

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**στη
ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**LNG ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΦΟΡΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ
ΚΑΙ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

Ελένη Παν. Πολυμενάκου

*Διπλωματική Εργασία
που υποβλήθηκε στο Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών
του Πανεπιστημίου Πειραιώς ως μέρος των
απαιτήσεων για την απόκτηση του Μεταπτυχιακού
Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ναυτιλία*

**Πειραιάς
Νοέμβριος 2014**

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright, και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright κειμένου».

Ελένη Πολυμενάκου

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

«Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη ΓΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- κ. Σαμιώτης Γεώργιος (Επιβλέπων) Επίκουρος Καθηγητής
- κ. Τσελεπίδης Αναστάσιος Καθηγητής
- κ. Τσελέντης Βασίλειος Καθηγητής

Η έγκριση της Διπλωματική Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνωμών του συγγραφέα.»

*Στους
υιούς μου Γιώργο και Παναγιώτη Νομικό
και στους
γονείς μου που επένδυσαν στη μόρφωσή μου*

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάγκη για ένα καύσιμο προσφιλές προς το περιβάλλον όπως το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο ώστε να μειωθούν οι ρύποι από την ατμόσφαιρα και να αποφευχθούν ατυχήματα που μπορεί να βλάψουν το θαλάσσιο περιβάλλον καθώς και η ανάπτυξη του στόλου παγκοσμίως από πλοία τύπου LNG ήταν η αφορμή για την εκπόνηση αυτής της Διπλωματικής.

Η παρούσα εργασία πραγματοποιείται, σε συνδυασμό με την παραγωγική διαδικασία/εφοδιαστική αλυσίδα του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου. Σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας/εφοδιαστικής αλυσίδας ή στην LNG Supply (Value) Chain, κατά την παγκόσμια ορολογία, θα εξετάζονται επιπλέον οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις η αντιμετώπισή τους και το θεσμικό πλαίσιο από τα οποία διέπονται.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή Κο Σαμιώτη Γεώργιο για την υπομονή του, την κατανόησή του και την βοήθειά του σε όλα τα στάδια της Διπλωματικής.

Θερμές ευχαριστίες και τα δύο μέλη της Τριμελούς Επιτροπής τους κ.κ. Τσελεπίδη Αναστάσιο και Τσελέντη Βασίλειο οι οποίοι με τις γνώσεις που μου έδωσαν, με βοήθησαν στα θέματα προστασίας θαλάσσιου περιβάλλοντος και ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία Target Marine για τις πληροφορίες που μου παρείχε ώστε να μπορώ να έχω γνώση για τα πλοία μεταφοράς καυσίμων και να μπορώ να αποδώσω με σαφήνεια τα συγκριτικά στοιχεία αυτών σε θέματα κυρίως περιβάλλοντος και ασφάλειας των εργαζομένων καθώς και τον ABS για τις πληροφορίες που μου παρείχε σχετικά με την κατασκευή ενός πλοίου μεταφοράς και κίνησης Lng και για τους κανόνες που διέπουν αυτά καθώς και για τα πλοία dual fuel.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	12
ABSTRACT.....	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ και ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ/LNG	18
1.1 Φυσικό Αέριο.....	18
1.1.1 Φυσικό Αέριο και Περιβάλλον.....	19
1.1.2 Δημιουργία του Φυσικού Αερίου.....	22
1.1.3 Ιστορικό Φυσικού Αερίου.....	23
1.2 Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο.....	26
1.2.1 Ιστορικό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.....	29
1.3 Φυσικό αέριο - Διαχωρισμός από άλλα καύσιμα.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	34
2.1 Εισαγωγή.....	34
2.2 Μέθοδοι εντοπισμού Φυσικού αερίου.....	37
2.3 Εξόρυξη Φυσικού Αερίου.....	42
2.3.1 Εξόρυξη γενικά.....	42
2.3.1.1 Υπεράκτιες Εξέδρες Γεωτρήσεων.....	45
2.3.1.2 FLNG.....	52
2.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την εξόρυξη και παραγωγή - Θεσμικό Πλαίσιο.....	53
2.4.1 Το ατύχημα στο κοιτάσμα Piper και οι επιπτώσεις του στη θέσπιση νόμων στην Μεγάλη Βρετανία.....	58
2.5 Διαδικασία Υγροποίησης Φυσικού Αερίου.....	59
2.6 Αποθήκευση Φυσικού Αερίου.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ – ΡΟΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	68
3.1 Γενικά.....	68
3.2 Τύποι Πλοίων μεταφοράς LNG.....	70
3.2.1 Dual Fuel Ships.....	77

3.3 Προσφορά και ζήτηση θαλάσσιας μεταφοράς.....	81
3.4 Χωρητικότητα του παγκόσμιου στόλου πλοίων LNG.....	82
3.5 Ροές Φυσικού Αερίου.....	84
3.6 Αποθέματα Φυσικού Αερίου και Πετρελαίου.....	85
3.7 Αποτύπωση αποθεμάτων και παραγωγής Φυσικού Αερίου έως το 2030.....	89
3.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και Θεσμικό Πλαίσιο στη μεταφορά LNG.....	92

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ / ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ..... 108

4.1 Εισαγωγή.....	108
4.2 Σχεδιασμός Τερματικών Σταθμών.....	108
4.3 Κανονισμοί/Οδηγίες που διέπουν τους Τερματικούς Σταθμούς.....	110
4.4 Ανεφοδιασμός πλοίων και πλοίων καυσίμου LNG.....	113
4.5 Αποθήκευση και επαναεριοποίηση.....	115
4.6 Τερματικός Σταθμός Ρεβυθούσας.....	119

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... 121

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ Ελληνική..... 124

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ Ξενόγλωσση..... 125

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ..... 126

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Συστατικά της % κατά όγκο σύστασης του φυσικού αερίου.....	22
Πίνακας 2: Συνοπτικός πίνακας ιστορικού φυσικού αερίου.....	26
Πίνακας 3: Συνοπτικός πίνακας ιστορικού υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	31
Πίνακας 4: Στοιχειακή ανάλυση πετρελαίου.....	32
Πίνακας 5: Συστατικά LNG ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση.....	33
Πίνακας 6: Οι απαιτήσεις μείωσης μικροσωματιδίων (PM), διοξειδίου του Άνθρακα (CO ₂), οξειδίων του Θείου (Sox) και οξειδίων του Αζώτου (NO _x) για το διάστημα 2015-2020.....	78
Πίνακας 7: Εικόνα στόλου Πλοίων LNG.....	84
Πίνακας 8: Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο.....	86
Πίνακας 9: Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο.....	88
Πίνακας 10: Αποτύπωση παγκόσμιας κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά τομέα τελικής χρήσης μεταξύ 2005-2030.....	89
Πίνακας 11: Αποθέματα Φυσικού αερίου Παγκοσμίως ανά γεωγραφική θέση.....	90
Πίνακας 12: Παραγωγή Φυσικού Αερίου Παγκοσμίως.....	91
Πίνακας 13: Αντιστοιχία νομοθεσίας και ναυτικών ατυχημάτων.....	95
Πίνακας 14: Ελληνική Νομοθεσία.....	104-106
Πίνακας 15: Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.....	106-107
Πίνακας 16: Εκπεμπόμενοι Ρύποι κατά την καύση διαφόρων καυσίμων σε Μονάδα Ατμοπαραγωγής (mg ανά MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου).....	107

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Εφοδιαστική αλυσίδα.....	34
Σχήμα 2: Σχηματική παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας LNG.....	36
Σχήμα 3: Σχηματική παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας LNG/LPG.....	37
Σχήμα 4: LNG σαν ναυτιλιακό καύσιμο.....	80
Σχήμα 5: Εξέλιξη αριθμού πλοίων LNG, χωρητικότητας και μεταφορικού έργου.....	83
Σχήμα 6: Ροές φυσικού αερίου (LNG και αγωγοί) το 2012 κατά περιοχή (σε δισ. κυβικά μέτρα).....	86
Σχήμα 7: Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου ανά χώρα.....	87
Σχήμα 8: Αποτύπωση κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά τον κόσμο μεταξύ 2005 – 2030.....	89
Σχήμα 9: Εναπομείναντα χρόνια παραγωγής παγκοσμίως.....	90
Σχήμα 10: Εισαγωγές LNG 2005 και 2030 Παγκοσμίως.....	91
Σχήμα 11: Κανονισμοί του IMO για ρύπους	104
Σχήμα 12: Κρυογενικοί εναλλάκτες θερμότητας	117

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Δημιουργία πετρελαίου και φυσικού αερίου.....	23
Εικόνα 2: Εφοδιαστική αλυσίδα.....	34
Εικόνα 3: Φωτογραφίες συστημάτων εντοπισμού φυσικού αερίου.....	39
Εικόνα 4: Χαρτογράφηση του βυθού της θάλασσας με σεισμικά κύματα.....	40
Εικόνα 5: «Ηφαίστεια του βυθού».....	41
Εικόνα 6: Χάρτης του βυθού από σόναρ.....	41
Εικόνα 7: Είδη Υπεράκτιων Γεωτρύπανων/ Πλατφόρμες.....	51
Εικόνα 7^α: Είδη Υπεράκτιων Γεωτρύπανων/ Πλατφόρμες.....	51
Εικόνα 8: FLNG Prelude από τη Shell.....	52
Εικόνα 8^α: FLNG Prelude από τη Shell.....	53
Εικόνα 9: Υπέργεια δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	66
Εικόνα 10: Υπέργεια δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	67
Εικόνα 11: Υπόγεια δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	67
Εικόνα 12: Τομή Πλοίου LNG τύπου μεμβράνης (Mk. III).....	73
Εικόνα 13: Πλοίο LNG τύπου μεμβράνης.....	74
Εικόνα 14: Τομή Πλοίου LNG σφαιρικών δεξαμενών Moss.....	74
Εικόνα 15: Πλοίο LNG τύπου Moss.....	74
Εικόνα 16: Εσωτερικό δεξαμενής πλοίου LNG τύπου Moss.....	75
Εικόνα 17: Πλοίο LNG τύπου Prismatic IHI.....	75
Εικόνα 18: Χαρακτηριστικά Μηχανής Dual Fuel.....	79
Εικόνα 19: Χαρακτηριστικά Μηχανής Gas Mode & Diesel Mode.....	80
Εικόνα 20: Αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και κάρβουνου παγκοσμίως.....	87
Εικόνα 21: Από το Φυσικό αέριο... και πάλι φυσικό αέριο.....	109
Εικόνα 22: LNG πλοίο στον τερματικό σταθμό του Bontang της Ινδονησίας.....	110
Εικόνα 23: LNG Bunkering και προτεινόμενα μέτρα ασφάλειας.....	113

Εικόνα 24: Τυπικός τερματικός σταθμός υποδοχής/επαναεριοποίησης LNG.....	118
Εικόνα 25: Τερματικός σταθμός Ρεβυθούσας.....	119

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία, αντικείμενο μελέτης είναι το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG).

Θα παρουσιαστεί ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η εξόρυξη του φυσικού αερίου, η άντλησή του και η επεξεργασία του ώστε να έχουμε υγροποιημένο φυσικό αέριο. Θα γίνονται παράλληλα αναφορές σε περιβαλλοντικά θέματα και το θεσμικό πλαίσιο που το διέπει.

Κατόπιν τούτου θα παρουσιαστεί ο τρόπος μεταφοράς του, επαναεριοποίησής του και αποθήκευσής του με οδηγό το θεσμικό πλαίσιο και αναλύοντας τα θέματα περιβάλλοντος καθ' όλα τα προαναφερθέντα στάδια.

Προσδιορίζεται το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως βιώσιμο εναλλακτικό καύσιμο, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κίνηση όλων των τύπων πλοίου αντί του πετρελαίου.

Αναλύονται η τεχνολογική πρόοδος στον τομέα χρήσης του ΥΦΑ/LNG και τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα αυτού. Επίσης το θεσμικό πλαίσιο σε διεθνές, κοινοτικό και εσωτερικό δίκαιο που δεσμεύουν τις εταιρείες εξόρυξης, επεξεργασίας, μεταφοράς και αποθήκευσης αυτού.

Αναφέρονται οι παράγοντες που επιδρούν στη ζήτηση και τη προσφορά των πλοίων υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Αναφέρονται οι προϋποθέσεις για την δημιουργία στρατηγικά τοποθετημένων σταθμών ανεφοδιασμού ώστε να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες για την αύξηση της διαθεσιμότητας του καυσίμου.

Εξάγονται συμπεράσματα και κατατίθενται προτάσεις για ένα περαιτέρω επιστημονικό προβληματισμό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

Φυσικό αέριο, LNG, παραγωγική αλυσίδα, θεσμικό πλαίσιο και περιβάλλον

ABSTRACT

In the present project, the object of study is Liquefied Natural Gas (LNG).

The way, with which natural gas is extracted, it's pumping and processing so as to get Liquefied Natural Gas will be presented. At the same time there will be parallel references to environmental issues and the institutional framework which governs it.

Following that, the way of transfer, its regasification and storage will be presented led by the institutional framework and analyzing environmental issues throughout all the above stages.

The liquefied natural gas is determined as a viable alternative fuel which can be used for the motion of all types of ships instead of oil.

The technological progress in the field of the use of LNG is analyzed and its benefits. Also, the institutional framework in international, communal and internal laws which bind the extracting, processing, transporting and storing companies.

Factors which influence the supply and demand of ships of liquefied natural gas are mentioned.

Also mentioned are the preconditions for the creation of strategically located stations of refueling so as to create the proper conditions for the increase of the availability of the fuel.

Conclusions are derived and propositions are given for further scientific speculation.

KEY WORDS

Natural gas, LNG, productive chain, institutional framework and environment

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από την αρχαιότητα έως σήμερα, ο άνθρωπος και η θάλασσα είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι καθώς η ιστορία του ανθρώπου συνδέεται με την ιστορία του πλοίου, που είναι και μία από τις αρχαιότερες ανακαλύψεις του. Το πλοίο εμφανίστηκε με τη μορφή της σχεδίας και της πιρόγας (μονόξυλο). Στάθηκε δε, ένας από τους κυριότερους συντελεστές στην ιστορία της ανθρωπότητας σαν μέσο επιβίωσης και πολιτισμού. Με το μέσο αυτό, εξασφάλιζε από παλιά και εξασφαλίζει μέχρι σήμερα την μεταφορά ανθρώπων και αγαθών κατά 65% περίπου από τον έναν τόπο στον άλλο, δίνοντας συγχρόνως την δυνατότητα στους ανθρώπους να γνωρίσουν νέες χώρες, νέους πολιτισμούς και ευκαιρίες για εργασία.

Με την εξέλιξη όμως της ζωής του ανθρώπου και κατ' επέκταση των αναγκών του, το πλοίο ακολούθησε και αυτό τη φυσιολογική ροή της εξέλιξης σύμφωνα με την τεχνολογική και σχεδιαστική ανάπτυξη. Από το μονόξυλο και τη σχεδία φτάνουμε σήμερα να μιλάμε για υπερσύγχρονα πλοία τόσο σε κατασκευή όσο και σε τεχνολογία τα οποία κινούνται είτε με πετρέλαιο είτε με υδροποιημένο φυσικό αέριο.

Όμως τι ορίζουμε ως πλοίο; Ο γενικά παραδεκτός επιστημονικός κανόνας είναι: *«Πλοίο ή καράβι ονομάζουμε το ξύλινο ή σιδερένιο δημιουργήμα του ανθρώπου που πλέει στο νερό και έχει την ικανότητα να κινείται με τις δικές του δυνάμεις, με σκοπό τη μεταφορά ανθρώπων ή προϊόντων.»*¹

Κατά τον Κ.Δ.Ν.Δ. *«Πλοίο είναι² κάθε σκάφος προορισμένο να μετακινείται στο νερό για μεταφορά προσώπων, ή πραγμάτων, ρυμούλκηση, επιθαλάσσια αρωγή, αλιεία, αναψυχή, επιστημονικές έρευνες ή άλλο σκοπό.»*

Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό μοναδική βασική προϋπόθεση είναι να είναι **σκάφος** προορισμένο να μετακινείται στο νερό, ανεξάρτητα χωρητικότητας ή αυτοδύναμης κίνησης.

Κατά την MARPOL 73 *«Πλοίο³ σημαίνει σκάφος παντός τύπου που καθοιονδήποτε τρόπο λειτουργεί στο θαλάσσιο περιβάλλον και περιλαμβάνει υδροπτέρυγα, αερόστρωμα σκάφη, καταδυόμενα και επιπλέοντα σκάφη και μόνιμες ή πλωτές εξέδρες.»*

¹ www.tallos.gr.

² Κώδικας Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου, άρ.3 παρ.1

³ MARPOL, Διεθνής Σύμβαση 1973, για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία, άρ.2 παρ.4

Ο παραπάνω ορισμός της MARPOL 73, όπως και ο ΚΔΝΔ έχει ως προϋπόθεση να είναι σκάφος προορισμένο να μετακινείται στο θαλάσσιο περιβάλλον, ανεξαρτήτου χωρητικότητας ή αυτοδύναμης κίνησης.

Ο γενικότερος προορισμός, ο τύπος πλου, τα μέσα πρόωσης, το υλικό κατασκευής, τη μορφή κατασκευής, το αντικείμενο μεταφοράς, την ηλικία, των αριθμό των ελίκων, τον τύπο υδάτων καθώς και ο τομέας δραστηριότητας που εξυπηρετεί συντέλεσαν στη δημιουργία διαφορετικών τύπων πλοίων (π.χ. Εμπορικά, Φορτηγά κ.λπ.).

Μέσο πρόωσης (μηχανή κίνησης), σημαίνει κίνηση του πλοίου. Οι κυριότερες μηχανές πρόωσης είναι οι μηχανές Ντίζελ (diesel). Σήμερα το 80% του στόλου κινείται με μηχανές εσωτερικής καύσης **Ντίζελ**, οι οποίες διαφέρουν από τις πρώτες μηχανές τόσο σε μέγεθος όσο και σε τεχνολογία.

Οι καιροί έχουν αλλάξει. Η εξέλιξη στην κίνηση των πλοίων με ένα φιλικότερο προς το περιβάλλον καύσιμο, όπως είναι το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ/LNG), αφενός και αφετέρου η ανάγκη για βελτιστοποίηση της οικολογικής συνείδησης όλων μας, ήταν η αρχή μόνο για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής.

Η διπλωματική αυτή ξεκίνησε με σκοπό να μελετήσει τη «νέα» μορφή ενέργειας, το φυσικό αέριο και ειδικότερα το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG). Στην πορεία όμως, προέκυψαν και άλλα θέματα όπως περιβάλλον και θέματα θεσμικά που συνδέονται άμεσα με το ΥΦΑ/LNG.

Η συμβολή της εργασίας αυτής είναι να δούμε διεξοδικά τι είναι το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο. Πως γίνεται η εξόρυξη του φυσικού αερίου, η άντλησή του, η επεξεργασία του ώστε να έχουμε Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο, η αποθήκευση του ΥΦΑ/LNG, η μεταφορά του καθώς επίσης πως γίνεται η επαναεριοποίηση του και τέλος θα γίνει αναφορά στους λιμένες ανεφοδιασμού και τους τερματικούς σταθμούς ΥΦΑ/LNG.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας βλέπουμε πως υπάρχουν και αρκετά προβλήματα που αφορούν το υγροποιημένο φυσικό αέριο όπως για παράδειγμα τα σημεία ανεφοδιασμού, τερματικών σταθμών και άλλα. Συγχρόνως δε, ανακύπτουν ερωτήματα σχετικά με το αν τελικά το ΥΦΑ/LNG θα αντικαταστήσει το πετρέλαιο (diesel) ή ακόμα και κατά πόσο φιλικό είναι προς το περιβάλλον.

Η εργασία αυτή θα μπορούσε να συνεχιστεί και να αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω διερεύνησης σε ποικίλα πεδία όπως οικονομικό, γεωπολιτικό.

Στο κάθε στάδιο θα αναφέρονται και θα εξετάζονται οι διεθνείς, κοινοτικοί και εσωτερικοί κανονισμοί, νόμοι και οδηγίες που έχουν ψηφιστεί για τα πλοία κίνησης LNG καθώς θα γίνει και αναφορά στην εξειδίκευση, ασφάλεια του ανθρώπινου δυναμικού και στα περιβαλλοντικά θέματα που προκύπτουν ή θα προκύψουν.

Αυτό που ώθησε τον άνθρωπο να κατασκευάσει αυτό το νέο τύπο μηχανών με κίνηση το ίδιο του το φορτίο το LNG, προήλθε όχι μόνον από την ανάγκη του να εκμεταλλευτεί αυτή τη «νέα» μορφή ενέργειας, αλλά επιπλέον από την «επιβαλλόμενη» ανάγκη του παγκοσμίως για την προστασία του περιβάλλοντος.

Όπως θα δούμε αναλυτικά στα κεφάλαια που ακολουθούν, το φυσικό αέριο είναι νέα αναπτυσσόμενη και εναλλακτική μορφή ενέργειας.

Στο **πρώτο κεφάλαιο**, εκτός από κάποια γενικά στοιχεία για το φυσικό αέριο και το υγροποιημένο φυσικό αέριο και ποιά η ιστορική αναδρομή αυτών, γίνεται αναφορά και στη διαφοροποίηση του φυσικού αερίου και του υγροποιημένου φυσικού αερίου από άλλα καύσιμα.

Στο **δεύτερο κεφάλαιο**, θα αναπτυχθούν τα δύο πρώτα από τέσσερα στάδια της παραγωγικής αλυσίδας του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Δηλαδή, ο τρόπος και οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εξόρυξη, άντληση, επεξεργασία, την υγροποίηση του και αποθήκευσή του στις ειδικά σχεδιασμένες δεξαμενές. Θα αναφερθούν και θα δοθούν οι νομοθετικές ρυθμίσεις, οι κανονισμοί και οι οδηγίες που έχουν ψηφιστεί ή «επιβληθεί» ή ακόμα και εκείνες που είναι υπό ψήφιση σε διεθνές, κοινοτικό και εσωτερικό δίκαιο για την εξόρυξη, άντλησης φυσικού αερίου, επεξεργασίας, υγροποίησης και αποθήκευσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου, καθώς και το αντίστοιχο δίκαιο που ισχύει και τα μέτρα πρόληψης για την προστασία του περιβάλλοντος (θαλάσσιο περιβάλλον και ατμοσφαιρικός αέρας). Θα δοθούν συγκριτικά στοιχεία για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις σε θέματα διαρροής στα πιο πάνω αναφερθέντα στάδια σε σχέση με το πετρέλαιο.

Στο **τρίτο κεφάλαιο** εξετάζονται η μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου με τα εξειδικευμένα πλοία μεταφοράς LNG στα σημεία προορισμού. Επίσης θα παρουσιαστούν, αναλυθούν οι τύποι πλοίων μεταφοράς LNG.

Θα αναφερθούν τα περιβαλλοντικά θέματα και το θεσμικό πλαίσιο στο οποίο υπόκεινται τα πλοία μεταφοράς LNG καθώς και συγκριτικά στοιχεία εκπομπών ρύπων με το πετρέλαιο. Θα αναφερθούν και θα σχολιαστούν ατυχήματα και οι επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον. Επίσης θα γίνει λόγος για τα πλοία διπλού τύπου Dual Fuels και οι κανόνες που διέπουν και τους δύο τύπους πλοίων (LNG, Dual Fuels) σύμφωνα με τους νηογνώμονες.

Στο **τέταρτο κεφάλαιο**, θα αναπτυχθεί θέμα των τερματικών σταθμών και σταθμών ανεφοδιασμού LNG, επαναεριοποίησης και αποθήκευσης. Θα αναλυθούν τα μέτρα πρόληψης που πρέπει να λαμβάνουν τα λιμάνια και οι τερματικοί σταθμοί για την αποφυγή ατυχημάτων οι κανόνες που διέπουν τις χώρες όπου βρίσκονται αυτά είτε σε διεθνές δίκαιο, είτε σε κοινοτικό, είτε σε τοπικό επίπεδο.

Στο **τέλος** θα δοθούν συμπεράσματα και κάποια στοιχεία ώστε να έχουμε μια μεγαλύτερη προσέγγιση στο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ και ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ/LNG

1.1 Φυσικό Αέριο

Το φυσικό αέριο είναι ένα ορυκτό καύσιμο (μείγμα υδρογονανθράκων) όπως είναι και το πετρέλαιο, το οποίο όμως αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄) σε ποσοστό άνω του 85%, που είναι ο ελαφρύτερος υδρογονάνθρακας, είναι πολύ καθαρό, χωρίς πολλές προσμίξεις και θειούχα συστατικά. Έτσι, εκτός από το μεθάνιο, περιέχει επίσης και άλλους υδρογονάνθρακες σε μικρότερες ποσότητες, καθώς και ορισμένες ουσίες σε πολύ μικρά ποσοστά όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το άζωτο (N₂), το υδρόθειο (H₂S), το νερό (H₂O), τα στερεά σωματίδια κ.α.⁴ Η σύσταση βέβαια του φυσικού αερίου διαφέρει ανάλογα με την πηγή.

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας το οποίο εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό πίεση. Όταν αυτό εξορυχτεί μεταφέρεται είτε με αγωγούς υπό υψηλή πίεση σε αέρια κατάσταση, είτε με εξειδικευμένα πλοία (LNG Ships) σε υγρή κατάσταση (ΥΦΑ/ LNG). Υγροποιείται δε στους -161 βαθμούς Κελσίου και η μεταφορά του γίνεται από ειδικά σχεδιασμένα πλοία μεταφοράς LNG.⁵

Ειδικότερα το φυσικό αέριο είναι άχρωμο, άοσμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό όπου όλα αυτά το καθιστούν, βάση των χαρακτηριστικών του, τέτοιο ώστε να αποτιμάται σε χαμηλής κλίμακας εκπομπές ρύπων. Όταν αναφλέγεται, απελευθερώνει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα απ' ότι το πετρέλαιο, ενώ δεν εκπέμπει καθόλου θείο, βαρέα μέταλλα και αιθάλη στην ατμόσφαιρα.

Όπως προαναφέρθηκε, το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο⁶. Η χαρακτηριστική του οσμή δίνεται τεχνικά για σκοπούς ασφαλείας, ώστε να γίνεται αντιληπτό σε περιπτώσεις

⁴ www.ngsa.org

⁵ www.naturalgas.org

⁶ Because natural gas is colorless, odorless, and tasteless, mercaptan (a chemical that smells like sulfur) is added before distribution, to give it a distinct unpleasant odor (it smells like rotten eggs). This added smell serves as a safety device by allowing it to be detected in the atmosphere, in cases where leaks occur.
Sources: History US EIA www.eia.gov

διαρροής. Ανήκει στη δεύτερη οικογένεια των αέριων καυσίμων, το ειδικό του βάρος είναι ίσο με 0,59 και είναι ελαφρύτερο από τον αέρα.

Το φυσικό αέριο έχει υψηλή θερμική απόδοση, σε σχέση με αυτή άλλων συμβατικών καυσίμων, όπως ο γαιάνθρακας ή το πετρέλαιο. Παράγει δε μικρότερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας και κατά συνέπεια έχει λιγότερο επιβλαβείς συνέπειες στο περιβάλλον. Θα μπορούσε δηλαδή να χαρακτηριστεί ως το «ευγενέστερο» ορυκτό καύσιμο, όσον αφορά τις εκπομπές αέριων ρύπων κατά την καύση του. Αυτό συμβαίνει επειδή, στη σύνθεσή του μετέχουν μικρού μοριακού βάρους υδρογονάνθρακες και περιέχει και μικρές ποσότητες θείου και στερεών σωματιδίων. Επομένως, αν καίγεται παράγει λιγότερους ρύπους σε σύγκριση με γαιάνθρακες και πετρέλαιο. Επιπλέον, η αέρια κατάστασή του επιτρέπει ανάμειξη με τον αέρα κατά την καύση, πράγμα που υποβοηθά την τέλεια καύση με αποτέλεσμα να μην υπάρχει αιθάλη στα καυσαέρια.

1.1.1 Φυσικό Αέριο και Περιβάλλον

Το φυσικό αέριο αποτελεί, την ταχύτερη αναπτυσσόμενη μορφή πρωτογενούς ενέργειας διεθνώς, δεδομένης της υπεροχής του έναντι των αντίστοιχων ενεργειακών μορφών και της καθοριστικής συμβολής του στη θωράκιση του τρίπτυχου «Περιβάλλον, Κοινωνία, Οικονομία» ως αναγκαίων συστατικών της βιώσιμης ανάπτυξης. Οι εφαρμογές του φυσικού αερίου επεκτείνονται συνεχώς σε παγκόσμιο επίπεδο. Είναι, ουσιαστικά, το καύσιμο του 21^{ου} αιώνα το οποίο θα συμβάλλει ουσιαστικά στη λύση του ενεργειακού προβλήματος. Οι κύριες χρήσεις του εντοπίζονται κυρίως στον βιομηχανικό τομέα, ως καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως τόσο για οικιακή χρήση (μαγειρική, θέρμανση κ.α.), ως καύσιμο οχημάτων και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και υδρογόνου.

Θεωρείται το αποδοτικό και οικονομικό καύσιμο, με πρακτικά, μετρήσιμα οφέλη τόσο για όσους το χρησιμοποιούν όσο και για την οικονομία και την κοινωνία συνολικότερα. Μια εξαιρετικά σημαντική πτυχή της χρήσης του, με θετικές συνέπειες για τα σήμερα και το μέλλον, είναι η περιβαλλοντική. Οι βασικές ιδιότητες που το καθιστούν ως το φιλικότερο προς το περιβάλλον καύσιμο είναι διότι η καύση του φυσικού αερίου έχει σημαντικά μικρότερες εκπομπές ρύπων σχεδόν όλων των βλαβερών ρύπων, σε σχέση με τις άλλες

ευρέως διαδεδομένες συμβατικές μορφές ενέργειας. Εκπέμπει πολύ λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα ανά παραγόμενη θερμική μονάδα, συγκρινόμενο με τα παράγωγα του πετρελαίου και με τον άνθρακα. Αυτές οι φυσικές – και από τη σύστασή του – ιδιότητες έχουν παίξει ουσιαστικό ρόλο στη διάδοση του ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στις βιομηχανικά αναπτυσσόμενες χώρες με ισχυρή βιομηχανία. Ταυτόχρονα, είναι και ένας σημαντικός λόγος για τον οποίο τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια, με τη λήψη μέτρων, τη δημιουργία κινήτρων και τη θέσπιση πολιτικών, ώστε να αποκτήσει μεγαλύτερο μερίδιο ως ενέργεια κίνησης των οχημάτων τόσο επαγγελματικής χρήσης, όσο και ιδιωτικής.

Αναλυτικότερα αναφέρουμε ότι:

✓ Η χρήση του για θέρμανση στον οικιακό τομέα και ως καύσιμο στη βιομηχανία ελευθερώνει στην ατμόσφαιρα 25-30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από το πετρέλαιο, και 40-50% λιγότερο από το λιγνίτη.

✓ Στην παραγωγή ηλεκτρισμού από μονάδες που χρησιμοποιούν φυσικό αέριο επιτυγχάνεται μείωση της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος κατά το 1/5, καθώς έχουν 40% μεγαλύτερη απόδοση.

✓ Στην αυτοκίνηση εκλύει 20-30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα σε σχέση με τη βενζίνη, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει μείωση των εκπομπών λεπτών σωματιδίων μέχρι και 99% αλλά και θορύβου κατά 50%.

Ένα πολύ σημαντικό δεδομένο που έχει σχέση με το φυσικό αέριο, είναι πως τα περιβαλλοντικά οφέλη από τη χρήση του έχουν άμεση θετική επίδραση. Η είσοδος, η διάδοση και η αύξηση της χρήσης του σε συγκεκριμένες περιοχές, από την πρώτη στιγμή, βελτιώνει την ποιότητα του αέρα στις εν λόγω περιοχές – π.χ. η χρήση του στο ιστορικό κέντρο της Αθήνας είναι υποχρεωτική για επαγγελματίες και επιχειρήσεις. Προσφέρει οικονομική, άφθονη, καλής ποιότητας ζέστη, χωρίς επιπτώσεις αιθαλομίχλης ή ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η φιλική προς το περιβάλλον ενέργεια αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό μοχλό υλοποίησης της ενεργειακής πολιτικής «20-20-20» της χώρας μας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το 2020, που έχει βασικούς στόχους, 20% αύξηση του ποσοστού των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, 20% εξοικονόμηση ενέργειας και 20% μείωση των εκπομπών που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Ταυτόχρονα, η χρήση του μπορεί να συνδράμει στην υλοποίηση θεσμικών παρεμβάσεων κατά της κλιματικής αλλαγής και

υπέρ της προστασίας του περιβάλλοντος. Το πιο σημαντικό είναι πως αυτές οι ιδιότητες είναι συνυφασμένες με όλες τις εφαρμογές του, και επομένως για να επιτευχθούν δε χρειάζονται επιπλέον δράσεις και ενέργειες ή επιπλέον παρεμβάσεις και βελτιώσεις, όπως γίνεται σε περιπτώσεις άλλων καυσίμων.

Η μεγάλη ενεργειακή απόδοσή του συνεισφέρει στην εξοικονόμηση καυσίμου, δηλαδή στη μείωση περαιτέρω επιβάρυνσης στο περιβάλλον. Πολύ απλά, για να φτάσει η ίδια ποσότητα ενέργειας στον επαγγελματία ή τον ιδιώτη, στον οδηγό ή τη νοικοκυρά, και για οποιαδήποτε εφαρμογή, χρειάζεται να καταναλώσουμε λιγότερο φυσικό αέριο από άλλα συμβατικά καύσιμα. Αυτό σημαίνει και προστασία για το περιβάλλον, αλλά και μεγαλύτερη δυνατότητα ευελιξίας στην ορθολογική διαχείριση των διαθέσιμων σε εμάς πλουτοπαραγωγικών πηγών.

Είναι ιδανικό ως «γέφυρα» μετάβασης σε μία εποχή όπου οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα παίζουν μεγαλύτερο και ουσιαστικότερο ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών μας αναγκών. Ωστόσο μέχρι να δημιουργηθούν οι κατάλληλες υποδομές και να εξελιχθεί η κατάλληλη τεχνολογία, το φυσικό αέριο αποτελεί την πιο ρεαλιστική και αποδοτική λύση. Δεν είναι τοξικό, δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα, και με την καύση του δεν παράγεται διοξείδιο του θείου, το οποίο είναι υπεύθυνο για το φαινόμενο της όξινης βροχής.

Η μεταφορά και αποθήκευση του μέσω δικτύων αγωγών δε διαταράσσουν το φυσικό περιβάλλον και δεν προκαλούν όχληση στις τοπικές κοινωνίες.

Η ραγδαία και πραγματικά εντυπωσιακή εξέλιξη της σχετικής τεχνολογίας αναμένεται ότι θα μας οδηγήσει σε ακόμη περισσότερες εφαρμογές οι οποίες θα είναι αποδοτικές, οικονομικές και ασφαλώς με περισσότερο σεβασμό απέναντι στο φυσικό περιβάλλον, αλλά και την ανθρώπινη υγεία.

Το φυσικό αέριο έχει το μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα από όλα τα συμβατικά καύσιμα, όταν χρησιμοποιείται στην ηλεκτροπαραγωγή. Η μεγαλύτερη διάδοσή του σε αυτόν τον τόσο νευραλγικό τομέα για την καθημερινότητά μας θα συμβάλει καθοριστικά στην υλοποίηση και εφαρμογή – ήδη αποφασισμένων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο – πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος. Με δεδομένη τη συνεχόμενη αύξηση της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια, που γίνεται με σταθερά εντυπωσιακούς ρυθμούς, αυτό το χαρακτηριστικό του φυσικού αερίου αποκτά ακόμη μεγαλύτερη βαρύτητα.

Βασικό συστατικό του φυσικού αερίου, όπως ήδη έχει προαναφερθεί, είναι το μεθάνιο. Συνυπάρχουν όμως σε αυτό και μικρότερες ποσότητες αιθανίου, προπανίου και βουτανίου, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, ήλιο και υδρόθειο. Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα συστατικά της % κατά όγκο σύστασης του φυσικού αερίου

Πίνακας 1: Συστατικά της % κατά όγκο σύστασης του φυσικού αερίου

Συστατικά	Περιεκτικότητα % 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

Πηγή: ABS, Gas Carriers, Issue ABS, 2008, ΔΕΠΑ

Το φυσικό αέριο που είναι απαλλαγμένο από τους υδρογονάνθρακες πέραν του μεθανίου, δηλαδή το καθαρό μεθάνιο, συχνά αποκαλείται και ξηρό φυσικό αέριο⁷. Αντίστοιχα, το φυσικό αέριο που συμπεριλαμβάνει και άλλους υδρογονάνθρακες εκτός από το μεθάνιο, αποκαλείται και υγρό φυσικό αέριο.

1.1.2 Δημιουργία του φυσικού αερίου

Η δημιουργία του φυσικού αερίου γίνεται από τα κατάλοιπα των φυτών, των ζώων και των διάφορων μικροοργανισμών.

Κυριολεκτικά, τρισεκατομμύρια τόνοι ζωής ζώων, φυτών και μικροοργανισμών⁸ που έχουν πεθάνει και τα οποία έχουν καλυφτεί από άμμο και λάσπη κατά τη διάρκεια πολλών εκατομμυρίων ετών δημιούργησαν το φυσικό αέριο. Είναι δηλαδή δημιουργία οργανικής ύλης (όπως είναι τα φυτικά και ζωικά κατάλοιπα) η οποία συμπιέζεται στα βάθη της γης σε υψηλές πιέσεις και για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

Αναλυτικότερα, το φυσικό αέριο σχηματίζεται από τη σήψη των νεκρών ζώων, φυτών και μικροοργανισμών. Αυτή η διαδικασία της σήψης, επαναλαμβάνεται καθώς η άμμος και η

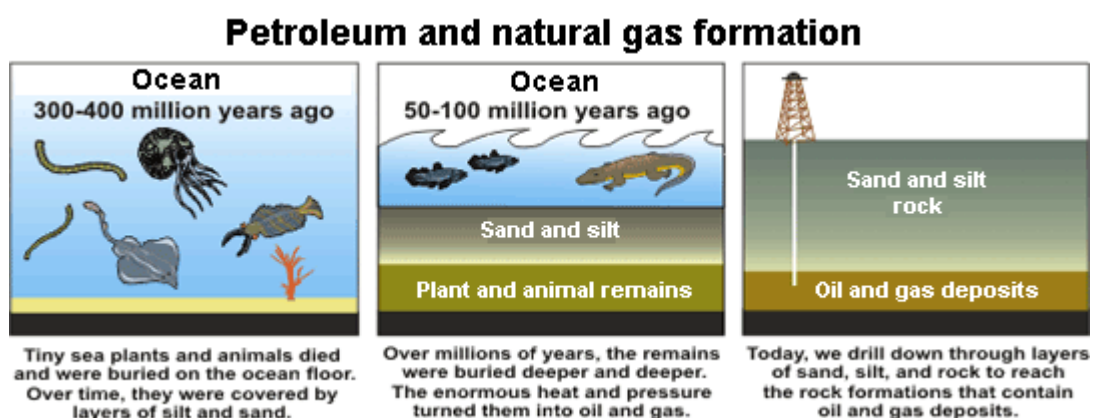
⁷ www.wikipedia.org

⁸ www.eia.gov

λάσπη δημιουργούν βράχους οι οποίοι με την σειρά τους και κατά την πάροδο των χρόνων με το βάρος τους ασκούν τεράστιες πιέσεις σχηματίζοντας το φυσικό αέριο όπου το σφραγίζουν μέσα στους θύλακες των σχηματισμένων βράχων. Η συμπίεση αυτή, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες που απαντάται βαθιά στη γη, προκαλεί την αποδόμηση των δεσμών του άνθρακα μέσα στην οργανική ύλη. Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες παράγεται περισσότερο πετρέλαιο ενώ στις μεγαλύτερες θερμοκρασίες παράγεται φυσικό αέριο. Αυτό, έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του θερμογενούς μεθανίου.

