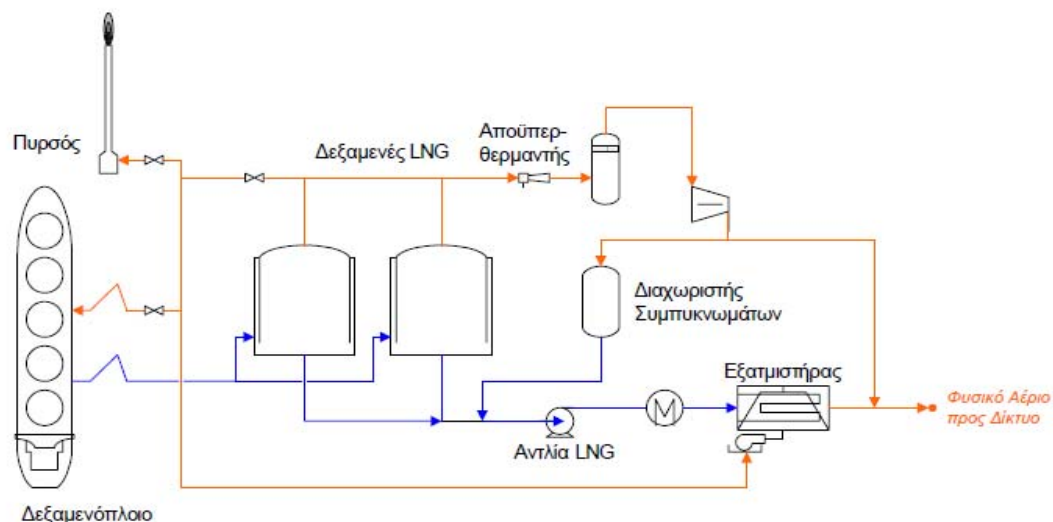
Όταν το L.N.G. φτάσει στους τερματικούς σταθμούς, μεταφέρετε σε ειδικές μονωμένες δεξαμενές αποθήκευσης. Οι δεξαμενές αυτές μπορεί να είναι πάνω ή κάτω από το έδαφος και διατηρούν το υγρό σε χαμηλή θερμοκρασία για να ελαχιστοποιηθεί το ύψος της εξάτμισης. Αν δεν απελευθερωθούν ατμοί L.N.G., η πίεση και η θερμοκρασία στο εσωτερικό της δεξαμενής αυξάνεται. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο χαρακτηρίζεται ως κρυογενικό και διατηρείται στην υγρή του κατάσταση σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασία στο εσωτερικό της δεξαμενής θα παραμείνει σταθερή, αν η πίεση παραμένει σταθερή, επιτρέποντας το εξατμισμένο φυσικό αέριο να απελευθερώνεται από τη δεξαμενή. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως αυτόκατάψυξη. Οι απώλειες εξάτμισης συλλέγονται και χρησιμοποιούνται ως πηγή καυσίμων στην εγκατάσταση ή για το δεξαμενόπλοιο μεταφοράς. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο θερμαίνεται στο σημείο που μπορεί να μετατρέψει στην αέρια κατάσταση για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας μια διαδικασία απενεργοποίησης με εναλλακτές θερμότητας

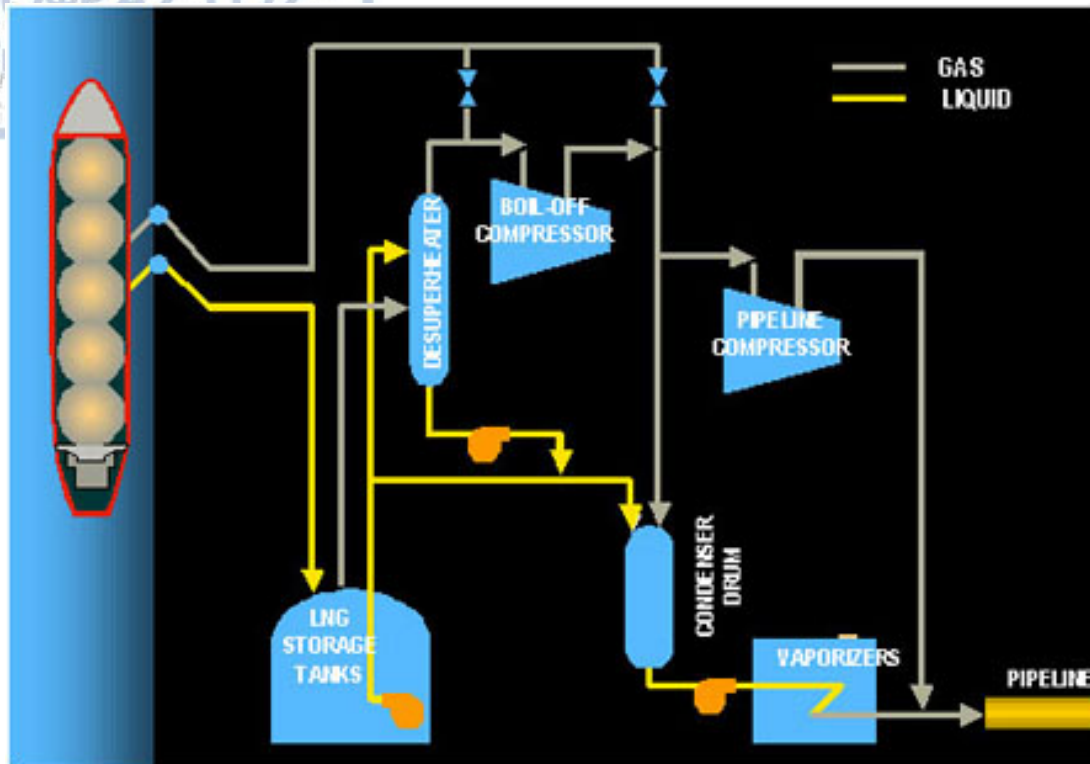
Τερματικοί Σταθμοί L.N.G.

Εγκαταστάσεις εκφόρτωσης, αποθήκευσης, επανεξάτμισης και αποστολής του L.N.G. προς το δίκτυο μεταφοράς

Αποτελούνται από:

- ❖ Δεξαμενές αποθήκευσης L.N.G.
- ❖ Προβλήματα εκφόρτωσης L.N.G. με:
 - Βραχίονες εκφόρτωσης
 - Βραχίονες επιστροφής ατμών (Boil-off)
- ❖ Αντλίες LNG χαμηλής πίεσης βυθισμένες στο εσωτερικό των δεξαμενών
- ❖ Αντλίες LNG υψηλής πίεσης που συμπιέζουν το LNG έως την πίεση λειτουργίας του δικτύου μεταφοράς. Η συμπίεση LNG, απαιτεί 30 φορές λιγότερη ενέργεια
- ❖ από τη συμπίεση φυσικού αερίου
- ❖ Συμπιεστές boil-off gas προς επανυγροποίηση
- ❖ Επανυγροποιητή boil-off
- ❖ Εξατμιστήρες:
 - Θαλασσινού νερού (κάλυψη φορτίων βάσης)
 - Καύσης (κάλυψη φορτίων αιχμής)
- ❖ Πυρσό καύσης περισσείας boil-off gas.
- ❖ Βοηθητικές εγκαταστάσεις





Διαδικασία Επαναεριοποίησης

Αυτή η εικόνα αντιπροσωπεύει τη διαδικασία λήψης υγροποιημένου φυσικού αερίου (L.N.G.) εκτός του πλοίου, μετακινώντας το κρύο σε δεξαμενές αποθήκευσης και στη συνέχεια επαναεριοποιώντας το πάλι σε φυσικό αέριο.

Οι γκριζες γραμμές αντιπροσωπεύουν το φυσικό αέριο και οι κίτρινες γραμμές αντιπροσωπεύουν το L.N.G.. Φυσικά, υπάρχει μια μικρή ποσότητα υγροποιημένου φυσικού αερίου το οποίο εξατμίζεται μετά από την επαφή με το θερμότερο αέρα στην κορυφή των εμπορευματοκιβωτίων στα πλοία και στις δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτό το φυσικό αέριο συλλέγεται από τις δεξαμενές και μεταφέρεται στον αγωγό.