Το φυσικό αέριο βρίσκεται σε υπόγεια κοιτάσματα της γης και συναντάται είτε μόνο του είτε συνυπάρχει με κοιτάσματα πετρελαίου, μόνο λίγα μέτρα πάνω από εκεί που βρίσκεται συνήθως το πετρέλαιο.

Εικόνα 1: Δημιουργία πετρελαίου και φυσικού αερίου



Πηγή: www.eia.gov

1.1.3 Ιστορικό Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο αποτελούσε μυστήριο στον άνθρωπο⁹, καθώς κατά την αρχαιότητα έχουμε αναφορές για φωτεινούς σπινθήρες και φωτιά που έβγαινε από τη γη.

Μια τέτοια «διάσημη» φωτιά ήταν αυτή στο Μαντείο των Δελφών, όπου από τη μυκηναϊκή εποχή τουλάχιστον χρονολογείται εδώ η λατρεία του.

⁹ www.naturalgas.org, www.kireas.org

Οι κινέζοι, ήταν εκείνοι που κατάλαβαν την αξία του φυσικού αερίου περί το 500 πΧ όπου φτιάχνοντας αγωγούς από μπαμπού, ήταν σε θέση να εξάγουν φυσικό αέριο. Μπορούσαν και χρησιμοποιούσαν αυτό για την θέρμανση και συγχρόνως να ξεχωρίζουν το αλάτι από το θαλασσινό νερό ώστε να το κάνουν νερό πόσιμο.

Το 1659 γίνεται η ανακάλυψη του φυσικού αερίου στην Αγγλία και το 1790 άρχισε να το χρησιμοποιεί καθώς ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στο φωτισμό δρόμων. Είναι δε, η πρώτη χώρα στη γη που χρησιμοποίησε εμπορικά το φυσικό αέριο (περί το 1875).

Το 1816, το είδος αυτού του φυσικού αερίου χρησιμοποιήθηκε για τον φωτισμό των δρόμων της Βαλτιμόρης όπου είχε εντοπιστεί από τον Edwin Drake που έσκαψε βαθιά γύρω από την λίμνη Erie. Αν και πίστευαν ότι το φυσικό αέριο δεν θα μπορέσει ποτέ να εξαχθεί με ασφάλεια, σήμερα έχει αποδειχθεί περίτρανα το αντίθετο.

Όμως, είναι ευρέως γνωστό, ότι πατέρας του φυσικού αερίου είναι ο William Hart ο οποίος πίστευε ότι μπορεί να γίνει εξόρυξη του φυσικού αερίου. Το 1821 έσκαψε σε βάθος ένα 8 μέτρων φρέατιο, το μεγαλύτερο για την εποχή και αρκετά ρηχό για την σημερινή πραγματικότητα. Με το εγχείρημα του αυτό η πόλη Fredonia στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτιζονταν εξ' ολοκλήρου με φυσικό αέριο.

Ο Robert Bunsen, εφηύρε ένα θερμοστάτη (Bunsen Burner ή Λύχνο του Μπούνσεν) για ελεγχόμενη και ρυθμιζόμενη θερμοκρασία δηλαδή ένα τρόπο ελέγχου του δυναμικού θέρμανσης του φυσικού αερίου, πέτυχε δηλαδή να δημιουργήσει μια ζεστή, άκαπνη, μη φωτιστική φλόγα αναμειγνύοντας το αέριο με αέρα με ελεγχόμενο τρόπο πριν την καύση¹⁰.

Η χρησιμοποίηση του φυσικού αερίου εξακολούθησε να είναι περιορισμένη, γιατί δεν υπήρχε τρόπος μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις και επί ένα περίπου αιώνα παρέμεινε στο περιθώριο της βιομηχανικής εξέλιξης η οποία βασίστηκε στον άνθρακα, το πετρέλαιο και τον ηλεκτρισμό.

¹⁰ www.wikipedia.org, www.naturalgas.org

Η αρχή γίνεται το 1891 όπου κατασκευάζεται ένας από τους μακρύτερους αγωγούς ο οποίος ήταν μάκρους 120 μιλίων και έκανε μεταφορά φυσικού αερίου από την Indiana στο Chicago.

Η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1920 και αποτελούσε ένα σημαντικό στάδιο στη χρήση του αερίου.

Μετά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο¹¹ ακολούθησε μία περίοδος τεράστιας κατανάλωσης που συνεχίζεται μέχρι και σήμερα.

Το 1938 η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών, άρχισε να σχηματίζει κανονισμούς για τις βιομηχανίες φυσικού αερίου. Πρωταρχικός σκοπός και βασικό θέμα ήταν ότι έπρεπε να μπει ένας περιορισμός στην τιμή του φυσικού αερίου ώστε να είναι προσιτό σε όλους τους καταναλωτές.

Στις δεκαετίες 1970 και 1980 διαφοροποιήθηκαν πολλά σχετικά με τις τιμές, ώσπου στο τέλος της δεκαετίας του 1980 και στις αρχές του 1990 οι βιομηχανίες μείωσαν τους κανονισμούς ώστε να υπάρχει υγιείς ανταγωνισμός και η δυνατότητα για περισσότερες γεωτρήσεις. Έτσι, στις αρχές του 21^{ου} αιώνα έχουμε τους πρώτους ουσιαστικούς κανονισμούς που αφορούν την ποιότητα του φυσικού αερίου, τις οδηγίες για τη γεώτρηση και εξόρυξη του (μέτρα πρόληψης γεώτρησης και εξόρυξης), οδηγίες για τα ακριβή μεγέθη των αγωγών καθώς και τις αναφορές τιμών.

¹¹ www.wikipedia.org

Πίνακας 2: Συνοπτικός πίνακας ιστορικού φυσικού αερίου

6000 π.Χ	Ενδείξεις φυσικού αερίου βρέθηκαν για πρώτη φορά στην περιοχή όπου σήμερα βρίσκεται το Ιράν
1000 - 500 π.Χ	Μαντείο Δελφών Φρεάτια με αγωγούς από μπαμπού ανοίχθηκαν στην Κίνα
1659 μ.Χ	Ανακάλυψη του φυσικού αερίου στην Αγγλία
1790 μ.Χ	Χρησιμοποίηση στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και φωτισμός των δρόμων στην Αγγλία
1821 μ.Χ	Η πρώτη μεγάλη εξόρυξη φυσικού αερίου από τον William Hart Robert Bunset εφηύρε τον πρώτο θερμοστάτη για τον έλεγχο του δυναμικού θέρμανσης του φυσικού αερίου Η πόλη Fredonia στην περιφέρεια της Νέας Υόρκης φωτίζεται εξ' ολοκλήρου με φυσικό αέριο
1891 μ.Χ	Κατασκευάζεται ο μακρύτερος αγωγός μήκους 120 μιλίων, μεταφέροντας φυσικό αέριο από την Ιντιάνα στο Σικάγο
1920 μ.Χ	Αναπτύσσεται η μέθοδος μεταφοράς φυσικού αερίου με αγωγούς
1938 μ.Χ	Πρώτοι κανονισμοί από τις ΗΠΑ για τις βιομηχανίες φυσικού αερίου
1980 – 1990	Μείωση των κανονισμών για υγιή ανταγωνισμό

Σήμερα, οι βιομηχανίες φυσικού αερίου διέπονται από τους κανονισμούς της Federal Energy Regulatory Commission (FERC).

1.2 Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο

Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο ή LNG (Liquefied Natural Gas), δημιουργείται από το φυσικό αέριο υγροποιημένο με ψύξη σε ατμοσφαιρική πίεση κοντά στους -161°C (260°F).

Η συνήθης πρακτική είναι το υγροποιημένο φυσικό αέριο να ψύχεται σε αυτή την πολύ χαμηλή θερμοκρασία και σε ατμοσφαιρική πίεση (ή ελαφρά αυξημένη κατά κάποια μικρά κλάσματα της ατμοσφαιρικής) για αποθήκευση και μεταφορά σε ειδικές κρυογενικές δεξαμενές. Θεωρείται σταθερό και ασφαλές, καθώς αν και συμπιεσμένο σε όγκο, το υγρό παραμένει σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση.

Η υγροποίηση του δε, διευκολύνει τη μεταφορά του με κρυογενικά πλοία LNG, ειδικά σχεδιασμένα πλοία με διπλό κύτος για την προστασία των συστημάτων φορτίου από βλάβες ή διαρροές, σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον ιδιότητες του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι ότι ζυγίζει περίπου 45% με ισοδύναμη ποσότητα νερού είναι μη τοξικό, μη διαβρωτικό, άχρωμο και άοσμο.

Επίσης, επιτρέπει την αποθήκευσή του σε σχετικά μικρούς χώρους μιας και καταλαμβάνει το 1/600 του όγκου ισοδύναμης ποσότητας αερίου σε θερμοκρασία και πίεση περιβάλλοντος.

Η μεταφορά και η αποθήκευση είναι μια σημαντική πτυχή της επιχείρησης φυσικού αερίου, δεδομένου ότι τα αποθέματα φυσικού αερίου είναι συνήθως αρκετά μακριά από τις αγορές των καταναλωτών.

Κατά τη διαδικασία υγροποίησης απαιτείται προ-επεξεργασία για την αφαίρεση των προσμείξεων όπως νερό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και άλλες ενώσεις του θείου.

Επειδή το LNG είναι ένα εξαιρετικά ψυχρό υγρό που σχηματίζεται με ψυκτικά μέσα, δεν αποθηκεύεται υπό πίεση. Είναι λανθασμένη η πεποίθηση ότι το LNG είναι ένα συμπιεσμένο αέριο.

Όπως ήδη αναφέρθηκε το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο κατά 85-90%. Όταν αυτό αναφλέγεται, απελευθερώνει λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από το πετρέλαιο ενώ δεν εκπέμπει καθόλου θείο, βαρέα μέταλλα και αιθάλη στην ατμόσφαιρα. Σε περίπτωση αστοχίας αποθήκευσης ή ατυχήματος μιας σοβαρής διαρροής δεν υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος από απότομη εκτόνωση καθ' όσον τουλάχιστον το προϊόν βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση. Υπάρχουν όμως άλλοι κίνδυνοι όπως είναι η ανάφλεξη και η πρόκληση πυρκαγιάς.

Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο -όπου δεν είναι τίποτε άλλο παρά το φυσικό αέριο των υπογείων κοιτασμάτων το οποίο κάτω από ειδική επεξεργασία μεταβαίνει από την αέρια στην υγρή κατάσταση (υγροποίηση) με σκοπό τη μεταφορά του-, είναι ένα βιώσιμο

εναλλακτικό καύσιμο με χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του πετρελαίου για την κίνηση όλων των τύπων πλοίων.

Παρά το γεγονός ότι εμπίπτει στην κατηγορία των ορυκτών καυσίμων, δίνει μια εναλλακτική λύση και προσφέρει πολλά περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πετρέλαιο όντας και φθηνότερο. Ωστόσο, η έλλειψη επαρκούς υποδομής ανά τον κόσμο, εμποδίζει την ευρύτερη χρήση του. Στην προσπάθεια για στρατηγικών θέσεων ανεφοδιασμού, που θα δημιουργήσουν τις συνθήκες για την αύξηση της διαθεσιμότητας του καυσίμου αυτού μπορούν να συμμετάσχουν μια σειρά από εταιρείες.

Το 1970, η παγκόσμια εμπορική συναλλαγή Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) ήταν της τάξης των 3 δισεκατομμύρια κυβικών μέτρων. Το 2011, ήταν 331 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Το 2004, το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG) αντιστοιχούσε στο 7% της ζήτησης φυσικού αερίου στον κόσμο.

Το παγκόσμιο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου, το οποίο άρχισε να αυξάνεται με ρυθμό 7,4% ετησίως κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 1995 - 2005, αναμένεται να συνεχίσει να αυξάνεται σημαντικά κατά τα επόμενα χρόνια. Η προβλεπόμενη κατανάλωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου αναμένεται να αυξηθεί επιπλέον 6,7 τοις εκατό ανά έτος 2005 - 2030.¹² Σήμερα το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG) αντιπροσωπεύει το 15% των εισαγωγών φυσικού αερίου της Ε.Ε.

Σύμφωνα με τον Manuel Loge Γενικό Διευθυντή του NGVA Europe «*Το υγροποιημένο φυσικό αέριο LNG θα χρησιμοποιείται σαν καύσιμο σε όλο τον κόσμο. Είναι μια σαφής τάση που ικανοποιεί τις απαιτήσεις ενέργειας και οι εταιρείες είναι μέρος αυτής. Η τεχνολογία για τη χρήση του LNG στον τομέα των μεταφορών είναι δοκιμασμένη και οι ιδιοκτήτες των εταιρειών μεταφορών καθώς και οι προμηθευτές αερίου προωθούν όσο μπορούν το θέμα*».¹³

¹² www.eia.gov International Energy Outlook 2008

¹³ Από συνέντευξη του στα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης 2008

1.2.1 Ιστορικό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο¹⁴ χρονολογείται από τον 19ο αιώνα, όταν ο Βρετανός χημικός και φυσικός Michael Faraday πειραματίστηκε με την υγροποίηση διαφορετικών τύπων αερίων, συμπεριλαμβανομένου του και φυσικού αερίου.

Ο γερμανός μηχανικός Karl von Linde κατασκεύασε το πρώτο πρακτικό μηχάνημα συμπιεστή ψύξης στο Μόναχο το 1873.

Το πρώτο εργοστάσιο LNG χτίστηκε από τον Godfrey Cabot στη Δυτική Βιρτζίνια το 1912 και άρχισε να λειτουργεί το 1917.

Ο Godfrey Cabot το 1914, είναι επίσης ο πρώτος που με δική του πατέντα, μεταφέρει με μία φορηγίδα υγροποιημένο φυσικό αέριο αποδεικνύοντας έτσι ότι είναι η μεταφορά ΥΦΑ δια θαλάσσης.

Η πρώτη εμπορική μονάδα υγροποίησης χτίστηκε στο Κλήβελαντ του Οχάιο, το 1941. Το ΥΦΑ φυλάχθηκε σε δεξαμενές υπό ατμοσφαιρική πίεση. Η υγροποίηση του φυσικού αερίου έφερε τη δυνατότητα μεταφοράς του σε μακρινούς προορισμούς.

Τον Ιανουάριο του 1959, ένα ανακαινισμένο από τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο liberty freighter/ φορηγό πλοίο ήταν το πρώτο δεξαμενόπλοιο στον κόσμο υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το Methane Pioneer, που περιείχε 5km³ ήτοι 7.000 βαρέλια ισοδύναμου αλουμινίου πρισματικές δεξαμενές με στηρίγματα από ξύλινα μπάλτσα και μόνωση από κόντρα πλακέ και ουρεθάνη, έφερε ένα φορτίο υγροποιημένου φυσικού αερίου από Lake Charles, Louisiana στο Canvey Island του Ηνωμένου Βασιλείου. Αυτό έδειξε, ότι μεγάλες ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου θα μπορούσαν να μεταφερθούν με ασφάλεια σε ολόκληρο τον ωκεανό.

Κατά τους επόμενους 14 μήνες, επτά επιπλέον φορτία παραδόθηκαν με ασήμαντα προβλήματα. Μετά την επιτυχή εκτέλεση του Methane Pioneer, το British Gas Council προχώρησε για την υλοποίηση σχεδίου εμπορικής εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου

¹⁴ Bob Curt, Ship Acquisition Manager, Quatargas II Development, Intertanko Conference
CEE Introduction LNG A Brief History / www.beg.utexas.edu/energycon/lng

από τη Βενεζουέλα στο νησί Canvey. Ωστόσο, πριν να μπορέσει να οριστικοποιηθούν οι εμπορικές συμφωνίες, μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου ανακαλύφθηκαν στη Λιβύη και στο Hassi R' Mel στην Αλγερία, το οποίο είναι μόνο το μισό της απόστασης προς την Αγγλία, απ' ότι η Βενεζουέλα.

Το 1960 κατασκευάζεται το πρώτο εργοστάσιο υγροποιημένου φυσικού αερίου στο Arzew της Αλγερίας για τη μεταφορά αλγερινού φυσικού αερίου σε Ηνωμένο Βασίλειο και Γαλλία γνωστό και ως το Arzew GL4Z or Camel Project.

Το 1964 τα πλοία Methane Princes και Methane Progress, ήταν τα πρώτα εμπορικά πλοία LNG. Με την εκκίνηση των 260 εκατομμυρίων κυβικών ποδιών ημερησίως (MMcfd- Millions of cubic feet per day (of gas)-¹⁵ το Ηνωμένο Βασίλειο έγινε ο πρώτος εισαγωγέας υγροποιημένου φυσικού αερίου στον κόσμο και η Αλγερία η πρώτη χώρα εξαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου. Η Αλγερία έχει γίνει από τότε ένας σημαντικός προμηθευτής στον κόσμο του φυσικού αερίου ως ΥΦΑ/LNG.

Αφού η ιδέα φάνηκε ότι μπορεί να έχει αποτέλεσμα στο Ηνωμένο Βασίλειο, πρόσθετες εγκαταστάσεις υγροποίησης και τερματικοί σταθμοί εισαγωγής κατασκευάστηκαν τόσο στον Ατλαντικό όσο και στον Ειρηνικό Ωκεανό. Τέσσερις θαλάσσιοι τερματικοί σταθμοί χτίστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες μεταξύ 1971 και 1980.

Είναι δε, στην Lake Charles, Louisiana (λειτουργεί από την CMS Energy), Everett, Massachusetts (λειτουργεί από SUEZ μέσω της θυγατρικής τους Distrigas), Elba Island, Georgia (λειτουργεί από το El Paso Energy), και Cove Point, Maryland (λειτουργεί από Dominion Energy).

Το 1971 η Kvaerner Moss, αναπτύσσει με μέγεθος 88km³ το σφαιρικό σύστημα δεξαμενών.

Το 1973 κατασκευάζεται το πρώτο πλοίο με σφαιρικές δεξαμενές το Norman Lady.

Το 1975 ο πλοίο Ben Franklin γαλλικής κατασκευής υπερβαίνει τα 100km³ φτάνοντας τα 120km³ σε μέγεθος.

¹⁵ www.oilandgasuk.co.uk/glossary.cfm

Μετά την κορύφωση του όγκου παραλαβής των 253bcf (δισεκατομμύρια κυβικά πόδια) το 1979, που αντιπροσώπευαν το 1,3% της ζήτησης φυσικού αερίου των ΗΠΑ, οι εισαγωγές LNG μειώθηκαν εξ' αιτίας του πλεονάσματος φυσικού αερίου στη Βόρεια Αμερική καθώς και τις διαφορές των τιμών που σημειώθηκαν με την Αλγερία, το μοναδικό πάροχο υγροποιημένου φυσικού αερίου για τις ΗΠΑ εκείνη την εποχή.

Πίνακας 3: Συνοπτικός πίνακας ιστορικού υγροποιημένου φυσικού αερίου

1873: Karl von Linde κατασκεύασε το πρώτο πρακτικό μηχάνημα συμπιεστή ψύξης
1912: Πρώτος σταθμός ΥΦΑ χτίζεται στη Δυτική Βιρτζίνια
1914: Godfrey Cabot με μια φορηγίδα μεταφέρει υγροποιημένο φυσικό αέριο αποδεικνύοντας ότι οι πλωτές μεταφορές είναι τεχνικά εφικτές
1959: Το Methane Pioneer, μετατρέπεται σε φορηγό πλοίο, φέρει 5km ³ Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου μεταξύ Lake Charles και το Ηνωμένο Βασίλειο αποδεικνύοντας σκοπιμότητα των πλωτών μεταφορών
1960: Το πρώτο εργοστάσιο υγροποίησης φυσικού αερίου στο Arzew της Αλγερίας για μεταφορά ΥΦΑ σε Ηνωμένο Βασίλειο και Γαλλία.
1964: Methane Princes και Methane Progress μεταφέροντας 27,4 km ³ , θα γίνουν τα πρώτα εμπορικά σκάφη ΥΦΑ, όπου λειτουργούν μεταξύ της Αλγερίας και Ηνωμένου Βασιλείου
1969: Gas Transport membrane system vessel τα πρώτα πλοία με σύστημα μεμβράνης είναι τα Polar Alaska και Arctic Tokyo με 71.5km ³ , αρχίζουν την μεταφορά ΥΦΑ από την Αλάσκα στο Τόκιο
1971: Kvaerner Moss, αναπτύσσει 88km ³ σφαιρικό σύστημα δεξαμενών 1971-1980: Τέσσερις θαλάσσιοι τερματικοί σταθμοί χτίστηκαν στις Ηνωμένες Πολιτείες
1973: Κατασκευάζεται το πρώτο πλοίο με σφαιρικές δεξαμενές το Norman lady
1975: Το πλοίο Ben Franklin γαλλικής κατασκευής υπερβαίνει τα 100 km ³ φτάνοντας τα 120km ³ σε μέγεθος
1979: Συγκροτείται η Society of International Gas Tanker and Terminal Operators (SIGTTO) η Διεθνής Ένωση Πλοιοκτητών Μεταφοράς Αερίου και Διαχειριστών Τερματικών Σταθμών για την προώθηση της ασφαλούς και αξιόπιστης λειτουργίας των δεξαμενόπλοιων μεταφοράς αερίου και τερματικών σταθμών
1993: Polar Eagle και Arctic Sun , 83.5km ³ , με IHI πρισματικό σύστημα συγκράτησης ξεκινούν τις μεταφορές από την Αλάσκα στο Τόκιο / IHI SPB Self Supporting Prismatic IMO Type B)

1.3 Φυσικό αέριο – Διαχωρισμός από άλλα καύσιμα

Το φυσικό αέριο, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ένα ορυκτό καύσιμο (μίγμα υδρογονανθράκων) όπως είναι και το πετρέλαιο, το οποίο όμως αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH₄).

Στην ενότητα αυτή θα δούμε την διαφορά που έχει από άλλα ορυκτά καύσιμα όπως είναι το πετρέλαιο και το υδροποιημένο αέριο πετρελαίου LPG

Το πετρέλαιο, είναι μείγμα υδρογονανθράκων (που όμως περιέχει και αρκετούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες), είναι παχύρευστο, μαύρο ή βαθύ καφετί ή πρασινωπό ελαιώδες υγρό ορυκτό καύσιμο που αποτελείται κυρίως από υδρογονάνθρακες (ενώσεις άνθρακα και υδρογόνου που σε κανονικές θερμοκρασίες και πιέσεις μπορεί να είναι αέριες, υγρές ή στερεές, ανάλογα με την πολυπλοκότητα των μορίων τους) που βρίσκονται συγκεντρωμένοι σε διάφορα βάθη, κάτω από το έδαφος ή τη θάλασσα, με χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή, αδιάλυτο στο νερό και ελαφρύτερο από αυτό¹⁶. Ο γεωλόγος Ποτονιέ ξεκίνησε να δέχεται πως το πετρέλαιο είναι προϊόν αποσύνθεσης ζωικών και φυτικών οργανισμών που εγκλείστηκαν μέσα στα πετρώματα¹⁷ σε μεγάλο βάθος στη Γη. Τα λείψανα αυτών των οργανισμών παρασύρθηκαν από θαλάσσια ρεύματα και ανέμους και συγκεντρώθηκαν κατά μεγάλες ποσότητες στους πυθμένες θαλασσιών λεκανών (κόλπων, λιμνοθαλασσών κ.τ.λ.). Οι λεκάνες αυτές στη συνέχεια από διάφορες αναστατώσεις της επιφάνειας της Γης αποκλείστηκαν και καταχώθηκαν. Έτσι, εκ του αποκλεισμένου αυτού οργανικού υλικού προέκυψε με αποσύνθεση, υπό την επίδραση αναερόβιων βακτηρίων, το πετρέλαιο. Αναφλέγεται πολύ εύκολα. Αποστάζεται μεταξύ 40° και 360° και δίνει μία σειρά προϊόντα. Η χρήση του πετρελαίου είναι επιβαρυντική για το περιβάλλον. Δημιουργεί αιθαλομίχλη στις πόλεις και είναι επίσης ένα σημαντικός παράγοντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Η πετρελαϊκή ρύπανση στον ωκεανό είναι ταυτόχρονα και από τις πιο διευρυμένες. Στην εποχή μας είναι ένα από τα βασικότερα καύσιμα και η σημαντικότερη πηγή ενέργειας.

Πίνακας 4: Στοιχειακή ανάλυση πετρελαίου

Στοιχεία	Περιεκτικότητα (% κ. β.)
Άνθρακας	83,90 – 86,80
Υδρογόνο	11,40 – 14,00
Θείο	0,06 – 8,00
Άζωτο	0,11 – 1,70
Οξυγόνο	0,50
Μέταλλα (Fe, V, Ni, κλπ.)	0,03

Πηγή: Δ.Ε.Π.Α

¹⁶ www.livepedia.gr/ / www.chemeng.ntua.gr

¹⁷ www.el.wikipedia.org

Το υγραέριο ή LPG (Liquefied Petroleum Gas), δεν πρέπει να συγχέεται με το φυσικό αέριο καθώς δεν πρέπει να συγχέεται με το υγροποιημένο φυσικό αέριο LNG. Το υγραέριο (LPG) προέρχεται είτε από το αργό πετρέλαιο είτε από ξήρανση φυσικού αερίου σε ποσοστά 40% και 60% αντίστοιχα. Ως βασικά συστατικά του έχει το προπάνιο (C₃H₈) και το βουτάνιο (C₄H₈) υγροποιείται δε σε υψηλότερες θερμοκρασίες (μεταξύ -5 και 55 βαθμών Κελσίου) απ' ό τι υγροποιείται το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Η αναλογία προπανίου-βουτανίου μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την εποχή, δηλαδή πιο πολύ προπάνιο το χειμώνα, πιο πολύ βουτάνιο το καλοκαίρι. Συνήθως προστίθεται σε μικρή αναλογία κάποιο συστατικό με πολύ ισχυρή οσμή ώστε να είναι εύκολα ανιχνεύσιμες τυχόν διαρροές. Είναι ένα ιδιαίτερα εύφλεκτο προϊόν (όπως όλοι οι υδρογονάνθρακες) και επιπλέον όταν είναι υγροποιημένο υπό πίεση υπάρχει ο κίνδυνος έκρηξης από απότομη εκτόνωση. Ως εκ τούτου, ισχύουν αυστηρές προδιαγραφές και κανονισμοί για τον χειρισμό, αποθήκευση και διάθεση του. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο, και θεωρείται πιο "καθαρό" από τους υγρούς υδρογονάνθρακες διότι έχει μεγαλύτερη αναλογία υδρογόνου-άνθρακα και άρα μικρότερες εκπομπές CO₂¹⁸. Σε περίπτωση αστοχίας αποθήκευσης ή ατυχήματος μιας σοβαρής διαρροής, μπορεί η πίεση εντός του δοχείου να εξισωθεί με την ατμόσφαιρα και να έχουμε έκρηξη. Δεν χρειάζεται ανάφλεξη για να γίνει έκρηξη. Αρκεί η απότομη ατμοποίηση του υγρού.

Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο δημιουργείται από το φυσικό αέριο υγροποιημένο με ψύξη σε ατμοσφαιρική πίεση κοντά στους -160°C (260°F). Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνεται μια τυπική κατ' όγκο σύσταση υγροποιημένου φυσικού αερίου. Η σύσταση του υγροποιημένου φυσικού αερίου διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

Πίνακας 5: Συστατικά LNG ανάλογα με τη γεωγραφική του θέση

LNG COMPOSITION (Mole Percent)					
Source	Methane	Ethane	Propane	Butane	Nitrogen
Alaska	99.72	0.06	0.0005	0.0005	0.20
Algeria	86.98	9.35	2.33	0.63	0.71
Baltimore Gas & Electric	93.32	4.65	0.84	0.18	1.01
New York City	98.00	1.40	0.40	0.10	0.10
Sand Diego Gas & Electric	92.00	6.00	1.00	-	1.00
Source: <i>Liquid Methane Fuel Characterization and Safety Assessment Report. Cryogenic Fuels Inc. Report No. CFI-1600, Dec. 1991</i>					

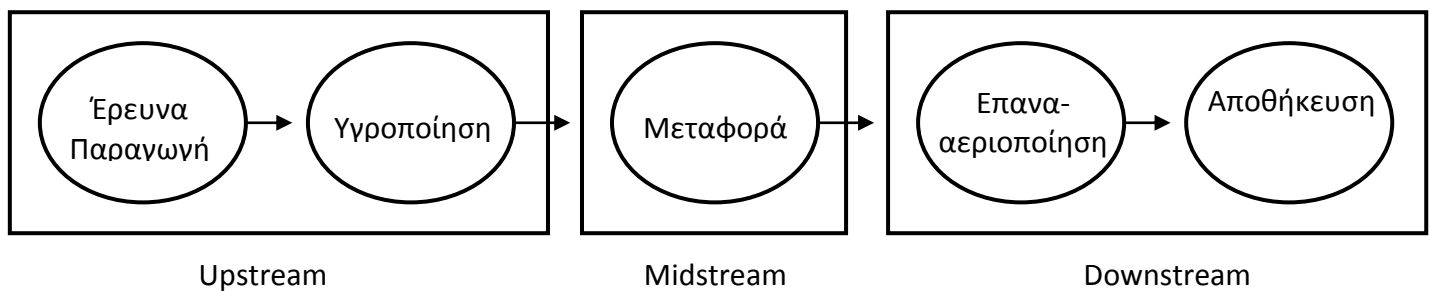
¹⁸ www.wikipedia.org / www.allaboutgas.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ LNG

2.1 Εισαγωγή

Η διαδικασία παραγωγής του υγροποιημένου φυσικού αερίου περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

Σχήμα 1: Εφοδιαστική αλυσίδα



Εικόνα 2: Εφοδιαστική αλυσίδα

The Global LNG Supply (Value) Chain



Το αέριο εντοπίζεται και εξορύσσεται πρώτα, μετά, ή μεταφέρεται σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας/παραγωγής, ή επεξεργάζεται/παράγεται στα σημεία εξόρυξης όπου καθαρίζεται και απομακρύνονται τυχόν συμπυκνώματα όπως νερό, πετρέλαιο, λάσπη, καθώς και άλλα αέρια όπως το CO₂ και H₂S. Στην ίδια αλυσίδα επεξεργασίας, για να έχουμε υγροποιημένο φυσικό αέριο, είναι σχεδιασμένο και αφαιρούνται ίχνη υδραργύρου από το αέριο για την πρόληψη αμαλγάμωσης του υδραργύρου με το αλουμίνιο για τους κρυογενικούς εναλλάκτες θερμότητας. Το αέριο στη συνέχεια ψύχεται σταδιακά, μέχρι να υγροποιηθεί και να παραχθεί το ΥΦΑ/ LNG. Το LNG τελικά αποθηκεύεται σε δεξαμενές αποθήκευσης και μπορεί να φορτωθεί στα ειδικά κατασκευασμένα δεξαμενόπλοια και να αποσταλεί προς τις εισαγωγικές χώρες.

Η εφοδιαστική αλυσίδα (“value” or “supply” chain) του ΥΦΑ/LNG αποτελείται από τέσσερα στενά συνδεδεμένα και αλληλοεξαρτώμενα τμήματα. Την εξερεύνηση, εξόρυξη και παραγωγή, την υγροποίηση και την μεταφορά με πλοία από το σημείο υγροποίησης στον τελικό προορισμό παραλαβής, την αποθήκευση και επαναεριοποίηση απ’ όπου και θα πάει στον τελικό προορισμό, δηλαδή τον καταναλωτή.

Στην αγγλική χρησιμοποιείται ο όρος "αξία"¹⁹ "value", επειδή σε κάθε στάδιο γίνονται επενδύσεις για να λάβει το φυσικό αέριο από μη χρησιμοποιήσιμη κατάσταση του σε εκείνη κατά την οποία μπορεί να επιτευχθεί η βέλτιστη χρήση του ως μια «κρίσιμη» ενέργεια καυσίμων.

Το πρώτο στάδιο στην αλυσίδα ΥΦΑ/LNG είναι αυτό της εξερεύνησης, εξόρυξης και παραγωγής. Η δραστηριότητα της εξερεύνησης και εξόρυξης κυμαίνεται από την πιθανή εύρεση πόρων φυσικού αερίου (προοπτική).

Κατά το δεύτερο στάδιο, το στάδιο της υγροποίησης, οι μολυσματικοί παράγοντες που βρίσκονται στην παραγωγή του φυσικού αερίου πρέπει απομακρυνθούν ώστε να αποφύγουμε το πάγωμα με αυτούς οι οποίοι θα βλάψουν τον εξοπλισμό όταν το αέριο ψύχεται σε θερμοκρασία ΥΦΑ/LNG και οι οποίοι πρέπει να πληρούν τις προδιαγραφές του αγωγού στο σημείο παράδοσης. Η μέθοδος υγροποίησης μπορεί να σχεδιαστεί για να καθαρίσει το ΥΦΑ/LNG σε σχεδόν 100% μεθάνιο.

Στο τρίτο στάδιο, το στάδιο της μεταφοράς του ΥΦΑ/LNG, όπου δεν δύναται να γίνει η μεταφορά με αγωγούς υψηλής πίεσης και σε μεγάλες αποστάσεις όπως αυτοί της Βορείου Αμερικής, γίνεται με πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου.

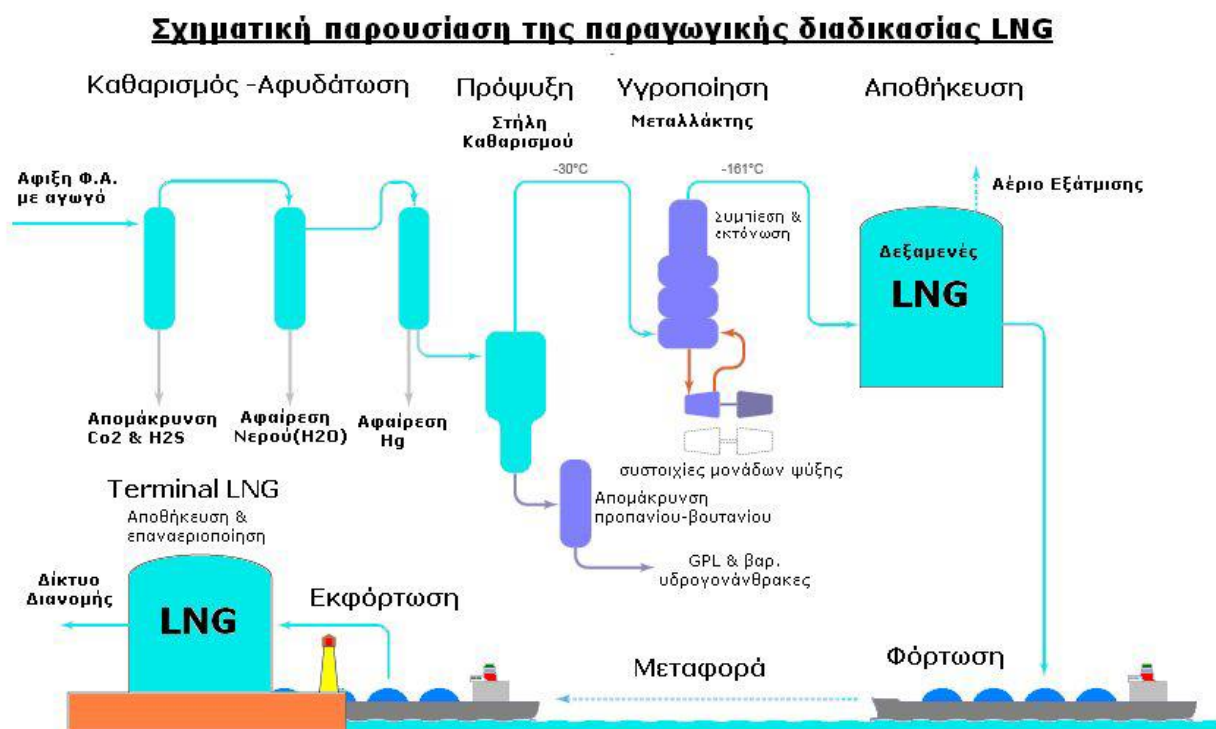
Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο, αυτό της αποθήκευσης και επαναεριοποίησης, το φυσικό αέριο αποθηκεύεται σε ειδικά διαμορφωμένες και κατασκευασμένες κρυογενικές εγκαταστάσεις με σκοπό να διατηρείται υγροποιημένο και να καταλαμβάνει μικρότερο όγκο. Στη συνέχεια γίνεται επαναεριοποίηση του για μεταφορά με αγωγούς στους οικιακούς και εμπορικούς καταναλωτές από τις επιχειρήσεις διανομής.

¹⁹ The Global LNG “value” Chain



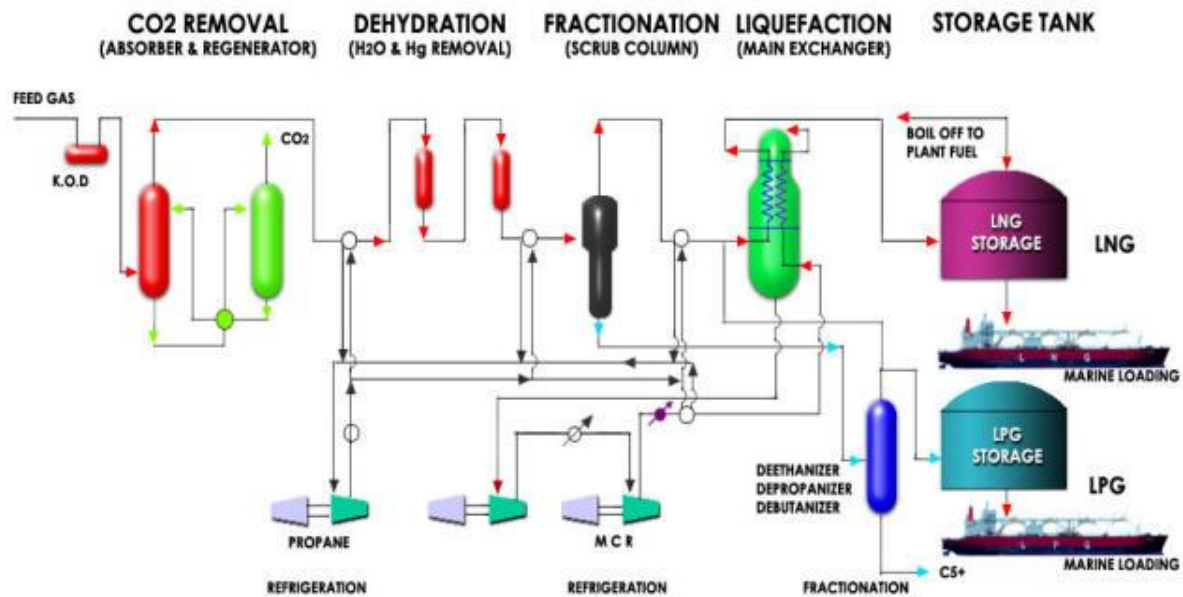
Τα σχήματα που ακολουθούν (Σχήμα 2 και 3) μας δείχνουν την παραγωγική διαδικασία του LNG

Σχήμα 2: Σχηματική παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας LNG



Πηγή: Μονάδα Οικονομικής Ανάλυσης & Αγορών της Τράπεζας Πειραιώς

Σχήμα 3: Σχηματική παρουσίαση της παραγωγικής διαδικασίας LNG/LPG



Πηγή: <http://badaklng.co.id>

2.2 Μέθοδοι εντοπισμού του Φυσικού αερίου

Ο εντοπισμός του φυσικού αερίου σε ξηρά και θάλασσα δεν γίνεται σήμερα με τον ίδιο τρόπο που γινόταν παλαιότερα. Η ανάγκη του ανθρώπου και η ζήτηση για ορυκτά καύσιμα, δημιούργησαν νέες και πιο ακριβείς μεθόδους για τον εντοπισμό του φυσικού αερίου. Η βιομηχανική εξέλιξη και οι προηγμένες τεχνολογίες έφεραν, όπως ήταν αναμενόμενο, νέες μεθόδους για τον ακριβή εντοπισμό μεγάλων κοιτασμάτων φυσικού αερίου στις υποθαλάσσιες περιοχές.

Οι γεωλόγοι είναι οι επιστήμονες που ερευνούν και εξετάζουν την υποθαλάσσια δομή και καθορίζουν τις περιοχές όπου πιθανότατα υπάρχουν αποθέσεις φυσικού αερίου. Αφού καθοριστεί, κατά ένα μεγάλο ποσοστό, ότι στην περιοχή δύναται να υπάρχει φυσικό αέριο, γίνονται δοκιμές όπου επιτρέπουν την ακριβέστερη χαρτογράφηση της τοποθεσίας δεξαμενών φυσικού αερίου.

Η σεισμολογία είναι εκείνη που βοήθησε ουσιαστικά τους επιστήμονες στον εντοπισμό, και πριν την εξόρυξη αμέσως μετά τον εντοπισμό, του φυσικού αερίου. Οι

γεωφυσικοί, χρησιμοποιούν πλοία για να πάρουν τα σεισμικά δεδομένα από τα σεισμικά κύματα κάτω από το νερό. Τα πλοία αυτά, είναι εξοπλισμένα με υδροφώνα που ρυμουλκούνται πίσω από τα σκάφη σε διάφορα σχήματα ανάλογα με τις ανάγκες των γεωφυσικών για τον προσδιορισμό του ακριβούς σημείου εξόρυξης από το βυθό της θάλασσας. Τα πλοία είναι επίσης εξοπλισμένα και χρησιμοποιούν πιστόλια πεπιεσμένου αέρα που απελευθερώνουν ριπές πεπιεσμένου αέρα κάτω από το νερό δημιουργώντας τα σεισμικά κύματα τα οποία μπορούν να ταξιδέψουν μέσα από το φλοιό της Γής και τα οποία παράγουν σεισμικές αντανάκλασεις που είναι αναγκαίες.

Στην εικόνα 3²⁰, ένα ωκεανογραφικό πλοίο που χρησιμοποιεί σεισμικά σήματα εκπεμπόμενα από ένα array sonar (τα μεγάφωνα είναι τα πιστόλια πεπιεσμένου αέρα – 2^η φωτογραφία κάτω δεξιά-). Οι ήχοι που παράγουν συλλέγονται από υδρόφωνα (μικρόφωνα) που τα ακολουθούν πίσω τους μέσα στη θάλασσα. Μετά από επεξεργασία των σκευαζόμενων ήχων/σημάτων σε υπολογιστή λαμβάνονται δισδιάστατες ή τρισδιάστατες απεικονίσεις του βυθού, όπως αυτή της 3^{ης} φωτογραφίας κάτω αριστερά.

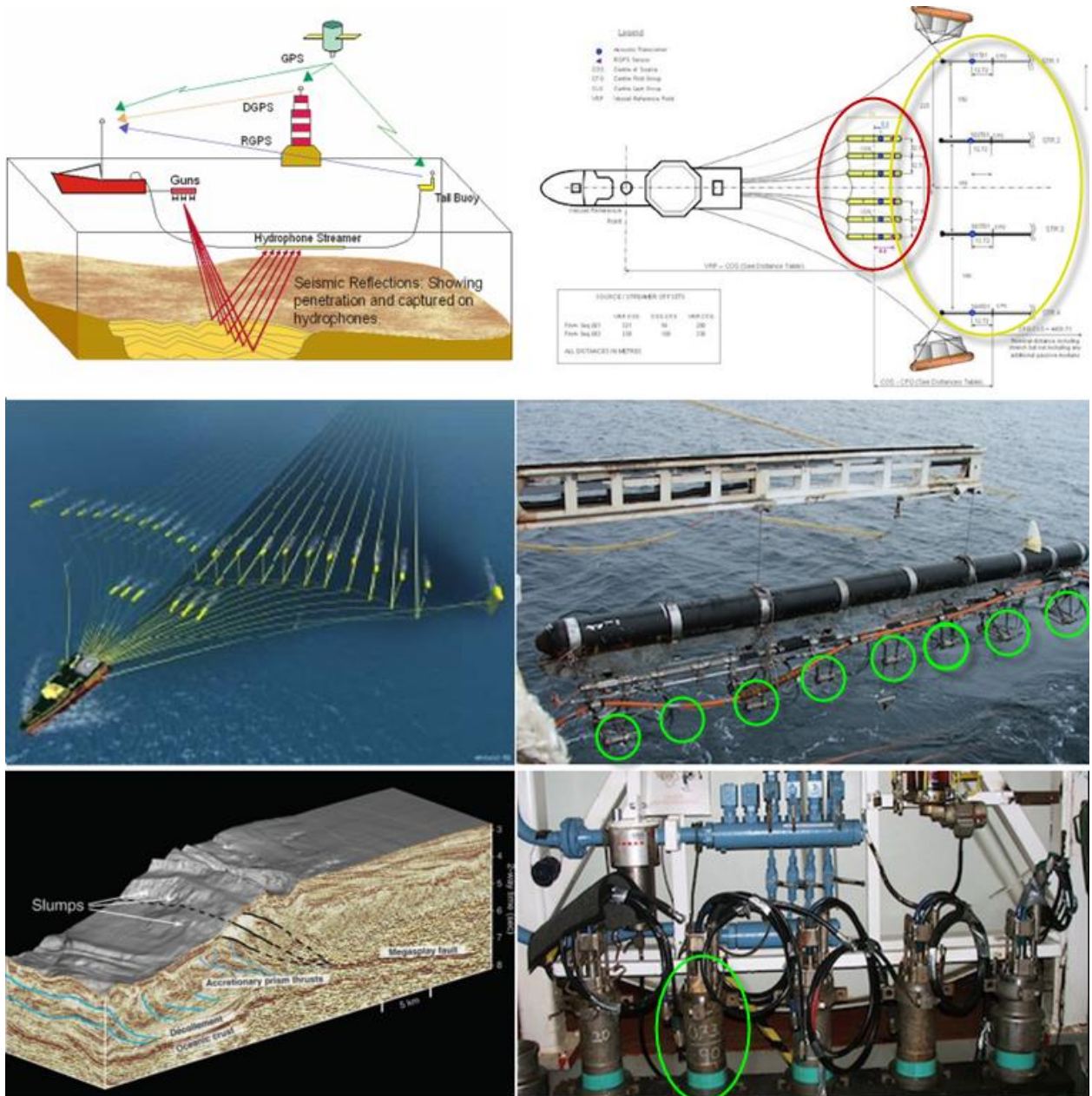
Ισχυρά σόναρ φέρουν πολλά είδη πλοίων π.χ. ωκεανογραφικά, φαινοθηρικά, ειδικά υποβρύχια χαρτογράφησης βυθού, όπως και πολλά είδη πολεμικών π.χ. φρεγάτες και υποβρύχια.

Υπενθυμίζεται, ότι το φυσικό αέριο θεωρείται βιολογικά αδρανές. Μια πιθανή διαρροή του, κατά την άντληση από ένα κοιτάσμα θα προκαλούσε μεγάλο πρόβλημα στην πανίδα της περιοχής.

²⁰Πηγή: <https://justiceforgreece.worldpress.com>

Εικόνα 3: Φωτογραφίες συστημάτων εντοπισμού φυσικού αερίου

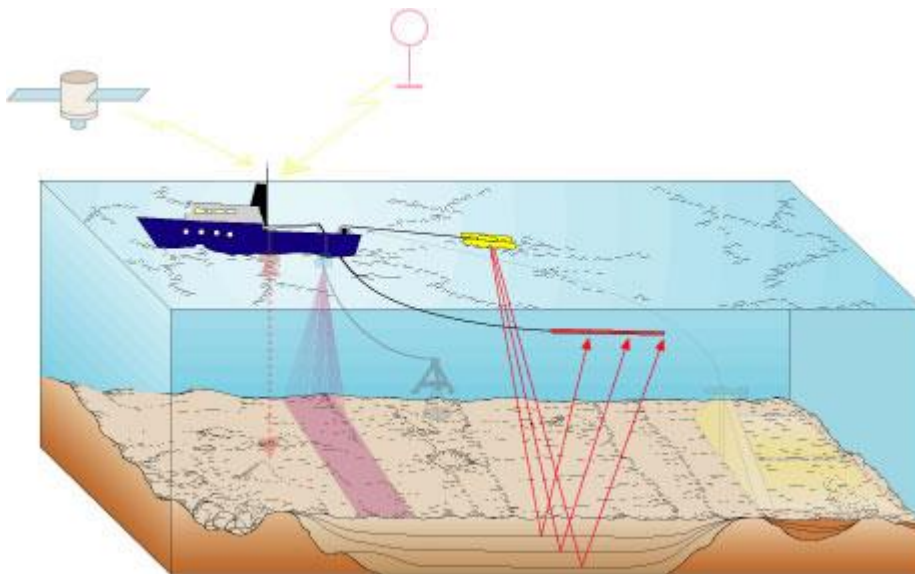
Ωκεανογραφικό πλοίο που χρησιμοποιεί σεισμικά σήματα εκπεμπόμενα από ένα array sonar. Στις φωτογραφίες βλέπουμε τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την εύρεση φυσικού αερίου.



Πηγή: justiceforgreece.worldpress.com

Στην εικόνα 4 βλέπετε πως γίνεται η χαρτογράφηση του βυθού της θάλασσας με σεισμικά κύματα προερχόμενα από διάφορα είδη sonar τοποθετημένα πάνω σε ένα πλοίο με GPS, που κινείται διαγράφοντας την υπό εξέταση περιοχή έρευνας.

Εικόνα 4: Χαρτογράφηση του βυθού της θάλασσας με σεισμικά κύματα



Πηγή: justiceforgreece.wordpress.com

Οι πιο χρησιμοποιούμενες σεισμικές απεικονίσεις είναι:

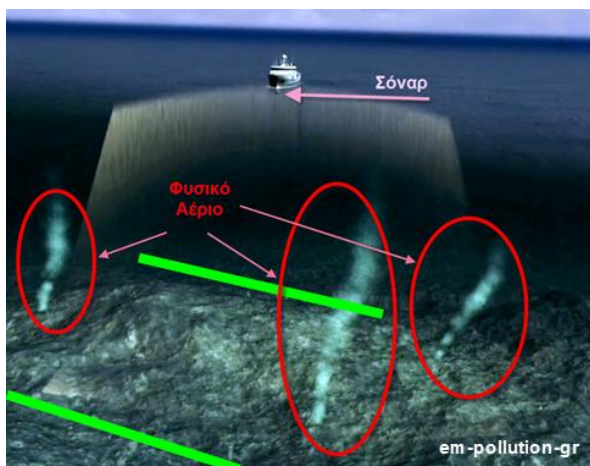
A. Μια από τις μεγαλύτερες ανακαλύψεις με τη βοήθεια υπολογιστή ήταν η ανάπτυξη της σεισμικής απεικόνισης σε τρεις διαστάσεις (3D). Η τρισδιάστατη απεικόνιση χρησιμοποιεί ένα πεδίο σεισμικών δεδομένων για να δημιουργήσει μια τρισδιάστατη «εικόνα» των υπόγειων σχηματισμών και των γεωλογικών χαρακτηριστικών. Αυτό, στην ουσία, επιτρέπει στους γεωφυσικούς και τους γεωλόγους να έχουν μια σαφή εικόνα για τη σύνθεση του φλοιού της Γης σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η τεχνολογία αυτή υπήρξε εξαιρετικά επιτυχής όσον αφορά την αύξηση του ποσοστού επιτυχίας των προσπαθειών εξερεύνησης. Στην πραγματικότητα, χρησιμοποιώντας την τρισδιάστατη σεισμική απεικόνιση, έχει εκτιμηθεί πως αυξάνει την πιθανότητα επιτυχούς προσδιορισμού κοιτάσματος κατά 50%.

Αν και αυτή η τεχνολογία είναι πολύ χρήσιμη, είναι επίσης πολύ δαπανηρή. Η τρισδιάστατη σεισμική απεικόνιση μπορεί να κοστίσει εκατοντάδες χιλιάδες δολάρια ανά τετραγωνικό μίλι. Η γενιά των τρισδιάστατων εικόνων απαιτεί δεδομένα που πρέπει να συλλέγονται από αρκετές χιλιάδες περιοχές, σε αντίθεση με των δύο διαστάσεων απεικόνιση, η οποία απαιτεί μόνο μερικές εκατοντάδες σημεία δεδομένων. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι πολύ πιο περίπλοκη και παρατεταμένη διαδικασία. Συνεπώς, είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες τεχνικές εξερεύνησης. Για παράδειγμα, γεωφυσικοί μπορεί να χρησιμοποιήσουν δύο διαστάσεων απεικόνιση για την εξέταση γεωλογικών

χαρακτηριστικών, για να καθοριστεί εάν υπάρχουν πιθανότητες παρουσίας φυσικού αερίου. Μόλις χρησιμοποιούνται αυτές οι βασικές τεχνικές, η τρισδιάστατη σεισμική απεικόνιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε εκείνες τις περιοχές που εμφανίζουν υψηλές πιθανότητες στην παρουσία κοιτασμάτων. Η τρισδιάστατη σεισμική απεικόνιση έχει γίνει ένα εξαιρετικά σημαντικό εργαλείο για την αναζήτηση φυσικού αερίου. Μέχρι το 1980, μόνο 100 τρισδιάστατες σεισμικές απεικονιστικές εξετάσεις είχαν πραγματοποιηθεί. Ωστόσο, από τα μέσα της δεκαετίας του 1990, 200 με 300 τρισδιάστατες σεισμικές έρευνες διεξάγονταν κάθε χρόνο. Το 1996, μία από τις μεγαλύτερες περιοχές παραγωγής φυσικού αερίου στις Η.Π.Α στον Κόλπο του Μεξικού, βασίστηκαν σε τρισδιάστατα σεισμικά στοιχεία και το 80% των γεωτρήσεων έγιναν βάση αυτών.

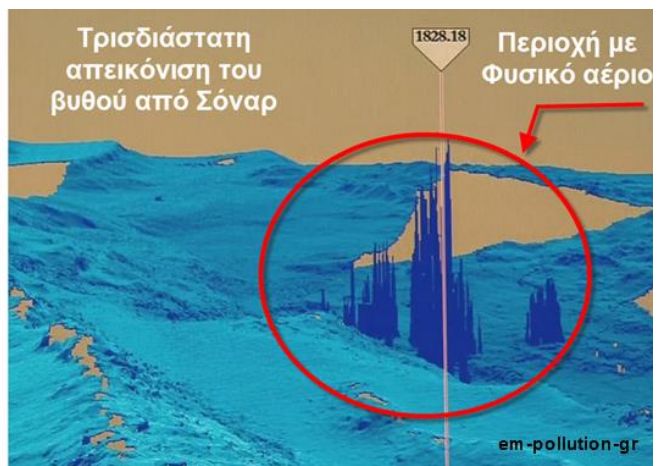
Στην εικόνα 5 φαίνεται ωκεανογραφικό πλοίο πολλαπλών χρήσεων να ερευνά για «ηφαίστεια του βυθού» δηλαδή πηγές φυσικού αερίου μέσα στη θάλασσα με τη βοήθεια ενός σόναρ. Στην εικόνα 6, φαίνεται ένας χάρτης του βυθού σε τρισδιάστατη απεικόνιση με τη βοήθεια ενός τέτοιου σόναρ και του κατάλληλου λογισμικού. Μελέτη τέτοιων χαρτών μαζί με αναλύσεις πετρωμάτων και μικροοργανισμών οδηγούν σε γεωτρήσεις για ανίχνευση κοιτασμάτων φυσικού αερίου.

Εικόνα 5: «Ηφαίστεια του βυθού»



Πηγή: justiceforgreece.wordpress.com

Εικόνα 6: Χάρτης βυθού από σόναρ



Β. Η σεισμική απεικόνιση δύο διαστάσεων (2D) με τη βοήθεια υπολογιστή περιλαμβάνει τη δημιουργία μίας εικόνας της υπόγειας γεωλογίας. Ωστόσο, με τη βοήθεια της τεχνολογίας των υπολογιστών, είναι δυνατόν να παράγουν περισσότερους λεπτομερείς χάρτες πιο γρήγορα από ότι με την παραδοσιακή μέθοδο. Επιπλέον, είναι δυνατόν να χρησιμοποιούν χρωματιστές γραφικές απεικονίσεις που παράγονται από έναν υπολογιστή για

να τονίσουν γεωλογικά χαρακτηριστικά που μπορεί να μην είναι εμφανή με τη χρήση παραδοσιακών σεισμικών μεθόδων απεικονίσεων δύο διαστάσεων.

Ενώ η σεισμική απεικόνιση δύο διαστάσεων είναι λιγότερο πολύπλοκη και λιγότερο λεπτομερής από την τρισδιάστατη απεικόνιση, πρέπει να σημειωθεί ότι οι τρισδιάστατες απεικονιστικές τεχνικές αναπτύχθηκαν πριν από τις τεχνικές των δύο διαστάσεων. Η απλούστερη τεχνική απεικόνισης των δύο διαστάσεων ήταν στην πραγματικότητα μια επέκταση της τρισδιάστατης τεχνικής και όχι το αντίστροφο. Επειδή η απεικόνιση δύο διαστάσεων είναι απλούστερη, είναι και πολύ φθηνότερη και πιο εύκολα και γρήγορα εκτελείται από την τρισδιάστατη απεικόνιση. Εξαιτίας αυτού, η τεχνική απεικόνισης των δύο διαστάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιοχές που είναι πιθανό να περιέχουν κοιτάσματα φυσικού αερίου, αλλά δεν είναι πιθανό ώστε να δικαιολογούν το μεγάλο κόστος και το χρόνο που απαιτείται από την τεχνική της τρισδιάστατης απεικόνισης.

2.3 Εξόρυξη φυσικού αερίου

2.3.1 Εξόρυξη γενικά



Το φυσικό αέριο έχει προκαλέσει θα λέγαμε αμηχανία στους ανθρώπους κατά την αρχαιότητα οι οποίοι το λάτρεψαν ως θεϊκό μήνυμα ή το φοβήθηκαν ως μια υπερφυσική εκδήλωση διότι έβγαινε από μια ρωγμή της γης και αναφλέγονταν με τον κεραυνό. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν οι μύθοι και οι προκαταλήψεις γι' αυτό.

Σήμερα, καλούνται οι επιστήμονες (γεωλόγοι και γεωφυσικοί) να εντοπίσουν το φυσικό αέριο σε θάλασσα και ξηρά με τη βοήθεια της τεχνολογίας και τεχνογνωσίας και να βρίσκουν με ακρίβεια τα σημεία στα οποία είναι συσσωρευμένο το φυσικό αέριο. Ψάχνουν με τις καλύτερες τεχνικές μεθόδους εντοπισμού φυσικού αερίου οι οποίες θα φέρουν σίγουρο αποτέλεσμα στην εταιρεία όπου επιθυμεί να κάνει εξόρυξη. Μόλις αυτό εντοπιστεί γίνεται η μελέτη για την εξόρυξη του. Στη συνέχεια για την κινητοποίηση του οικονομικού κεφαλαίου

και την υποστήριξη γεωτρήσεων, άντλησης και την ανάπτυξη του πεδίου ως την τελική παραγωγή, το τμήμα εξερεύνησης και εξόρυξης, ενσωματώνει το «γεωλογικό κίνδυνο» δηλαδή την πιθανότητα ότι οι πόροι φυσικού αερίου σε μια περιοχή ενδιαφέροντος, είτε δεν υπάρχουν ή υπάρχουν σε ποσότητες που οι συνθήκες κάτω από την επιφάνεια δεν ευνοούν εμπορικά μία επιτυχημένη εκμετάλλευση.

Εάν τελικά, τούτο βρεθεί, η μελέτη κατά κύριο λόγο αρχίζει από την εξέδρα γεώτρησης ή την πλατφόρμα γεώτρησης και ακολουθείται με τη χρήση των αγωγών και την πρόληψη μέτρων για μια ασφαλή εξόρυξη χωρίς κινδύνους. Αμέσως μετά, αναλαμβάνει μια ομάδα εμπειρογνομόνων γεώτρησης να σκάψει, όπου το φυσικό αέριο θεωρείται ότι υπάρχει. Η βιομηχανία έχει αναπτύξει μια σειρά από καινοτόμες τεχνικές που μειώνουν το κόστος, σε σχέση με παλαιότερα, και αυξάνουν την αποτελεσματικότητα της γεώτρησης για φυσικό αέριο.

Η ομάδα των γεωφυσικών είναι εκείνη που θα προσδιορίσει την θέση όπου θα μπει το τρυπάνι. Μετά, η εταιρεία γεωτρήσεων θα πάρει τα προσήκοντα μέτρα, τις άδειες που υποχρεούνται να πάρουν ώστε να είναι καθ' όλα νόμιμη η γεώτρηση. Αν και τούτο κατά μια πρώτη ματιά φαίνεται απλό, το να λάβεις μια άδεια για γεώτρηση δεν είναι και τόσο εύκολο. Ίσως παλαιότερα να ήταν δυνατό καθότι δεν υπήρχαν τόσα μέτρα πρόληψης όσα υπάρχουν σήμερα. Σήμερα για να δοθεί άδεια γεώτρησης πρέπει να υπάρχουν όλες οι απαιτούμενες προδιαγραφές που ζητά τόσο η Ε.Ε όσο και η Ναυτιλιακή Πολιτική και το θεσμικό της πλαίσιο γενικότερα. Δεν δύναται γεώτρηση χωρίς να υπάρχουν οι υποδομές, οι χρόνοι, οι απαιτήσεις για την ασφάλεια των εργαζομένων και την προστασία του περιβάλλοντος.

Από το θαλάσσιο υπέδαφος αντλούνται σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου, οι οποίες αντιπροσωπεύουν πάνω από 25% της παγκόσμιας παραγωγής. Επίσης από τον πυθμένα των θαλασσών και ωκεανών γίνεται εξόρυξη και άλλων πολύτιμων μεταλλευμάτων όπως φώσφορο και νικέλιο. Γενικά, οι θαλάσσιοι ορυκτοί πόροι είναι πολύ περισσότεροι από εκείνους που εκμεταλλευόμαστε μέχρι τώρα.

Οι γεωτρήσεις για φυσικό αέριο σε ξηρά δε φέρουν τόσες δυσκολίες όσο οι γεωτρήσεις στη θάλασσα (Υπεράκτιες Γεωτρήσεις) αν και χρησιμοποιούνται γεωτρήματα ίδιου περιόδου τύπου. Για να γίνει μια υπεράκτια γεώτρηση θα πρέπει να υπάρχει η πλωτή εξέδρα εξόρυξης ή πλατφόρμα εξόρυξης οι οποίες κοστίζουν πολλά εκατομμύρια δολάρια σαν κατασκευή. Οι πλατφόρμες αυτές είναι σχεδιασμένες και κατασκευασμένες για το σκοπό

αυτό και ελέγχονται τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά την λειτουργία τους από τους Νηογνώμονες.

Η πρώτη υπεράκτια πλατφόρμα σε ρηχά νερά κατασκευάστηκε το 1868 και από τότε έως σήμερα ως βασική κατασκευή δεν έχουν αλλάξει. Η γεώτρηση ανοικτής θαλάσσης χρονολογείται ήδη από το 1869, όταν χορηγήθηκε στον TF Rowland δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη σχεδίαση της υπεράκτιας εξέδρας γεώτρησης πετρελαίου. Η εξέδρα είχε σχεδιαστεί να λειτουργεί σε πολύ ρηχά νερά, αλλά η αγκυροβόληση σε τετράποδο πύργο φέρει μεγάλη ομοιότητα με τις σύγχρονες υπεράκτιες εξέδρες. Ήταν λίγο μετά το Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο όταν η πρώτη υπεράκτια εξέδρα δε φαινόταν από την ακτή στον Κόλπο του Μεξικού το 1947. Από τότε, η υπεράκτια παραγωγή, ιδίως στον Κόλπο του Μεξικού, έχει οδηγήσει στην ανακάλυψη και την παράδοση ενός μεγάλου αριθμού μεγάλων κοιτασμάτων φυσικού αερίου.

Αυτή η τεχνητή πλατφόρμα μπορεί να λάβει πολλές μορφές, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της γεώτρησης, συμπεριλαμβανομένου πόσο μακριά (σε βάθος) είναι ο στόχος της γεώτρησης.

Η σημαντικότερη και σπουδαιότερη αλλαγή είναι ότι τα πάντα πλέον ελέγχονται από τους υπολογιστές και σε άλλες εφαρμογές η ρομποτική έχει πάρει ουσιαστικά τη θέση του ανθρώπου.

Η πρώτη και σε βαθιά νερά γεώτρηση για εξόρυξη φυσικού αερίου, έγινε στον Κόλπο του Μεξικό το 1947. Από τότε έως και σήμερα οι υπεράκτιες γεωτρήσεις γίνονται σε διάφορα μέρη του κόσμου.

Οι υπεράκτιες γεωτρήσεις που πραγματοποιούνται, απαιτούν ένα καλοσχεδιασμένο πρόγραμμα εξόρυξης. Εξ' αιτίας του γεγονότος ότι γίνονται στη θάλασσα και σε πολύ μεγάλα βάθη, κάτι που δημιουργεί από μόνο του μια σημαντική δυσκολία, ο σχεδιασμός των υπεράκτιων γεωτρήσεων είναι χρονοβόρος και ακριβός.

Η εξόρυξη του φυσικού αερίου από τον πυθμένα της θάλασσας γίνεται από πλωτές θαλάσσιες εφαρμογές, (υπερυψωμένες από την επιφάνεια της θάλασσας ανεξαρτήτως τύπου και μεγέθους και έχουν ενσωματωμένο το τρυπάνι διάτρησης/γεώτρησης) όπου με τη χρήση αλυσοειδών κατασκευών βοηθούν στην εξόρυξη του φυσικού αερίου από μεγαλύτερα βάθη της θάλασσας. Οι εξορύξεις ορυκτών και άλλων υλικών από το θαλάσσιο περιβάλλον

γίνονται με υδραυλικούς και μηχανικούς τρόπους. Τα μηχανικά συστήματα λειτουργούν σε πολύ μεγάλα βάθη και τα οποία έχουν μεγάλες καταπονήσεις και έντονη διάβρωση. Αν και το κόστος κατασκευής μιας πλωτής εξέδρας είναι μεγάλο όπως ήδη αναφέρθηκε, οι αλυσοειδείς κατασκευές έχουν μικρότερο κόστος έναντι των προηγούμενων κατασκευών για εξόρυξη φυσικού αερίου.

Η εξερεύνηση, η γεώτρηση και η παραγωγή του φυσικού αερίου έχει πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι γεωλόγοι και γεωφυσικοί εξερευνούν κοιτάσματα φυσικού αερίου στην ξηρά, που σημαίνει ότι μπορεί να διαταράξουν τη βλάστηση και το έδαφος με τα οχήματά τους και με τις μεθόδους εντοπισμού του κοιτάσματος. Είναι σαφές και διαπιστωμένο ότι ορισμένες δραστηριότητες γεώτρησης παράγουν ρύπανση του αέρα και μπορεί να διαταράξουν τους ανθρώπους και την άγρια ζωή και τους υδάτινους πόρους (λιμνών και ποταμών καθώς και τη ζωή που υπάρχει σε αυτά).

Στη θάλασσα εξερεύνηση και γεώτρηση καθώς και στην παραγωγή²¹ οι κίνδυνοι είναι μεγαλύτεροι. Με μία πρώτη ματιά μπορούμε να πούμε ότι οι γεωλόγοι και γεωφυσικοί διαταράσσουν την θαλάσσια ζωή και την θαλάσσια βιοποικιλότητα. Οι μέθοδοι εντοπισμού προκαλούν κατά ένα μέρος σύγχυση στα θηλαστικά, ενώ οι γεωτρήσεις μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη ρύπανση ή ακόμα και καταστροφή του βένθους, όπως θα δούμε παρακάτω.

Πέραν τούτου, κατά τα στάδια αυτά, οι ρύποι που εκπέμπουν οι πλατφόρμες εξόρυξης και παραγωγής κατά τη λειτουργία τους είναι σημαντικοί για το περιβάλλον.

Σε αυτά τα στάδια Διεθνής Κανονισμοί, Νόμοι και Οδηγίες έχουν περιορίσει την περιβαλλοντική ρύπανση με τα μέτρα που έχουν επιβληθεί στις εταιρείες εξόρυξης και παραγωγής.

2.3.1.1 Υπεράκτιες Εξέδρες Γεωτρήσεων

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι των υπεράκτιων γεωτρήσεων:

²¹ Όταν λέμε παραγωγή έννοούμε τον καθαρισμό του φυσικού αερίου από τα διάφορα προϊόντα

A) αυτές που μπορούν να μετακινούνται από τόπο σε τόπο, επιτρέποντας γεωτρήσεις σε πολλές περιοχές και

B) οι εξέδρες που είναι μονίμως τοποθετημένες.

Οι κινητές εξέδρες συχνά χρησιμοποιούνται για σκοπούς διερεύνησης, επειδή είναι πολύ φθηνότερες από ότι η χρήση μόνιμων βάσεων. Μόλις βρεθούν μεγάλα κοιτάσματα υδρογονανθράκων, θα κατασκευαστεί μια μόνιμη πλατφόρμα για να επιτρέψει την εξαγωγή τους.

Φορηγίδες Διάτρησης (Drilling Barges): Οι φορηγίδες διάτρησης χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον για τις εσωτερικές, αβαθείς γεωτρήσεις. Αυτό συνήθως συμβαίνει σε λίμνες, βάλτους, ποτάμια και διώρυγες. Οι φορηγίδες γεώτρησης είναι μεγάλες, πλωτές εξέδρες, οι οποίες πρέπει να ρυμουλκούνται με ρυμουλκό από τοποθεσία σε τοποθεσία. Κατάλληλες για ρηγά, στάσιμα νερά, ενώ δεν είναι κατάλληλες για συνθήκες κίνησης νερού και για ανοικτές θάλασσες.

Εξέδρες Ανυψούμενου Γεωτρύπανου (Jack-Up Rigs): Τα αυτό-ανυψούμενα γεωτρύπανα είναι παρόμοια με τις φορηγίδες διάτρησης, με μια διαφορά. Μόλις ένα ανυψούμενο γεωτρύπανο σύρεται στο χώρο τρεις ή τέσσερις «πυλώνες» αφήνονται έως ότου ακουμπήσουν στο βυθό της θάλασσας. Αυτό επιτρέπει στην πλατφόρμα εργασίας να ξεκουραστεί πάνω στην επιφάνεια του νερού, σε αντίθεση με μια πλωτή φορηγίδα. Ωστόσο, τα ανυψούμενα γεωτρύπανα είναι κατάλληλα για πιο ρηγά νερά, καθώς η επέκταση αυτών των πυλώνων πολύ βαθιά θα ήταν ανέφικτη. Αυτές οι εξέδρες είναι τυπικώς ασφαλέστερες στη λειτουργία τους από τις φορηγίδες διάτρησης, καθώς η εξέδρα εργασίας είναι πιο πάνω από τη στάθμη του νερού.

Υποβρύχιες Εξέδρες (Submersible Rigs): Οι υποβρύχιες εξέδρες, επίσης κατάλληλες για ρηγά νερά, είναι σαν εξέδρες ανυψούμενων γεωτρύπανων, δεδομένου ότι έρχονται σε επαφή με τη θάλασσα ή τον πυθμένα λίμνης. Αυτές αποτελούνται από εξέδρες πλατφόρμες με δύο κύτη τοποθετημένα το ένα πάνω στο άλλο. Το ανώτερο κύτος περιέχει τους χώρους διαμονής του πληρώματος, καθώς και την πλατφόρμα γεώτρησης. Το κατώτερο τμήμα του κύτους λειτουργεί σαν το εξωτερικό κύτος σε ένα υποβρύχιο - όταν η πλατφόρμα κινείται από το ένα μέρος στο άλλο, το κατώτερο τμήμα του κύτους είναι γεμάτο με αέρα - ώστε να καταστήσει ολόκληρη την εξέδρα πλευσίμη. Όταν η εξέδρα είναι τοποθετημένη πάνω από το χώρο της διάτρησης, ο αέρας αφήνεται από το κατώτερο τμήμα του κύτους και η εξέδρα

βυθίζεται στο βυθό της θάλασσας ή της λίμνης. Αυτό το είδος της εξέδρας έχει το πλεονέκτημα της κινητικότητας στο νερό, όμως και πάλι η χρήση του περιορίζεται σε ρηχές περιοχές ύδατος.

Ημι-υποβρύχιες Εξέδρες (Semisubmersible Rigs): Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες είναι ο πιο κοινός τύπος των υπεράκτιων γεωτρήσεων, που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των υποβρυχίων εξέδρων με την ικανότητα να τρυπούν σε βαθιά νερά. Μία διάταξη ημι-υποβρύχιας εξέδρας λειτουργεί με την ίδια αρχή της υποβρύχιας εξέδρας: από το «φούσκωμα» και «ξεφούσκωμα» του κάτω κύτους κάτω. Η κύρια διαφορά με μια ημι-υποβρύχια εξέδρα, είναι ότι όταν αφήνεται ο αέρας του κατώτερου τμήματος του κύτους, η εξέδρα δεν βυθίζεται στο βυθό της θάλασσας. Αντί γι' αυτό, η εξέδρα είναι μερικώς βυθισμένη, αλλά εξακολουθεί να επιπλέει πάνω από το σημείο διάτρησης. Κατά το τρύπημα, το χαμηλότερο σκάφος που είναι γεμάτο με νερό, παρέχει σταθερότητα στην εξέδρα. Οι ημι-υποβρύχιες εξέδρες συγκροτούνται στη θέση τους από τις τεράστιες άγκυρες, που η καθεμιά ζυγίζει πάνω από 10 τόνους. Αυτές οι άγκυρες, σε συνδυασμό με το βυθισμένο τμήμα της εξέδρας, εξασφαλίζει τη σταθερότητα της πλατφόρμας και την ασφάλεια για να χρησιμοποιηθεί σε ταραχώδη υπεράκτια ύδατα.

Πλωτά Γεωτρήματα (Drilling Ships): Τα πλωτά γεωτρήματα είναι ακριβώς όπως ακούγονται: πλοία που έχουν σχεδιασθεί για την εκτέλεση γεωτρήσεων. Αυτά τα πλοία είναι ειδικά σχεδιασμένα για να μεταφέρουν εξέδρες γεώτρησης σε τοποθεσίες μεγάλου βάθους. Ένα τυπικό πλωτό γεωτρήμα θα είναι εξοπλισμένο, εκτός από όλο τον εξοπλισμό που συνήθως βρίσκεται σε ένα μεγάλο υπερωκεάνιο πλοίο, μια πλατφόρμα γεώτρησης και έναν πύργο γεώτρησης που βρίσκεται στη μέση του καταστρώματος. Επιπλέον, τα πλωτά γεωτρήματα περιέχουν μία οπή, που βρίσκεται δεξιά του πλοίου και φτάνει κάτω διαμέσου του κύτους, στο οποίο επιτρέπει στο γεωτρήμα να επεκταθεί μέσα από το σκάφος κάτω και εντός του νερού. Τα πλωτά γεωτρήματα χρησιμοποιούνται συχνά για τη διάνοιξη σε πολύ βαθιά νερά, τα οποία μπορεί συχνά να είναι ταραχώδη. Τα πλωτά γεωτρήματα χρησιμοποιούν αυτό που είναι γνωστό ως σύστημα «δυναμικής τοποθέτησης». Τα πλωτά γεωτρήματα είναι εξοπλισμένα με ηλεκτρικούς κινητήρες στην κάτω πλευρά του κύτους του πλοίου, ικανοί για την πρόωση του πλοίου σε οποιαδήποτε κατεύθυνση. Αυτοί οι κινητήρες έχουν ενσωματωθεί στο σύστημα υπολογιστή του πλοίου, το οποίο χρησιμοποιεί τεχνολογία εντοπισμού μέσω δορυφόρου, σε συνδυασμό με τους αισθητήρες που βρίσκονται στο χώρο

διάτρησης, ώστε να εξασφαλίζεται ότι το πλοίο είναι ακριβώς πάνω από το χώρο διάτρησης ανά πάσα στιγμή.

Υπεράκτιες Γεωτρήσεις και Πλατφόρμες Παραγωγής: Όπως αναφέρθηκε, οι κινητές εξέδρες χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διάνοιξη διερευνητικών γεωτρήσεων. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν οι διερευνητικές γεωτρήσεις βρίσκουν εμπορικά βιώσιμα κοιτάσματα φυσικού αερίου, είναι πιο οικονομικό, να κατασκευαστεί μια μόνιμη πλατφόρμα από την οποία μπορεί να γίνει παραγωγή και εξόρυξη. Αυτές οι μεγάλες, μόνιμες πλατφόρμες είναι εξαιρετικά ακριβές και γενικά απαιτούν μεγάλα αναμενόμενα κοιτάσματα υδρογονανθράκων ώστε να είναι οικονομικό για την κατασκευή του.

Μερικές από τις μεγαλύτερες υπεράκτιες πλατφόρμες βρίσκονται στη Βόρεια Θάλασσα, όπου λόγω των δυσμενών καιρικών συνθηκών, οι δομές της εξέδρας είναι σε θέση να αντέξουν ισχυρούς ανέμους και μεγάλα κύματα. Μια τυπική μόνιμη πλατφόρμα στη Βόρεια Θάλασσα θα πρέπει να είναι σε θέση να αντέχει ταχύτητες ανέμου πάνω από 90 κόμβους και κύματα πάνω από 60 πόδια. Αντίστοιχα, οι πλατφόρμες αυτές είναι από τις μεγαλύτερες δομές που δημιουργήθηκαν από τον άνθρωπο. Υπάρχει ένας αριθμός από διαφορετικούς τύπους μόνιμων υπεράκτιων πλατφορμών, χρήσιμοι για ένα συγκεκριμένο βάθος. Αυτή η απεικόνιση των υπεράκτιων γεωτρήσεων δίνει μια ιδέα του πόσο τεράστιες είναι αυτές οι υπεράκτιες εξέδρες. Η σταθερή πλατφόρμα είναι συνήθως όχι περισσότερο από 1.700 πόδια, ενώ το ύψος λίγο κάτω από 730 πόδια. Λόγω του μεγέθους τους, οι μόνιμες υπεράκτιες εξέδρες άντλησης κατασκευάζονται στην ξηρά, σε κομμάτια. Καθώς ολοκληρωθούν τα κομμάτια της εξέδρας, αυτά μεταφέρονται στη θέση διάτρησης.