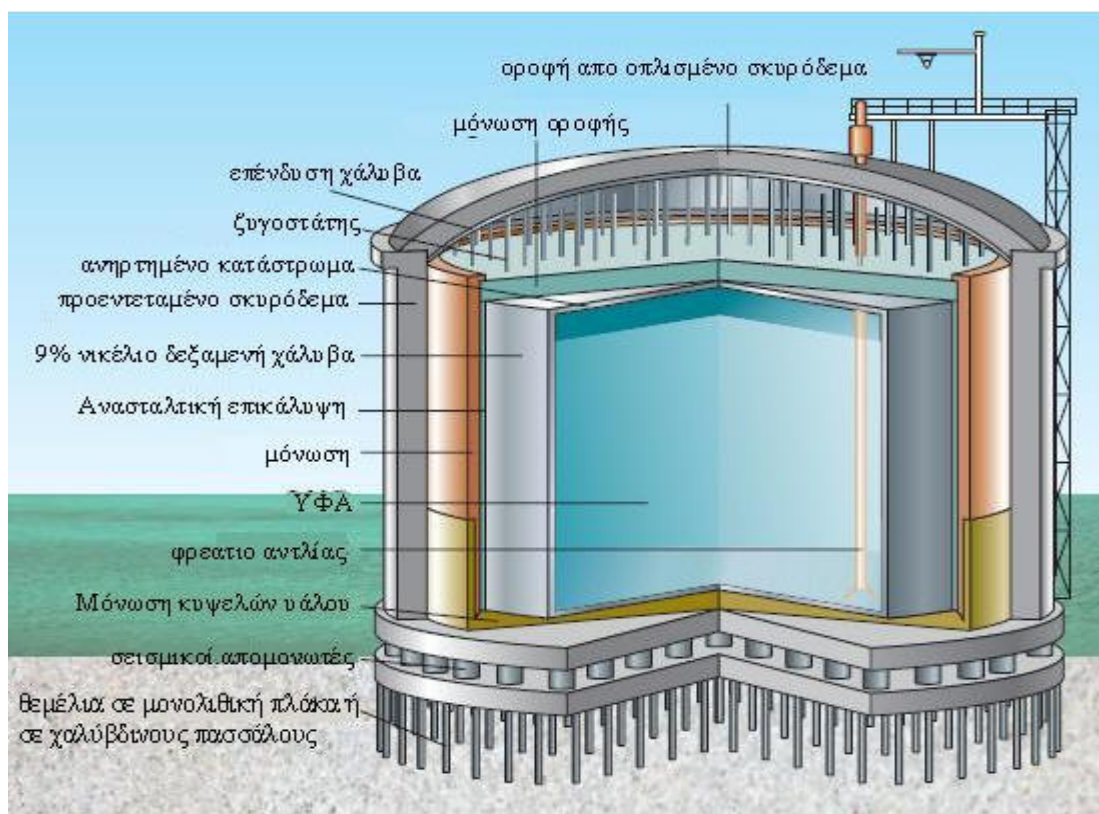
Δεξαμενές Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Σκοπός των δεξαμενών αυτών είναι η αποθήκευση του LNG στο εσωτερικό τους κατά τρόπον ώστε αφενός μεν να ελαχιστοποιείται η εξάτμιση του LNG (*boil-off gas*), αφετέρου δε η στεγανότητα έναντι διαρροών.

Οι δεξαμενές έχουν ισχυρή θερμική μόνωση και εξαιρετικά ισχυρή κατασκευή έναντι διαρροών (ρωγμών, σεισμών, εξωτερικών πληγμάτων).

Διακρίνονται σε:

- ❖ Υπέργειες
 - Υπέρ:
 - Χαμηλότερο κόστος κατασκευής
 - Κατά:
 - Υψηλότερος ρυθμός εξάτμισης
 - Υψηλότερος κίνδυνος έναντι διαρροών



Δεξαμενή L.N.G

❖ Υπόγειες

- Υπέρ:
 - Χαμηλός ρυθμός εξάτμισης
 - Σημαντικά μικρότερος κίνδυνος έναντι διαρροών
- Κατά:
 - Υψηλότερο κόστος κατασκευής



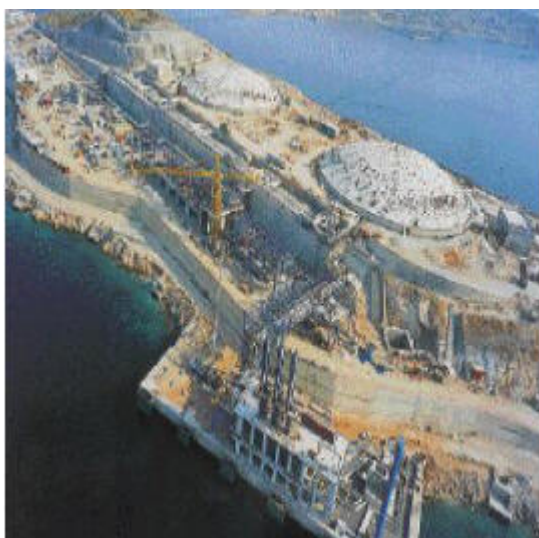
Source: CH-IV International

Δεξαμενές L.N.G. πλήρους συγκράτησης



Δεξαμενές L.N.G. διπλής συγκράτησης





Εγκαταστάσεις L.N.G. νήσου Ρεβυθούσας.



Τερματικός Σταθμός L.N.G. της Ρεβυθούσας

Στη Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων Αττικής, λειτουργεί ένας από τους πιο σύγχρονους σταθμούς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου σε όλη τη Μεσόγειο και αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της χώρας μας.

Είναι μία από τις τρεις πηγές τροφοδοσίας του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και συγκαταλέγεται στους δέκα αντίστοιχους σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου, που λειτουργούν σήμερα σε όλο το χώρο της Μεσογείου και της Ευρώπης.

Ο σταθμός είναι εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα, 500 μέτρα περίπου από την ακτή της Αγίας Τριάδας, στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45 χλμ. δυτικά της Αθήνας.

Στα δέκα χρόνια λειτουργίας του έχουν παραληφθεί πάνω από 300 φορτία L.N.G. που φθάνουν στη χώρα μας με δεξαμενόπλοια, σε υγροποιημένη μορφή, από την Αλγερία και αποθηκεύεται προσωρινά στις δύο δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 130.000 κ.μ. Στη συνέχεια, στις ειδικές εγκαταστάσεις της μονάδας, μετατρέπεται ξανά σε αέριο και τροφοδοτεί τους αγωγούς του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου.

Ο σταθμός σχεδιάστηκε και λειτουργεί, σύμφωνα με τις αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας τόσο για τους εργαζομένους στο νησί όσο και για τους κατοίκους των γύρω περιοχών. Η τεχνολογία επεξεργασίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται είναι φιλική προς το περιβάλλον και τηρείται αυστηρά η Ελληνική και Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η διατήρηση των υψηλών προδιαγραφών ασφαλείας και σεβασμού προς το περιβάλλον ελέγχονται και πιστοποιούνται διαρκώς από ανεξάρτητους φορείς, καθώς ο σταθμός είναι πιστοποιημένος κατά τα πρότυπα OHSAS 18001 και ISO 14001.

Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου της Ρεβυθούσας, είναι μια από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της Ελλάδας. Συμβάλλει στην εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων αερίου, ώστε να καλύπτουν τις υπάρχουσες και αλλά και τις μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες της χώρας μας. Παράλληλα, παρέχει περισσότερη αξιοπιστία και ευελιξία στο σύστημα μεταφοράς και διανομής, ώστε να μπορεί να ικανοποιεί αποτελεσματικά τις απαιτήσεις των καταναλωτών, ακόμα και σε ζήτηση αιχμής.

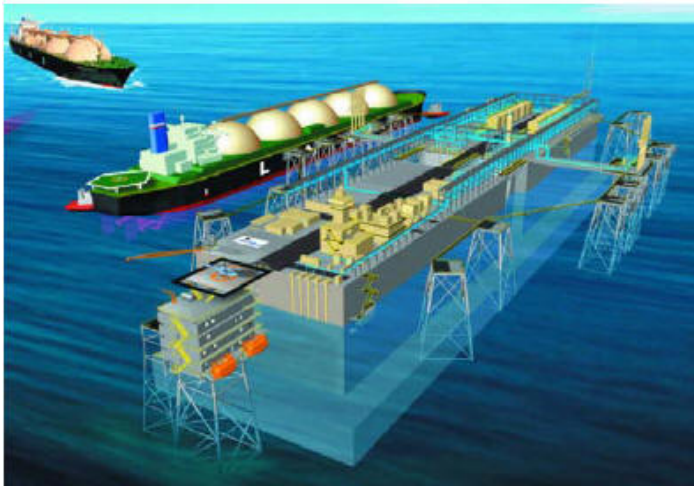
Τον Οκτώβριο του 2007, ολοκληρώθηκαν οι εργασίες αναβάθμισης του Τερματικού Σταθμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου Ρεβυθούσας, πραγματοποιώντας μια από τις σημαντικότερες επενδύσεις για την ενεργειακή υποδομή της χώρας μας. Με την αναβάθμιση, ο σταθμός θα μπορεί πλέον να παραλαμβάνει και να επεξεργάζεται τριπλάσιες ποσότητες φυσικού αερίου και να τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς με 5,2 - 5,3 δισεκατομμύρια κ. μ. ετησίως. Συγκεκριμένα, το έργο περιελάμβανε την επέκταση των υποδομών και την ενίσχυση του εξοπλισμού, ώστε να αυξηθεί η δυναμικότητα αεριοποίησης του Σταθμού σε 1.000 κ.μ. φυσικού αερίου ανά ώρα, από 271 κ.μ. ανά ώρα. Εν όψη της 2ης Φάσης Αναβάθμισης του Σταθμού L.N.G. Ρεβυθούσας ολοκληρώθηκε η μελέτη σκοπιμότητας για την κατασκευή της 3ης δεξαμενής αποθήκευσης με παράλληλη αύξηση της δυναμικότητας αεριοποίησης. Η τρίτη δεξαμενή θα έχει χωρητικότητα 95.000 κ.μ. και θα αυξήσει τη συνολική αποθηκευτική ικανότητα του Σταθμού σε 225.000 κ.μ. από 130.000 κ.μ. που είναι σήμερα. Η δυναμικότητα αεριοποίησης θα αυξηθεί σε 1.400 κ.μ. την ώρα από 1.000 κ.μ. που είναι σήμερα.

Το έργο υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ), του Υπουργείου Ανάπτυξης, με πόρους από το Γ' ΚΠΣ. Ο τρέχων προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται σε 55.900.000 €, με εγκεκριμένη δημόσια δαπάνη ύψους 21.524.254 €. Επίσης, θα κατασκευασθεί μονάδα ηλεκτροπαραγωγής συνολικής ισχύος 15 MW, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του σταθμού, μετά τη φάση της επέκτασης. Επίσης, η δυνατότητα ανάκτησης θερμικής ενέργειας 14 MW και η χρήση της στη διεργασία αεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου αυξάνει το βαθμό απόδοσης

της μονάδας περίπου κατά 89%, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος, παρέχοντας σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη. Με την αναβάθμιση του Τερματικού Σταθμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου Ρεβυθούσας γίνεται πιο αποτελεσματική και αξιόπιστη η τροφοδοσία του εθνικού μας δικτύου. Αυτό σημαίνει ότι ενισχύεται σημαντικά η ενεργειακή επάρκεια και η ασφάλεια τροφοδοσίας της χώρας μας.

Υπεράκτιες (off-shore) εγκαταστάσεις L.N.G.

Chevron Port Pelican

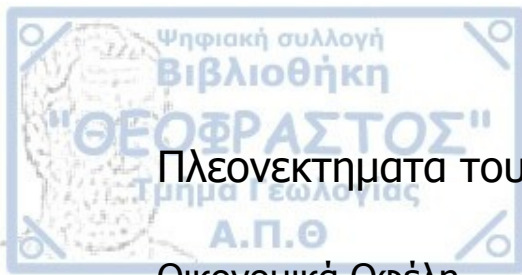


ConocoPhillips Beacon Port



Ο υπεράκτιος τερματικός σταθμός L.N.G.ExxonMobil στην Αδριατική είναι ο πρώτος στον κόσμο που με σταθερές υπεράκτιες εγκαταστάσεις αποθήκευσης και επαναεριοποίησης L.N.G.. Συγκεκριμένα, η τσιμεντένια στηριζόμενη στην βαρύτητα κατασκευή (gravity-based structure GBS) είναι υπό κατασκευή στο Algeciras της Ισπανίας, από όπου θα μεταφερθεί με πλοία στην Βορειοανατολική Ιταλία. Περιλαμβάνει δύο μεγάλες δεξαμενές αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου και που στηρίζουν πάνω τους τον εξοπλισμό αεριοποίησης.





Πλεονεκτήματα του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Οικονομικά Οφέλη

Η υγροποιημένη μορφή του φυσικού αερίου μπορεί να δημιουργήσει μια σειρά από οικονομικά πλεονεκτήματα, που κυμαίνονται από την άμεση μείωση του κόστους μεταφοράς των καυσίμων σε εξειδικευμένες ενέργειες ανεφοδιασμού και εκσυγχρονισμένα πακέτα συντήρησης.

Λόγω της ευκολίας αποθήκευσης του, σε περιοχές όπου οι γεωλογικές συνθήκες δεν είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη υπόγειων εγκαταστάσεων αποθήκευσης φυσικού αερίου, το υγροποιημένο φυσικό αέριο έδωσε την ευκαιρία να αποθηκευτεί φυσικό αέριο. Το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε εγκαταστάσεις υψηλής τεχνολογίας, για χρήση κατά τις περιόδους της υψηλής ζήτησης. Το πλεονέκτημα αυτό δίνει νέα ώθηση στην χρήση του και οικονομική ευελιξία.

Το κόστος των οχημάτων φυσικού αερίου αναμένεται να συνεχίσει να μειώνεται λόγω της αύξησης της παραγωγής, την ωρίμανση της βιομηχανίας και την είσοδο των πρόσθετων λειτουργιών του προϊόντος, ιδίως σε σύγκριση με τα βαρέα πετρελαιοκίνητα επαγγελματικά οχήματα σχεδιασμένα για να ανταποκρίνονται στα ίδια δύσκολα πρότυπα. Η δυνητική εξοικονόμηση καυσίμου και μόνο, για μεγάλα φορτηγά θα πρέπει να είναι αρκετό για να ξεπληρώσει μια αρχική επένδυση.

Το φυσικό αέριο, σε μια ενεργειακά ισοδύναμη βάση, είναι και αναμένεται να παραμείνει σημαντικά λιγότερο δαπανηρό από το πετρέλαιο για το προβλέψιμο μέλλον.

Φορολογικά κίνητρα ήδη έχουν βοηθήσει να κάνουν τη μετάβαση στόλου από ντίζελ σε φυσικό αέριο, οικονομική πραγματικότητα για πολλές επιχειρήσεις και τα κίνητρα αυτά θα συνεχίσουν να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Μερικά από τις προαναφερθέντες εκπώσεις φόρου βοήθησαν στην αντιστάθμιση των τιμών αγοράς των οχημάτων φυσικού αερίου, τη μείωση κεφαλαιουχικών δαπανών για την κατασκευή νέων σταθμών ανεφοδιασμού με καύσιμα και ακόμη χαμηλότερο κόστος των καυσίμων για τον τελικό χρήστη.

Αυτά τα κίνητρα έτυχαν θετικής υποδοχής από στοιχεία σε όλη τη χώρα, και παραμένουν ώστε να δεσμεύσουν την νομοθεσία να τα υποστηρίξει.

Το φυσικό αέριο είναι σε μεγάλη ζήτηση κυρίως επειδή έχει μια καθαρή καύση, το ίδιο ενεργειακά αποδοτική με λιγότερο κόστος από το πετρέλαιο και τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Πολλές από τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε όλη τη χώρα βασίζονται στο φυσικό αέριο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το L.N.G. δίνει επίσης τη δυνατότητα στη χώρα να διαφοροποιήσει τις πηγές ενεργειακού εφοδιασμού και να την ενισχύσει την ενεργειακής μας ασφάλειας.

Το πραγματικό πλεονέκτημα είναι ότι το L.N.G. μας επιτρέπει την εισαγωγή φυσικού αερίου από άλλες χώρες σε όλο τον κόσμο. Αυτό διευρύνει αλλά και χτίζει νέες εμπορικές και οικονομικές συμφωνίες με αποτέλεσμα να βοηθά στην ανάπτυξη, αξιοπιστία και ευημερία της χώρας.



Περιβαλλοντικά οφέλη

Με λιγότερες εκπομπές από το πετρέλαιο, το υδροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο μεταφορών προσφέρει μια σειρά από περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

Η έρευνα από το U.S. DOE Alternative Fuels & Advanced Vehicles Data Center (AFDC) δείχνει ότι οχήματα φυσικού αερίου (NGVs) μειώνουν το διοξείδιο του άνθρακα για τα ελαφρά οχήματα με σχεδόν 30 τοις εκατό και για τα βαρέα οχήματα με περισσότερο από 20 τοις εκατό. Βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Το φυσικό αέριο θεωρείται ως η καθαρότερη καύση των ορυκτών

καυσίμων. Όταν χρησιμοποιείται σε σύγχρονους κινητήρες φορτηγών, το L.N.G. μπορεί να παράγει πολύ λιγότερο αριθμό σωματιδίων και οξειδίων του αζώτου από τις αντίστοιχες μηχανές ντίζελ.