Fixed Platforms: Στη σταθερή πλατφόρμα τα «πόδια» κατασκευάζονται με σκυρόδεμα ή χάλυβα, που εκτείνεται κάτω από την πλατφόρμα και είναι στερεωμένα στο βυθό. Υπάρχουν πολλά πιθανά υποδείγματα για αυτές τις σταθερές, μόνιμες πλατφόρμες. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτών των τύπων είναι η σταθερότητά τους, καθώς είναι στερεωμένο στον πυθμένα της θάλασσας και υπάρχει περιορισμένη έκθεση σε κίνηση λόγω του ανέμου και των υδάτινων δυνάμεων. Ωστόσο, αυτές οι πλατφόρμες δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βαθιά νερά, γιατί απλά δεν είναι οικονομικό, να κατασκευάζονται πόδια - πυλώνες για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Compliant Towers: Οι συμβατικοί πύργοι είναι πολύ σταθεροί, όπως οι πλατφόρμες. Κάθε ένας αποτελείται από ένα στενό πύργο, που συνδέεται σε μία βάση πάνω στον πυθμένα

της θάλασσας και καταλήγει μέχρι την πλατφόρμα. Αυτός ο πύργος είναι ευέλικτος, σε αντίθεση με τα σχετικά άκαμπτα σκέλη της σταθερής πλατφόρμας. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει να λειτουργεί σε πολύ βαθύτερα νερά, καθώς μπορεί να «απορροφήσει» πολύ από την πίεση που ασκείται πάνω του από τον άνεμο και τη θάλασσα. Παρά την ευελιξία τους οι συμβατικοί πύργοι είναι αρκετά ισχυροί για να αντέχουν σε συνθήκες τυφώνα.

Seastar Platform: Η πλατφόρμα αποτελείται από μια πλωτή εξέδρα, σαν τον τύπο ημι-υποβρύχιας εξέδρας. Το κάτω κύτος είναι γεμάτο με νερό κατά το τρύπημα, το οποίο αυξάνει την σταθερότητα της πλατφόρμας απέναντι στην κίνηση του ανέμου και την κυκλοφορία του νερού. Αυτοί οι πυλώνες διατηρούνται υπό σταθερή τάση, και δεν επιτρέπουν οποιαδήποτε προς τα επάνω ή προς τα κάτω κίνηση της πλατφόρμας. Ωστόσο, η ευελιξία της επιτρέπει την πλευρική κίνηση, η οποία επιτρέπει την πλατφόρμα για να αντέχει την δύναμη του ωκεανού και του ανέμου, χωρίς να σπάσει τα μακριά “πόδια”. Οι πλατφόρμες Seastar χρησιμοποιούνται συνήθως για μικρότερα κοιτάσματα που βρίσκονται σε βαθιά νερά, όταν δεν είναι οικονομικό να κατασκευαστεί μια μεγαλύτερη πλατφόρμα. Μπορούν να λειτουργούν σε βάθη νερού μέχρι 3500 πόδια.

Floating Production Systems: Τα επιπλέοντα συστήματα παραγωγής (Floating Production Systems) είναι ουσιαστικά ημι-υποβρύχια γεωτρύπανα εκτός από το ότι περιέχουν εξοπλισμό παραγωγής πετρελαίου και εξοπλισμό γεώτρησης. Τα πλοία μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως επιπλέοντα συστήματα παραγωγής. Οι πλατφόρμες μπορούν να διατηρούνται στη θέση τους με μεγάλες, βαριές άγκυρες, ή μέσω του δυναμικού συστήματος εντοπισμού θέσης που διαθέτουν πλοία - γεωτρύπανα. ένα σύστημα κυμαινόμενων παραγωγής, η κεφαλή φρεατίου είναι στην πραγματικότητα συνδέεται με τον πυθμένα αφού η γεώτρηση έχει ολοκληρωθεί, αντί να συνδέεται στην πλατφόρμα. Το εξαγόμενο αέριο μεταφέρεται απευθείας στην ημι-υποβρύχια πλατφόρμα. Αυτά τα συστήματα παραγωγής μπορεί να λειτουργήσουν σε βάθη νερού έως και 6.000 πόδια.

Tension Leg Platforms: Αυτού του είδους οι πλατφόρμες είναι μεγαλύτερες εκδόσεις της πλατφόρμας Seastar. Τα μακρά, εύκαμπτα “πόδια” συνδέονται με τον πυθμένα της θάλασσας και καταλήγουν μέχρι την πλατφόρμα. Όπως και με την πλατφόρμα Seastar, τα σκέλη αυτά επιτρέπουν σημαντική πλευρική κίνηση (έως 20 πόδια), με μικρή κατακόρυφη κίνηση. Αυτές οι εξέδρες μπορούν να λειτουργούν σε περίπου 7.000 πόδια βάθος.

Subsea System: Τα υποθαλάσσια συστήματα παραγωγής (Subsea System) είναι κατασκευές που βρίσκονται στον πυθμένα της θάλασσας και όχι στην επιφάνεια της θάλασσας. Το φυσικό αέριο εξάγεται στο βυθό, και στη συνέχεια συνδέεται σε μια ήδη υπάρχουσα πλατφόρμα παραγωγής. Γίνεται η διάτρηση του κοιτάσματος από μία κινητή εξέδρα και αντί για την κατασκευή μιας πλατφόρμας παραγωγής για αυτό το κοιτάσμα, το εξαγόμενο φυσικό αέριο μεταφέρεται με σωλήνες ανύψωσης ή ακόμη και υποβρύχια με μεγάλες σωληνώσεις σε μια κοντινή πλατφόρμα παραγωγής. Αυτό επιτρέπει μια στρατηγικά τοποθετημένη πλατφόρμα παραγωγής να εξυπηρετεί πολλά κοιτάσματα σε μια αρκετά μεγάλη περιοχή. Αυτά τα υποθαλάσσια συστήματα κάνουν χρήση σε βάθη των 7,000 ποδιών ή περισσότερο και δεν έχουν την ικανότητα γεώτρησης αλλά μόνο εξαγωγή και μεταφορά.

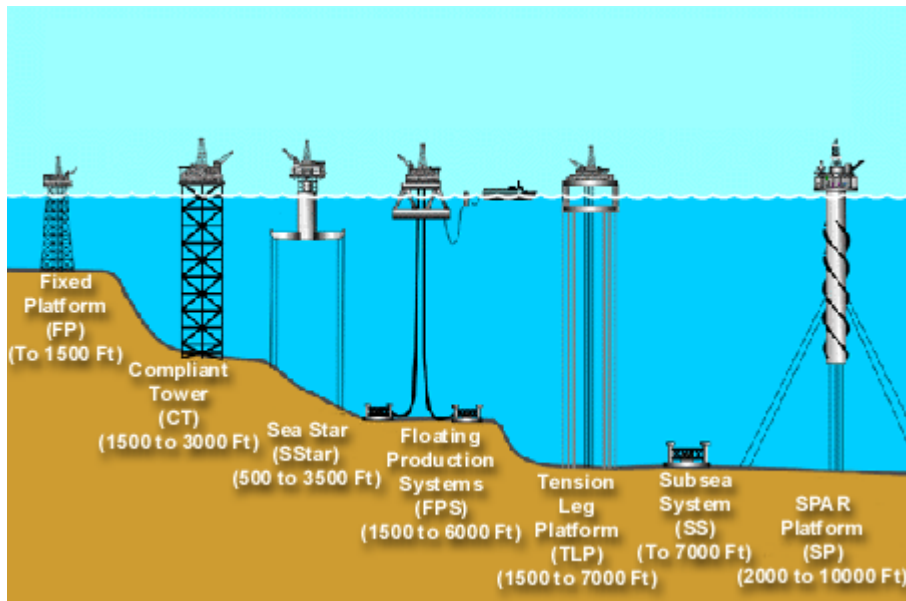
Spar Platforms: Οι Spar πλατφόρμες είναι από τις μεγαλύτερες εξέδρες ανοικτής θαλάσσης. Αυτές οι τεράστιες πλατφόρμες αποτελούνται από ένα μεγάλο κύλινδρο που υποστηρίζεται μια τυπική σταθερή εξέδρα. Ο κύλινδρος δεν εκτείνεται σε όλη τη διαδρομή προς το θαλάσσιο πυθμένα, αλλά αντίθετα είναι συνδεδεμένος με το πυθμένα από μια σειρά καλωδίων και σωληνώσεων. Ο μεγάλος κύλινδρος εξυπηρετεί στο να σταθεροποιεί την πλατφόρμα μέσα στο νερό και να επιτρέπει την κίνηση της και να απορροφά τη δύναμη των δυναμικών τυφώνων. Η πρώτη πλατφόρμα Spar στον Κόλπο του Μεξικού είχε εγκατασταθεί το Σεπτέμβριο του 1996. Ο κύλινδρός του μετράται στα 770 μέτρα μήκος και 70 μέτρα σε διάμετρο, ενώ η πλατφόρμα λειτουργεί σε 1.930 πόδια του νερού²².

Η Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων IACS17²³ ενώνει τους μεγαλύτερους νηογνώμονες για πολλούς σοβαρούς λόγους. Για να εξασφαλισθεί η κατασκευαστική ακεραιότητα των πλοίων και των πλατφόρμων είναι απολύτως στοιχειώδεις οι νηογνώμονες συλλογικά να εφαρμόζουν όσο δυνατόν υψηλότερα πρότυπα στην εκτέλεση των καθηκόντων τους. Η σχεδίαση και προδιαγραφές της κατασκευής του πλοίου και των πλατφόρμων, ο βαθμός συμμόρφωσης με τους κανονισμούς των νηογνώμωνων και η επίβλεψη της ποιότητας της εργασίας κατά τα στάδια της ναυπήγησης καθορίζουν σε μεγάλη έκταση την ποιότητα τους σε λειτουργία.

²² www.naturalgas.org/naturalgas/extraction_offshore.asp

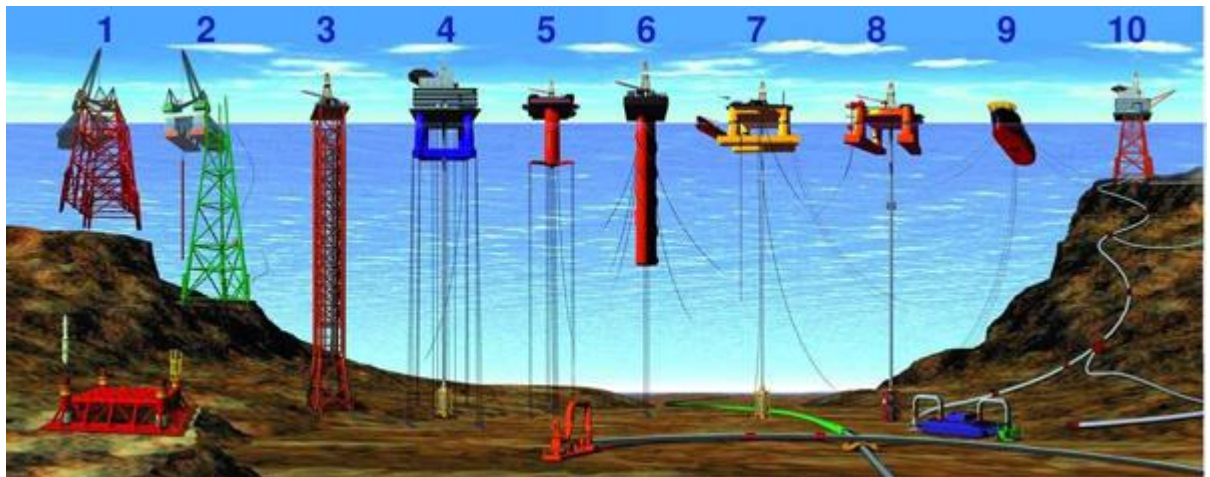
²³ Διεθνής Ένωση Νηογνώμωνων με 11 μέλη προς το παρόν: American Bureau of Shipping (ABS), Bureau Veritas (BV), Det Norske Veritas (DNV), Germanischer Lloyd (GL), China Classification Society (CCS), Indian Register of Shipping (IRS), Korean Register of Shipping (KR), Lloyds Register of Shipping (LR), Nippon Kaiji Kyokai (NK), Russian Maritime Register of Shipping (RS), Registro Italiano Navale (RINA)

Εικόνα 7: Είδη Υπεράκτιων Γεωτρύπανων/ Πλατφόρμες



Πηγή: www.reliableplant.com

Εικόνα 7^α: Είδη Υπεράκτιων Γεωτρύπανων/ Πλατφόρμες²⁴



1, 2) conventional fixed platforms, 3) compliant tower, 4, 5) vertically moored tension leg and mini-tension leg platform, 6) spar, 7,8) semi-submersibles, 9) floating production, storage, and offloading facility, 10) sub-sea completion and tie-back to host facility.

²⁴ Πηγή: Office of Ocean Exploration and Research (15 December 2008) "[Types of Offshore Oil and Gas Structures](#)." *NOAA Ocean Explorer: Expedition to the Deep Slope*. National Oceanic and Atmospheric Administration, Retrieved 23 May 2010

2.3.1.2 FLNG

Το FLNG (Floating Liquefied Natural Gas) θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι το αντίστοιχο FPSO (Floating Production, Storage and Offloading), αλλά αντί για πετρέλαιο, είναι για φυσικό αέριο.

Το μεγαλύτερο FLNG στο κόσμο μήκους 488 μέτρων κατελκύστηκε στις 30 Νοεμβρίου 2013 σε ναυπηγείο της Samsung Heavy Industries στη Νότιο Κορέα²⁵.

Το FLNG είναι αγκυροβολημένο ακριβώς επάνω από τη πηγή φυσικού αερίου και θα έχει την ικανότητα να εξορύξει, να καταψύξει (συρρικνώνοντας τον όγκο του 600 φορές), να υγροποιήσει, να αποθηκεύσει και εν συνεχεία να φορτώσει άλλα πλοία τα οποία θα μεταφέρουν το LNG στα λιμάνια όλου του κόσμου. Είναι, μία από τις πιο σύγχρονες κατασκευές που υπάρχουν παγκοσμίως.

Ανήκει στην πετρελαϊκή Shell, το μήκος του είναι 488 μέτρα, πλέει σε νερά βάθους 250 μέτρων ενώ όταν είναι φορτωμένο το εκτόπισμα του θα είναι πάνω από 600.000 τόνους. Θα είναι δε, η μεγαλύτερη –σε εκτόπισμα – κατασκευή που έχει υπάρξει ποτέ εκτοπίζοντας τόσο νερό όσο 6 αεροπλανοφόρα μαζί ενώ όταν ο πλωτός γίγαντας θα τεθεί σε λειτουργία θα παράγει τουλάχιστον 5,3 εκατομμύρια τόνους φυσικού αερίου το χρόνο. Το FLNG είναι προγραμματισμένο να πάει στην πηγή φυσικού αερίου Prelude (απ' όπου και δόθηκε το όνομά του) που βρίσκεται 200 χιλιόμετρα από τις ακτές της Αυστραλίας.

Το Prelude FLNG θα είναι σε θέση να συμβάλλει, αφού θα αντλεί φυσικό αέριο από μια σειρά υπεράκτιων γεωτρήσεων, στην κάλυψη της ζήτησης σε φυσικό αέριο στην Ασία ενώ ταυτόχρονα μειώνει τον κίνδυνο για μόλυνση στη στεριά, λόγω του ότι είναι πολύ μακριά από αυτή.

Εικόνα 8: FLNG Prelude από τη Shell



Πηγή: Shell Prelude FLNG Project

²⁵ Πηγή: ABS Αμερικανικός Νηογνώμονας και επιβλέπων της κατασκευής

Εικόνα 8^α: FLNG Prelude από τη Shell



Πηγή: ABS, Αμερικανικός Νηογνώμονας/Samsung Heavy Industries (SHI) shipyard

2.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά την εξόρυξη και παραγωγή - Θεσμικό πλαίσιο

Κάθε ορυκτό καύσιμο είναι γνωστό ότι έχει θετικές και αρνητικές συνέπειες σε διάφορους τομείς συμπεριλαμβανομένου και του περιβάλλοντος. Την παρούσα στιγμή είναι σημαντικό να εστιάσουμε στα πλεονεκτήματα και στα μειονεκτήματα του φυσικού αερίου.

Στη θαλάσσια εξερεύνηση και γεώτρηση καθώς και στην παραγωγή, όπως ήδη αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, οι κίνδυνοι είναι μεγαλύτεροι. Οι γεωλόγοι και γεωφυσικοί διαταράσσουν την θαλάσσια ζωή και την θαλάσσια βιοποικιλότητα διότι οι μέθοδοι εντοπισμού προκαλούν κατά ένα μέρος σύγχυση στα θηλαστικά, ενώ οι γεωτρήσεις μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη ρύπανση ή ακόμα και καταστροφή του βένθους από διαρροές και από την ίδια τη γεώτρηση.

Πέραν τούτου, κατά τα στάδια αυτά, οι ρύποι που εκπέμπουν οι πλατφόρμες εξόρυξης²⁶ και παραγωγής κατά τη λειτουργία τους είναι σημαντικοί για το περιβάλλον. Δύο

²⁶ Β. Τσελέντης, 2011, προσωπικές Πανεπιστημιακές Σημειώσεις από το Μάθημα Περιβάλλον στη Ναυτιλία Πανεπιστήμιο Πειραιά.

άλλοι παράγοντες είναι τα ατυχήματα ή και εκρήξεις στις πλατφόρμες και οι συγκρούσεις των πλοίων σε αυτές.

Ρύπανση επίσης δημιουργείται και κατά τη διάλυση των μονάδων εξόρυξης όπου τα άχρηστα μέρη των κατασκευών διατίθενται στα βάθη των ωκεανών.

Η εξόρυξη του βυθού δημιουργεί αιώρηση του ιζήματος και επηρεασμό των πελαγικών και βενθικών οργανισμών. Ευάλωτα είναι τα κοράλλια, τα όστρακα, τα μαλακόστρακα και άλλα. Για τα προβλήματα της διατήρησης της βιοποικιλότητας, τις απειλές και την απώλεια της βιοποικιλότητας και τις βασικές προϋποθέσεις ώστε επιτευχθούν οι σκοποί και να προστατευτεί, έχουν δημοσιευθεί αρκετές ερευνητικές εργασίες σε όλο τον κόσμο. Το πρόβλημα όμως δεν το λύνουν οι ερευνητικές εργασίες. Το πρόβλημα θα λυθεί αν όλοι καταλάβουν τη σημαντικότητα που προσφέρει η βιοποικιλότητα στον άνθρωπο και στην εξέλιξη του. Μην αδιαφορούμε για το θέμα αυτό και να είμαστε αρωγοί σε κάθε προσπάθεια προστασίας.

Η υποβρύχια ηχορύπανση συνίσταται στη χρήση σόναρ από πλοία του πολεμικού ναυτικού για τον εντοπισμό υποβρυχίων, και στη σεισμική διασκόπηση για τον εντοπισμό κοιτασμάτων φυσικού αερίου. Η ανθρωπογενής υποβρύχια ηχορύπανση μπορεί να προκαλέσει ομαδικό εκβρασμό υγείων κητωδών, καθώς επίσης και παρεμπόδιση στη διαδικασία εύρεσης τροφής ή στην επικοινωνία μεταξύ ατόμων ή ομάδων, αλλαγή πορείας ή της χρήσης οικοσυστημάτων, καθώς και χρόνια ή οξύ στρες. Τα παραπάνω επιβαρύνουν τη φυσική κατάσταση των κητωδών, μειώνουν την ικανότητα αναπαραγωγής, μπορούν να προκαλέσουν ασθένειες και σε κάποιες περιπτώσεις τον θάνατο. Μην ξεχνάμε ότι ο ήχος στο νερό μεταδίδεται σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις απ' ό τι στον αέρα.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα και απόψεις σημαντικές για το τι συμβαίνει κατά την εξόρυξη, γεώτρηση και παραγωγή είναι αυτό στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη (Α.Ο.Ζ) της Κυπριακής Δημοκρατίας.

Η Noble Energy²⁷ η οποία ανάλαβε τις έρευνες για τον εντοπισμό υδρογονανθράκων στην Κύπρο και συγκεκριμένα στο θαλάσσιο οικόπεδο «Αφροδίτη» δήλωσε ότι βρέθηκε στο συγκεκριμένο οικόπεδο αξιοποιήσιμο φυσικό αέριο.

Είναι προφανές ότι η εύρεση κοιτασμάτων φυσικού αερίου είναι ένα σημαντικό γεγονός στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη της Κυπριακής Δημοκρατίας. Όμως, υπάρχει ταυτόχρονα και ο φόβος για φυσική καταστροφή.

²⁷ www.nobleenergyinc.com

Υπάρχουν ατμοσφαιρικές επιπτώσεις αφού υπάρχει απελευθέρωση, καύση ή και διαρροή αερίων κατά την εξόρυξη, αποθήκευση μεταφορά ή και επεξεργασία των ορυκτών καυσίμων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ακόμη, όπου υπάρχει ρύπανση υδάτινων αποθεμάτων λόγω ανάγκης ενταφιασμού της παραγόμενης λάσπης ή και των υγρών κατάλοιπων είναι φυσικό να υπάρχουν θαλάσσιες καταστροφές. Με την διατάραξη του ωκεάνιου πυθμένα, λόγω της κατασκευής πηγαδιών εξόρυξης ή και αγωγών μεταφοράς ορυκτών καυσίμων δημιουργούνται χερσαίες και εδαφικές επιπτώσεις. Τέλος, παρατηρούνται οικοσυστημικές επιπτώσεις, αφού υπάρχει διατάραξη των φυσικών οικοτόπων, των ειδών άγριας χλωρίδας και της πανίδας²⁸.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη σημασία στο είδος των έργων που εκτελούνται υποθαλάσσια και στη ξηρά. Κατά την κατασκευή του θαλάσσιου αγωγού στη θάλασσα υπάρχουν ανησυχίες για περιβαλλοντικές ζημιές για το υποβρύχιο βουνό «Ερατοσθένης». Το υποβρύχιο βουνό βρίσκεται στην γενική γραμμή της Κυπριακής Αποκλειστικής Οικονομικής ζώνης. Θεωρείται ένας από τους σημαντικούς βιότοπους της Ανατολικής Μεσογείου και αποτελεί ευαίσθητο οικοσύστημα το οποίο έχει υψηλής σημασίας βιοποικιλότητα. Ο βιότοπος έχει 120 χιλιόμετρα μήκος και 80 χιλιόμετρα πλάτος. Έχει ύψος 1.500-2.000 μέτρα πάνω από τον πυθμένα της θάλασσας και 700 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Το υποβρύχιο αυτό βουνό αποτελεί φυσικό καταφύγιο σπάνιων και απειλούμενων ειδών άγριας θαλάσσιας ζωής όπως ασπόνδυλοι οργανισμοί, κοράλλια, φάλαινες και δελφίνια. Κατά την διεξαγωγή του διαφεύγουν φυσαλίδες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου το βασικό και κυρίαρχο πρόβλημα του πλανήτη μας. Η κλιματική αλλαγή, η ρύπανση, η όξυνση, η υπερεκμετάλλευση των θαλάσσιων πόρων, τα εισβαλλόμενα ξενικά είδη, όλα απειλούν τη ζωή στις θάλασσες και υποβαθμίζουν τις υπηρεσίες που αυτά τα οικοσυστήματα προσφέρουν στον άνθρωπο. Σχετικά με τη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων η εξόρυξη και ανάπτυξη υποδομών εξόρυξης είναι μη βιώσιμες χρήσεις των θαλασσών. Χαρακτηριστικό μα καθόλου ευχάριστο παράδειγμα είναι αυτό των κοραλλιογενών υφάλων. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι οι οποίοι συντηρούν μεγάλο μέρος της βιοποικιλότητας έχουν υποστεί σοβαρές ζημιές και έχουν αποχρωματιστεί κατά 30%.

Σήμερα, η βιοποικιλότητα στις θάλασσες και στους ωκεανούς υπόκειται σε μία πρωτόγνωρη σειρά πιέσεων και για το λόγο αυτό απαιτείται άμεση δράση.

²⁸ Α. Τσελεπίδης 2012, Από προσωπικές Πανεπιστημιακές Σημειώσεις, Ειδικά θέματα Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πειραιά

Η λεγόμενη «**οδηγία-πλαίσιο για τη θαλάσσια στρατηγική**», η οποία είναι ο περιβαλλοντικός πυλώνας της ολοκληρωμένης θαλάσσιας πολιτικής καθιέρωσε ένα πλαίσιο εντός του οποίου τα κράτη μέλη οφείλουν να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για να επιτύχουν ή να διατηρήσουν καλή περιβαλλοντική κατάσταση για το θαλάσσιο περιβάλλον το αργότερο έως το έτος 2020 (Οδηγία 2008/56).

Οφείλουν ιδίως: α) να εξασφαλίζουν την προστασία και τη διατήρηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, να προλαμβάνουν την επιδείνωσή του ή, όταν αυτό είναι δυνατόν, να αποκαθιστούν τα θαλάσσια οικοσυστήματα και β) να προλαμβάνουν και να μειώνουν τις εναποθέσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον, για να εξασφαλίσουν ότι δεν θα υπάρχουν σημαντικές επιπτώσεις ή κίνδυνοι για τη θαλάσσια βιοποικιλότητα, τα θαλάσσια οικοσυστήματα, την ανθρώπινη υγεία ή τις θεμιτές χρήσεις της θάλασσας.

Με το Ν. 3983/2011 «Εθνική στρατηγική για την προστασία και διαχείριση του θαλάσσιου περιβάλλοντος – Εναρμόνιση με την οδηγία 2008/56/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 17ης Ιουνίου 2008 και άλλες διατάξεις» ενσωματώθηκε στην εθνική νομοθεσία η Οδηγία 2008/56 των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων για τη θαλάσσια στρατηγική, η οποία αποτελεί τον περιβαλλοντικό πυλώνα της μελλοντικής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο θέμα αυτό. Στόχος είναι η διατήρηση και αποκατάσταση της καλής περιβαλλοντικής κατάστασης του θαλάσσιου περιβάλλοντος έως το έτος 2020. Για την επίτευξη του στόχου αυτού απαιτούνται συγκεκριμένες δέσμες δράσεων οι οποίες θα πρέπει να ολοκληρώνονται βάσει ενός δεσμευτικού χρονοδιαγράμματος.²⁹

ΠΡΟΕΔΡΙΚΟ ΔΙΑΤΑΓΜΑ υπ' αριθμό. 14 Σύσταση της Ανώνυμης Εταιρίας με την επωνυμία «Ελληνική Διαχειριστική Εταιρία Υδρογονανθράκων Α.Ε (ΕΔΕΥ Α.Ε) στην αγγλική Hellenic Hydrocarbon Resources Management SA (H.H.R.M S.A) – Κατάρτιση καταστατικού αυτής».

Πρόταση αναθεώρησης της Οδηγίας 1996/82/EK που αποσκοπεί στην πρόληψη των μεγάλων ατυχημάτων των σχετιζόμενων με επικίνδυνες ουσίες και τον περιορισμό των συνεπειών τους επί του ανθρώπου και του περιβάλλοντος, προκειμένου να εξασφαλισθεί υψηλό επίπεδο προστασίας σε όλη την Κοινότητα (Seveso III).

Πρόταση τροποποίησης Κανονισμού 1999/32/EK που αφορά το θείο στα καύσιμα ναυτιλίας. Η πρόταση αφορά στις **εκπομπές θείου από τα πλοία** λόγω της καύσης καυσίμων

²⁹ marinestrategy.opengov.gr

δεξαμενών με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο που συμβάλλει στην ρύπανση από διοξείδιο του θείου και στα προβλήματα όξυνσης, σε σχέση και με τις περαιτέρω διαπραγματεύσεις. Σχετικά με τη συμφωνία MARPOL στο πλαίσιο του διεθνούς ναυτιλιακού οργανισμού (IMO), η Κοινότητα προωθεί μια περισσότερο αποτελεσματική προστασία των περιοχών που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία στις εκπομπές θείου καθώς και μείωση της γενικά καθιερωμένης οριακής τιμής για το πετρέλαιο δεξαμενών πλοίων.

Απόφαση πλαίσιο 2005/667/ΔΕΥ όπου ο ρυπαίνων πληρώνει και διώκεται ποινικά.

Απόφαση 80/686 για μείωση της θαλάσσιας ρύπανσης από υδρογονάνθρακες.

NOMOS 4001/2011 για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.

ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ (ΔΕΚ 2011) ΝΟΜΟΣ υπ' αριθ. 2289/1995. (ΦΕΚ Α' 27/1995) Αναζήτηση, έρευνα και εκμετάλλευση υδρογονανθράκων και άλλες διατάξεις.

ΟΔΗΓΙΑ 2013/30/ΕΕ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ³⁰ της 12ης Ιουνίου 2013 για την ασφάλεια των υπεράκτιων εργασιών πετρελαίου και φυσικού αερίου και την τροποποίηση της οδηγίας 2004/35/ΕΚ.

Στις 10 Ιουνίου 2013, η ΕΕ εξέδωσε την οδηγία για την ασφάλεια των υπεράκτιων δραστηριοτήτων εκμετάλλευσης κοιτασμάτων πετρελαίου και φυσικού αερίου. Οι νέοι κανόνες (προτάθηκε αρχικά να λάβει τη μορφή κανονισμού) βεβαιώνουν ότι τα υψηλότερα πρότυπα ασφαλείας θα πρέπει να ακολουθούνται σε κάθε πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου και φυσικού αερίου σε ολόκληρη την Ευρώπη. Αυτό θα βοηθήσει να ελαχιστοποιήσει την πιθανή ζημιά στο περιβάλλον και το βιοτικό επίπεδο των παράκτιων κοινοτήτων. Η νέα οδηγία θέτει σαφείς κανόνες που καλύπτουν το σύνολο του κύκλου ζωής όλων των δραστηριοτήτων εξερεύνησης και παραγωγής, από το σχεδιασμό μέχρι την τελική απομάκρυνση μιας εγκατάστασης πετρελαίου ή φυσικού αερίου.

³⁰ <https://ec.europa.eu> European commission ec.europa.eu Offshore oil and gas platforms standards

2.4.1 Το ατύχημα στο κοίτασμα Piper και οι επιπτώσεις του στη θέσπιση νόμων στη Μεγάλη Βρετανία

Στο κοίτασμα Piper στη Βόρεια Θάλασσα,³¹ στην εξέδρα που ήταν εγκατεστημένη και βρισκόταν περίπου 190km στα βορειοδυτικά του Aberdeen της Σκωτίας, έγινε έκρηξη και η φωτιά που προκλήθηκε από αυτήν κατάστρεψε την εξέδρα την 6^η Ιουλίου 1988 και προκάλεσε το θάνατο 167 ανδρών. Η καταστροφή της υπεράκτιας εξέδρας εξόρυξης της Piper Alpha υπήρξε η μεγαλύτερη όλων των εποχών από απόψεως ανθρώπινων απωλειών. Η συνολική ασφαλισμένη απώλεια από την καταστροφή της εξέδρας ανήλθε περίπου σε £1.7 δισεκατομμύρια στερλίνες. Την εποχή της καταστροφής η εξέδρα αυτή συνείσφερε περίπου το 10% της συνολικής παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου από τη Βόρεια Θάλασσα. Η εξόρυξη και η εγκατάσταση περισυλλογής φυσικού αερίου λειτούργησε το 1980. Μέσω ενός δικτύου υποθαλάσσιων αγωγών η εξέδρα αυτή συνδεόταν με άλλες εγκαταστάσεις για τη μεταφορά υδρογονανθράκων.

Η Βρετανική Κυβέρνηση υιοθέτησε όλες και τις 106 εισηγήσεις της έκθεσης του σκωτσέζου νομικού Lord Cullen και η αρμοδιότητα για τα θέματα ασφάλειας σε θέματα εξόρυξης υδρογονανθράκων μεταφέρθηκε στην Υπηρεσία HSE (Health Safety and Environment). Οι σημαντικότερες ειδικές νομοθεσίες για τα θέματα ασφάλειας που εισήχθησαν ήταν οι ακόλουθες:

1. The Offshore Installations and Pipeline Works (Management and Administration) Regulations 1995. Οι κανονισμοί αυτοί αφορούσαν την ασφαλή διαχείριση των υπεράκτιων εγκαταστάσεων και επέβαλλαν τον διορισμό διαχειριστών για τις υπεράκτιες εγκαταστάσεις και τη χρήση συστημάτων με άδειες εργασίας.

2. The Offshore Installations (Prevention of Fire and Explosion and Emergency Response) Regulations 1995. Η ειδική αυτή νομοθεσία ρύθμιζε θέματα πρόληψης πυρκαγιών και εκρήξεων καθώς και θέματα διάσωσης.

3. The Offshore Installations and Wells (Design and Construction etc) Regulations 1996. Οι Κανονισμοί αυτοί αφορούν την ασφάλεια των γεωτρήσεων και ρύθμιζαν θέματα σχεδιασμού και κατασκευής καθώς και θέματα ασφάλειας και υγείας του εργασιακού περιβάλλοντος.

4. The Safety Case Regulations 2005 (Initially the Offshore Installations (Safety Case) Regulations 1992). Οι Κανονισμοί αυτοί αποτέλεσαν τη πιο σημαντική νομοθεσία και

³¹Πηγή: www.hse.gov.uk Health and Safety Executive (Offshore Oil and Gas) UK

επέβαλαν στον κάθε διαχειριστή να αποδείξει πως τα ατυχήματα μεγάλης κλίμακας ελέγχονται με επάρκεια και ότι το σύστημα διαχείρισης ασφάλειας που εφαρμόζεται είναι κατάλληλο.

Επιπρόσθετα η βιομηχανία καθόρισε και εισήγαγε ειδικές οδηγίες ασφάλειας.



2.5 Διαδικασία Υγροποίησης Φυσικού Αερίου

Το φυσικό αέριο όταν δεν καθαρίζεται στις μονάδες εξόρυξης, παραδίδεται μέσω αγωγών από το πεδίο εξόρυξης του, στη μονάδα υγροποίησης που βρίσκεται πλησίον της ακτογραμμής και διαθέτει εξειδικευμένες λιμενικές εγκαταστάσεις. Κατά τη διάρκεια της υγροποίησης αφαιρούνται οι επιβλαβείς ουσίες που βρέθηκαν στην επεξεργασία ώστε να μην προκαλέσουν ενδεχόμενη ζημιά στον εξοπλισμό συμπίεσης / ψύξης. Μετά τον καθαρισμό το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι σχεδόν 100% μεθάνιο. Εν συνεχεία, το υγροποιημένο αέριο αποθηκεύεται σε δεξαμενές διπλού τοιχώματος, με προηγμένη θερμική μόνωση, κατάλληλη ατμοσφαιρική πίεση και την ελάχιστη δυνατή εξάτμιση για τη διατήρηση του αερίου σε υγρή κατάσταση.

Κατά το στάδιο της υγροποίησης λαμβάνονται τα προσήκοντα μέτρα για αποφυγή διαρροής καθώς έχουν τεθεί οι απαιτούμενες προδιαγραφές για τους εναλλάκτες θερμοκρασίας (αγωγούς).

Ο κύριος λόγος για την υγροποίηση του φυσικού αερίου είναι η κατά 600 φορές μείωση του όγκου λόγω της αλλαγής φάσης (αέριο σε υγρό). Στη φυσικά επικρατούσα αέρια φάση, το φυσικό αέριο είναι μια ογκώδης πηγή ενέργειας, η οποία είναι μερικές φορές δύσκολη στο χειρισμό. Η αποθήκευση του αερίου απαιτεί τεράστια υπόγεια σπήλαια ή μεγάλες συμπυκνόμενες δεξαμενές αποθήκευσης. Η μεταφορά του φυσικού αερίου από τις πηγές παραγωγής στα σημεία κατανάλωσης απαιτεί μεγάλα δίκτυα αγωγών. Κατά συνέπεια, μπορούν να εξεταστούν μόνο χερσαίες ή σχετικά μικρές υποθαλάσσιες διαδρομές. Τέλος, το

φυσικό αέριο σε ατμοσφαιρική πίεση είναι πάρα πολύ ογκώδες για να θεωρηθεί ως καύσιμο για λόγους μεταφορών και πρέπει, κατ' ελάχιστο, να συμπιεστεί.

Η υγροποίηση του φυσικού αερίου χρησιμοποιείται για να υπερνικήσει αυτά τα εμπόδια, και επιτρέπει τη μεταφορά του σε μεγαλύτερες αποστάσεις και εφαρμογή του υγροποιημένου φυσικού αερίου LNG ως πηγή ενέργειας. Παραδείγματος χάριν, το LNG που παράγεται στη Μέση Ανατολή καλύπτει περίπου το 10% της κατανάλωσης πρωτογενούς ενέργειας της Ιαπωνίας. Η αποθήκευση LNG κοντά σε αστικές περιοχές επιτρέπει την κάλυψη των αναγκών αιχμής σε φυσικό αέριο χωρίς να απαιτηθεί η κατασκευή πρόσθετων αγωγών που τις περισσότερες φορές θα ήταν υποχρησιμοποιημένοι.

Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι ένα εφικτό καύσιμο μεταφορών για στόλους φορτηγών και λεωφορείων. Όμως, πιο πρόσφατες εφαρμογές σε αεροσκάφη και σιδηροδρόμους έδειξαν ότι απαιτείται υψηλότερη πυκνότητα ενέργειας για το LNG ώστε η εφαρμογή να είναι εμπορικά βιώσιμη.

Η διαδικασία υγροποίησης συνεπάγεται την ψύξη του καθαρού αερίου τροφοδοσίας με τη χρήση ψυκτικών μέσων. Η μονάδα υγροποίησης αποτελείται από πολλές παράλληλες μονάδες "τρένα" ή "trains" κατά τον αγγλικό όρο, εξοπλισμένες με την απαραίτητη τεχνολογία οι οποίες έχουν προκαθορισμένο μέγεθος αλλά και χωρητικότητα με πιο συνηθισμένη των 3-3,5mtpa. Με την υγροποίηση του φυσικού αερίου, ο όγκος του μειώνεται σημαντικά ήτοι χρησιμοποιεί 1/600ο του χώρου που απαιτείται για μια συγκρίσιμη ποσότητα αερίου σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση.

Οι πρώτες προσπάθειες να εμπορευθεί το LNG απέτυχαν. Η μεταφορά φορτίων μεταξύ αποθηκών στο Chicago, Illinois και πεδίων αερίου στη Louisiana δεν χρησιμοποίησε επαρκώς σχεδιασμένες δεξαμενές. Ομοίως, μια πρωτότυπη δεξαμενή αποθήκευσης αναγκών αιχμής στο Cleveland του Ohio αστόχησε στην κυριολεξία και κατέρρευσε το 1944 λόγω λανθασμένης επιλογής υλικών. Η επακόλουθη διαρροή από τη δεξαμενή εξατμίστηκε, ταξίδεψε μέσω ενός παρακείμενου αποχετευτικού συστήματος, και προκάλεσε θανατηφόρα ατυχήματα σε μεγάλη απόσταση λόγω ανάφλεξης. Αυτές οι αρχικές αστοχίες, καθώς επίσης και η επόμενη έκρηξη μιας κακοσχεδιασμένης δεξαμενής LNG που υποβαλλόταν σε επισκευές στο Staten Island, New York το 1973, συνέβαλαν πολύ στην καθυστέρηση της εμπορίας LNG στις Ηνωμένες Πολιτείες. Ένα μεγάλο μέρος της αρχικής ανάπτυξης στράφηκε γύρω από την Ευρώπη και τη Βόρειο Αφρική.