Οι μελέτες που πραγματοποιούνται από το Εθνικό Εργαστήριο Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας και το Πανεπιστήμιο της Δυτικής Βιρτζίνια, σε συνδυασμό με το Alternative Fuel Truck Evaluation Project. Βρέθηκαν οι ακόλουθες μειώσεις των εκπομπών για βαρέου τύπου οχήματα φυσικού αερίου έναντι πετρελαιοκίνητων οχημάτων ιδίου τύπου: σωματίδια κατά 85 τοις εκατό και άνω, NOx κατά 80 τοις εκατό, μη-μεθανίου υδρογονάνθρακες κατά τουλάχιστον 59 τοις εκατό σε τέσσερις από τις πέντε μελέτες, και το μονοξείδιο του άνθρακα κατά τουλάχιστον 95 τοις εκατό.

Μια άλλη έρευνα ανέφερε στοιχεία που δείχνουν ότι βαρέου τύπου οχήματα φυσικού αερίου προβλέπουν μειώσεις των αερίων θερμοκηπίου που κυμαίνονται από 16 τοις εκατό έως 23 τοις εκατό σε σύγκριση με πετρελαιοκίνητα οχήματα, ανάλογα με τα καύσιμα και τη χρήση.

Σύμφωνα με μια πρόσφατη έκθεση για την αμερικανική Γερουσία η Επιτροπή Περιβάλλοντος και Δημοσίων Έργων, τονίζει ότι τα οχήματα φυσικού αερίου παράγουν 22 τοις εκατό λιγότερα αέρια του θερμοκηπίου από ό,τι τα συγκρίσιμα οχήματα ντίζελ και 29 τοις εκατό λιγότερο από βενζινοκίνητα οχήματα.

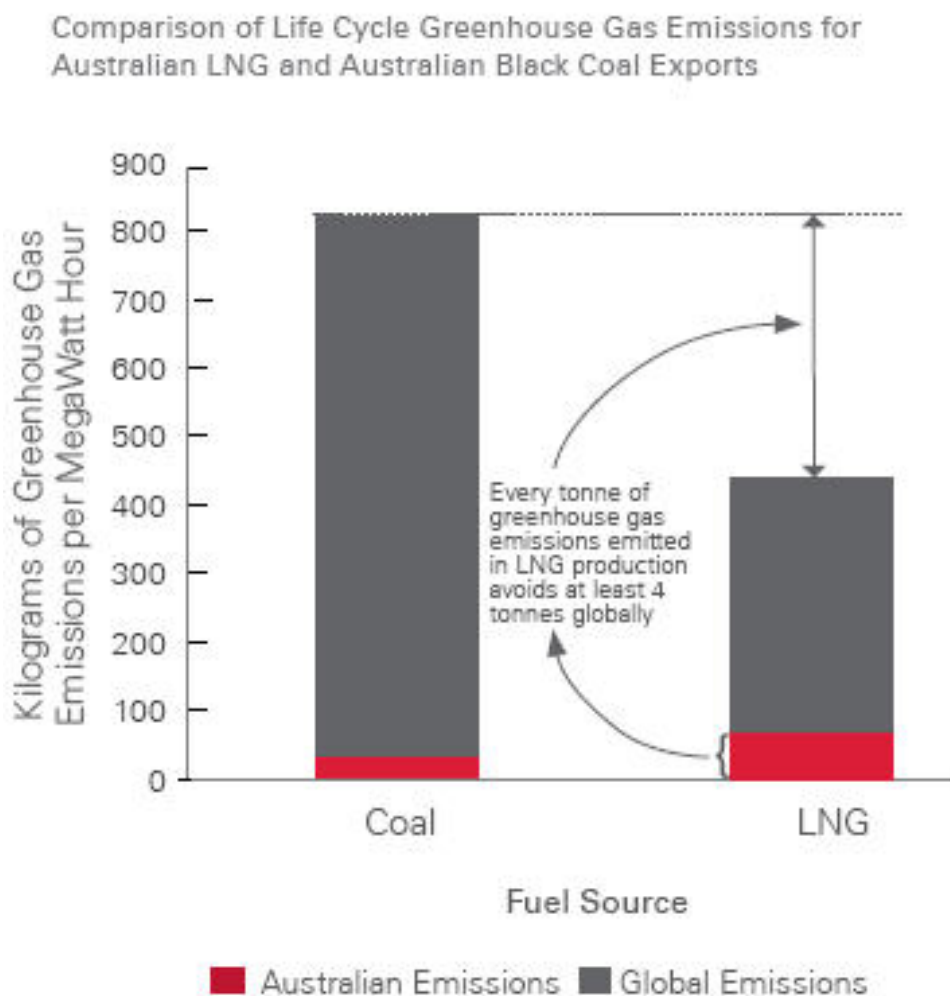
Οι κινητήρες φυσικού αερίου, επίσης, έχει βρεθεί ότι μειώνει σημαντικά την ηχορύπανση σε σύγκριση με τους ντίζελ ομολόγους τους. Ένας κινητήρας ντίζελ βαρέου οχήματος ηχεί πιο δυνατά από 10 κινητήρες φυσικού αερίου στο ρελαντί, ενώ ένας κινητήρας ντίζελ όταν λειτουργεί σε μέγιστη ροπή φτάνει μια βαθμίδα ντεσιμπέλ υψηλότερα από πέντε κινητήρες φυσικού αερίου που λειτουργούν ταυτόχρονα.

Ο πρότυπος υδρογονάνθρακας ντίζελ έχει μοριακή σύνθεση C₁₄H₃₀. Συγκριτικά, το φυσικό αέριο κατά κύριο λόγο αποτελείται από CH₄, δίνοντας την υψηλότερη αναλογία του υδρογόνου προς τον άνθρακα μεταξύ όλων των υδρογονανθράκων. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η εκπομπή πολύ λιγότερου διοξειδίου του άνθρακα κατά τη χρήση φυσικού αερίου.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριου είναι ένα καύσιμο ασφαλές, φιλικό προς το περιβάλλον. Μετατρέπεται σε φυσικό αέριο, που παράγει σχετικά χαμηλές εκπομπές κατά την καύση του για τη θέρμανση κατοικιών, παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και καύσιμο οχημάτων.

Το 2009, το CLng(Center of L.N.G.) ανέθεσε τη σύνταξη μιας έκθεσης που εκτελέστηκε από την Pace Global Energy Services συνέκρινε τις συνολικές εκπομπές αερίων του κύκλου ζωής του υγροποιημένου φυσικού αερίου την παραγωγή, επεξεργασία και μεταφορά, με εκείνες του άνθρακα. Η μελέτη δείχνει ότι οι ήδη υφιστάμενες εγχώριες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα παράγουν 2,5 φορές περισσότερες εκπομπές από ό, τι το L.N.G..

(<http://www.lngfacts.org/LNG-Research/default.asp>,
<http://www.southeastlng.com/about-LNG.shtml>)



Κίνδυνοι από το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την ασφάλεια των τερματικών σταθμών L.N.G. είναι σε συζήτηση για πολλές δεκαετίες. Το ατύχημα στο Κληβελαντ το 1944, μία από τις πρώτες εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου στο οποίο σκοτώθηκαν 128 άτομα που δημιούργησε φόβους για τους κινδύνους του L.N.G. που εξακολουθούν να υπάρχουν και σήμερα. Βελτιώσεις στην τεχνολογία και πρότυπα ασφαλείας από το 1940 έχουν κάνει ασφαλέστερες τις εγκαταστάσεις, παρολα αυτά σοβαροί κίνδυνοι παραμένουν, γιατί το L.N.G. είναι εγγενώς ασταθής και συνήθως μεταφέρεται και αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες. Τον Ιανουάριο του 2004, το ατύχημα σε τερματικό στην Skikda της Αλγερίας όπου σκοτώθηκαν 27 άτομα και τραυματίστηκαν πάνω από 100 εργαζόμενοι έχουν φέρει στην επικαιρότητα τις ανησυχίες για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων.

Ανησυχίες για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων αποθήκευσης και τερματικών λιμενικών σταθμών έχουν δημιουργήσει εκτεταμένη αντιπαράθεση σε περιοχές όπου σχεδιάζεται η κατασκευή τέτοιων εγκαταστάσεων. Για παράδειγμα, στην ακτή του Maine, Long Island Sound ο σχεδιασμός τερματικού σταθμού (γνωστός σαν Broadwater Energy) έχει ξεσηκώσει τις τοπικές κοινωνίες και πολλοί πολιτικοί ανάμεσα τους και η Χίλαρι Κλίντον έχουν εκφράσει δημόσια την έντονη αντίθεσή τους).