Η πρώτη εγκατάσταση βασικού φορτίου για εμπορία LNG ξεκίνησε το 1964 από την Αλγερία προς το νησί Canvey στην Αγγλία και τη Χάβρη (Le Havre) στη Γαλλία. Οι επόμενες εγκαταστάσεις χτίστηκαν στη Λιβύη και την Αλγερία για να παρέχουν LNG στην Ευρώπη και το επεκτεινόμενο δίκτυο αγωγών του. Η Ιαπωνία έγινε αγοραστής LNG το 1969, με την παραλαβή του πρώτου φορτίου της από Kenai, Alaska. Από τότε, η Ιαπωνία έχει γίνει ο μεγαλύτερος αγοραστής LNG στον κόσμο. Σημαντικές εγκαταστάσεις παραγωγής σήμερα, υπάρχουν επίσης στην Ινδονησία, το Αμπού Ντάμπι (Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα), το Μπρουνέι, τη Μαλαισία, και την Αυστραλία. Το Κατάρ άρχισε τις εξαγωγές LNG προς την Άπω Ανατολή στα τέλη του 1996 και θα είναι σημαντικός LNG εξαγωγέας τον 21ο επόμενο αιώνα.

Οι εγκαταστάσεις LNG κάλυψης αναγκών αιχμής επεκτάθηκαν γρήγορα προς το τέλος της δεκαετίας του '60 και καθ' όλη τη διάρκεια της δεκαετίας του '70 και στην Ευρώπη και στη Βόρεια Αμερική. Αυτή η αύξηση αντανάκλυνε την αυξανόμενη χρήση φυσικού αερίου στις αστικές περιοχές και, ειδικότερα, τη δεσπύουσα χρήση του φυσικού αερίου για θέρμανση. Ουσιαστικά καμία αύξηση της επιχείρησης κάλυψης αναγκών αιχμής δεν εμφανίστηκε στη δεκαετία του '80 λόγω διάφορων διαφορετικών παραγόντων, που κυμαίνονται από την εξοικονόμηση ενέργειας και περιβαλλοντικούς περιορισμούς χωροθέτησης ως αλλαγές σε νομοθετικές ρυθμίσεις.

Η χρήση LNG στην τροφοδότηση οχημάτων μεταφορών έχει εξεταστεί για περισσότερο από 20 έτη. Υπάρχουν διάφοροι λόγοι που ωθούν προς αυτήν την κατεύθυνση, συμπεριλαμβανομένων των περιβαλλοντικών πλεονεκτημάτων της καύσης φυσικού αερίου έναντι των συμβατικών καυσίμων. Εντούτοις, δεν υπάρχει σημαντική υποδομή για την τροφοδότηση οχημάτων με LNG που να μπορεί να υποστηρίξει τη μετατροπή αυτοκινήτων και φορτηγών. Τα αλιευτικά σκάφη μπορούν επίσης να ωφεληθούν από τη χαμηλή θερμοκρασία του LNG, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καταψύξει τα ψάρια που αλιεύουν. Ομοίως, για να χρησιμοποιηθεί καλύτερα το LNG ως καύσιμο για αεροσκάφη υψηλής απόδοσης, τα μπροστινά άκρα των πτερυγίων μπορούν να ψυχθούν με LNG για να μειωθούν οι αντιστάσεις λόγω τριβής, ενώ το LNG εξατμίζεται για χρήση στους κινητήρες του αεροσκάφους, υδρογονανθράκων που μπορεί να υπάρξει στην υγρή φάση.

Διαδικασίες Υγροποίησης Βάσης Φόρτωσης: Η υγροποίηση φυσικού αερίου σε βάση φόρτωσης μεγάλου μεγέθους πραγματοποιείται με έμφαση στην απόδοση της διεργασίας. Η

κλίμακα των λειτουργιών σημαίνει ότι η παραγωγή με την πιο μικρή εγκατεστημένη δυναμικότητα και την πιο μικρή κατανάλωση καυσίμων είναι η οικονομικά συμφέρουσα. Επειδή η θερμότητα που πρέπει να αφαιρεθεί από το φυσικό αέριο για να το ψύξει σε -160°C απορρίπτεται τελικά στον αέρα ή το νερό, έχουν αναπτυχθεί αρκετά περίπλοκα συστήματα.

Διεργασίες Ψύξης σε Σειρά: Οι πρώτες διεργασίες υγροποίησης φυσικού αερίου χρησιμοποιούσαν συστοιχίες απλών ψυκτικών μονάδων σε σειρά. Κάθε ψυκτικό χρησιμοποιείται σε ξεχωριστό κλειστό κύκλο που παρέχει ψύξη σε συγκεκριμένες θερμοκρασιακές περιοχές. Τυπικά, χρησιμοποιούνται προπάνιο, αιθυλένιο και μεθάνιο για να παρέχουν μια ευρεία, ισορροπημένη σειρά ψύξης. Μετά από τη συμπίεση, τρία επίπεδα θερμοκρασιών για καθένα από τα τρία ψυκτικά διαμορφώνουν μια ακολουθία εννέα βαθμίδων. Κάθε ένα από αυτά τα επίπεδα θερμοκρασίας αντιστοιχεί σε μια προκαθορισμένη ελάττωση πίεσης (στα δοχεία διαχωρισμού) για την εξάτμιση του ψυκτικού σε εναλλαγή θερμότητας με την τροφοδοσία φυσικού αερίου και ένα ξεχωριστό ρεύμα ψυκτικού που απαιτεί ψύξη. Με αυτόν τον τρόπο, αφαιρείται θερμότητα από το φυσικό αέριο σε διαδοχικά χαμηλότερες θερμοκρασίες δηλαδή, το ψυκτικό βράζει σε διαδοχικά χαμηλότερη πίεση. Η θερμότητα απορρίπτεται στον αέρα ή σε νερό μέσω του θερμότερου ψυκτικού, συνήθως προπανίου και των μεταψυκτών των συμπιεστών. Ο κύκλος ψύξης του μεθανίου είναι ανοικτός δεδομένου ότι συνδυάζεται με την τροφοδοσία φυσικού αερίου και μετά από το τελικό στάδιο ελάττωσης πίεσης το υγρό μεθάνιο αποτελεί μέρος του παραγόμενου LNG. Οι διεργασίες ψύξης σε σειρά επέτρεψαν τη χρήση ψυκτικών συστημάτων ενός συστατικού σε εποχές που δεν είχαν αναπτυχθεί τόσο καλά οι θερμοδυναμικοί συσχετισμοί και οι βάσεις δεδομένων θερμοφυσικών ιδιοτήτων τόσο όσο είναι αυτή τη στιγμή. Επιπλέον, οι διεργασίες μπόρεσαν να γίνουν πολύ αποδοτικές (δηλαδή μπόρεσε να μειωθεί το ποσό αναντιστρεπτότητας) με την αύξηση τόσο του αριθμού των ψυκτικών ουσιών που χρησιμοποιήθηκαν όσο και των βαθμίδων εξάτμισης κάθε ψυκτικού. Όμως, αυτή η βελτίωση στην απόδοση, εντούτοις, είχε αυξημένες οικονομικές συνέπειες. Κάθε ψυκτικό απαιτεί συμπιεστή, μηχανισμό κίνησης, δοχεία, και εναλλάκτες θερμότητας, μαζί με τις απαραίτητες σωληνώσεις, μόνωση, και συστήματα ελέγχου. Κάθε πρόσθετο στάδιο εξάτμισης προσθέτει στον αριθμό των εναλλακτών θερμότητας και δοχείων και στον αριθμό των παράπλευρων ρευμάτων που εισάγονται στο συμπιεστή.

Διεργασίες με Μείγμα Ψυκτικών: Το πρόβλημα του σύνθετου σχεδιασμού, το σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης και οι περιορισμοί στα ενδιάμεσα στάδια της διαδικασίας υγροποίησης σε σειρά αντιμετωπίζονται με τις διεργασίες υγροποίησης με μίγμα ψυκτικών. Με την εξέλιξη του εξοπλισμού και των συστημάτων ελέγχου έγινε δυνατός ο συνδυασμός ψυκτικών σε έναν ψυκτικό κύκλο.

Σε τέτοιες διεργασίες, ένα γίνεται συνδυασμός ψυκτικών όπως πεντάνιο, βουτάνιο, προπάνιο, αιθάνιο, μεθάνιο και άζωτο σε αναλογίες κατάλληλες για την καμπύλη ψύξης του προς υγροποίηση φυσικού αερίου που υγροποιείται, δηλαδή η καμπύλη θερμοκρασίας - ενθαλπίας θέρμανσης του μίγματος ψυκτικών να ακολουθεί πολύ κοντά την καμπύλη ψύξης του φυσικού αερίου.

Αυτό μειώνει την αναντιστρεπτότητα της διεργασίας. Το μίγμα ψυκτικών συμπυκνώνεται έπειτα, κατά μέρος με αέρα ή νερό και το υπόλοιπο σε χαμηλότερη θερμοκρασία με εναλλαγή θερμότητας με το ίδιο το μίγμα. Στην τελευταία περίπτωση, το εισερχόμενο αέριο ψυκτικό ψύχεται και συμπυκνώνεται σε ανυψωμένη πίεση κατ' αντιρροή με την εξατμιζόμενη υγρή φάση του μίγματος ψυκτικών, καθένα από τα οποία εκτονώνεται σε μια πολύ χαμηλότερη πίεση και, ως εκ τούτου, και θερμοκρασία.

Η διεργασία με μίγμα ψυκτικών έχει αποδώσει καλά σε διάφορες εγκαταστάσεις και αντιπροσωπεύει μια απλοποίηση έναντι της διαδικασίας υγροποίησης σε σειρά. Εντούτοις, δεν είναι θερμοδυναμικά αρκετά αποδοτική ώστε να είναι οικονομική σε σχέση με τις αυξανόμενες τιμές ενέργειας. Για να ανταποκριθεί στην καμπύλη ψύξης του φυσικού αερίου τροφοδοσίας σε ένα ευρύ φάσμα, από τη θερμοκρασία του νερού ψύξης ή του αέρα, ως τη θερμοκρασία υγροποίησης, είναι απαραίτητοι συμβιβασμοί ως προς τη σύνθεση του μίγματος ψυκτικών. Το ευρύ φάσμα των σημείων βρασμού για τα συστατικά του μίγματος ψυκτικών σημαίνει επίσης ότι μερικά από τα βαρύτερα συστατικά συμπιέζονται σε υψηλότερες πιέσεις από τις πραγματικά απαιτούμενες για τη συμπύκνωσή τους για να εξασφαλιστεί συμπύκνωση των ελαφρύτερων, χαμηλότερων σημείων βρασμού συστατικών όπως το άζωτο και το μεθάνιο. Μια τέτοια ρήτρα ανασυμπίεσης δεν μπορεί να αποφευχθεί χωρίς έναν σημαντικό διαχωρισμό τμημάτων των ψυκτικών όπως εμφανίζεται σε διεργασίες ψύξης με μίγμα ψυκτικών με προκαταρκτική ψύξη.

Διεργασίες με Μίγμα Ψυκτικών και Προκαταρκτική Ψύξη: Στις αρχές της δεκαετίας του '70, αναπτύχθηκε μια τρίτη γενιά διεργασιών, με μίγμα ψυκτικών και προκαταρκτική ψύξη, από τον άμεσο συνδυασμό άλλων των δύο. Η ευρύτατα χρησιμοποιούμενη διεργασία χρησιμοποιεί δύο χωριστά συστήματα ψύξης. Έναν κύκλο ψύξης με προπάνιο σε σειρά, ακολουθούμενη από έναν κύκλο με μίγμα ψυκτικών που περιλαμβάνει προπάνιο, αιθάνιο, μεθάνιο και άζωτο ως συστατικά. Ο κύκλος προπανίου προψύχει το φυσικό αέριο και χρησιμεύει ως ενδιάμεσο ψυκτικό για την απόρριψη θερμότητας από το τμήμα με το μίγμα ψυκτικών ουσιών προς τον αέρα ή το νερό ψύξης. Το τμήμα ψύξης με προπάνιο μπορεί να κατασκευαστεί από κοινό χάλυβα χαμηλότερου κόστους, ενώ τα τμήματα χαμηλότερης θερμοκρασίας απαιτούν χάλυβες αργιλίου ή νικελίου. Κατά συνέπεια, το σπάσιμο της διεργασίας ψύξης στο στάδιο του προπανίου είναι συμβατό με την επιλογή οικονομικών υλικών. Τέλος, με τη μείωση του εύρους της ψύξης που πρέπει να επιτευχθεί από το μίγμα ψυκτικών ουσία, μπορεί να βελτιστοποιηθεί η σύνθεσή του και να μειωθούν σημαντικά οι ενεργειακές απώλειες λόγω ανασυμπίεσης.

Έχουν αναπτυχθεί πρόσθετα σχήματα διεργασιών που εμπίπτουν στην κατηγορία των διεργασιών με μίγματα ψυκτικών και προκαταρκτική ψύξη. Εάν προστεθεί αιθάνιο στο ψυκτικό της προκαταρκτικής ψύξης για να σχηματίσει μια διεργασία διπλού μίγματος ψυκτικών, η θερμοκρασία προκαταρκτικής ψύξης μπορεί να μειωθεί σύμφωνα με τους όρους λειτουργίας του κύκλου και το ποσοστό του προστιθέμενου αιθανίου. Με αυτήν την διαδικασία το ψυκτικό φορτίο μπορεί να μετατοπιστεί μεταξύ των δύο κύκλων ψύξης - μια δυνατότητα που μπορεί να είναι χρήσιμη στην αντιμετώπιση αλλαγών στο αέριο τροφοδοσίας ή αλλαγών στη διαθεσιμότητα ισχύος. Η αλλαγή στη διαθεσιμότητα ισχύος μπορεί να εμφανιστεί λόγω αλλαγών της θερμοκρασίας περιβάλλοντος που έχουν επιπτώσεις στην παραγόμενη ισχύ των αεριοστρόβιλων. Η λειτουργία ενός δυαδικού μίγματος ψυκτικών για προκαταρκτική ψύξη είναι πιο περίπλοκη επειδή δεν είναι πλέον επαρκής ο απλός έλεγχος πίεσης, αλλά μπορεί να προτιμηθεί σε συγκεκριμένες περιπτώσεις.

Μια άλλη διαδικασία με προκαταρκτική ψύξη έχει προταθεί για εγκαταστάσεις που χρησιμοποιούν αεριοστρόβιλους στο τμήμα με μίγμα ψυκτικών. Σε αυτήν την διαμόρφωση, η αποβαλλόμενη θερμότητα των αεριοστρόβιλων χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει αμμωνία και νερό σε έναν ψύκτη απορρόφησης αμμωνίας. Αυτό το σύστημα θα μπορούσε να αναλάβει το φορτίο της προκαταρκτικής ψύξης εξαλείφοντας την ανάγκη για δαπανηρούς

συμπιεστές και μηχανισμούς κίνησης. Κανένα από αυτά τα δύο συστήματα δεν έχει εφαρμοστεί σε μια λειτουργική εγκατάσταση³².

2.6 Αποθήκευση Φυσικού Αερίου

Η αποθήκευση του υγροποιημένου πλέον φυσικού αερίου γίνεται κοντά στα σημεία εξόρυξης στις λεγόμενες κρυογενικές εγκαταστάσεις. Το LNG αποθηκεύεται σε κρυογενικές δεξαμενές, οι οποίες έχουν ισχυρή θερμική μόνωση και εξαιρετικά ανθεκτική κατασκευή έναντι διαρροών.

Οι δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελούνται από ένα εξωτερικό και ένα εσωτερικό κέλυφος. Και τα δύο κελύφη έχουν κυλινδρικά κατακόρυφα τοιχώματα. Το κατακόρυφο τοίχωμα του εξωτερικού κελύφους είναι κατασκευασμένο από προεντεταμένο σκυρόδεμα. Η στέγη της δεξαμενής είναι κατασκευασμένη από οπλισμένο σκυρόδεμα και έχει μορφή σφαιρικού τομέα το οποίο αποτελεί τμήμα του εξωτερικού κελύφους καθώς συνδέεται μονολιθικά με το κατακόρυφο τοίχωμα αυτού. Μια κυκλική κητόστρωση οπλισμένου σκυροδέματος, συνδεόμενη και αυτή μονολιθικά με το κατακόρυφο τοίχωμα του εξωτερικού κελύφους, αποτελεί τη βάση της δεξαμενής και στην περίπτωση που δεν χρησιμοποιούνται πάσσαλοι και δεν τοποθετούνται συσκευές σεισμικής μόνωσης λειτουργεί ως θεμελίωση διανέμοντας τα φορτία της ανοδομής στο έδαφος. Το εσωτερικό κέλυφος είναι εξολοκλήρου κατασκευασμένο από κρυογενικό χάλυβα με περιεκτικότητα σε Νικέλιο (Ni) 9%.

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 από ρωγμές, σεισμούς, εξωτερικά πλήγματα.

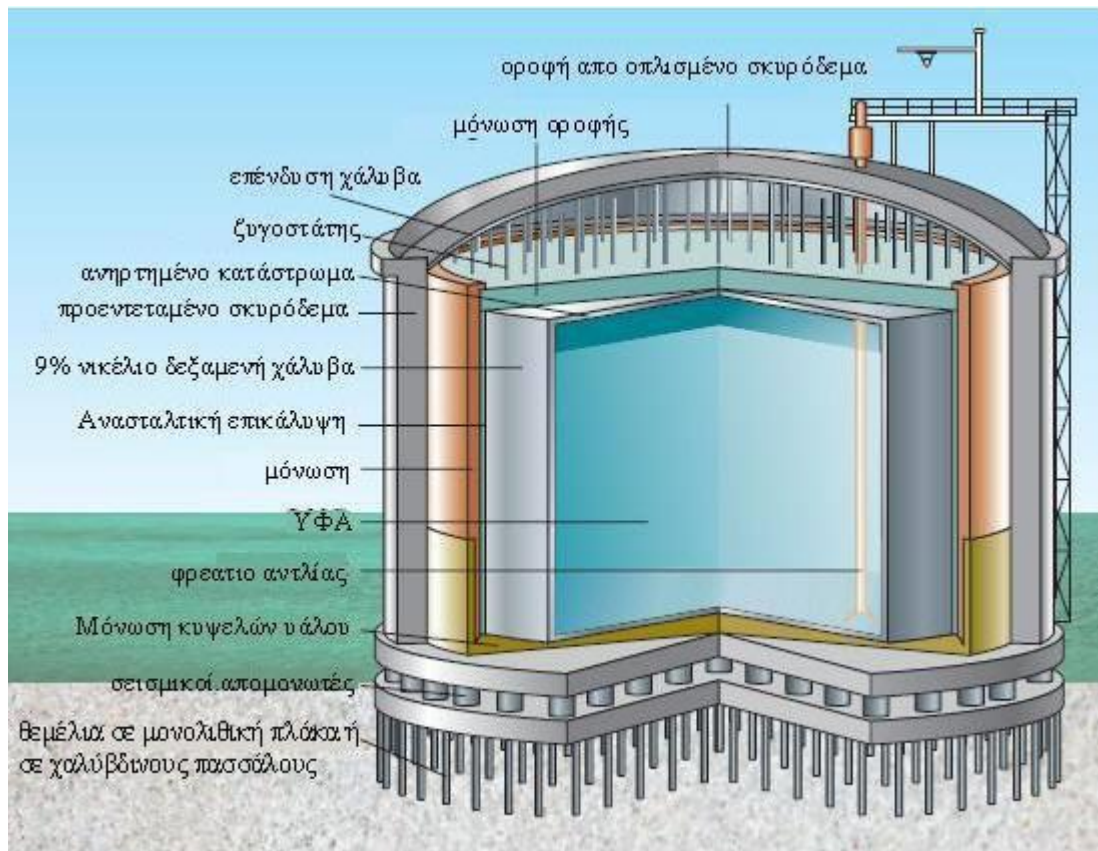
Διακρίνονται δε σε υπέργειες και υπόγειες.

A. Υπέργειες όπου το υπέρ τους είναι ότι το κόστος κατασκευής τους είναι χαμηλότερο από εκείνο των υπόγειων και τα κατά τους ότι έχουν υψηλότερο ρυθμό εξάτμισης και υψηλότερο κίνδυνο διαρροών.

³²Πηγή: http://www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/news_files/webdoc_8_15_6_2007.pdf, κεφάλαιο 4 Υγροποίηση Φυσικού Αερίου, σελ. 66

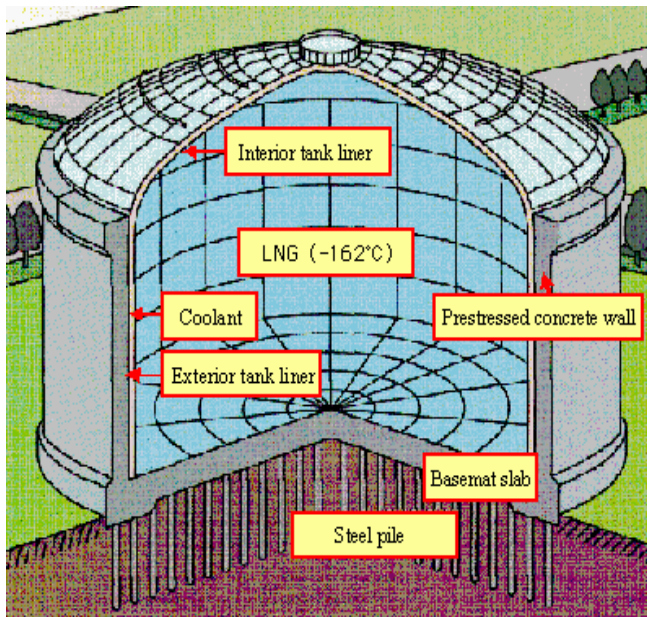
Β. Υπόγειες στα υπέρ τους είναι ο χαμηλός ρυθμός εξάτμισης και ο σημαντικά μικρότερος κίνδυνος διαρροών και το κατά τους ότι έχουν υψηλότερο κόστος κατασκευής. Και στους δύο τύπος δεξαμενών το μόνο σημείο από το οποίο εισέρχονται σωληνώσεις είναι η κορυφή του θόλου.

Εικόνα 9: Υπέργεια δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου



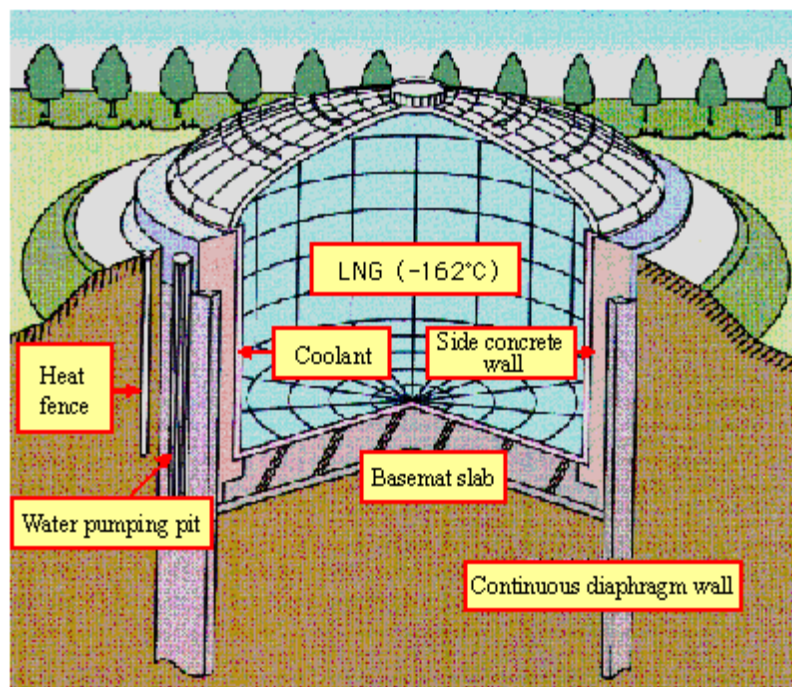
Πηγή: Kireas.org

Εικόνα 10: Υπέργεια δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου



Πηγή: Εργαστήριο Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών ΕΜΠ

Εικόνα 11: Υπόγεια δεξαμενή υγροποιημένου φυσικού αερίου



Πηγή: Εργαστήριο Τεχνολογίας Καυσίμων και Λιπαντικών ΕΜΠ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΜΕΤΑΦΟΡΑ – ΡΟΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ



3.1 Γενικά

Από το 1960, άρχισαν να ναυπηγούνται τα πρώτα υγραεριοφόρα πλοία, τότε καλούμενα μεθανιοφόρα.

Από τότε μέχρι σήμερα η κατασκευή αυτών των πλοίων διαμορφώθηκε από ορθογώνιες τραπεζοειδείς δεξαμενές σε σφαιροειδείς δεξαμενές και από μεθανιοφόρα καλούνται πλέον πλοία LNG ή πλοία μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου.

Πέραν όμως από την κατασκευαστική διαμόρφωση, διαφοροποιήθηκε και ο τρόπος κίνησης αυτών. Έτσι, εκτός από το να μεταφέρουν το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο, χρησιμοποιούν αυτό το ως μέσο πρόωσης του πλοίου.

Όταν μιλάμε για προσφορά θαλάσσιων μεταφορών εννοούμε το σύνολο του παγκόσμιου στόλου πλοίων που είτε είναι διαθέσιμα είτε βρίσκονται προσωρινά εκτός αγοράς (παροπλισμένα, υπό συντήρηση, υπό κράτηση σε λιμάνια). Σε αυτά θα πρέπει να προστεθεί και η δυνητική προσφορά, δηλαδή πλοία υπό κατασκευή ή πλοία που μπορούν να ενισχύσουν την αγορά αν βρουν συμφέροντες όρους, προερχόμενα από άλλη πιθανόν παρόμοια αγορά.

Κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την προσφορά πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι:

- Οι ομάδες λήψης αποφάσεων
 - ✓ πλοιοκτήτες
 - ✓ φορτωτές / ναυλωτές
 - ✓ ναυτιλιακές τράπεζες
 - ✓ αρχές θέσπισης κανονισμών

- Η χωρητικότητα του παγκόσμιου στόλου πλοίων

- ✓ Ο παγκόσμιος στόλος πλοίων, αλλά και η συνολική χωρητικότητα του καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τη συνολική προσφορά θαλασσιών μεταφορών.
- η παραγωγικότητα του παγκόσμιου στόλου πλοίων
 - ✓ Με τον όρο παραγωγικότητα του στόλου θα θέλαμε να προσδιορίσουμε τον τρόπο με το οποίο απασχολούνται τα διαθέσιμα πλοία.
- οι ναυπηγήσεις και παραδόσεις νεότευκτων πλοίων
 - ✓ Η προσφορά πλοίων παραμένει σταθερά βραχυχρόνια, δεδομένου ότι τα νέα πλοία θα χρειαστούν από 1 έως 3 χρόνια για την ένταξη τους στην αγορά.
- οι απώλειες και διαλύσεις πλοίων
 - ✓ Τα πλοία που κατευθύνονται στα διαλυτήρια, τα παροπλισμένα και τα απολεσθέντα λόγω κάποιου ατυχήματος μειώνουν τη συνολική προσφορά.
- οι ναύλοι και οι προσδοκίες που δημιουργούνται ως προς την εξέλιξη τους
 - ✓ Οι ναύλοι μειώνονται όταν υπάρχει προσφορά πλοίων και αυξάνονται όταν υπάρχει έλλειψη πλοίων

Η προσφορά φυσικού αερίου επηρεάζεται και από παράγοντες όπως το συνολικό ή τοπικό επίπεδο παραγωγής, η μεγιστοποίηση ή μη της παραγωγής, η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων, η εγκατάλειψη των ήδη χρησιμοποιηθέντων, ο όγκος των αποθεμάτων στις μονάδες αποθήκευσης αλλά και ο συνολικός όγκος εισαγωγών – εξαγωγών. Επίσης τα επίπεδα παραγωγής φυσικού αερίου αλλά και οι τιμές των ανταγωνιστικών καυσίμων μπορεί να έχουν άμεση σχέση με τις διαταραχές του εφοδιασμού.

Η ενεργή ζωή των πλοίων LNG είναι πολύ μεγαλύτερη των πλοίων υπολοίπων κατηγοριών. Συνολικά μόλις 16 πλοία έχουν διαλυθεί, τα 12 εξ' αυτών μετά το 2007, ενώ υπήρξαν και χρονιές, όπως το 2009, που κανένα πλοίο δεν οδηγήθηκε στα διαλυτήρια. Όλα τα πλοία ήταν μικρότερα του μέσου μεγέθους, ενώ ο μέσος όρος ηλικίας τους ήταν τα 38 έτη. Αυτό εξηγείται εν μέρει από τη νεαρή ηλικία του στόλου όπου θα διαπιστώσουμε ότι τα πλοία με ηλικία μεγαλύτερη των 25 ετών είναι μόλις 42. Ένα επιπλέον στοιχείο αποτελεί το γεγονός ότι πολλά εξ' αυτών μόλις τελειώνει η ωφέλιμη διάρκεια της ζωής τους, δεν

κατευθύνονται στα διαλυτήρια, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πλωτές δεξαμενές αποθήκευσης.

Το αέριο που εμπορεύεται διεθνώς (20%) είναι πολύ λιγότερο από την ποσότητα του πετρελαίου (50%). Το διεθνές εμπόριο αερίου αρχίζει τώρα να αναπτύσσεται. Το βέβαιο είναι ότι δεν υπάρχει έλλειψη φυσικού αερίου στον κόσμο, σημαντικές ποσότητες αερίου μένουν να ανακαλυφθούν και να αναπτυχθούν. Το βασικό πρόβλημα του αερίου είναι ότι το μεγαλύτερο ποσοστό του τοποθετείται μακριά από τα κέντρα ζήτησης. Από την άλλη το ενεργειακό περιεχόμενο του αερίου είναι μόνο το ένα χιλιοστό από το αντίστοιχο μέγεθος του πετρελαίου, το οποίο κάνει την μεταφορά του αερίου πιο περίπλοκη και ακριβή.

Οι αγωγοί αερίου είναι πάνω από 7 φορές πιο ακριβοί από του πετρελαίου και τα δεξαμενόπλοια LNG είναι περίπου 6 φορές πιο ακριβά από τα τάνκερ πετρελαίου. Μεταφορά σε απόσταση μεγαλύτερη των 2500 μιλίων καθίσταται πιο συμφέρουσα σε υγροποιημένη μορφή παρά μέσω αγωγών.

Το ευρωπαϊκό δίκτυο διαχειριστών συστημάτων μεταφοράς φυσικού αερίου (European Network of Transmission System Operators for Gas-ENTSOG) ιδρύθηκε την 1η Δεκεμβρίου του 2009 με βάση την Κοινοτική νομοθεσία το 3ο ενεργειακό πακέτο. Αποστολή του ENTSOG είναι η διευκόλυνση και ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των διαχειριστών των εθνικών συστημάτων μεταφοράς ανά την Ευρώπη, συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη ενός πανευρωπαϊκού συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου σύμφωνα με τους ενεργειακούς στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης.



3.2 Τύποι Πλοίων μεταφοράς LNG

LNG carrier under construction
at [DSME](#) shipyard, [Okpo-dong](#)

Πηγή: ABS

Σύμφωνα με την κωδικοποίηση NACE 2 rev (στατιστική ονοματολογία των οικονομικών δραστηριοτήτων), η θαλάσσια μεταφορά υγροποιημένου αερίου υπάγεται στον κωδικό 50.2 **Θαλάσσιες και ακτοπλοϊκές μεταφορές εμπορευμάτων** χωρίς όμως να υπάρχει μεγαλύτερη ανάλυση.

Ειδικότερα το υγροποιημένο φυσικό αέριο LNG και τα πλοία τύπου LNG διέπονται από τον IMO - IGC Code³³, IMO - IGF Code, SIGTTO and OCIMF, EU, NFPA, FERC, USCG καθώς και από την νομοθεσία και το νομικό πλαίσιο κάθε χώρας.

Η μεταφορά υγρών φορτίων πραγματοποιείται με εξειδικευμένα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Κατά τη μεταφορά του, το LNG διατηρείται σε υγρή μορφή με ψύξη (μέχρι -161 °C) υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση.

Λόγω της αυξημένης επικινδυνότητας των υγραεριοφόρων πλοίων απαιτείται υψηλή τεχνολογία κατασκευής τους, αυξημένα μέτρα ασφαλείας και τήρηση αυστηρών περιορισμών κατά τη μεταφορά ενώ η προσέγγιση τους επιτρέπεται μόνο σε ειδικούς προβλήτες που διαθέτουν τα ενδεδειγμένα μέσα ασφάλειας, πρόβλεψης και αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων.

Η χωρητικότητα των υγραεριοφόρων πλοίων υπολογίζεται σε κυβικά μέτρα φυσικού αερίου υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Με δεδομένο ότι υπό τις συνθήκες αυτές ένα κυβικό μέτρο υγρού φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα φυσικού αερίου, ένα υγραεριοφόρο πλοίο χωρητικότητας π.χ. 120.000 κυβ.μέτρων (m³) μπορεί να μεταφέρει περίπου 70.000.000 κυβ. μέτρα φυσικού αερίου.

Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι πλοία διπλού κύτους ειδικά σχεδιασμένα και μονωμένα ώστε να παρέχουν προστασία για τυχόν διαρροή σε περίπτωση ατυχήματος. Εντός του εσωτερικού κύτους, σε δεξαμενές διπλού τοιχώματος αποθηκεύεται το αέριο στην απαιτούμενη θερμοκρασία (-161° C) ώστε να διατηρηθεί στην υγροποιημένη μορφή του.

Τα πλοία LNG ανάλογα με τον τρόπο κατασκευής ως προς το σύστημα μεταφοράς, διακρίνονται στα **LNG μεμβράνης**, στα **LNG σφαιρικών δεξαμενών** (τύπου Moss) και στα **Prismatic IHI**.

Ειδικότερα, οι τρεις τύποι σχεδιασμού πλοίων LNG μπορούν να μεταφέρουν το LNG σύμφωνα με τον IMO IGC code μόνο σε δεξαμενές τύπου B, δηλαδή δεξαμενές κατασκευασμένες από επίπεδες επιφάνειες ή δεξαμενές σφαιρικού τύπου, και σε δεξαμενές τύπου μεμβράνης οι οποίες δεν ομοιάζουν με αυτές του τύπου A (oil tank design) και τύπου C (pressure vessel design)

Ένα τυπικό πλοίο μεταφοράς LNG³⁴ έχει τέσσερις έως έξι δεξαμενές που βρίσκονται κατά μήκος του σκάφους. Γύρω από τις δεξαμενές έχουν σχεδιαστεί συνδιαστικά οι

³³ Piciocchi Raffaele, IGC Code GAP ANALYSIS, ABS, Athens, 2013

δεξαμενές έρματος, τα στεγανά και τα κενά όπου στην πραγματικότητα δίνει το σχεδιασμό του τύπου διπλού κύτους (double-hull). Σε κάθε δεξαμενή υπάρχουν τρεις υποβρύχιες αντλίες, όπου οι δύο είναι οι κύριες αντλίες φορτίου καθώς και μία μικρότερη αντλία η οποία αναφέρεται ως αντλία ψεκασμού και χρησιμοποιείται είτε για την άντληση υγρού LNG για να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο μέσω ενός ψηκτήρα είτε για την ψύξη των δεξαμενών φορτίου. Οι αντλίες αυτές περιέχονται μέσα στον λεγόμενο «πύργο αντλίας», ο οποίος κρέμεται από την κορυφή της δεξαμενής και διατρέχει όλο το βάθος της δεξαμενής. Στον «πύργο αντλίας», περιλαμβάνεται επίσης το σύστημα μέτρησης της δεξαμενής και αυτό της γραμμής γεμίσματος τα οποία βρίσκονται στον πυθμένα αυτής.

Αναλυτικότερα ως προς τους τύπους πλοίων μεταφοράς LNG:

α) ο **σφαιρικός σχεδιασμός τύπου Moss** (εικόνες 14,15,16) που αποτελείται από αυτοφερόμενες, σφαιρικές δεξαμενές, ορατές από το κατάστρωμα, οι οποίες είναι συνήθως κατασκευασμένες από αλουμίνιο (οι πρώτες ήταν κατά σκευασμένες κατά 9% από νικέλιο και χάλυβα). Η σφαίρα είναι εγκατεστημένη σε δική της αναμονή στο διπλό τοίχωμα του σκάφους με τέτοιο τρόπο να υποστηρίζεται από τον λεγόμενο “ισημερινό” της από ένα χαλύβδινο κύλινδρο. Η σκεπαστή μόνωση γύρω από τη σφαίρα μπορεί να διοχετεύσει διαρροή οιασδήποτε ποσότητας σε ένα δίσκο περισυλλογής ο οποίος βρίσκεται κάτω από την σφαίρα τον ονομαζόμενο “νότιο πόλο”.

β) ο **σχεδιασμός μεμβρανών** (εικόνες 12,13) αποτελείται από δύο μεμβράνες που κατασκευάζονται από υλικά τα οποία έχουν ελάχιστη θερμική συστολή. Συγκεκριμένα αποτελείται από ένα μεταλλικό τοίχωμα “μεμβράνη” από κράμα σιδηρονικελίου και εξωτερικά καλύπτεται από ένα μονωτικό στρώμα κατασκευασμένο συνήθως από περλίτη και επιπρόσθετα μία δεύτερη “μεμβράνη” και μία δεύτερη μόνωση περλίτη. Η ενισχυμένη μόνωση προορίζεται ώστε να ελαχιστοποιείται η απώλεια θερμότητας από τη δεξαμενή φορτίου και να προστατεύει το γύρω σκάφος από διαρροή ψύξης. Οι δεξαμενές στηρίζονται πάνω στο σκάφος με ισχυρά στηρίγματα που τα κάνουν να μοιάζουν ίδια με την διατομή ενός αμπαριού.

γ) ο **πρισματικός σχεδιασμός IHI** (εικόνα 17) από την Ishikawajima Haima Heavy Industries η οποία από το 1960 έχει αναπτύξει την αυτοφερόμενη πρισματική δεξαμενή τύπου B. που αποτελεί το νεότερο σχεδιασμό αλλά και τον πλέον κατάλληλο για μερική φόρτωση πλοίων, αφού αποτελούνται από ανεξάρτητα containers που βρίσκονται

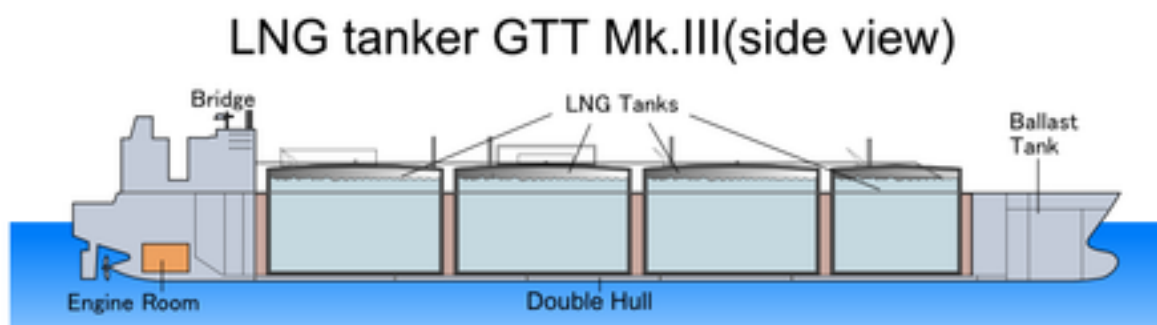
³⁴ ABS, ABS Seminar, Gas Technology, March 2012

τοποθετημένα εντός του κύτους. Το υλικό κατασκευής της δεξαμενής μπορεί να είναι από αλουμίνιο, χάλυβα και νικέλιο ή από ανοξείδωτο χάλυβα. Οι δεξαμενές τοποθετούνται στο αμπάρι και στο διπλό τοίχωμα του πλοίου και μονώνονται καλυπτόμενες με αφρό πολουρεθάνης που έχει την ικανότητα να διοχετεύσει τυχόν διαρροή της δεξαμενής στους λεγόμενους δίσκους/λεκάνες στράγγισης.