Ένας τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου ορίζεται από τη Ε.Ε. νομοθεσία (οδηγία 96/82/EK) σαν μια από τις τα πιο επικίνδυνες εγκαταστάσεις - μια εγκατάσταση Seveso II. Η οδηγία 96/82/EK ονομάζεται *οδηγία Σεβέζο II*, (και η *οδηγία 82/501/ΕΟΚ οδηγία Σεβέζο I*) αφορά την πρόληψη και καταστολή Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης Έκτασης. Πήρε το όνομα της από το γνωστό ατύχημα διαρροής χημικών (διοξίνης) στο Σεβέζο της Ιταλίας το 1976.

Φυσικοί κίνδυνοι του L.N.G.

Γενικά οι κίνδυνοι περιλαμβάνουν αναφλεξιμότητα, κατάψυξη και ασφυξία. Το φυσικό αέριο είναι εύφλεκτο, και η ανεξέλεγκτη απελευθέρωση υγροποιημένου φυσικού αερίου δημιουργεί κινδύνους "πυρκαγιάς λίμνης" ή σε περιορισμένους χώρους κινδύνους έκρηξης.



"Πυρκαγιά Λίμνης" από L.N.G. σε μικρής κλίμακας (πείραμα)

«Πυρκαγιές λίμνης» (fire pools). Μολονότι εξακολουθούν να εκφράζονται διαφωνίες για συγκεκριμένους κινδύνους, φαίνεται να υπάρχει ομοφωνία για τις «πυρκαγιές λίμνης» (fire pools) ότι είναι από τους σοβαρότερους κινδύνους από το L.N.G.. Μια «πυρκαγιά λίμνης» είναι μια φωτιά στροβιλώδους διάδοσης που καίει πάνω από μια οριζόντια «λίμνη» εξατμιζόμενου καυσίμου, όπου το καύσιμο έχει μηδενική ή χαμηλή αρχική ορμή. Η «πυρκαγιά λίμνης» μπορεί να είναι στατική (π.χ. όταν η «λίμνη» καύσιμου είναι περιορισμένη) ή μια "ταχέως εξαπλούμενη" πυρκαγιά.

Αν το L.N.G. διαρρεύσει κοντά σε μια πηγή ανάφλεξης, οι ατμοί του που δημιουργούνται από την εξάτμιση (σε μια εύφλεκτη συγκέντρωση με τον αέρα, 5% μέχρι 15%) θα καούν πάνω από την κηλίδα του υγρού L.N.G.. Η προκύπτουσα "πυρκαγιά λίμνης" θα εξαπλωθεί όπως εξαπλώνεται η κηλίδα ΥΦΑ μακριά από την πηγή διαρροής και το ΥΦΑ θα συνεχίσει να εξατμίζεται σε ατμούς. Μια τέτοια «πυρκαγιά λίμνης» είναι πολύ έντονη, η καύση της είναι πολύ γρήγορη και αναπτύσσει πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι οι

φωτιές πετρελαίου ή βενζίνης. Μια τέτοια πυρκαγιά δεν μπορεί να κατασβησθεί. Θα πρέπει να αναλωθεί πρώτα όλο το L.N.G. για να σβήσει. Δεδομένου ότι η «πυρκαγιά λίμνης» αναπτύσσει πολύ ψηλές θερμοκρασίες σε γρήγορο χρόνο, η θερμική ακτινοβολία μπορεί να τραυματίσει ανθρώπους και κάνει ζημιά σε ιδιοκτησίες που βρίσκονται σε σημαντική απόσταση από την «πυρκαγιά λίμνης». Πολλοί ειδικοί συμφωνούν ότι η πυρκαγιά λίμνης από L.N.G., ειδικά πάνω σε νερό, είναι ο πιο σοβαρός κίνδυνος.

Διασπορά, ανάφλεξη και έκρηξη ατμών L.N.G.. Το L.N.G. αν διαρρεύσει αεριοποιείται γρήγορα και δημιουργεί ένα νέφος ψυχρών ατμών φυσικού αερίου. Ο όγκος του αυξάνει 600 φορές και αναμειγνύόμενο με τον αέρα, ψύχει τον αέρα και σχηματίζει ένα κρύο λευκό σύννεφο ατμών που επειδή είναι μεγαλύτερο σε πυκνότητα από τον αέρα δεν διαλύεται. Το σύννεφο αυτό μπορεί να ταξιδέψει με τον άνεμο σε σημαντικές αποστάσεις, μέχρις ότου να συναντήσει μία πηγή ανάφλεξης ή να διαλυθεί όταν αυξηθεί αρκετά η θερμοκρασία των ατμών. Το φυσικό αέριο όταν είναι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (όπως το αέριο αγωγού) είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα όπου και διαλύεται γρήγορα σε περίπτωση διαρροής. Ωστόσο, λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας του, ψύχει τον αέρα, καθώς αεριοποιείται και αναμειγνύεται με τον αέρα. Το κρύο νέφος ατμών που δημιουργείται παραμένει πυκνότερο από τον αέρα και (δεν διαλύεται αλλά) μετακινείται προς την κατεύθυνση του ανέμου. Εάν το κρύο νέφος του αεριοποιημένου L.N.G. εισέρθει σε ένα κλειστό χώρο (π.χ. ένα δωμάτιο ή κτήριο) και αναφλεχθεί και θα εκραγεί. Στην καταστροφή του Κλήβελαντ, το L.N.G. διέρρευσε από ένα ρήγμα σε δεξαμενή στο σύστημα αποχέτευσης, όπου αεριοποιήθηκε και εξερράγη. Στη συνέχεια το νέφος ατμών μπήκε σε κτίρια και σπίτια όπου με την ανάφλεξη εξερράγη, εκτός του ότι δημιούργησε μια μεγάλη πυρκαγιά στην περιοχή διαρροής του.

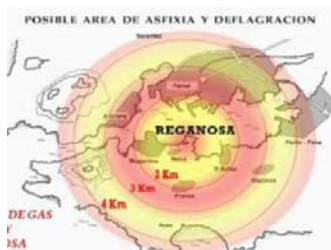
Αν η ανάφλεξη των ατμών γίνει κοντά στη πηγή της διαρροής, το θερμικό φορτίο από την ανάφλεξη μπορεί να μην είναι διαφορετικό σημαντικά από μια «πυρκαγιά λίμνης» (fire pool), επειδή η ανάφλεξη του σύννεφου ατμών ΥΦΑ θα μπορούσε πιθανότατα να καεί προς τα πίσω μέχρι την πηγή της διαρροής

του L.N.G. (γνωστή και σαν flash fire ή cloud fire) και να μετατραπεί σε «πυρκαγιά λίμνης» (fire pool). Αν το σύννεφο αναφλεχθεί σε σημαντική απόσταση από την διαρροή, οι θερμική ζώνη επικινδυνότητας μπορεί να επεκταθεί σημαντικά. Η θερμική ακτινοβολία που προέρχεται από την ανάφλεξη ενός σύννεφου ατμών μπορεί να είναι πολύ υψηλή, μέσα στο αναφλεγόμενο σύννεφο, και κατά συνέπεια, ιδιαίτερα επικίνδυνα για τους ανθρώπους.

Εάν υπάρξει κάποιος περιορισμός στο σύννεφο ατμού, το μεθάνιο μπορεί να προκαλέσει τέτοιες καταστρεπτικές υπερπιέσεις που θα οδηγήσουν σε έκρηξη. Αυτός ο περιορισμός μπορεί να παρασχεθεί σε περιοχές γεμάτες με εξοπλισμό και κατασκευές μπορούν επίσης να διευκολύνουν τις καταστρεπτικές υπερπιέσεις εάν ένα σύννεφο ατμού αναφλεγεί μέσα σε αυτές. Παραδείγματος χάριν εάν ένα σύννεφο ατμού L.N.G. διεισδύσει σε εγκαταστάσεις χημικών διαδικασιών σε μια περιοχή με διάφορα σκάφη, κατασκευές, και σωληνώσεις και το σύννεφο αναφλεγεί, το τμήμα του σύννεφου μέσα σε εκείνη την περιοχή μπορεί να παραγάγει τις καταστρεπτικές υπερπιέσεις.

Αποστάσεις Αποκλεισμού

Πειραματικά δεδομένα και αναλυτικές εκτιμήσεις για εξάπλωση ατμών ΥΦΑ δείχνουν ότι ένα μεγάλο νέφος ατμών μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλες αποστάσεις, ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και την μορφολογία του εδάφους.



Με βάση τα παραπάνω υπάρχουν δύο είδη ζωνών ασφαλείας γύρω από τον τερματικό σταθμό και την εγκατάσταση L.N.G.:

1) Η θερμική ζώνη ασφαλείας ή αποκλεισμού που επεκτείνεται σε μια απόσταση όπου η θερμική ακτινοβολία από πιθανή φωτιά στην εγκατάσταση μειώνεται σε κάτω από 1.600 BTU/hr/ft². Αυτό είναι το όριο όπου η φωτιά είναι επικίνδυνη για άτομα που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους μετά από 30 δευτερόλεπτα έκθεσης.

2) Η ζώνη ασφαλείας για το νέφος ατμών L.N.G. που είναι η μέγιστη απόσταση που το νέφος ατμών μπορεί να ταξιδέψει και να εξακολουθεί να παραμένει εύφλεκτο. Άνθρωποι και περιουσίες στη ζώνη αυτή θα καούν εάν το νέφος ατμών L.N.G. αναφλεχθεί.

Και οι δύο αυτές ζώνες ασφαλείας είναι σημαντικές. Το νέφος ατμών μπορεί να σκοτώσει εκείνους που εκτίθεντα στο νέφος σε περίπτωση που αναφλεχθεί και υπάρχουν πολλές διαθέσιμες πηγές ανάφλεξης στις κατοικήσιμες περιοχές. Μια φωτιά θα κάψει εκείνους που εκτίθενται σε θερμική ακτινοβολία σε επίπεδα υψηλότερα από 1.600 BTU / hr/ft².

Για τον προσδιορισμό της ζώνης αποκλεισμού (ασφαλείας), κανονισμοί καθορίζουν ότι η περιοχή κίνδυνου από το νέφος ατμών L.N.G. θεωρείται η περιοχή όπου η μέση συγκέντρωση φυσικού αερίου στον αέρα είναι ίση προς ή μεγαλύτερη από το 2,5 % .

Να σημειώσουμε ότι η έκταση μέσα και στις δυο ζώνες ασφαλείας (θερμική και διασποράς ατμών ΥΦΑ) σύμφωνα με την Αμερικανική νομοθεσία θα πρέπει να ανήκει ή ελέγχεται από φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης ΥΦΑ.

Μελέτη του Δρ Jerry Havens που έγινε από το Public Utilities Commission of the State of California για την Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι άτομα που ζουν σε ακτίνα 3 μιλίων (5 χιλιομέτρων) από ένα τερματικό σταθμό βρίσκονται σε κίνδυνο. Η μελέτη του καταλήγει στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να υπάρχει μια ζώνη ασφάλειας τουλάχιστον 5 χιλιομέτρων μεταξύ ενός τερματικού σταθμού υγροποιημένου φυσικού αερίου και μιας κατοικημένης περιοχής

Έκθεση της IoMosaic Corporation διαπίστωσε ότι η μέγιστη επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας από πυρκαγιά σε ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς L.N.G. χωρητικότητας 200.000 κυβικών μέτρων θα οδηγήσει σε 50% απώλειες ζωής αυτών που ζουν σε απόσταση 3,7 χιλιόμετρα από την πηγή της πυρκαγιάς.

Να σημειώσουμε ότι σύμφωνα με την νομοθεσία σε πολλές χώρες και στις δυο ζώνες ασφαλείας οι αποστάσεις καθορίζονται κατά περίπτωση με υπολογιστικά μοντέλα που παίρνουν υπόψη τους της κατά τόπου συνθήκες (ταχύτητα του ανέμου, την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία, μορφολογία κλπ).

Για παράδειγμα, ο κ. Μπαλαούρας υπολόγισε ότι για τον τερματικό σταθμό L.N.G. της Ρεβυθούσας οι ατμοί ΥΦΑ είναι επικίνδυνοι σε μια ακτίνα **4.833 μετρων** από το τερματικό σταθμό για μια διαρροή 14,300 κυβικών μέτρων L.N.G..

Μια μελέτη από την Shannon L.N.G. για ένα τερματικό σταθμό στη Ιρλανδία βρήκε ότι οι ατμοί μπορούν να ταξιδέψουν 12.4 χλμ πριν αναφλεχθούν. Έκθεση από τα Sandia National Laboratories το 2006 υπολόγισε ότι οι ατμοί L.N.G. είναι εύφλεκτοι μέχρι 11.7 χλμ από την εγκατάσταση στο Cabrillo

Οι ζώνες ασφάλειας διαφέρουν για τα πλοία εν πλω και τα πλοία στο λιμάνι. Οι ζώνες ασφαλείας των λιμένων καθορίζονται από τις λιμενικές αρχές με βάση τον ειδικό παράγοντες κινδύνου σε ένα δεδομένο τερματικό. Υπάρχουν δύο σκοποί για τις ζώνες ασφαλείας για πλοία L.N.G.:

1) να ελαχιστοποιηθεί η πιθανότητα σύγκρουσης όταν το πλοίο είναι εν πλω

2) κατά τον ελλιμενισμό, να προστατεύσει ιδιοκτησίες και το προσωπικό από τους κινδύνους που θα μπορούσαν να συνδέονται με μια ανάφλεξη. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι τερματικοί σταθμοί υγροποιημένου φυσικού αερίου, είναι ειδικά κατασκευασμένοι λιμένες που χρησιμοποιούνται

αποκλειστικά και μόνο για την εκφόρτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου (όχι άλλες χρήσεις), όπως στην Ρεβυθούσα.

Το **SIGTTO** (The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd) στις εκθέσεις του "Site Selection" και "L.N.G. Operations in Port Areas: Essential best practices for the industry", συμβουλεύει, ότι είναι καλή πρακτική να θεσπιστεί ένα είδος ζώνης αποκλεισμού γύρω από τα διερχόμενα δεξαμενόπλοια L.N.G.. *"Σε περίπτωση που η κίνηση πλοίων είναι προς στην κατεύθυνση του δεξαμενόπλοιου η ζώνη αυτή μπορεί να εκτείνεται περίπου 1 έως 2 μίλια πριν από το δεξαμενόπλοιο L.N.G.. Μια απόσταση που καθορίζεται από την απόσταση που απαιτείται για να σταματήσει με ασφάλεια ένα δεξαμενόπλοιο L.N.G.. Κίνηση που ακολουθεί το δεξαμενόπλοιο θα πρέπει να αποκλειστεί σε ανάλογη απόσταση, επιτρέποντας περιθώρια για το δεξαμενόπλοιο να επιβραδύνει και να κάνει ελιγμούς χωρίς αυτό να παρεμποδίζεται από την προσέγγιση πλοίων. Σε γενικές γραμμές, η κίνηση πλοίων δεν θα πρέπει να είναι κοντύτερα από 1,5 μίλια μπροστά ή 0,5 μίλια πίσω από το δεξαμενόπλοιο L.N.G. »*(σελίδα 15).

Το SIGTTO επίσης με σαφήνεια καθορίζει τα κριτήρια που πρέπει να ακολουθηθούν για τη "επιλογή του χώρου και του σχεδιασμού για προβλήτες και λιμένες L.N.G. ». Αυτά περιλαμβάνουν (σελίδα 12):

- Βρείτε μια θέση κατάλληλη μακριά από πληθυσμιακά κέντρα
- Βρέστε μια ασφαλή θέση, μακριά από άλλη κίνηση πλοίων και

Κριτήρια τραυματισμών εγκαυμάτων από την Federal Emergency Management Agency (FEMA, 1990).

Ένταση θερμικής ακτινοβολίας		Χρόνος για δριμύτατο πόνο	Χρόνος για 2 ^{ου} βαθμού εγκαυματα
BTU/hr/ft ²	KW/m ²	sec	sec
300	1	115	663
600	2	45	187
1000	3	27	92
1300	4	18	57
1600	5	13	40
1900	6	11	30
2500	8	7	20
3200	10	5	14
3800	12	4	11

κυματισμό. Για ένα "δεξαμενόπλοιο L.N.G. χωρητικότητας 135.000 κυβικών μέτρων, κύματα που ενδέχεται να έχουν δυσμενή αποτελέσματα είναι εκείνα που προσεγγίζουν άμεσα από μπροστά ή από πίσω, και έχουν ύψος πάνω από 1,5 μέτρο για περιόδους μεγαλύτερες των 9 δευτερόλεπτων" (σελίδα 7).

Όρια έκθεσης που συστήνει η API (1997) για την έκθεση εργαζομένων στη θερμική ακτινοβολία από τις φλόγες.