Το 1980 η εταιρεία, έδωσε έμφαση στην ανάπτυξη μιας τεχνολογίας LNG, ολοκληρώνοντας τον σχεδιασμό SPB και το 1985 πήρε την έγκριση τόσο από τους μεγάλους νηογνώμονες όσο και από την Ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών. Το SPB είναι ένα σχέδιο μεταφοράς LNG το οποίο πληροί τις απαιτήσεις του IMO IGC code τύπου B και το οποίο χρησιμοποιεί την Al-Alloy αυτοφερόμενη πρισματική δεξαμενή, αξιόπιστη για τη μεταφορά LNG. Μόνο δύο πλοία έχουν επί του παρόντος το σύστημα SPB LNG. Το Polar Eagle Arctic Sun.

Οι διαφορές μεταξύ των τριών τύπων είναι ότι στα LNG μεμβράνης οι δεξαμενές είναι ενσωματωμένες στο κύτος του σκάφους ενώ στα πλοία τύπου Moss υπάρχουν συνήθως 4-5 μη ενσωματωμένες μονωμένες σφαιρικές δεξαμενές αλουμινίου οι οποίες προεξέχουν από το κατάστρωμα, ενώ τα πρισματικά LNG (SPB) αποτελούνται από ανεξάρτητα containers από αλουμίνιο που βρίσκονται τοποθετημένα εντός του κύτους και επιπλέον στα πρισματικά το ανώτερο κατάστρωμα είναι επίπεδο από πλευρά σε πλευρά και δεν υπάρχει κορμός καταστρώματος ούτε πηνία θέρμανσης όπως στα μεμβράνης και δεν έχει εξωθούμενη σφαίρα στο κατάστρωμα όπως τα Moss. Τούτο συμβάλλει στον περιορισμό της αντίστασης του αέρα άρα λιγότερη ενέργεια και λιγότερη ρύπανση της ατμόσφαιρας καθώς επίσης και καλύτερη πλοήγηση και συντήρηση.

Εικόνα 12: Τομή Πλοίου LNG τύπου μεμβράνης (Mk. III)

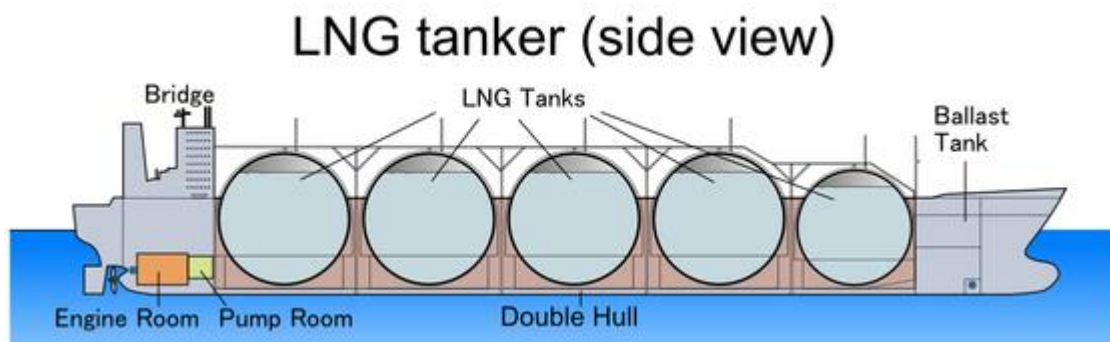


Πηγή: wikipedia .org

Εικόνα 13: Πλοίο LNG τύπου μεμβράνης



Εικόνα 14: Τομή Πλοίου LNG σφαιρικών δεξαμενών Moss

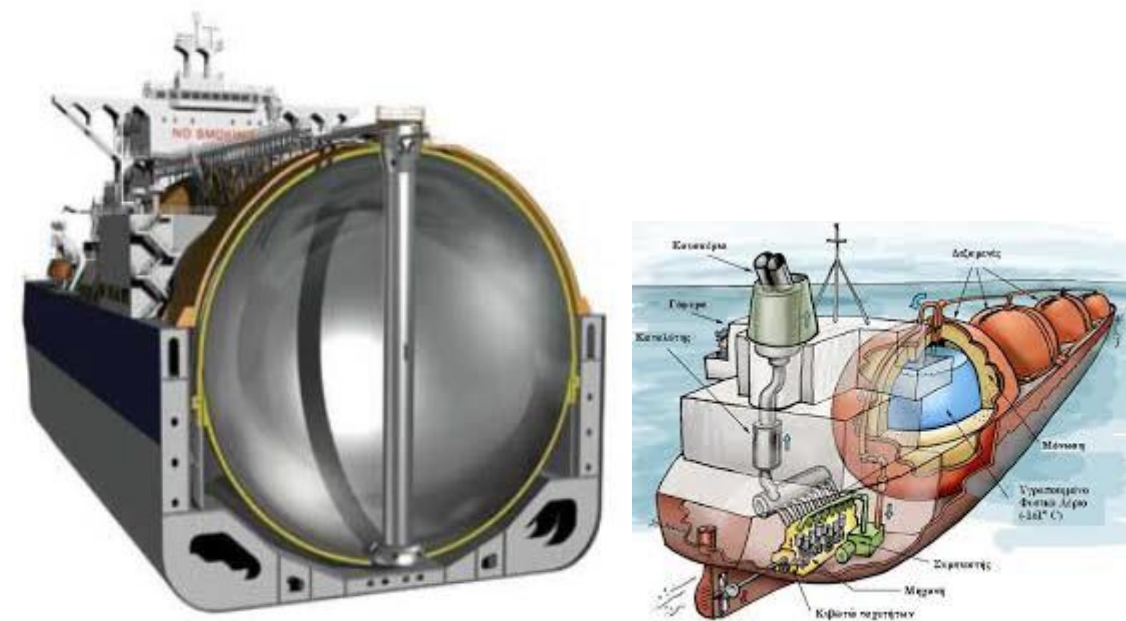


Πηγή: Wikipedia .org

Εικόνα 15: Πλοίο LNG τύπου Moss

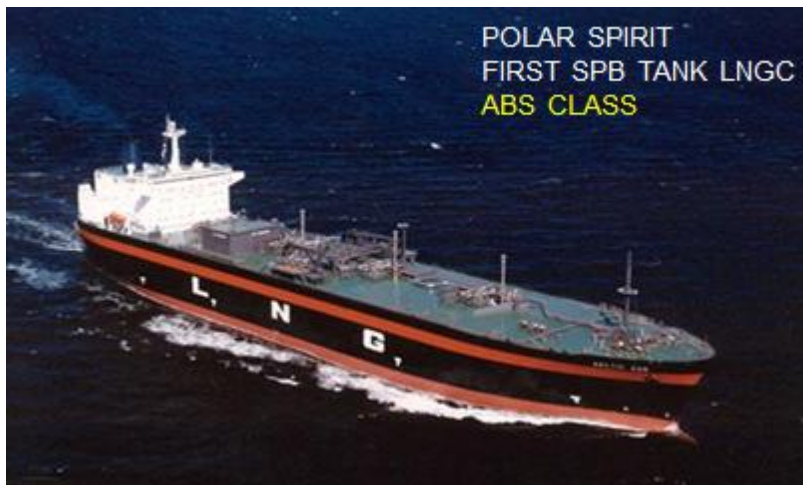


Εικόνα 16: Εσωτερικό δεξαμενής πλοίου LNG τύπου Moss



Πηγή: Macleod Dixon LLP

Εικόνα 17: Πλοίο LNG τύπου Prismatic IHI



Πηγή: ABS

Στο τέλος του 2012 τα LNG μεμβράνης αποτελούσαν το 67,5% (255 πλοία) του παγκόσμιου στόλου πλοίων LNG, τα πλοία σφαιρικών δεξαμενών (Moss Rosenberg) το 28,5% (108 πλοία) και τα λοιπά (Prismatic IHI, FSRUs-Floating Storage and Regasification Unit, κ.τ.λ.) το 4% (15 πλοία).

Ένα τυπικό πλοίο LNG δύναται να μεταφέρει 125.000 – 150.000 κυβικά μέτρα αερίου. Οι πιο συνηθισμένες διαστάσεις είναι 274 μέτρα μήκος, 42 μέτρα πλάτος και 10 μέτρα βύθισμα, ενώ το κόστος κατασκευής είναι ιδιαίτερα υψηλό και κυμαίνεται μεταξύ \$150.000.000 - \$175.000.000. Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού τηρούνται αυστηρότατα μέτρα ασφαλείας ώστε να ελαχιστοποιηθούν τυχόν κίνδυνοι (εξάτμιση, ανάφλεξη, σύγκρουση με άλλα σκάφη, μετατόπιση φορτίου κ.α.). Η προηγμένη τεχνολογία έχει βοηθήσει ώστε το μέγεθος, η ικανότητα και η αποτελεσματικότητα των πλοίων LNG να βελτιώνεται συνεχώς. Μία από τις πρόσφατες καινοτομίες αφορά τεχνολογία που ενσωματώνει εξοπλισμό αεριοποίησης στο δεξαμενόπλοιο. Λόγω της εξάτμισης ένα δεξαμενόπλοιο μπορεί να χάνει 0,15% του υγροποιημένου φυσικού αερίου κάθε μέρα. Με τη νέα τεχνολογία το εξατμιζόμενο αέριο συλλαμβάνεται και επαναυγροποιείται. Είναι επίσης χαρακτηριστικό ότι από τα 360 πλοία LNG που υπάρχουν, πάνω από τα μισά κατασκευάστηκαν τα τελευταία 10 χρόνια.

Τέλος, κάποια άλλα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των υγραεριοφόρων πλοίων, σε ότι αφορά την κατασκευή και τον εξοπλισμό τους είναι:

- Οι χώροι φορτίου είναι απομονωμένοι από το μηχανοστάσιο, λεβητοστάσιο, χώρους ενδιαίτησης, φρεάτια αλυσίδων, αποθήκες κτλ. με τη χρήση ενδιάμεσων κενών στεγανών χώρων (Cofferdam)
- Οι σωληνώσεις φορτοεκφόρτωσης περνάνε πάνω από τα κουβούσια των δεξαμενών και από εκεί προς τη δεξαμενή, για να αποφεύγεται ο κίνδυνος από τυχόν διαρροή αερίου σε περίπτωση ζημιάς στις σωληνώσεις.
- Η κάθε δεξαμενή φορτίου έχει, κατά κανόνα, το δικό της αντλιοστάσιο, το οποίο είναι εγκαταστημένο πάνω στο κύριο κατάστρωμα.

Ο IMO, μέσα από σχετικό Κώδικα, κατατάσσει τα υγραεριοφόρα σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας των φορτίων που μεταφέρουν για το περιβάλλον:

- Πλοία τύπου I G (μεταφέρουν φορτία πολύ μεγάλου κινδύνου)
- Πλοία τύπου 2 G (μεταφέρουν φορτία μειωμένης επικινδυνότητας)
- Πλοία τύπου 3 G (μεταφέρουν φορτία ελάχιστης επικινδυνότητας)³⁵

Το ανθρώπινο δυναμικό που επανδρώνει ένα πλοίο LNG είναι άρτια εκπαιδευμένο για την ορθή λειτουργία του πλοίου. Ένα LNG πλοίο δεν είναι εύκολο να επανδρωθεί διότι αυτά λειτουργούν άκρως αυτοματοποιημένα και σε συνθήκες μεγάλης ασφάλειας. Καθώς

³⁵ Τριπολίτης Κωνσταντίνος, Τριάντης Γεώργιος (2002) *Ναυτική Τέχνη – Έκτακτες ανάγκες*, Πάτρα

λοιπόν, χρειάζονται εξειδικευμένες γνώσεις για τις τεχνικές εξελίξεις, για την ασφάλεια και την ασφαλή διαχείριση του πλοίου, πολλοί Νηογνώμονες παρέχουν σεμινάρια εκπαίδευσης στα πληρώματα. Η πολύ μεγάλη πλειοψηφία των πλοίων ναυπηγούνται και επιθεωρούνται τακτικά σύμφωνα με τα πρότυπα που καθιερώνουν οι νηογνώμονες. Το έργο των Νηογνώμωνων είναι σημαντικό και εκτείνεται στη σχεδίαση, κατασκευή, επισκευή, λειτουργία και συντήρηση των πλοίων και έχει αναγνωρισθεί επίσημα από τον IMO.

3.2.1 Dual Fuel Ships

Τα Dual Fuel Ships δεν λογίζονται ως LNG πλοία. Αυτό είναι κοινά αποδεκτό από νηογνώμονες, κατασκευαστές, πλοιοκτήτες και διαχειριστές.

Η πραγματική επανάσταση του dual-fuel κινητήρα ήρθε στα μέσα του 1990. Οι μηχανές κατασκευής της μεσαίας ταχύτητας dual-fuel έχουν ξεπεράσει τα τρία εκατομμύρια ώρες λειτουργίας³⁶ τόσο στις χερσαίες όσο και στις ναυτικές εφαρμογές.

Το “από άνθρακα σε πετρέλαιο”, θα μπορούσε να γίνει “από πετρέλαιο σε ΥΦΑ” το επόμενο βήμα;

Το status quo είναι αν αποφασιστεί από τον IMO να οριστεί το 2020 ή το 2025 σε παγκόσμιο επίπεδο για να εφαρμοστεί το 0,5% LSFO. Σημείο καμπής είναι ο IMO 2018 όπου θα μελετηθεί η διαθεσιμότητα LSFO (Low Sulphur Fuel Oil) δηλ. το σε χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο πετρέλαιο.

Ο ABS³⁷ εξέδωσε οδηγίες (rules) σχετικά με την εφαρμογή του διπλού καυσίμου ντίζελ κινητήρες για το Σχεδιασμό και την Εγκατάσταση δύο μηχανών καυσίμων τον Ιανουάριο του 2003. Αυτές αντικαταστάθηκαν από τις οδηγίες του ABS για συστήματα πρόωσης για πλοία μεταφοράς LNG τον Σεπτέμβριο του 2005. Τώρα συμπληρώνονται για άλλα είδη σκαφών από τις οδηγίες του ABS για Propulsion και βοηθητικά συστήματα για πλοία φυσικού αερίου που δημοσιεύθηκε το Μάιο του 2011 και ενημερώθηκε τον Φεβρουάριο του 2014. Σημαντική ενημερωμένη έκδοση έχει παρασκευαστεί και προβλέπεται να δημοσιευθεί περί το τέλος του 2015.

Είναι όμως το LNG έτοιμο για κάτι τέτοιο; Ναι, για κινητήρες διπλού καυσίμου αλλά είναι «αμφίβολο» για τις ρυθμίσεις του πλοίου όσον αφορά τον Κώδικα IGF ο οποίος εξακολουθεί να εξελίσσεται και είναι σε αναμονή έγκρισης το 2017. Βασικοί μοχλοί:

- Οι κανονισμοί για τις εκπομπές ρύπων
 - SO_x, NO_x, CO₂, PM καθώς και για τις Emissions Control Area (ECA)

³⁶ ABS, ABS Gas Seminar, March 2012

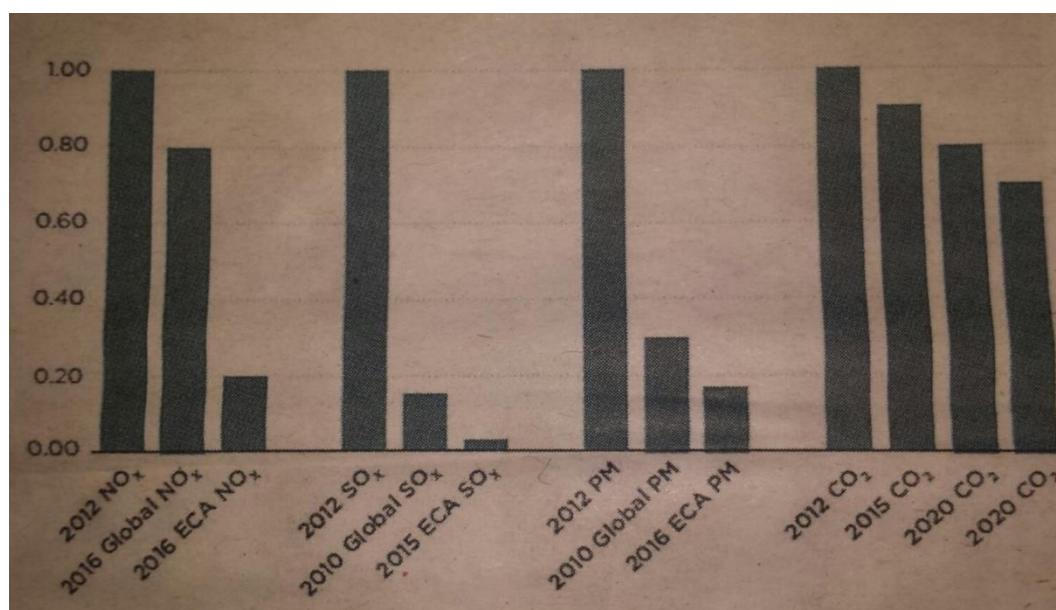
³⁷ ABS, ABS Gas Seminar, March 2012

- Στην οικονομία
 - την αβεβαιότητα στην τιμή του πετρελαίου, την διαθεσιμότητα σε χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο πετρέλαιο, την αφθονία του σχιστολιθικού φυσικού αερίου
- Νομοθεσίες
 - Αυτές που πρόκειται να ψηφιστούν τον Ιανουάριο του 2016
 - Την EU 1999/32/EC τον Ιανουάριο του 2020
 - 2020 ή 2025 ο IMO για LSFO;;;

Τα μέχρι τώρα στοιχεία είναι η έγκριση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου μόνο σε Short Sea διαδρομές διότι υπάρχει πάντα η αβεβαιότητα ανεφοδιασμού, αβεβαιότητα για το ρυθμιστικό πλαίσιο των κρατών, αβεβαιότητα στην τιμή του LNG έναντι άλλων καυσίμων, αβεβαιότητα για την έγκριση scrubber δηλαδή του συστήματος ελέγχου αέριας ρύπανσης που χρησιμοποιείται το "ξέπλυμα" ανεπιθύμητων ρύπων από ένα αέριο και ειδικότερα των όξινων αερίων.

Οι περιβαλλοντικοί κανονισμοί γίνονται ολοένα και πιο αυστηροί. Ο IMO με τον κανονισμό Tier III MARPOL ANNEX VI, ο οποίος θα τεθεί σε ισχύ το 2016, ορίζει ότι οι εκπομπές ρύπων NOx θα πρέπει να ελαχιστοποιηθούν/κοπούν στο 80% σε σχέση με τα επίπεδα εκείνα του κανονισμού Tier I.

Πίνακας 6: Οι απαιτήσεις μείωσης μικροσωματιδίων (PM), διοξειδίου του Άνθρακα (CO₂), οξειδίων του Θείου (SO_x) και οξειδίων του Αζώτου (NO_x) για το διάστημα 2015-2020

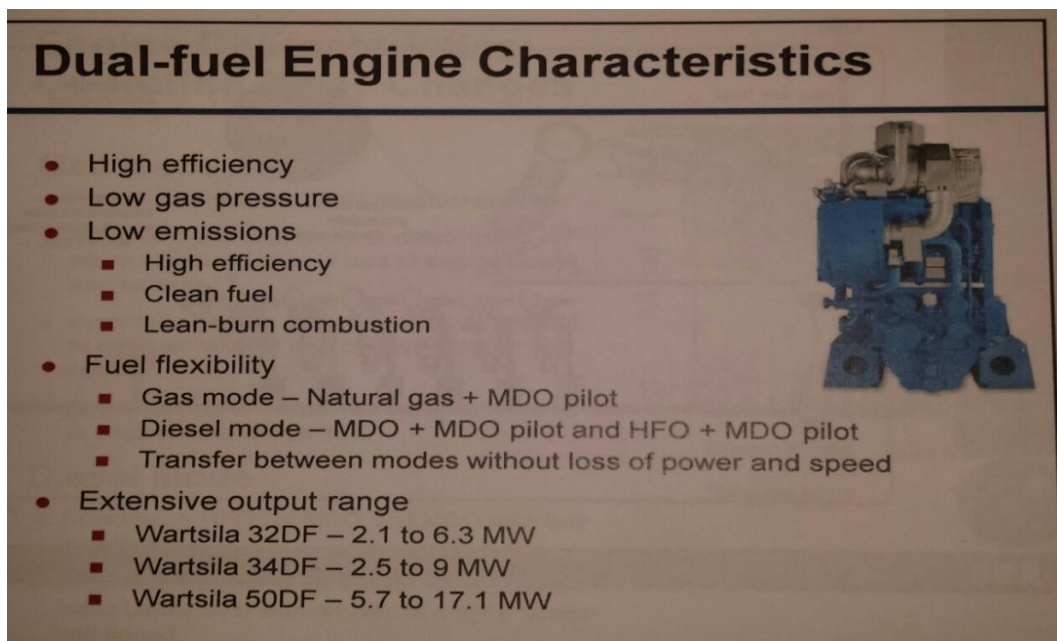


Πηγή: ABS Gas Seminar, March 2012

Καθιερώνονται νέα μειωμένα μέγιστα επιτρεπόμενα όρια εκπομπών οξειδίων του αζώτου με εφαρμογή σε δύο στάδια, από 1-1-2011 και από 1-1-2016, ενώ εισάγονται απαιτήσεις και για παλαιότερα πλοία, και συγκεκριμένα για πλοία των οποίων η τρόπιδα έχει τεθεί μεταξύ 01-01-1990 και 31-12-1999, σύμφωνα με τον Κανονισμό 13 του αναθεωρημένου Παραρτήματος VI της ΔΣ MARPOL 73/78.

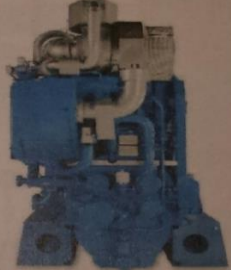
Η χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου θεωρείται ευρέως ως το πιο ρεαλιστικό μέσο για τη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος που αφήνει η ναυτιλία. Με τις μέχρι σήμερα μετρήσεις όταν ένα πλοίο λειτουργεί με LNG, οι εκπομπές ρύπων από SO_x, NO_x, CO₂, PM που "αφήνει", είναι πολύ χαμηλότερες. Η τιμή του τείνει να γίνει ανταγωνιστική από άλλα συμβατικά καύσιμα και έτσι μπορεί να επιτευχθεί σημαντική εξοικονόμηση κόστους λειτουργίας. Η τεχνολογία κινητήρων dual fuel είναι ένα πρόγραμμα ανάπτυξης για την μείωση εκπομπών ρύπων, την αύξηση της αποτελεσματικότητας και την ανάπτυξη του κινητήρα με χαμηλή ταχύτητα.

Εικόνα 18: Χαρακτηριστικά Μηχανής Dual Fuel



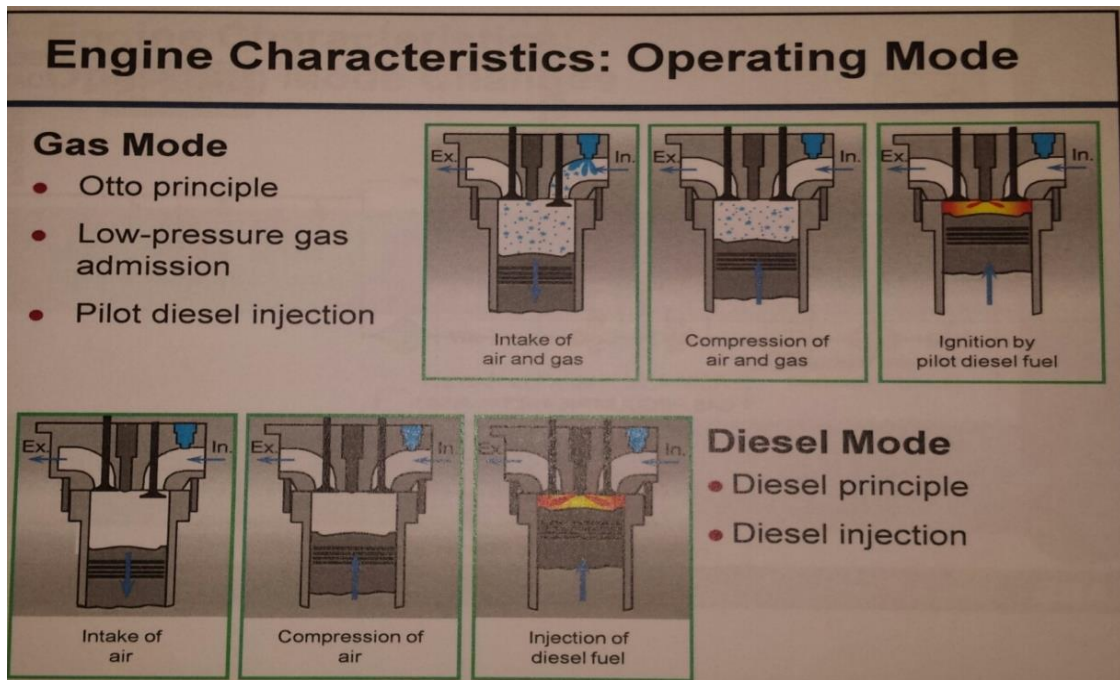
Dual-fuel Engine Characteristics

- High efficiency
- Low gas pressure
- Low emissions
 - High efficiency
 - Clean fuel
 - Lean-burn combustion
- Fuel flexibility
 - Gas mode – Natural gas + MDO pilot
 - Diesel mode – MDO + MDO pilot and HFO + MDO pilot
 - Transfer between modes without loss of power and speed
- Extensive output range
 - Wartsila 32DF – 2.1 to 6.3 MW
 - Wartsila 34DF – 2.5 to 9 MW
 - Wartsila 50DF – 5.7 to 17.1 MW



Πηγή: ABS, ABS Gas Seminar, March 2012

Εικόνα 19: Χαρακτηριστικά Μηχανής Gas Mode & Diesel Mode

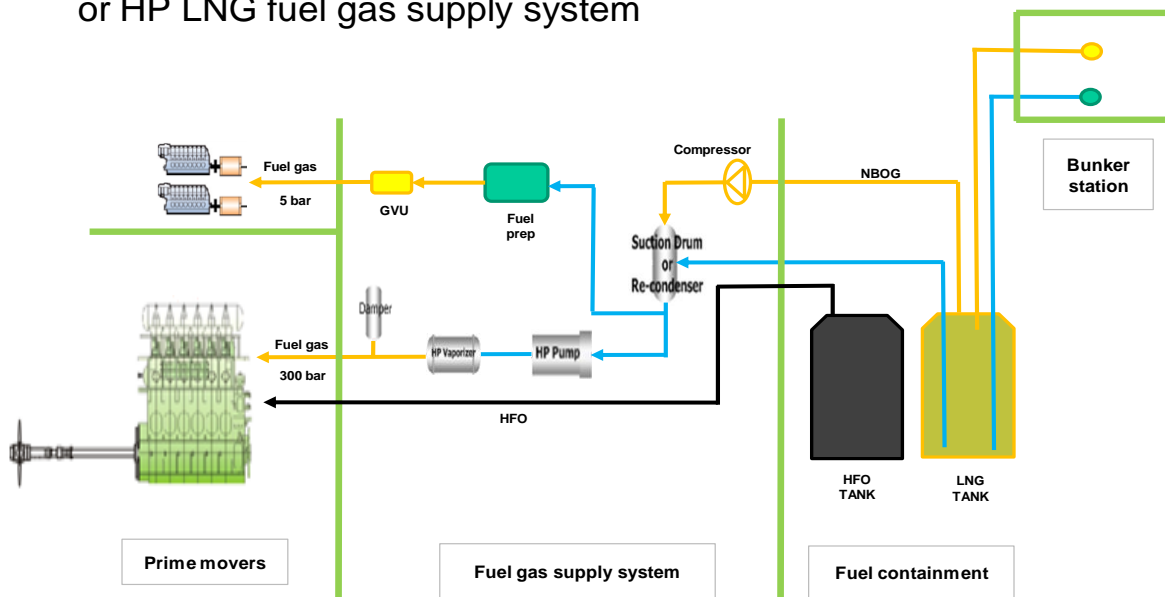


Πηγή: ABS Gas Seminar, March 2012

Σχήμα 4: LNG σαν ναυτιλιακό καύσιμο

LNG as a Ship Fuel

- High pressure slow speed DF engine may use HP compressor or HP LNG fuel gas supply system



Πηγή: ABS Gas Seminar, March 2012

3.3 Προσφορά και ζήτηση θαλάσσιας μεταφοράς

Στο σημείο αυτό θα εξετάσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την αγορά των θαλάσσιων μεταφορών σε παγκόσμιο επίπεδο, τόσο από την πλευρά της ζήτησης όσο και από την πλευρά της προσφοράς. Από τις πολλές επιρροές που δέχεται η ναυτιλιακή αγορά, έχουν επιλεγθεί έντεκα παράγοντες ως ιδιαίτερα σπουδαίοι, από τους οποίους πέντε επηρεάζουν κυρίως τη ζήτηση και οι υπόλοιποι έξι κυρίως την προσφορά³⁸.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη ζήτηση

Από την πλευρά της ζήτησης οι βασικές μεταβλητές είναι:

- η παγκόσμια οικονομία,
- οι διαδρομές του θαλάσσιου εμπορίου,
- η μέση διανυόμενη απόσταση των θαλάσσιων διαδρομών,
- τα πολιτικά γεγονότα και οι λοιποί εξωγενείς παράγοντες,
- το κόστος μεταφοράς.

Ως προσφορά θαλάσσιων μεταφορών εννοούμε το σύνολο του παγκόσμιου στόλου πλοίων που είτε είναι διαθέσιμα είτε βρίσκονται προσωρινά εκτός αγοράς (παροπλισμένα, υπό συντήρηση, υπό κράτηση σε λιμάνια). Σε αυτά θα πρέπει να προστεθεί και η δυνητική προσφορά, δηλαδή πλοία υπό κατασκευή ή πλοία που μπορούν να ενισχύσουν την αγορά αν βρουν συμφέροντες όρους, προερχόμενα από άλλη πιθανόν παρόμοια αγορά.

Κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την προσφορά πλοίων μεταφοράς υδροποιημένου φυσικού αερίου είναι:

- οι ομάδες λήψης αποφάσεων
- η χωρητικότητα του παγκόσμιου στόλου πλοίων
- η παραγωγικότητα του παγκόσμιου στόλου πλοίων
- οι ναυπηγήσεις και παραδόσεις νεότευκτων πλοίων
- οι απώλειες και διαλύσεις πλοίων

³⁸ Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (2010) *Ναυλώσεις*, εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα

- οι ναύλοι και οι προσδοκίες που δημιουργούνται ως προς την εξέλιξη τους

Η προσφορά φυσικού αερίου επηρεάζεται και από παράγοντες όπως το συνολικό ή τοπικό επίπεδο παραγωγής, η μεγιστοποίηση ή μη της παραγωγής, η ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων, η εγκατάλειψη των ήδη χρησιμοποιηθέντων, ο όγκος των αποθεμάτων στις μονάδες αποθήκευσης αλλά και ο συνολικός όγκος εισαγωγών – εξαγωγών. Επίσης τα επίπεδα παραγωγής φυσικού αερίου αλλά και οι τιμές των ανταγωνιστικών καυσίμων μπορεί να έχουν άμεση σχέση με τις διαταραχές του εφοδιασμού.

Σε αντίθεση με το πετρέλαιο, οι τιμές του φυσικού αερίου δεν διαμορφώνονται σε παγκόσμιο, αλλά σε τοπικό ή περιφερειακό επίπεδο. Οι τιμές διαμορφώνονται κυρίως μέσω της προσφοράς και τη ζήτησης. Κατά τη διάρκεια του έτους οι τιμές μπορεί να αυξομειώνονται ανάλογα με τις διακυμάνσεις της ζήτησης που προκαλούνται από τις καιρικές συνθήκες, την οικονομική συγκυρία ή της προσφοράς π.χ. λόγω έκτακτων γεγονότων (φυσικές καταστροφές, κ.τ.λ.).

Σύμφωνα με τα παραπάνω οι αγορές ανά τον κόσμο³⁹ διαχωρίζονται σε

- **“Gas-on-gas” markets** διαπραγμάτευση τιμών φυσικού αερίου μέσω ελεύθερης αγοράς,
- **“Oil-indexed” markets** οι τιμές του φυσικού αερίου διαμορφώνονται ανάλογα με τις τιμές άλλων καυσίμων,
- **“Oil linked” markets** χαρακτηρίζεται από πλήρη εξάρτηση από το LNG, αφού δεν υπάρχει εγχώρια παραγωγή ούτε δυνατότητες κατασκευής αγωγών φυσικού αερίου,
- **“Regulated” markets** οι τιμές ελέγχονται απόλυτα από το κράτος με υπουργικές αποφάσεις ή διατάγματα.

3.4 Χωρητικότητα του παγκόσμιου στόλου πλοίων

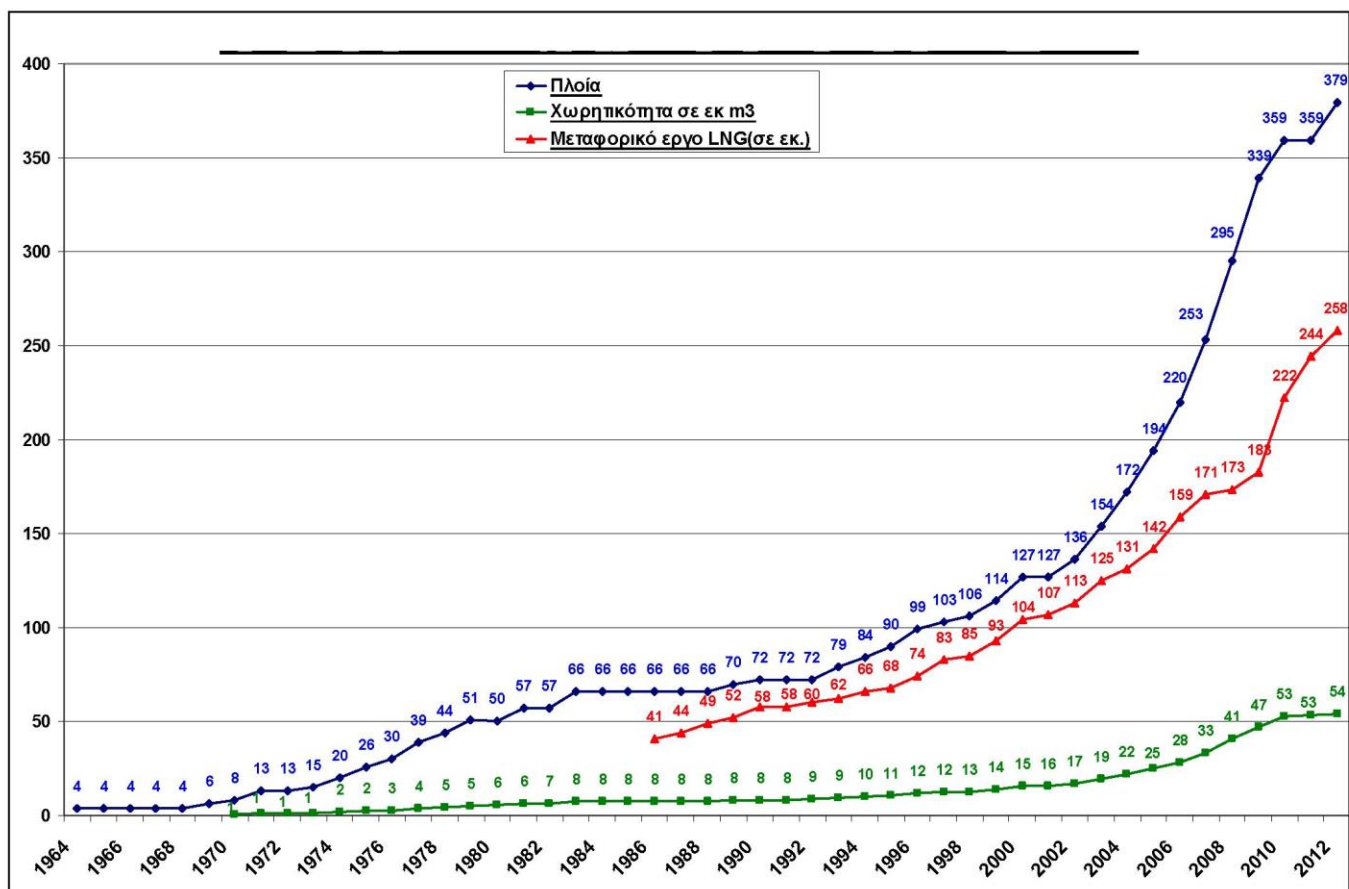
Ο παγκόσμιος στόλος πλοίων, αλλά και η συνολική χωρητικότητά του καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό τη συνολική προσφορά θαλασσίων μεταφορών. Υπάρχουν επίσης οι πλωτές μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (FSRU – floating storage and

³⁹ Study on LT – ST (LongTerm - ShortTerm) Markets in Gas, (2013), DNV KEMA in collaboration with COWI Belgium, p.30 gas on gas

regasification unit) και οι μονάδες αποθήκευσης των σταθμών που συμβάλλουν στη συνολική προσφορά.

Ο αριθμός των πλοίων LNG αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς, ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία συμπαρασύροντας τη χωρητικότητα αλλά και το μεταφορικό έργο. Συγκεκριμένα, παρατηρούμε ότι από το 2000 και μετά ο αριθμός των πλοίων τριπλασιάστηκε, (από 127 το 2000 σε 379 το 2012), το μεταφορικό έργο υπερδιπλασιάστηκε, ενώ η χωρητικότητα σχεδόν τετραπλασιάστηκε.

Σχήμα 5: Εξέλιξη αριθμού πλοίων LNG, χωρητικότητας και μεταφορικού έργου



Πηγή: Clarksons shipping review

Εξίσου εντυπωσιακά είναι τα στοιχεία της τελευταίας εικοσαετίας (1993 – 2013). Ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης ήταν 8,3% για τον αριθμό των πλοίων, 9,4% για την χωρητικότητα και 7,5% για το μεταφορικό έργο. Αξίζει να αναφερθεί ότι η κλιμάκωση στα μεγέθη των πλοίων είναι ένα χαρακτηριστικό του παγκόσμιου εμπορικού στόλου που φανερώνει τη δύναμη μιας αναπτυσσόμενης αγοράς. Τόσο στην αγορά δεξαμενοπλοίων, όσο

και στην αγορά πλοίων χύδην ξηρού φορτίου παρουσιάστηκε μια σταθερή αύξηση του μέσου μεγέθους μέχρι τις αρχές του 1980 οπότε η δομή και το μέγεθος σταθεροποιήθηκε.

Στο τέλος του 2013, ο παγκόσμιος στόλος αποτελείται από 385 πλοία, ενώ η συνολική χωρητικότητα ανέρχεται περίπου σε 54 εκ. κυβικά μέτρα. Η ηλικία και το πλήθος τους φαίνονται στον Πίνακα 7. Τα νεότευκτα πλοία αποτελούν την πλειοψηφία, καθώς το 66% εξ' αυτών είναι ηλικίας μέχρι 10 ετών.

Πίνακας 7: Εικόνα στόλου Πλοίων LNG

ΕΙΚΟΝΑ ΣΤΟΛΟΥ LNG CARRIERS											
(ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2013 - αριθμός πλοίων)											
ΤΥΠΟΣ ΠΛΟΙΟΥ	ΕΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ							ΥΠΟ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑ			
	ΣΥΝΟΛΟ	ΕΤΗ						ΣΥΝΟΛΟ	2013	2014	2015+
		<5	5-10	10-15	15-20	20-25	>25				
ΜΙΚΡΑ	36	11	8	2	5	3	7	9	*	1	8
ΚΑΝΟΝΙΚΑ	304	71	119	43	27	9	35	104	3	30	71
Q-Flex	31	11	20	-	-	-	-	-			
Q-Max	14	10	4	-	-	-	-	-			
ΣΥΝΟΛΟ	385	103	151	45	32	12	42	113	3	31	79

ΠΗΓΗ: INTERMODAL

3.5 Ροές Φυσικού Αερίου

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, η πλουσιότερη πηγή φυσικού αερίου είναι η Μέση Ανατολή όπου φαίνεται να υπάρχει το 36% των αποθεμάτων του κόσμου από το οποίο όμως παράγονται μόνο τα 9% περίπου.