Ένταση θερμικής ακτινοβολίας		Τύπος βλάβης
BTU/hr/ft ²	KW/m ²	
500	1.6	Επιτρεπτό επίπεδο σε οποιαδήποτε θέση όπου το προσωπικό εκτίθεται συνεχώς.
1500	4.7	Επιτρεπτό επίπεδο στις περιοχές όπου οι ενέργειες έκτακτης ανάγκης που διαρκούν αρκετά λεπτά μπορούν να απαιτηθούν από το προσωπικό χωρίς προστατευτικό κάλυμμα αλλά με τον κατάλληλο ρουχισμό.
2000	6.3	Επιτρεπτό επίπεδο στις περιοχές όπου οι ενέργειες έκτακτης ανάγκης που διαρκούν μέχρι 1 λεπτό μπορούν να απαιτηθούν από το προσωπικό χωρίς προστατευτικό κάλυμμα αλλά με τον κατάλληλο ρουχισμό.
3000	9.5	Επιτρεπτό επίπεδο στις περιοχές όπου η έκθεση στο προσωπικό περιορίζεται σε μερικά δευτερόλεπτα, ικανοποιητικά για τη διαφυγή μόνο.

Κρυογενικά "εγκαύματα" - Άμεση Κατάψυξη . Το L.N.G. επίσης εγκυμονεί κινδύνους, διότι είναι ακραία κρύο (-161ο C). Άμεση επαφή με υγροποιημένο φυσικό αέριο θα προκαλέσει άμεση κατάψυξη εγκαταστάσεων και ατόμων. Ευρεία έκθεση μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημία και θάνατο. Συστήματα δευτερεύοντων προστατευτικών περιβλημάτων γύρω από τις δεξαμενές αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι σχεδιασμένα για να συγκρατούν το περιεχόμενο των δεξαμενών, και σε επικίνδυνες περιοχές, προσωπικό φορά προστατευτικό ιματισμό.

Ασφυξία. Σε μία μεγάλης κλίμακας απελευθέρωση ΥΦΑ, αυτό θα αρχίσει να εξατμίζεται και οι ατμοί του να εκτοπίζουν τον αναπνεύσιμο αέρα. Εάν το ήδη εξατμισμένο ΥΦΑ δεν αναφλεγεί, και η συγκέντρωση του αερίου στον αέρα είναι αρκετά υψηλή, τότε αυτό είναι ικανό να δημιουργήσει ασφυξία .

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά συμπτώματα έλλειψης O₂.

%O ₂ στο επίπεδο της θάλασσας	Τοπική πίεση O ₂ (mmHg)	Φυσιολογικά συμπτώματα
20.9	159	Φυσιολογικά
19	144	Αντίξοα αλλά ασήμαντα.
16	121	Μείωση αντανάκλαστικών.
14	106	Μη φυσιολογική κόπωση, συναισθηματικά ταραγμένοι, ελαττωματικά αντανάκλαστικά, μειωμένη κρίση.
12.5	95	Πολύ φτωχή κριτική ικανότητα και μηδενικά αντανάκλαστικά. Εξασθενημένη αναπνοή που ενδέχεται να προκαλέσει μόνιμο πρόβλημα στην καρδιά. Ναυτία, εμετός.
<10	<76	Αδυναμία στην οποιαδήποτε κίνηση, απώλεια των αισθήσεων. Σπασμοί, θάνατος.

Οποιαδήποτε μείωση στην συγκέντρωση του οξυγόνου έχει κάποιο ρίσκο όσο αναφορά τον πληθυσμό λόγω της αυξημένης ευαισθησίας τους (πνευμονικές, καρδιακές παθήσεις). Πάντως αναφορές έχουν δείξει ότι το ποσοστό μόνιμων τραυματισμών είναι πολύ μικρό σε ανθρώπους με καλή φυσική κατάσταση και σε συνθήκες με συγκέντρωση οξυγόνου πάνω από 12.5% στο επίπεδο της θάλασσας. Για συγκέντρωση πάνω από 14% η συχνότητα των τραυματισμών (μόνιμων) είναι ακόμα μικρότερη.

Άλλοι κίνδυνοι

Κίνδυνος «ανατροπής» (Rollover) ΥΦΑ. Όταν ποσότητες ΥΦΑ διαφορετικών πυκνοτήτων αποθηκεύονται σε μια δεξαμενή δεν αναμιγνύονται αμέσως. Αντίθετα, εναποτίθενται κατά ασταθή στρώματα μέσα στην δεξαμενή. Όταν αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες το ΥΦΑ στρωματοποιείται σε στρώματα διαφορετικών πυκνοτήτων. Μετά από ένα χρονικό διάστημα, αυτά τα στρώματα μπορεί αυθόρμητα «αναποδογυριστούν» (Rollover). Για παράδειγμα, εάν τα κάτω στρώματα θερμανθούν με την φυσική θερμότητα, θα γίνει ελαφρύτερο από ανώτερα στρώματα. Η «ανατροπή υγρών» που προκύπτει (δηλ. τα κάτω στρώματα ΥΦΑ πάνε πάνω) στο περιεχόμενο της δεξαμενής μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική εξάτμιση του πάνω από την ικανότητα των συσκευών εκτόνωσης της πίεσης. Σε κάποιο σημείο, η υπερβολική πίεση μπορεί να οδηγήσει σε

ρωγμές ή δομικά προβλήματα στη δεξαμενή. Για την αντιμετώπιση αυτού, οι δεξαμενές ΥΦΑ έχουν συστήματα προστασίας για τη «ανατροπή» τα οποία περιλαμβάνουν ανιχνευτές θερμοκρασίας και συστήματα ανάμειξης.

Απότομη μετάβαση φάσης (Rapid Phase Transition, RPT). Όταν απελευθερωθεί σε νερό, το ΥΦΑ επιπλέει γιατί έχει χαμηλότερη πυκνότητα από το νερό και εξατμίζεται. Αν μεγάλες ποσότητες ΥΦΑ απελευθερωθούν στο νερό, μπορεί να εξατμιστούν πολύ γρήγορα προκαλώντας «απότομη μετάβαση φάσης» (Rapid Phase Transition, RPT). Η θερμοκρασία του νερού και η παρουσία των ουσιών εκτός από το μεθάνιο, επίσης, επηρεάζουν την πιθανότητα μιας απότομη μετάβασης φάσης (RPT). Μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια αυτής της ταχείας μετάβασης μεταξύ των φάσεων (από υγρό σε αέριο) και μπορεί να γίνει φυσική έκρηξη (έκρηξη χωρίς φλόγα). Αν και δεν υπάρχει καύση, αυτή η φυσική έκρηξη μπορεί να είναι επικίνδυνη για άτομα και τα κοντινά κτίρια και εγκαταστάσεις. Αποτελεί κίνδυνο ιδιαίτερα σημαντικό για δεξαμενόπλοια ΥΦΑ και ελέγχεται με τη χρήση διπλού κύτους. Κάποιες μελέτες στο Idaho National Engineering στο δείχνουν ότι αυτές οι μεταβάσεις δεν είναι βίαιες και μπορούν να προκαλέσουν μόνο ελαφρές ζημιές.

Κίνδυνοι τρομοκρατίας και σεισμοί. Τα δεξαμενόπλοια και χερσαίες εγκαταστάσεις θα μπορούσαν να είναι ευάλωτα σε τρομοκρατικές επιθέσεις. Σύμφωνα με τον Skolnik τα δεξαμενόπλοια μπορεί να δεχτούν επίθεση με ποικίλους τρόπους για καταστροφή του φορτίου τους – κατάληψη τους από τρομοκράτες και χρήση τους σαν όπλα κατά των παράκτιων στόχων. Οι τερματικοί σταθμοί υγροποιημένου φυσικού αερίου θα μπορούσαν επίσης να δεχτούν φυσική επίθεση με εκρηκτικά ή με άλλα μέσα. Ορισμένες εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου μπορεί επίσης να διαταραχθούν έμμεσα από διαδικτυακές επιθέσεις "cyberattacks" ή επιθέσεις στα περιφερειακά δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας και τα δίκτυα επικοινωνιών που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τα συστήματα έλεγχου και ασφάλειας της εγκατάστασης ΥΦΑ.

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του L.N.G.

Οι **περιβαλλοντικές ζημιές** που σχετίζονται με τη διαρροή L.N.G. περιορίζονται στη φωτιά και τις επιπτώσεις κατάψυξης κοντά στη κηλίδα, τελικά το ΥΦΑ διαλύεται εντελώς και δεν αφήνει υπολείμματα. Φυσικά, κοντά σε δασικές εκτάσεις υπάρχει κίνδυνος περιβαλλοντικής καταστροφής από δασικές πυρκαγιές.