Σύμφωνα με τη BP, οι κυριότερες ροές του φυσικού αερίου αλλά και οι διαδρομές του θαλάσσιου εμπορίου LNG παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα 6.

Οι σημαντικότερες εξαγωγικές περιοχές είναι η Μέση Ανατολή και η Σιβηρία, οι οποίες κατέχουν πάνω από το 60% των διαπιστωμένων παγκόσμιων αποθεμάτων μέχρι στιγμής (113,4 τρις κ.μ. από τα συνολικά 187,3 τρις κ.μ. που έχουν ανακαλυφθεί). Οι χώρες με την μεγαλύτερη εξαγωγική δραστηριότητα είναι το Κατάρ, το οποίο εξάγει σχεδόν αποκλειστικά μέσω πλοίων και όχι μέσω αγωγών, και έπονται η Ρωσία, η Μαλαισία, η Αυστραλία, η Ινδονησία, η Νιγηρία και η Αλγερία. Θα πρέπει να τονιστεί ότι χώρες –

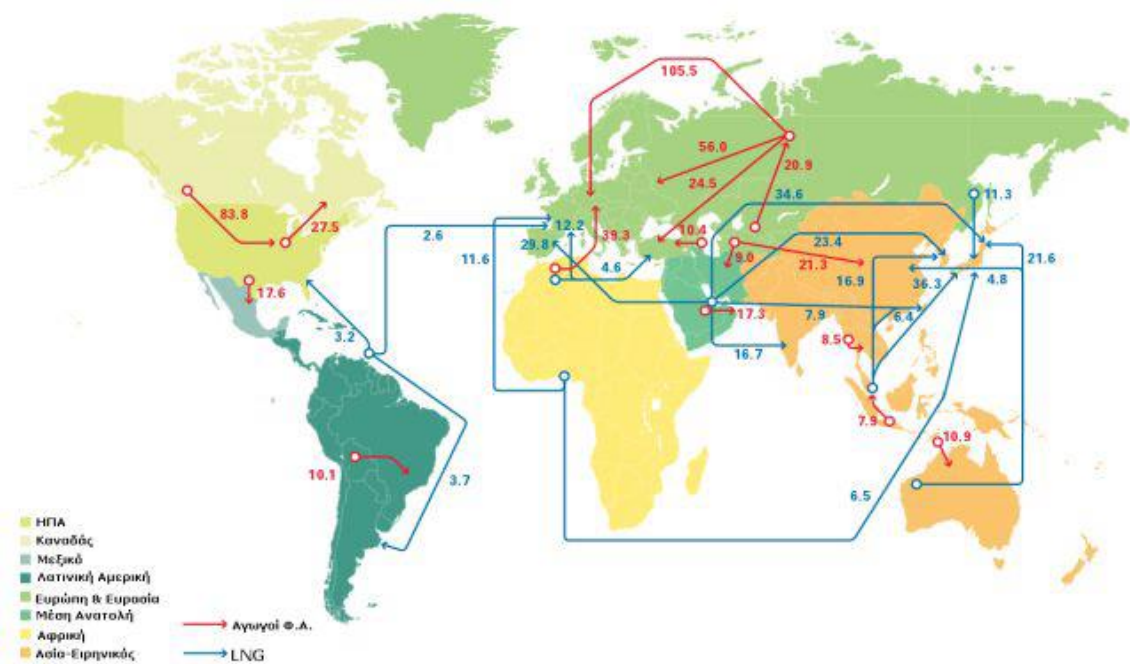
παραγωγοί φυσικού αερίου δεν συνιστούν αναγκαστικά και χώρες εξαγωγής. Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελούν οι ΗΠΑ, που ενώ κατέχουν την μεγαλύτερη παραγωγή παγκοσμίως, με 681,4 δις. κ.μ., όχι μόνο δεν εξάγουν αλλά αναγκάζονται να εισάγουν προκειμένου να καλύψουν τα 722,1 δις κ.μ. που χρειάζονται για κατανάλωση.

Ως προς τις εισαγωγές, τον συντριπτικά μεγαλύτερο όγκο παγκοσμίως δέχονται η Άπω Ανατολή και η Ευρώπη, εισάγοντας πάνω από το 80% τα συνολικής παγκόσμιας κατανάλωσης. Ειδικά η Ιαπωνία κατέχει μόνη της το 37% των παγκόσμιων εισαγωγών με 192,95 εκ. κ.μ. Σημαντικές χώρες εισαγωγής είναι επίσης η Κορέα, η Κίνα, η Ταιβάν, η Ισπανία, η Γαλλία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

Όπως είναι γνωστό, η ζήτηση μετράται σε τονομίλια, δηλαδή το τονάζ του μεταφερόμενου φορτίου πολλαπλασιαζόμενο επί τη μέση απόσταση στην οποία μεταφέρεται. Επομένως η μεταβλητή της απόστασης καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τη συνολική ζήτηση. Ένα κυβικό μέτρο αερίου που μεταφέρεται από το Κατάρ στην Ιαπωνία δημιουργεί περίπου τρεις φορές περισσότερη ζήτηση θαλάσσιας μεταφοράς από ένα κυβικό μέτρο που διακινείται από την Αλγερία προς τη Τουρκία.

Η ζήτηση και η προσφορά φυσικού αερίου και LNG επηρεάζονται από πολλούς παράγοντες, όπως οι συναλλαγματικές ισοτιμίες του δολαρίου με τα υπόλοιπα νομίσματα, η συμπεριφορά των καταναλωτών αλλά και οι τιμές των υποκατάστατων πηγών ενέργειας. Λόγω της αλληλεξάρτησης μεταξύ των αγορών καυσίμων, ο ανταγωνισμός με άλλα καύσιμα μπορεί να επηρεάσει τις τιμές και τη ζήτηση του φυσικού αερίου. Για παράδειγμα, η αύξηση της τιμής του πετρελαίου προκαλεί αύξηση της ζήτησης φυσικού αερίου, κυρίως από καταναλωτές μεγάλου όγκου (βιομηχανίες, παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας) που μπορούν να μεταβάλλουν το ενεργειακό τους μίγμα ανάλογα με τις τιμές του κάθε καυσίμου. Αντίστοιχα, όταν οι τιμές του πετρελαίου ή του άνθρακα πέφτουν, μειώνεται η ζήτηση φυσικού αερίου και οι τιμές ωθούνται προς τα κάτω.

Σχήμα 6: Ροές φυσικού αερίου (LNG και αγωγοί) το 2013 σε παγκόσμια κλίμακα (σε δις. κυβικά μέτρα)



Πηγή: BP Statistical Review of World Energy, June 2013

3.6 Αποθέματα φυσικού αερίου και πετρελαίου

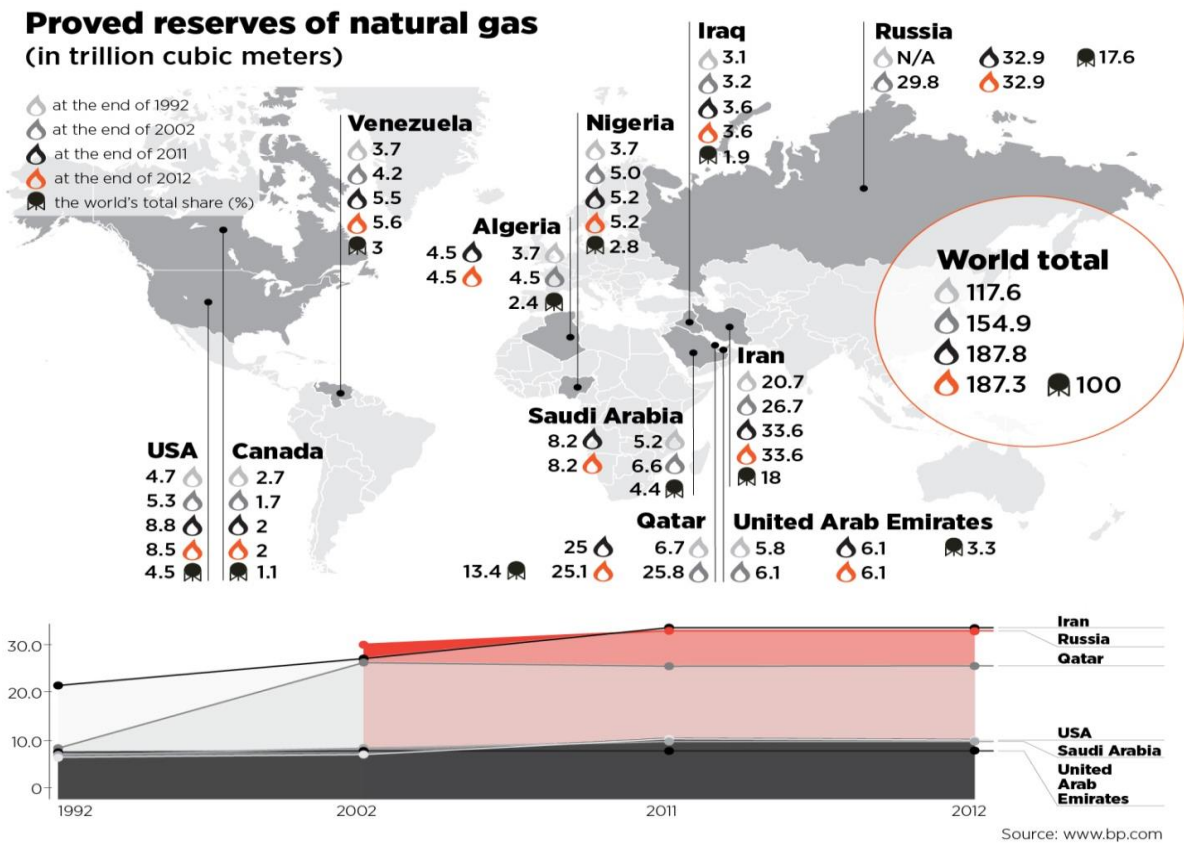
Υπάρχουν τεράστια καταμετρημένα αποθέματα Φυσικού Αερίου. Τα μεγαλύτερα είναι της Ρωσίας τα οποία φθάνουν στο ένα τρίτο περίπου των παγκόσμιων αποθεμάτων. Άλλες μεγάλες ποσότητες βρίσκονται στο Ιράν, στο Κατάρ και στη Σαουδική Αραβία. Είναι αέριο του οποίου η σύσταση διαφέρει ανάλογα με το τόπο προέλευσής του.

Πίνακας 8: Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο

Proved Reserves of Natural Gas (Trillion Cubic Feet) / WORLD				Excel
2010	2011	2012	2013	
6,638.185	6,708.190	6,809.260	6,845.572	

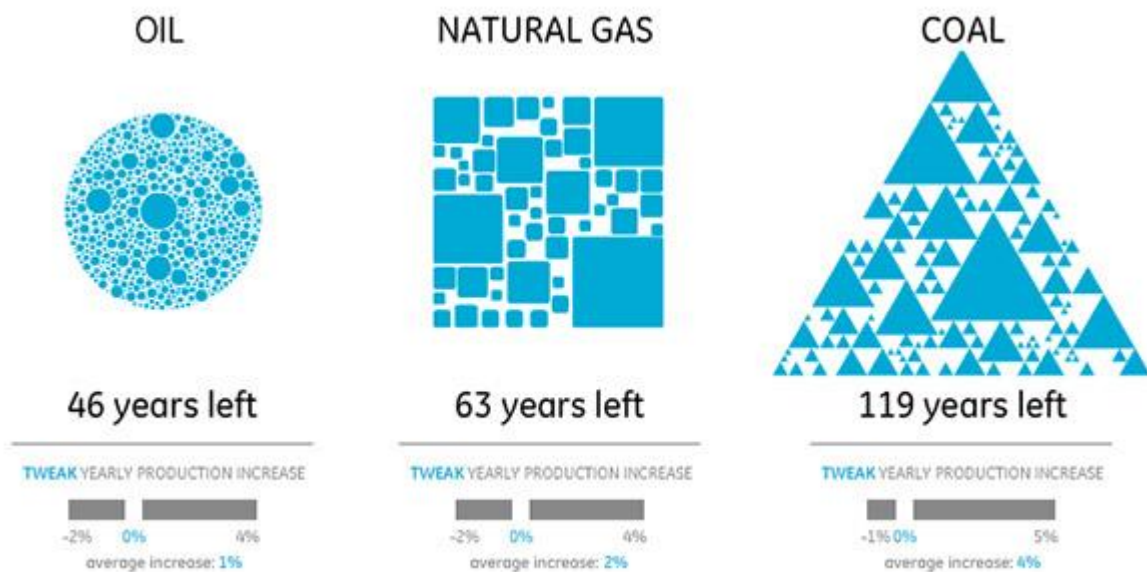
Πηγή: www.iea.org

Σχήμα 7: Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου ανά χώρα



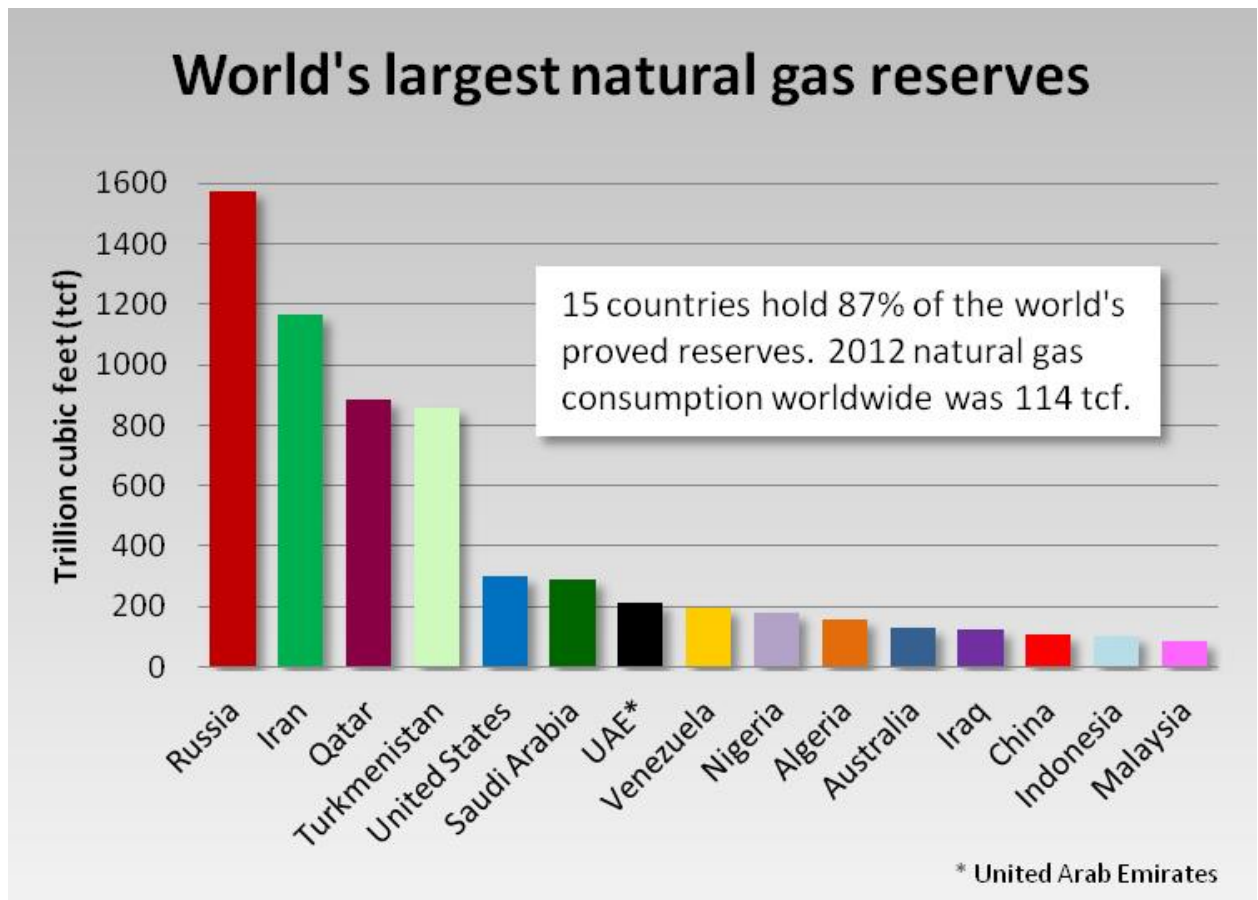
Πηγή: [BP](#). Infographic by Natalia Mikhaylenko

Εικόνα 20: Αποθέματα πετρελαίου, φυσικού αερίου και κάρβουνου παγκοσμίως



Πηγή: Infosthetics, June 2011

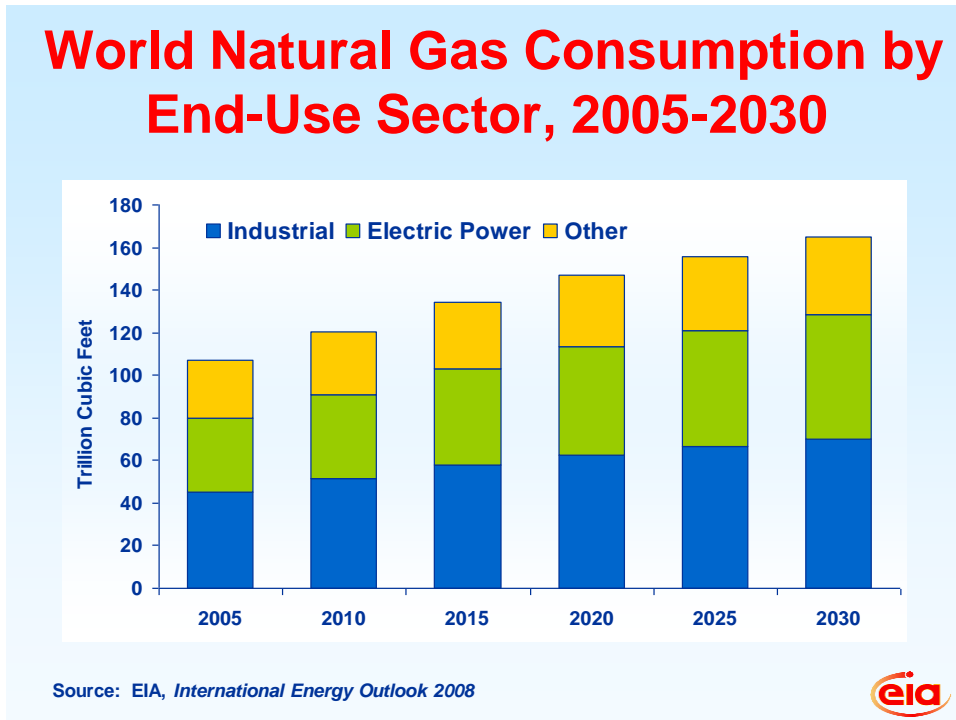
Πίνακας 9: Αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου στον κόσμο



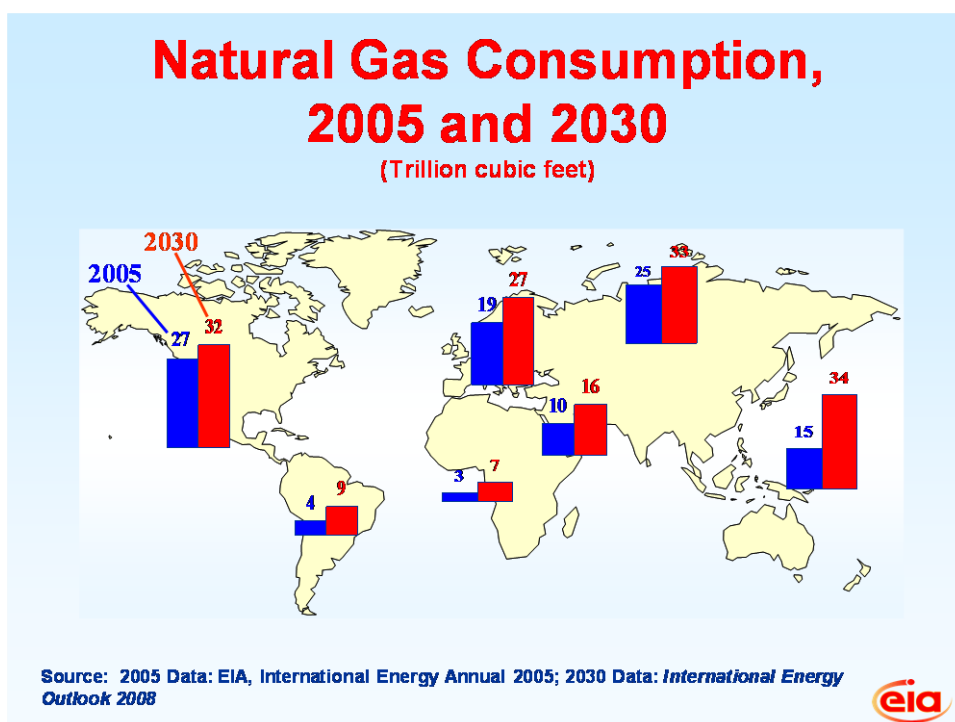
Πηγή: BP 2012 Statistical Review of World Energy

3.7 Αποτύπωση αποθεμάτων, παραγωγής και κατανάλωσης φυσικού αερίου έως το 2030

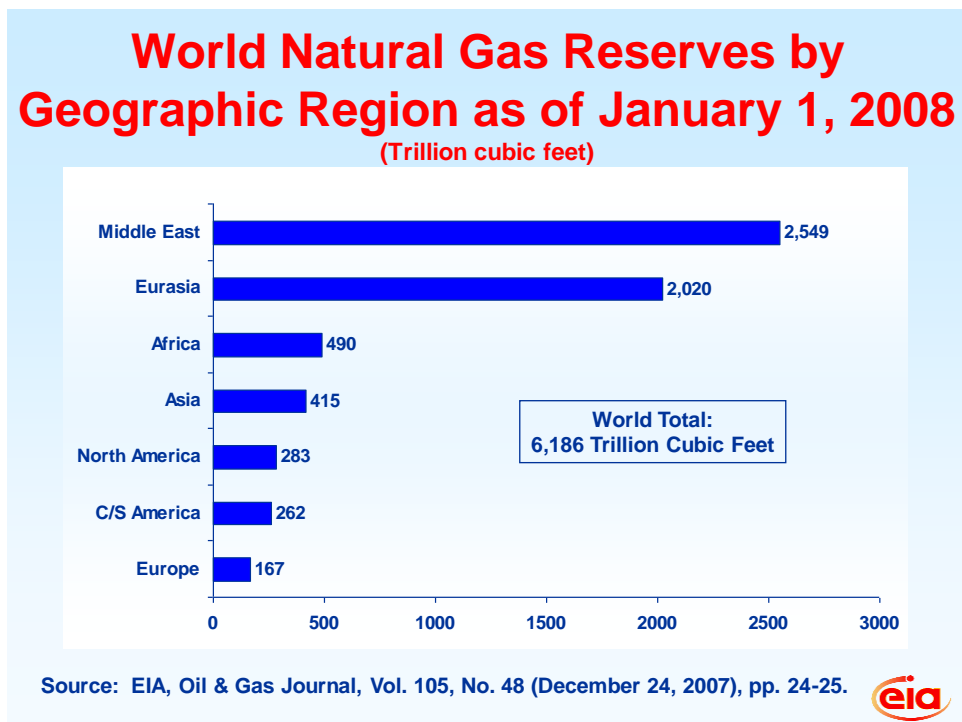
Πίνακας 10: Αποτύπωση παγκόσμιας κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά τομέα τελικής χρήσης μεταξύ 2005-2030



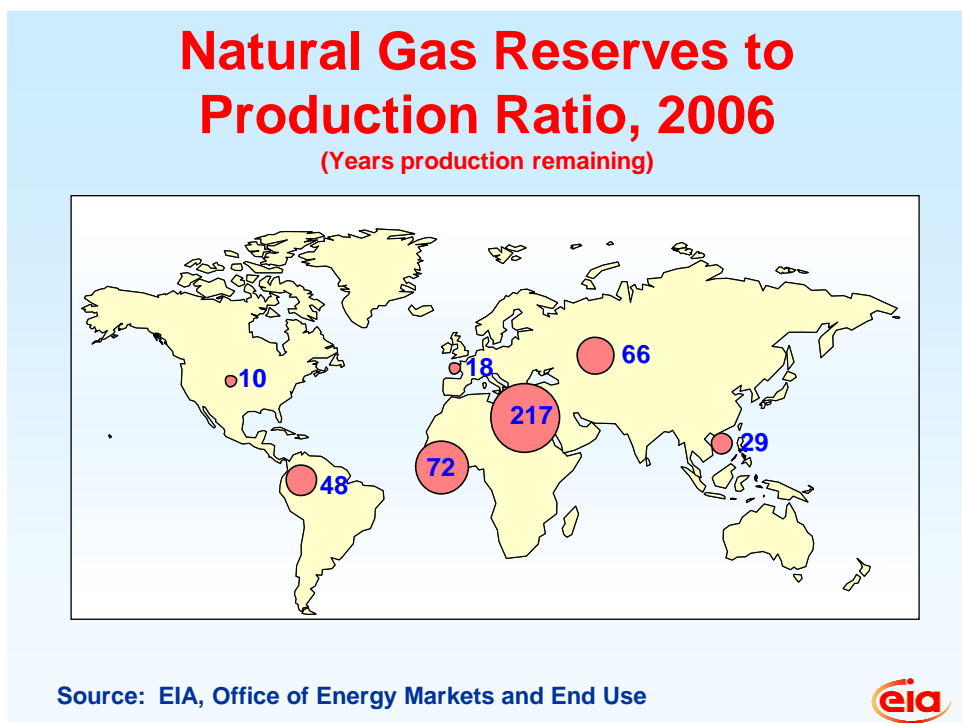
Σχήμα 8: Αποτύπωση κατανάλωσης φυσικού αερίου ανά τον κόσμο μεταξύ 2005 - 2030



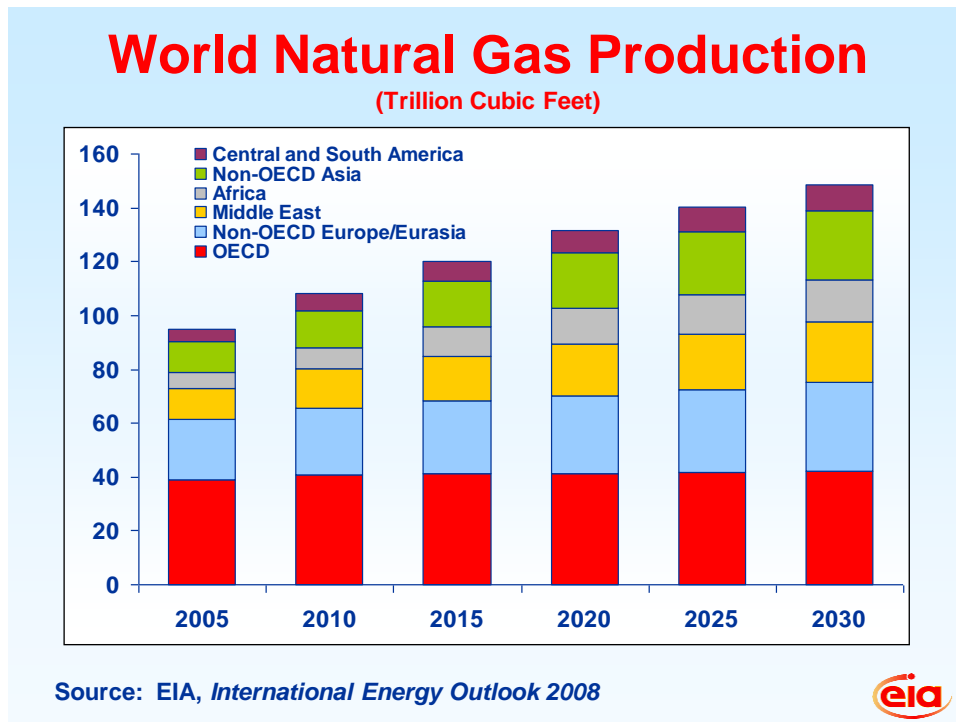
Πίνακας 11: Αποθέματα Φυσικού αερίου Παγκοσμίως ανά γεωγραφική θέση



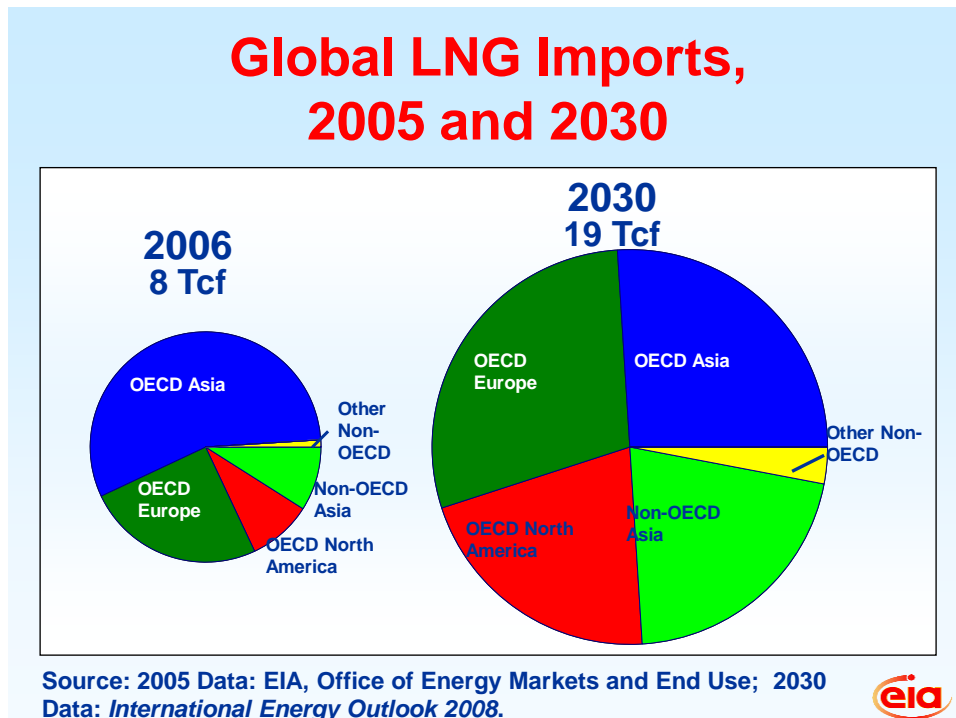
Σχήμα 9: Εναπομείναντα χρόνια παραγωγής φυσικού αερίου παγκοσμίως



Πίνακας 12: Παραγωγή Φυσικού Αερίου Παγκοσμίως



Σχήμα 10: Εισαγωγές LNG 2005 και 2030 Παγκοσμίως



3.8 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις και θεσμικό πλαίσιο στη μεταφορά LNG

Η επιβάρυνση του περιβάλλοντος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των σύγχρονων κοινωνιών. Η εκτεταμένη ανθρώπινη δραστηριότητα έχει δημιουργήσει πληθώρα επιπτώσεων στο περιβάλλον, άμεσων ή έμμεσων, αναστρέψιμων και μη αναστρέψιμων. Η εξελικτική πορεία του ανθρώπου στον τομέα της τεχνολογίας συμβαδίζει με την εντατικοποίηση της χρήσης ενέργειας. Είναι χαρακτηριστικό ότι, ενώ ο πληθυσμός της γης από τον 15^ο αιώνα μέχρι σήμερα αυξήθηκε 10 φορές, η κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκε πάνω από 200 φορές, επιφέροντας μια σωρεία προβλημάτων, μεταξύ των οποίων η υπερεκμετάλλευση και η αλόγιστη χρήση των πλουτοπαραγωγικών πηγών. Στα προβλήματα αυτά καλείται να δώσει λύσεις μία αποτελεσματική ενεργειακή και ταυτόχρονα περιβαλλοντική πολιτική, η οποία θα επιτυγχάνει συμβιβασμό όλων των στόχων μεταξύ τους.

Η προσπάθεια εκ των προτέρων εκτίμησης και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, σύμφωνα με την αρχή της πρόληψης, είναι εξαιρετικά σημαντική γιατί συμβάλλει στο μετριασμό των περιβαλλοντικών κινδύνων και καταστροφών και γενικότερα στην προώθηση μιας ανάπτυξης περισσότερο βιώσιμης, που καλείται αειφόρος ανάπτυξη. Ορίζεται ως η μεγιστοποίηση του καθαρού οφέλους της οικονομικής ανάπτυξης, υπό τον όρο διατήρησης της λειτουργικότητας και της ποιότητας των φυσικών πόρων διαχρονικά.

Η αειφόρος ανάπτυξη δεν μπορεί να βασιστεί παρά σε μια πολιτική μακροπρόθεσμου σχεδιασμού. Θεμελιώνεται δε σε αναμφισβήτητες θέσεις όπως⁴⁰:

- Οι πιέσεις αλληλοεξαρτώνται. Το περιβάλλον είναι ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα.
- Τα οικολογικά και οικονομικά προβλήματα αλληλοεπηρεάζονται, συνδέονται με πολλούς κοινωνικούς και πολιτικούς παράγοντες όπως η ανεργία, η φτώχεια κ.α.
- Οι περιβαλλοντικές βλάβες δεν σταματούν στα εθνικά σύνορα.

Ο περιβαλλοντικός κανονισμός πρέπει να επανασχεδιαστεί για να μπορέσει να ανταποκριθεί στις νέες απαιτήσεις και θα πρέπει να είναι πιο σαφής, βασιζόμενος σε κίνητρα και όχι σε άμεσο έλεγχο. Υπάρχει η ανάγκη συγκεκριμένων δράσεων και ενεργειών για να

⁴⁰ Χατζημήτρος Κίμων (2003) *Οικολογία, Οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος*, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα

προστατευθεί το περιβάλλον, ιδιαίτερα όσον αφορά στον περιορισμό των εκπομπών, την αποφυγή ρύπανσης και την ελαχιστοποίηση παραγόντων που συμβάλλουν στη μείωση της τρύπας του όζοντος.

Ως επίπτωση ορίζεται κάθε αλλαγή, θετική ή αρνητική, που προκαλείται στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, εξ αιτίας ενός έργου ή δραστηριότητας. Εκτίμηση επιπτώσεων είναι η πρόβλεψη και η αξιολόγηση των πιθανών σημαντικών επιπτώσεων στα φυσικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Από τη σκοπιά του χωροτάκτη, πρόκειται για την προσπάθεια σωστής ένταξης ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο χώρο⁴¹.

Κατά κανόνα, οι φυσικοί πόροι, όπως και άλλα δημόσια ή ελεύθερα αγαθά, χαρακτηρίζονται από αδιαρετότητα στην κατανάλωση και στερούνται της δυνατότητας του αποκλεισμού. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει κοινή ιδιοκτησία του πόρου «χωρίς περιορισμό», δηλ. η χρήση δεν είναι περιορισμένη και η κατανάλωση γίνεται στη λογική του «όποιος προλάβει». Η κατάσταση αυτή έχει ως αποτέλεσμα, στις περισσότερες περιπτώσεις, την υπερεκμετάλλευση, και εν τέλει την καταστροφή του πόρου, ένα πρόβλημα αναγνωρισμένο από δεκαετίες ως «η τραγωδία της κοινοκτημοσύνης των πόρων» (Hardin, 1968).

Η Εκτίμηση Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΕΠΕ) αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο των ανεπτυγμένων κοινωνιών για τη συνδιαλλαγή και την επίτευξη των κατάλληλων συμβιβασμών μεταξύ ανάπτυξης και περιβάλλοντος. Η όλη διαδικασία περιλαμβάνει μια ή περισσότερες επιστημονικές μελέτες, τις διαδικασίες δημοσιοποίησης και διαλόγου με στόχο την κοινωνική συναίνεση, τη θεώρηση των πορισμάτων κατά τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων, καθώς και τις διαδικασίες εφαρμογής και παρακολούθησης των επανορθωτικών μέτρων. Η προσπάθεια της εκ των προτέρων εκτίμησης και μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων είναι εξαιρετικά σημαντική, διότι συμβάλλει στη πρόληψη των περιβαλλοντικών βλαβών, που είναι γενικά ευκολότερη και φθηνότερη από την αντιμετώπιση τους εκ των υστέρων.

Η πραγματοποίηση μιας ΕΠΕ δεν είναι απλή και εύκολη διαδικασία. Επειδή διαφορετικού είδους έργα προτείνονται για διαφορετικά περιβάλλοντα, κάθε συνδυασμός

⁴¹ Ανδρεαδάκης Α., Πανταζίδου Μ., Σταθόπουλος Α., Χατζημίρος Α. (2003) *Περιβαλλοντική Τεχνολογία*, εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα

οδηγεί σε μια μοναδική σχέση αιτίας – αποτελέσματος. Οι ΕΠΕ θεωρούνται μέρος μιας διαδικασίας σχεδιασμού, που αρχίζει με την ανίχνευση των εναλλακτικών λύσεων και καταλήγει σε ανάμειξη των ενδιαφερόμενων πολιτών και σε ενδεχόμενη αναθεώρηση του έργου. Εάν, αντί για ΕΠΕ, γινόταν μια συνηθισμένη ανάλυση κόστους – οφέλους, οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν θα λαμβάνονταν υπ’ όψιν.

Κανονισμός (ΕΕ) 2015/757 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Απριλίου 2015, για την παρακολούθηση, την υποβολή εκθέσεων και επαλήθευση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα από θαλάσσιες μεταφορές και για την τροποποίηση της οδηγίας 2009/16/ΕΚ.

Θεωρητικά, ο οικολογικός κίνδυνος αποτελεί γινόμενο της ευαισθησίας του περιβάλλοντος επί την αύξηση της πίεσης πάνω στο περιβάλλον η οποία θα προέλθει από κάποιο έργο ή μεταβολή. Οι εκτιμήσεις είναι κατά κανόνα ποιοτικές, λόγω της πολυπλοκότητας των φαινομένων και της έλλειψης επαρκών στοιχείων. Η ποσοτικοποίηση τους είναι ευπρόσδεκτη, αρκεί να μην είναι αυθαίρετη διότι η υπερβολική και αβάσιμη ποσοτικοποίηση οδηγεί σε παραπλανητικά αποτελέσματα. Η απόλυτη ποσοτικοποίηση των εκτιμήσεων δεν είναι συνήθως δυνατή. Είναι ωστόσο χρήσιμη μια προσπάθεια ψευδό-ποσοτικής ή ποιοτικής βαθμολόγησης όπως π.χ. ο χαρακτηρισμός της επίπτωσης ως υπερβολική, μέτρια, αναστρέψιμη ή μη αναστρέψιμη, βραχυπρόθεσμη κτλ.

Το περιβαλλοντικό ζήτημα σε διεθνές επίπεδο και ειδικότερα το θαλάσσιο περιβάλλον, προκάλεσε τη σταδιακή κινητοποίηση της διεθνούς κοινότητας με στόχο την αντιμετώπιση ή και την εξάλειψη του προβλήματος αυτού. Μετά από κάθε ατύχημα που συνέβαινε στο χώρο της ναυτιλίας εμφανιζόταν μια καινούρια νομοθεσία ή η βελτίωση μιας ήδη προϋπάρχουσας με σκοπό τη μείωση των ατυχημάτων και τη βελτίωση της ποιότητας της ναυτιλίας.