Για την μετατροπή του υγροποιημένου φυσικού αερίου πάλι σε αέρια μορφή χρησιμοποιούνται τεράστιες ποσότητες θαλασσινού νερού ως πηγή θερμότητας. Συνήθως για την πρόληψη οργανικών εναποθέσεων εντός του συστήματος, το υποχλωριώδες νάτριο (χλωρίνη) προστίθεται στο θαλασσινό νερό σε συνεχή βάση. Το νερό που απορρίπτεται στην θάλασσα είναι πιο ψυχρό από το κανονικό θαλασσινό νερό. Η απορρόφηση και η μετέπειτα απόρριψη τεράστιου όγκου του θαλασσινού νερού σε ημερήσια βάση, επηρεάζει τη θαλάσσια ζωή θανατώνοντας το απορροφούμενο ιχθυοπλαγκτόν. Επιπλέον, η απόρριψη των ψυγμένου και του χημικά επεξεργασμένου θαλασσινού νερού μπορούν να επηρεάσουν τη θαλάσσια ζωή και την ποιότητα των υδάτων.

Τα σημαντικότερα ατυχήματα L.N.G.

1944, Cleveland, Ohio. Δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου κατασκευασμένη από χάλυβα χαμηλό σε νικέλιο υποστεί χαμηλή θερμοκρασία ψαθυρή θραύση και το περιεχόμενό της διέφυγε στους δρόμους και το αποχετευτικό σύστημα. Από την έκρηξη και πυρκαγιά σκοτώθηκαν 128 άνθρωποι.



Ατύχημα L.N.G. στο Κλήβελαντ το 1944

1964, Arzew, Αλγερία. Κατά τη διάρκεια εργασιών φόρτωσης, κεραυνός έπληξε το σύστημα εξαερισμού L.N.G. δεξαμενόπλοιου Methane Progress και οδήγησε σε ανάφλεξη των ατμών. Μια παρόμοια περίπτωση που συνέβη στις αρχές του 1965, ενώ το σκάφος βρισκόταν στη θάλασσα αμέσως μετά την έξοδο από το Arzew. Και στις δύο περιπτώσεις, η φλόγα σβήστηκε γρήγορα

1965, Jules Verne Spill, Arzew, Αλγερία. Διαρροή L.N.G. από υπερχειλίση μιας δεξαμενής είχε ως αποτέλεσμα τη θραύση του βανιζέ της δεξαμενής και των παρακείμενων στο κατάντρομα βανιζέ

1971, Esso Brega δεξαμενόπλοιο L.N.G.. Η πρώτη τεκμηριωμένη περίπτωση «ανατροπής» L.N.G. (Rollover) . Μια δεξαμενή αποθήκευσης ανέπτυξε μια ξαφνική αύξηση της πίεσης. Ατμοί L.N.G. ξέφυγαν από τις βαλβίδες ασφαλείας δεξαμενών και τις οπές αερισμού. Η οροφή της δεξαμενής υποστεί ελαφρά βλάβη

1972, Ανατολικό Μόντρεαλ, Καναδάς. Κατά τη διάρκεια της απόψυξης των δραστηριοτήτων σε μια εγκατάσταση L.N.G. υπερσυμπίεση του συμπιεστή προκάλεσε είσοδο του φυσικό αέριο στο κεντρο έλεγχου, ακολουθούμενη από την έκρηξη, όταν ένας εργαζόμενος άναψε τσιγάρο.

1973, Staten Island, ΗΠΑ. Πυρκαγιά ξέσπασε σε εκτός λειτουργίας δεξαμενή L.N.G. που επισκευαζόταν. 40 εργαζόμενοι μέσα στη δεξαμενή σκοτώθηκαν. Υγροποιημένο φυσικό αέριο, το οποίο είχε διαρρεύσει κατά τη διάρκεια προηγούμενων εκφορτώσεων, είχε συσσωρευτεί στο έδαφος, κάτω και γύρω από τσιμεντένιο τοίχωμα της δεξαμενής.

1973, Canvey Island, Ηνωμένο Βασίλειο. Μια μικρή ποσότητα L.N.G. ήταν διέρρευσε σε νερά βροχής προκάλεσε έκρηξη των ατμών χωρίς φλόγες που είναι γνωστή ως «απότομη μετάβαση φάσης».

1977, Arzew, Αλγερία. Βλάβη σε βαλβίδα αλουμινίου από τις κρυογονικές θερμοκρασίες απελευθέρωσε L.N.G., που οι ατμοί δεν αναφλέχθηκαν. Ένας εργαζόμενος καταψύχθηκε και απεβίωσε .

1979, Cove Point, Maryland ΗΠΑ. Διαρροή L.N.G. από αντλία σε ηλεκτρικό υποσταθμό, με αποτέλεσμα έκρηξη που σκότωσε ένα εργαζόμενο και τραυματίστηκε σοβαρά άλλο. Έγιναν 3 εκατ. δολάρια ζημιές.

1983, Bontang, Ινδονησία. Ένα ρήγμα σε εγκατάσταση L.N.G. ως αποτέλεσμα της υπερπίεσης σε εναλλακτική θερμότητας από μια κλειστή βαλβίδα

2004, Skikda, Αλγερία. Ένας ατμολέβητας που ήταν μέρος μιας εγκατάστασης L.N.G. εξερράγη, προκαλώντας μια δεύτερη, πιο μαζική έκρηξη νέφους ατμών και πυρκαγιά. 27 άτομα σκοτώθηκαν και 74 τραυματίστηκαν σοβαρά.

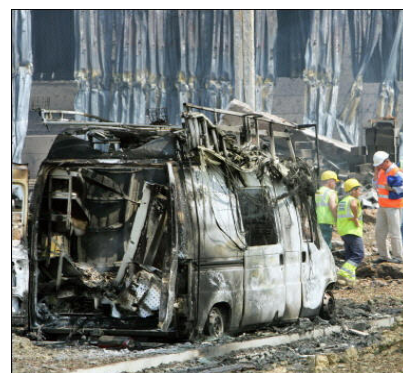


Ατύχημα L.N.G. στην Skikda Αλγερίας, 2004

2004, Ghislenghien Βέλγιο. Αγωγός που μετέφερε αέριο από ένα τερματικό σταθμό L.N.G. στο Zeebrugge εξερράγη και σκότωσε 23 άτομα και τραυμάτισε σοβαρά 50.

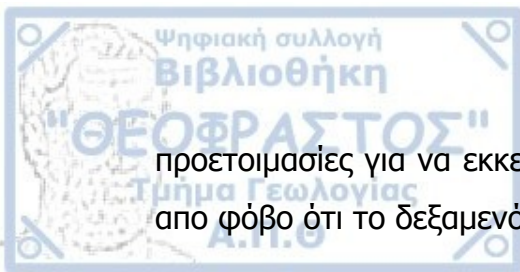


Ghislenghien Βέλγιο 2004



2004, Τρινιντάντ & Τομπάγκο. Τον Ιούνιο του 2004, οι εργαζόμενοι είχαν εκκενωθεί πριν από έκρηξη σε αεριοστρόβιλο σε εγκατάσταση L.N.G..

2004, Νορβηγία. Ένα δεξαμενόπλοιο L.N.G. με πλήρες φορτίο και πλήρωμα 14 κλυδωνίζεται δυτικά του Fedje, στη δυτική ακτή της Νορβηγίας, βόρεια του Μπέργκεν. Το πλοίο είχε σταματήσει τις μηχανές, και οι άγκυρες ήταν άχρηστες; στο θυελλώδη καιρό. Ρυμουκκά πλοία μπόρεσαν να ρυμουκκήσουν το δεξαμενόπλοιο μόλις 30 μέτρα πριν χτυπήσει σε βράχους. Είχαν γίνει



προετοιμασίες για να εκκενώσουν τα 800 άτομα που ζουν στο νησί της Fedje απο φόβο ότι το δεξαμενόπλοιο θα εκρήγνυτο αν προσάραζε

2005, Νιγηρία. Υπόγειος αγωγός ΥΦΑ εξερράγη και η πυρκαγιά που προκάλεσε εκτιμάτε ότι έκαψε 27 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Έντεκα άτομα αγνοούνται και η υδρόβια ζωή καταστράφηκε ολοσχερώς στην ψαράδικη κοινότητα Ogoloma στο Kalakama, στο νησί Okrika



Βιβλιογραφία

- Γενική Κοιτασματολογία(1991,Κ. ΜΙΧΑΗΛΙΔΗΣ,Μ. ΒΑΒΕΛΙΔΗΣ,Α. ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ)
- Κοιτασματολογία Πετρελαίου(2004, Α.ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ)
- Κοιτασματολογία Ανθράκων(2004,Α.ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ)

Πηγές

- http://el.wikipedia.org/wiki/Φυσικό_Αέριο
- <http://kireas.org/lng.htm>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_natural_gas
- <http://www.lngfacts.org/LNG-Research/default.asp>
- <http://www.southeastlng.com/about-LNG.shtml>
- <http://www.sempralng.com/Pages/About/WhatIsLNG.htm>
- <http://www.chevron.com/deliveringenergy/naturalgas/liquefiednaturalgas/>