Πίνακας 13: Αντιστοιχία νομοθεσίας και ναυτικών ατυχημάτων⁴².

A/A	Ατύχημα ή Πλοίο	Έτος, Πορεία & Περιοχή	Νομοθεσία εξαιτίας του
1.	Τιτανικός (Ε/Γ)	1912 Β. Ατλαντικός (Σαουθάμπτον-Ν. Υόρκη)	SOLAS 1914
2.	Torrey Canyon (Δ/Ξ)	1967 Pollard Rock	MARPOL 1973, STCW 1978
3.	Exxon Valdez (Δ/Ξ)	1989 (29/3) Αλάσκα	Oil Pollution Act 1990, ΗΠΑ
4.	Herald of Free Enterprise (Ro/Ro)	1987 (6/3) Βέλγιο	IMO A 647(16) 19/10/1989 SOLAS Amendments ISM Code
5.	Scandinavian Star (Ro/Ro)	1990	Safety Management System Νορβηγία. ISM Code. STCW 1995
	Estonia (Ro/Ro)	1994 (Σεπτ.) Βαλτική Θ. (Ταλίν-Στοκχόλμη)	ISM Code. SOLAS

Το ατύχημα του Τιτανικού το 1912 ήταν η αφορμή και συγχρόνως η αιτία για την δημιουργία της SOLAS με την υιοθέτηση διαφόρων σχεδίων με πρώτο αυτό του 1914. Η SOLAS είναι η Διεθνής Σύμβαση για την ασφάλεια της ζωής στη θάλασσα. Τροποποιήθηκε το 1974 και άρχισε να ισχύει από το 1980. Πολλές τροποποιήσεις όμως έγιναν από τότε έως σήμερα κατά τα έτη 1981, 1983, 1989, 2001, 2002 και 2004. Σκοπός των τροποποιήσεών της, ήταν ο καθορισμός των ελάχιστων προδιαγραφών στην κατασκευή, στον εξοπλισμό και στο χειρισμό του πλοίου, ώστε αυτό να είναι ασφαλές.

Το ατύχημα του Torrey Canyon το 1967 οδήγησε στη MARPOL το 1973, την Διεθνή Σύμβαση για την αποφυγή και πρόληψη της ρύπανσης της θάλασσας από τα πλοία. Η σύμβαση το 1978 απέκτησε και πρωτόκολλο και τέθηκε σε ισχύ στις 2/10/1983.

Η STCW έχει σαν στόχο να αποκτήσουν όλοι οι ναυτικοί ένα επαρκές επίπεδο γνώσεων σχετικά με τη λειτουργία του πλοίου, την ασφάλεια στη θάλασσα και την προστασία του

⁴² Έλεγχος ποιότητας στη Ναυτιλιακή Επιχείρηση και στο πλοίο, Α.Μ. ΓΟΥΛΙΕΛΜΟΣ, Α.Μ. ΓΚΙΖΙΑΚΗΣ, Εκδόσεις Σταμούλης 1999, Κεφ. 8, σελ. 187

ανθρώπου και του θαλασσίου περιβάλλοντος. Υιοθετήθηκε το 1978 και άρχισε να ισχύει μόλις το 1989.

Το ατύχημα του Herald of Free Enterprise είχε σαν αποτέλεσμα την απόφαση του IMO A 647(16) στις 19/10/1989 και στην προαιρετική μορφή του ISM Code. Το συγκεκριμένο ατύχημα θεωρείται σημαντικό γιατί έθεσε σε πρώτη επίσημη αμφισβήτηση τα πρότυπα ασφαλείας που ίσχυαν μέχρι το 1987.

Τέλος το ατύχημα του Exxon Valdez, το οποίο φορτωμένο με 1.25 εκ. βαρέλια ακατέργαστου πετρελαίου προσάραξε στους υφάλους Bligh στην περιοχή του πορθμού Prince William της Αλάσκας και ρύπανε το εκεί θαλάσσιο περιβάλλον με τουλάχιστον 240.000 βαρέλια, οδήγησε τις ΗΠΑ στον OPA του 1990 που αφορά στη στελέχωση και διοίκηση τόσο των ναυτιλιακών εταιρειών που διαχειρίζονται τα πλοία όσο και των ίδιων των πλοίων.

Τα ναυτικά ατυχήματα που συνέβησαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 και οι δραματικές συνέπειες τους τόσο στο ανθρώπινο δυναμικό, όσο και στο περιβάλλον, οδήγησαν σε μια προσπάθεια ποιοτικής αναβάθμισης της ναυτιλιακής βιομηχανίας. Στη διάσκεψη του 1993 ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) προετοίμασε την καθιέρωση ενός διεθνούς προτύπου για την ασφαλή λειτουργία των πλοίων. Το Μάιο του 1994 ενσωμάτωσε το νέο κώδικα ISM στον κανονισμό 2 του ένατου κεφαλαίου της SOLAS. Η εφαρμογή του κώδικα γίνεται υποχρεωτική για όλες τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις από 1/7/1998.

Ο κώδικας ISM ουσιαστικά δεν αλλάζει καμία από τις διαδικασίες που ακολουθούσε μέχρι την εφαρμογή του κάθε πλοίο, αλλά επιβάλλει τη γραπτή τήρησή τους μέσω της εφαρμογής ενός Συστήματος Ασφαλούς Διαχείρισης (Safety Management System). Οι στόχοι του συνίστανται στην ασφάλεια των πλοίων, στην αποφυγή των ναυτικών ατυχημάτων, στην προστασία της περιουσίας και στην αποφυγή της ρύπανσης του θαλασσίου περιβάλλοντος. Επιβάλλει την ορθή τήρηση των Διεθνών Συμβάσεων και κυρίως της STCW, MARPOL, SOLAS.

Δεδομένου ότι ο Κώδικας Ασφαλούς Διαχείρισης ενδιαφέρεται για τη μη απώλεια ζωής, την αποφυγή τραυματισμού του πληρώματος, καθώς και την αποφυγή της ρύπανσης,

ενδιαφέρεται κατ' επέκταση για ένα ασφαλές και αξιόπλοο πλοίο. Η αξιοπλοΐα ενός πλοίου έχει τριπλή σημασία σύμφωνα με τον IMO (1992)⁴³ :

- ✓ την καταλληλότητα του πλοίου από πλευράς κατασκευής, εξοπλισμού και στελεχών (πλήρωμα)

- ✓ την καταλληλότητα του πλοίου από πλευράς θαλάσσιας ασφάλειας να αντεπεξέλθει και να αντιμετωπίσει τους συνηθεις κινδύνους της θάλασσας στη διάρκεια ενός (ασφαλισμένου) ταξιδιού και

- ✓ την καταλληλότητα του πλοίου σχετικά με το φορτίο. Αν δηλαδή το πλοίο είναι κατάλληλο να μεταφέρει το απαιτούμενο φορτίο.

Ακόμα ένας στόχος του κώδικα είναι ότι θέλει τη ναυτιλιακή επιχείρηση να καθιερώσει κάποιο είδος προστασίας απέναντι σε όλους τους αναγνωρισμένους κινδύνους της θάλασσας, οι οποίοι καταλήγουν ή έχουν καταλήξει στο παρελθόν σε ανθρώπινο τραυματισμό ή θάνατο και έχουν επιφέρει βλάβη στο θαλάσσιο περιβάλλον και την περιουσία. Για παράδειγμα, ένας αναγνωρισμένος κίνδυνος είναι το ανθρώπινο λάθος και αυτός πρέπει να προσεχθεί, ειδικότερα για το λόγο ότι ο ISM Code υιοθετήθηκε για τη μείωση του ανθρώπινου λάθους.

Επόμενος στόχος του είναι η συνεχής βελτίωση του προσωπικού του γραφείου και του πλοίου όσον αφορά την Ασφάλεια, συμπεριλαμβανομένης της προετοιμασίας για αντιμετώπιση καταστάσεων ανάγκης που και αυτές σχετίζονται με την Ασφάλεια και την Προστασία του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος. Η συνεχής βελτίωση που εισάγεται μέσω του κώδικα μοιάζει με «δια βίου εκπαίδευση» η οποία παρέχεται από τον πλοιοκτήτη τόσο στο προσωπικό του γραφείου όσο και στο πλήρωμα. Η προετοιμασία σημαίνει γυμνάσια (drills) και ασκήσεις υποθετικού κινδύνου ώστε να αυξάνεται η ετοιμότητα του πληρώματος και του προσωπικού του γραφείου με σκοπό τη διασφάλιση της Ασφάλειας και της Προστασίας του Θαλάσσιου Περιβάλλοντος.

Κάθε εταιρεία πρέπει να δημιουργεί, να εφαρμόζει και να διατηρεί ένα σύστημα management της ασφάλειας το οποίο περιλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργικές απαιτήσεις:

- ✓ Την πολιτική της εταιρείας σχετικά με την ασφάλεια και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

- ✓ Τις οδηγίες και διαδικασίες για τη διασφάλιση της ασφαλούς λειτουργίας των πλοίων και της προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος σύμφωνα με τη σχετική διεθνή

⁴³ Έλεγχος ποιότητας στη Ναυτιλιακή Επιχείρηση και στο πλοίο, Α.Μ. ΓΟΥΛΙΕΛΜΟΣ, Α.Μ. ΓΚΙΖΙΑΚΗΣ, Εκδόσεις Σταμούλης 1999, Κεφ. 10

νομοθεσία και τη νομοθεσία του κράτους της σημαίας.

- ✓ Τα καθορισμένα επίπεδα αρμοδιοτήτων και τις γραμμές επικοινωνίας ανάμεσα στο προσωπικό της ξηράς, στο προσωπικό του πλοίου και μεταξύ αυτών.
- ✓ Τις διαδικασίες αναφοράς των (ναυτικών) ατυχημάτων και τις μη συμμορφώσεις με τις διατάξεις αυτού του κώδικα.
- ✓ Τις διαδικασίες προετοιμασίας και ανταπόκρισης σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.
- ✓ Τις διαδικασίες εσωτερικών ελέγχων και αναθεωρήσεων του management της εταιρείας.

Εκτός από τη θέσπιση του συστήματος ασφαλούς διαχείρισης, μια ναυτιλιακή εταιρεία έχει επιπλέον την υποχρέωση να θεσπίσει μια πολιτική ασφάλειας και προστασίας του θαλασσιού περιβάλλοντος στην οποία θα καθορίζεται με ποιον τρόπο θα επιτευχθούν οι στόχοι του κώδικα, να καταγράψει τις καθορισμένες ευθύνες και τις αρμοδιότητες του προσωπικού που ασχολείται με τα θέματα ασφάλειας και να τους εξασφαλίσει τα απαραίτητα μέσα για την εκτέλεση των καθηκόντων τους.

Η Διεθνής Σύμβαση περί Προτύπων Πιστοποιητικών Εκπαίδευσης και Τήρησης Φυλακών των Ναυτικών STCW (Standards of training Certification and Watch-keeping for seafarers) υιοθετήθηκε από τον IMO την 7^η Ιουλίου 1978 και τέθηκε σε ισχύ το 1984.

Τον Ιούλιο του 1995 η Διεθνής Διάσκεψη των χωρών - μελών της Σύμβασης STCW του 1978 υιοθέτησε τροποποιήσεις στη Σύμβαση καθώς και το νέο Κώδικα της STCW. Στη συνέχεια ο IMO εξέδωσε το κείμενο της αναθεωρημένης Σύμβασης και του κώδικα που τέθηκε σε ισχύ την 1^η Φεβρουαρίου 1997. Η αναθεωρημένη Σύμβαση, μαζί με τον κώδικα, εισάγει μια νέα φιλοσοφία στο παραδοσιακό ναυτικό επάγγελμα απαιτώντας από κάθε υπεύθυνο για την εφαρμογή της την εξασφάλιση ενός υψηλού επιπέδου ικανότητας των ναυτικών. Προάγει τους στόχους της SOLAS και της MARPOL, αλλά και τις απαιτήσεις του Κώδικα Ασφαλούς Διαχείρισης. Έτσι η νέα STCW και ο ISM Code αποτελούν μέσο για την επίτευξη ασφαλέστερων πλοίων και καθαρότερων θαλασσών. Οι τροποποιήσεις του 1995 εισήγαγαν αυστηρότερα μέτρα παρόλο που τα πιστοποιητικά που είχαν εκδοθεί από την προηγούμενη σύμβαση (1978) ήταν αποδεκτά μέχρι το 2002, όχι όμως και η υποχρεωτική εκπαίδευση των ναυτικών που από το 1998 ακολουθεί τις απαιτήσεις της νέας σύμβασης.

Η Σύμβαση ορίζει ότι οι αξιωματικοί πρέπει να γνωρίζουν τις σοβαρές επιδράσεις της λειτουργικής και ατυχηματικής ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον και να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης σύμφωνα με τους διεθνείς και λιμενικούς κανονισμούς. Συγκεκριμένα το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στην ειδική εκπαίδευση του προσωπικού

ειδικών τύπων πλοίων (δεξαμενόπλοιων και επιβατηγών και οχηματαγωγών). Οι βαθμοφόροι και οι αξιωματικοί που έχουν σχετικά καθήκοντα με το φορτίο ή τον εξοπλισμό του φορτίου στα δεξαμενόπλοια και δεν έχουν εργαστεί σε πλοία αυτού του τύπου θα πρέπει πριν εξασκήσουν τα καθήκοντα τους να έχουν εκπληρώσει ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης στην ξηρά για την αντιμετώπιση φωτιάς καθώς και μια αποδεκτή περίοδο απασχόλησης πάνω στα πλοία με σκοπό την απόκτηση επαρκούς γνώσης σε θέματα ασφαλούς πρακτικής ή ένα αποδεκτό πρόγραμμα εξοικείωσης με τη λειτουργική διαχείριση των δεξαμενόπλοιων το οποίο να εμπεριέχει διαδικασίες βασικών μέτρων ασφάλειας στη θάλασσα και πρόληψης της θαλάσσιας ρύπανσης. Πλοίαρχοι ή άλλοι αξιωματικοί με άμεση σχέση με τη φόρτωση / εκφόρτωση και μεταφορά του φορτίου πρέπει να διαθέτουν σχετική εμπειρία σύμφωνα με τα καθήκοντα τους σε δεξαμενόπλοια και να έχουν εκπληρώσει ένα ειδικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα που αναφέρεται σε θέματα ασφάλειας δεξαμενόπλοιων, συστήματα προστασίας από την πυρκαγιά, πρόληψης και ελέγχου της ρύπανσης, λειτουργικές πρακτικές και υποχρεώσεις σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς.

Αυτό που καθιερώνει η νέα σύμβαση είναι οι άμεσες ευθύνες των ναυτιλιακών εταιρειών διότι πρέπει να επιβεβαιώνουν ότι οι ναυτικοί έχουν υποβληθεί στις απαραίτητες διαδικασίες εξοικείωσης με τα θέματα ασφάλειας, «shipboard management» και τα διαστήματα διακοπών από την εργασία για ξεκούραση. Η συμμόρφωση με τις δεδομένες υποχρεώσεις εξαρτάται από την πολιτική των κυβερνήσεων. Πρόσθετα η νέα σύμβαση καθιερώνει την επιβολή προστίμων από τις διοικήσεις των κρατών της σημαίας και των παράκτιων κρατών στις ναυτιλιακές εταιρείες που δε συμμορφώνονται με τις νέες απαιτήσεις.

Η Σύμβαση για την Ασφάλεια στη Θάλασσα (SOLAS 1974) τέθηκε σε ισχύ το 1980. Αναφέρεται σε θέματα όπως είναι η κατανομή και η σταθερότητα των φορτίων, μηχανημάτων και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων, η πρόβλεψη, ο εντοπισμός και η καταπολέμηση πυρκαγιών, οι τρόποι διάσωσης, εξαρτήματα ραδιοεπικοινωνίας και ναυσιπλοΐας κλπ.

Αποτελεί την κύρια Σύμβαση για την αξιοπλοΐα του πλοίου και μπορούμε να πούμε ότι αλληλοσυμπληρώνονται με τη MARPOL 73/78 στα θέματα που αφορούν την ασφάλεια στη θάλασσα και την αποφυγή της ρύπανσης του θαλασσίου περιβάλλοντος.

Η δικαιοδοσία ανήκει στο κράτος της σημαίας που φέρει το πλοίο, αλλά και το παράκτιο κράτος έχει ένα βαθμό ελέγχου στην περίπτωση που αλλοδαπά πλοία με σημαία άλλου συμβαλλόμενου κράτους προσεγγίζουν τα λιμάνια του. Είναι πιθανόν να αποτραπεί ο

απόπλους του πλοίου αν οι αρμόδιες αρχές του εκάστοτε παράκτιου κράτους κρίνουν ότι αυτό δεν τηρεί τις προϋποθέσεις της Σύμβασης.

Το 1978 κατά τη συνδιάσκεψη του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) για την ασφάλεια των δεξαμενόπλοιων και την πρόληψη της ρύπανσης, υιοθετήθηκε το πρωτόκολλο της Σύμβασης, σύμφωνα με το οποίο καθιερώνονται :

α) Το σύστημα αδρανούς αερίου (Inert Gas System). Αέριο όπως το άζωτο ή το διοξείδιο του άνθρακα ή μίγμα αερίων που περιέχει ανεπαρκή ποσότητα οξυγόνου, ώστε να καθίσταται αδύνατη η καύση των υδρογονανθράκων

β) Επιπρόσθετα Ραντάρ

γ) Διπλή δυνατότητα πλοήγησης (emergency steering gear).

Το 1983 καθιερώθηκε, ο Διεθνής Κώδικας για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων μεταφοράς επικίνδυνων χημικών φορτίων χύμα και ο Διεθνής Κώδικας για την κατασκευή και τον εξοπλισμό των πλοίων που μεταφέρουν ρευστοποιημένα αέρια χύμα.

Οι Κώδικες είναι γνωστοί ως IBC και IGC⁴⁴ Codes. Το 1994 με τη συνδιάσκεψη του IMO αποφασίστηκε η προσθήκη ενός νέου κεφαλαίου στο παράρτημα της SOLAS που καθιέρωσε την εισαγωγή και υποχρεωτική εφαρμογή του Διεθνή Κώδικα Ασφαλούς Διαχείρισης, ο οποίος θεσπίζει κανονισμούς για την ασφαλή διαχείριση και λειτουργία των πλοίων μέσα από την οργάνωση της εταιρείας σε θέματα προστασίας του θαλασσίου περιβάλλοντος.

Η Σύμβαση MARPOL είναι η κυριότερη Σύμβαση η οποία καλύπτει την πρόληψη της θάλασσας από τα πλοία λόγω λειτουργικών και ατυχηματικών απορρίψεων. Είναι ένας συνδυασμός δύο Συνθηκών που υιοθετήθηκαν το 1973 και το 1978 αντίστοιχα και βελτιώθηκαν με προσθήκες κατά τη διάρκεια των χρόνων.

Αρχικά υιοθετήθηκε από τον IMO στις 2 Νοεμβρίου 1973 και περιλάμβανε ρύπανση από πετρέλαιο, χημικά, επιβλαβείς ουσίες σε συσκευασμένη μορφή, λύματα και απορρίμματα. Το πρωτόκολλο του 1978 της Σύμβασης του 1973 υιοθετήθηκε κατά τη διάρκεια της Διάσκεψης για την ασφάλεια των δεξαμενόπλοιων και την πρόληψη της θαλάσσιας ρύπανσης (TSSP) που έγινε το Φεβρουάριο του 1978 με αφορμή ένα μεγάλο αριθμό ατυχημάτων σε τάνκερ που σημειώθηκαν μεταξύ 1976-1977. Εφόσον η αρχική Σύμβαση του 1973 δεν είχε τεθεί ακόμα σε ισχύ, απορροφήθηκε από το πρωτόκολλο του

⁴⁴ ABS, IGC CODE GAP ANALYSIS, Raffaele Piciocchi, Athens, 2013

1978 και ο συνδυασμός τους είναι γνωστός σαν Διεθνής Σύμβαση για την πρόληψη της θάλασσας από τα πλοία, 1973, όπως τροποποιήθηκε από το πρωτόκολλο του 1978 (MARPOL 73/78) και μπήκε σε ισχύ στις 2 Οκτωβρίου του 1983 (παραρτήματα I και II).

Σήμερα περιλαμβάνει έξι τεχνικά παραρτήματα:

- I. Κανονισμοί για την Πρόληψη από Πετρέλαιο.
- II. Κανονισμοί για τον Έλεγχο της Πρόληψης από Υγρές Επιβλαβείς Ουσίες Χύμα.
- III. Πρόληψη της Ρύπανσης από Επιβλαβείς Ουσίες που Μεταφέρονται δια Θαλάσσης σε συσκευασμένη μορφή.
- IV. Πρόληψη της Ρύπανσης από Λύματα Πλοίων.
- V. Πρόληψη της Ρύπανσης από Απορρίμματα Πλοίων
- VI. Πρόληψη της Αέριας Ρύπανσης από τα Πλοία

Το παράρτημα III περιέχει τις γενικές απαιτήσεις για την έκδοση των λεπτομερών προτύπων στη συσκευασία, το χαρακτηρισμό, το μαρκάρισμα, την τεκμηρίωση, την αποθήκευση, τους περιορισμούς ποσότητας, τις εξαιρέσεις και τις ανακοινώσεις για την παρεμπόδιση της ρύπανσης από τις επιβλαβείς ουσίες. Ο Κώδικας International Maritime Dangerous Goods (IMDG Code), από το 1991, έχει συμπεριλάβει τους θαλάσσιους ρύπους που μπορούν να προκύψουν από τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: Πρόληψη της ρύπανσης από τα λύματα από τα πλοία.

Έναρξη ισχύος: 27 Σεπτεμβρίου 2003

Το δεύτερο των προαιρετικών παραρτημάτων, παράρτημα IV, περιέχει τις απαιτήσεις ελέγχου της ρύπανσης της θάλασσας από τα λύματα. Ένα αναθεωρημένο παράρτημα υιοθετήθηκε το 2004.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ V: Πρόληψη της ρύπανσης από τα απορρίμματα από τα πλοία.

Έναρξη ισχύος: 31 Δεκεμβρίου 1988

Αυτό εξετάζει τους διαφορετικούς τύπους απορριμμάτων και διευκρινίζει τις αποστάσεις από την ξηρά και τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να απορριφθούν. Οι απαιτήσεις είναι πολύ πιο αυστηρές σε διάφορες "ειδικές περιοχές" αλλά ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό γνώρισμα του παραρτήματος είναι η πλήρης απαγόρευση που επιβάλλεται στην πρακτική απορρίψεως «dumping» στη θάλασσα όλων των μορφών πλαστικού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI: Πρόληψη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα πλοία.

Υιοθετήθηκε το Σεπτέμβριο του 1997

Έναρξη ισχύος: 19 Μάιος του 2005

Οι κανονισμοί σε αυτό το παράρτημα, όταν θα τεθούν σε ισχύ, θα θέσουν τα όρια στις εκπομπές οξειδίων θείου και οξειδίων αζώτου από τις εξατμίσεις των πλοίων και θα απαγορεύσουν τις σκόπιμες εκπομπές του όζοντος.

Οποιαδήποτε παραβίαση της MARPOL 73/78 εντός της αρμοδιότητας οποιουδήποτε συμμετέχοντος στη Συνθήκη είναι τιμωρητέα είτε βάσει του νόμου εκείνου του συμβαλλόμενου μέρους είτε βάσει του νόμου του κράτους της σημαίας.

Από αυτή την άποψη, ο όρος "αρμοδιότητα" στη Συνθήκη πρέπει να αναλυθεί λαμβάνοντας υπόψη το διεθνές δίκαιο σε ισχύ στο χρόνο που η Συνθήκη εφαρμόζεται ή ερμηνεύεται. Με εξαίρεση τα πολύ μικρά πλοία, τα πλοία που δεσμεύονται στα διεθνή ταξίδια πρέπει να φέρουν έγκυρα διεθνή πιστοποιητικά που μπορούν να γίνουν αποδεκτά στους ξένους λιμένες ως εκ πρώτης όψεως στοιχεία ότι το πλοίο συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της Συνθήκης. Εάν, εντούτοις, υπάρχουν σαφείς λόγοι για την πίστη ότι η κατάσταση του πλοίου ή του εξοπλισμού του δεν αντιστοιχεί ουσιαστικά με τις λεπτομέρειες του πιστοποιητικού, ή εάν το πλοίο δεν φέρνει ένα έγκυρο πιστοποιητικό, η αρχή που πραγματοποιεί την επιθεώρηση μπορεί να θέσει υπό κράτηση το πλοίο έως ότου πειστεί ότι το πλοίο μπορεί να αποπλεύσει χωρίς να αποτελεί απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον. Σύμφωνα με το άρθρο 17, οι συμμετέχοντες στη Συνθήκη δέχονται την υποχρέωση να παρέχουν, κατόπιν διαβουλεύσεων με άλλους διεθνείς οργανισμούς και με τη βοήθεια του UNEP, υποστήριξη για εκείνα τα συμβαλλόμενα μέρη που ζητούν την τεχνική βοήθεια για διάφορους λόγους, όπως η κατάρτιση, η προμήθεια του εξοπλισμού, η έρευνα, και η καταπολέμηση της ρύπανσης.

Οι τροποποιήσεις στα τεχνικά παραρτήματα της MARPOL 73/78 μπορούν να υιοθετηθούν χρησιμοποιώντας τη διαδικασία "σιωπηρής αποδοχής", με την οποία οι τροποποιήσεις τίθενται σε ισχύ μια καθορισμένη ημερομηνία εκτός αν ένας συμφωνηθείς αριθμός κρατικών συμβαλλόμενων μερών αντιτίθεται σε αυτήν. Στην πράξη, οι τροποποιήσεις υιοθετούνται συνήθως είτε από την Marine Environment Protection Committee (MEPC) του IMO είτε από μια διάσκεψη των συμβαλλόμενων μερών της MARPOL.

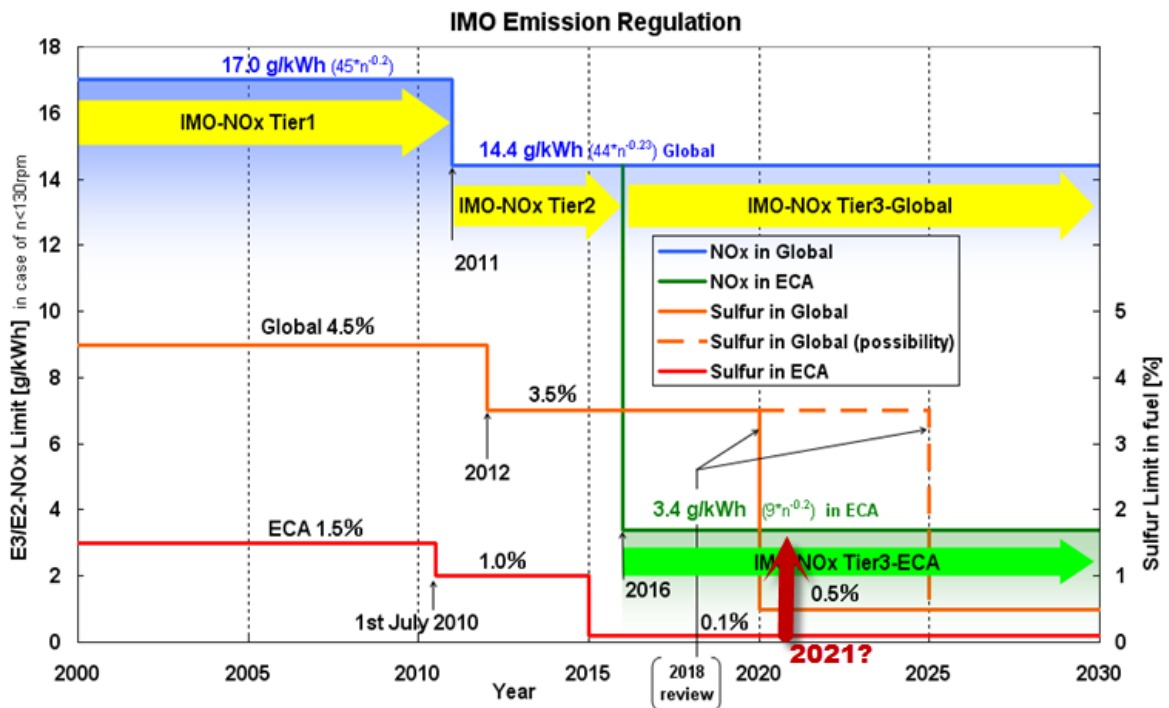
Παράρτημα VI συνέχεια: Πρόληψη Ρύπανσης του Αέρα από Πλοία, τέθηκε σε ισχύ την 19 Μαΐου 2005 και το αναθεωρημένο Παράρτημα VI την 1 Ιουλίου 2010 και στην Ελλάδα με το Προεδρικό Διάταγμα 14/2011, όπου θέτει όρια στις εκπομπές με καυσαέρια των πλοίων οξειδίων του θείου και οξειδίων του αζώτου, καθώς και μικροσωματιδίων, και απαγορεύει τις ηθελημένες εκπομπές ουσιών που καταστρέφουν το όζον, όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες. Αυστηρότερα πρότυπα καθορίζονται για τις Περιοχές Ελέγχου Εκπομπών που έχουν καθορισθεί από τον IMO (Βαλτικής Θάλασσας, Βορείου Θάλασσας και Βορείου Αμερικής).

Σύμφωνα με τον Κανονισμό 14, καθορίζονται αυστηρότερα όρια για την κατά βάρος περιεκτικότητα σε θείο όλων των καυσίμων που χρησιμοποιούνται από τα πλοία, τα οποία τίθενται σε ισχύ, σύμφωνα με το εξής χρονοδιάγραμμα:

1. Εκτός Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών
 - 4,5 % (ισχύον όριο) μέχρι την 31-12-2011
 - 3,5 % μέχρι την 31-12-2019
 - 0,5 % μετά την 01-01-2020
2. Εντός Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών
 - 1,5 % (ισχύον όριο) μέχρι την 30-06-2010
 - 1,0 % μέχρι την 31-12-2014
 - 0,1 % μετά την 01-01-2015

Από λειτουργικής πλευράς, έχει αναπτυχθεί το υποχρεωτικό πρόγραμμα ενεργειακής επίδοσης των λειτουργιών του πλοίου, το Σχέδιο Διαχείρισης της Ενεργειακής Επίδοσης Πλοίου (SEEMP) για να βοηθηθεί η διεθνής ναυτιλιακή βιομηχανία να επιτύχει οικονομικά αποτελεσματικές βελτιώσεις επίδοσης των λειτουργιών της με τη χρήση του Λειτουργικού Δείκτη Ενεργειακής Επίδοσης (EEOI) ως εργαλείου παρακολούθησης και συγκριτικής αξιολόγησης.

Σχήμα 11: Κανονισμοί του IMO για ρύπους



Πηγή: ABS, Gas Seminar, March 2012

Στους παρακάτω πίνακες αναφέρονται όλη η Ελληνική Νομοθεσία και η Νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως ακριβώς υπάρχουν στην ιστοσελίδα της ΔΕΣΦΑ.

Πίνακας 14: Ελληνική Νομοθεσία

- [Νόμος 4336/2015 για την συμπλήρωση και τροποποίηση του Νόμου 4001/2011](#)
- [Απόφαση 681/2014 σχετικά με την έγκριση Προγράμματος Ανάπτυξης Ε.Σ.Φ.Α. 2014-2023](#)
- [Απόφαση 344/2014 σχετικά με τον καθορισμό ανώτατου επιτρεπόμενου ορίου λογαριασμού ασφάλειας εφοδιασμού, μοναδιαίου τέλους ασφάλειας εφοδιασμού ανά κατηγορία Πελατών φυσικού αερίου, και πρότυπης μονάδας ηλεκτροπαραγωγής](#)
- [Νόμος 4286/2014 με τον οποίο προστίθεται εδάφιο στο αρ.65 του Νόμου 4001/2011](#)
- [Απόφαση Δ3/Α/οικ.13761 σχετικά με τον Κανονισμό Πιστοποίησης Πλοίων "Τεχνική και Λειτουργική Συμβατότητα με το Σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας"](#)
- [Απόφαση 523/2014 σχετικά με την πιστοποίηση της εταιρείας "ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ \(ΔΕΣΦΑ\) Α.Ε." ως Ανεξάρτητου Διαχειριστή Μεταφοράς Φυσικού Αερίου](#)
- [Απόφαση 637/2013 σχετικά με την Έγκριση Ετήσιου Σχεδιασμού Εξισορρόπησης Φορτίου του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου \(ΕΣΜΦΑ\) για το Έτος 2014 και Έγκριση του τμήματος δυναμικότητας του ΕΣΦΑ που δεσμεύει ο ΔΕΣΦΑ Α.Ε. για την εξισορρόπηση φορτίου για το Έτος 2014](#)
- [Απόφαση 636/2013 σχετικά με Έγκριση Τροποποίησης Ετήσιου Σχεδιασμού Εξισορρόπησης Φορτίου του Εθνικού](#)

[Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου \(ΕΣΜΦΑ\) για το Έτος 2013 και Έγκριση του τμήματος δυναμικότητας του ΕΣΦΑ που δεσμεύει ο ΔΕΣΦΑ Α.Ε. για την εξισορρόπηση φορτίου για το Έτος 2013](#)

[Απόφαση 589/2013 σχετικά με την Έγκριση τροποποίησης Μελέτης Αντιστάθμισης Αερίου Λειτουργίας του ΕΣΜΦΑ για το έτος 2013](#)

[Απόφαση 575/2013 σχετικά με την Έγκριση Επικαιροποίησης Σχετικών Σημείων του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου \(ΕΣΜΦΑ\)](#)

[Απόφαση 525/2013 σχετικά με την έγκριση του Προγράμματος Ανάπτυξης Ε.Σ.Φ.Α 2013-2022\(29 Νοεμβρίου 2013\)](#)

[Απόφαση 635/2013 σχετικά με την έγκριση των Πρότυπων Συμβάσεων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε αδιάλειπτη βάση, διακοπόμενη βάση και με τη διαδικασία της εικονικής ανάστροφης ροής και Χρήσης Εγκατάστασης ΥΦΑ που υποβλήθηκαν από την εταιρεία ΔΕΣΦΑ Α.Ε.](#)

[Απόφαση 526/2013 για την τροποποίηση του Κώδικα Διαχείρισης του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου \(9 Δεκεμβρίου 2013\)](#)

[Νόμος 4093/2012 Έγκριση Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013–2016 – Επείγοντα Μέτρα Εφαρμογής του ν. 4046/2012 και του Μεσοπρόθεσμου Πλαισίου Δημοσιονομικής Στρατηγικής 2013–2016" \(ΦΕΚ Α' 222/12.11.2012\) με συμπληρωματικές διατάξεις επί του ν. 4001/2011](#)

[ΦΕΚ 691-26.03.2013 Σχέδιο Έκτακτης Ανάγκης σύμφωνα με τον Κανονισμό 994/2010](#)

[ΦΕΚ Έγκρισης Τιμολογίων Χρήσης ΕΣΦΑ-Απόφαση ΡΑΕ 722/2012](#)

[ΦΕΚ Κανονισμού Τιμολόγησης-Απόφαση ΡΑΕ 594/2012](#)

[Σύντομη επεξήγηση για τον Κανονισμό Τιμολόγησης Βασικών Δραστηριοτήτων ΕΣΦΑ](#)

[Κανονισμοί Ανάθεσης και Εκτέλεσης Έργων, Προμηθειών και Υπηρεσιών του Διαχειριστή Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου \(ΔΕΣΦΑ Α.Ε.\)](#)

[Απόφαση 1096/2011 για την τροποποίηση του Κώδικα Διαχείρισης του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου \(4 Οκτωβρίου 2011\)](#)

[Ν. 4001/22.08.2011 για τη λειτουργία Ενεργειακών Αγορών Ηλεκτρισμού και Φυσικού Αερίου, για Έρευνα, Παραγωγή και δίκτυα μεταφοράς Υδρογονανθράκων και άλλες ρυθμίσεις.](#)

[Απόφαση 6537/18.04.2011 για την Χορήγηση Αδείας Κυριότητας και Διαχείρισης του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου στο ΔΕΣΦΑ ΑΕ](#)

[Υπ' αρ. 1784/2010 Απόφαση της ΡΑΕ σχετικά με την έγκριση του Ετήσιου Σχεδιασμού Εξισορρόπησης Φορτίου ΕΣΜΦΑ για το έτος 2011 και έγκριση του τμήματος δυναμικότητας του ΕΣΦΑ που δεσμεύει ο ΔΕΣΦΑ Α.Ε. για την Εξισορρόπηση Φορτίου για το Έτος 2011.](#)

[Τροποποίηση της απόφασης ΥΠΑΝ/4955/27.03.2006 περί ορισμού του τιμολογίου μεταφοράς φυσικού αερίου και αεριοποίησης υγροποιημένου φυσικού αερίου. \(31 Μαΐου 2010\)](#)

[Σύντομη επεξήγηση για Τροποποίηση Υ.Α. 4955 \(ΦΕΚ Β' 747 31.05.10\)](#)

[Απόφαση 7754/06.05.2010 για τον Κανονισμό Μετρήσεων του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου \(6 Μαΐου 2010\)](#)

[Απόφαση 611/20.04.2010 σχετικά με την έγκριση των συμβάσεων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Χρήσης εγκατάστασης ΥΦΑ που υποβλήθηκαν από τον ΔΕΣΦΑ ΑΕ \(20 Απριλίου 2010\)](#)

[Απόφαση 5815/19.04.2010 για τον Κανονισμό Αδειών Φυσικού Αερίου \(19 Απριλίου 2010\)](#)

[Απόφαση 5816/16.04.2010 για τον Κανονισμό Μητρώου Χρηστών ΕΣΦΑ \(16 Απριλίου 2010\)](#)

[Απόφαση 5346/01.04.2010 για τον Κώδικα Διαχείρισης του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου \(1 Απριλίου 2010\)](#)

[Ν. 3734/28.01.2009 περί της προώθησης της συμπαραγωγής δύο ή περισσότερων χρήσιμων μορφών ενέργειας και άλλες διατάξεις \(28 Ιανουαρίου 2009\) \(Τροπολογία Νόμου 3428/2005\)](#)

[Ν. 3661/19.05.2008 σχετικά με τα μέτρα για τη μείωση της ενεργειακής κατανάλωσης των κτιρίων και άλλες διατάξεις \(19 Μαΐου 2008\) \(Τροπολογία Νόμου 3428/2005\)](#)

[Τροποποίηση της υπουργικής απόφασης με αριθμό 4955/2006 περί ορισμού τιμολογίου μεταφοράς φυσικού αερίου και αεριοποίησης ΥΦΑ \(20 Μαρτίου 2007\)](#)

[Απόφαση 1588/24.01.2007 σχετικά με την έγκριση του καταλόγου των προγραμματισμένων επεκτάσεων και ενισχύσεων του ΕΣΦΑ, σύμφωνα με τα οριζόμενα στις διατάξεις της παρ. 4 του άρθρου 6 του Ν. 3428/2005 \(ΦΕΚ Α 313\)](#)

[Τροποποίηση της υπουργικής απόφασης με αριθμό 4955/2006 περί ορισμού τιμολογίου μεταφοράς φυσικού αερίου και αεριοποίησης ΥΦΑ \(7 Δεκεμβρίου 2006\)](#)

[Ν. 3468/27.06.2006 σχετικά με την Παραγωγή Ηλεκτρικής Ενέργειας και Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης και λοιπές διατάξεις \(27 Ιουνίου 2006\) \(Τροπολογία Νόμου 3428/2005\)](#)

[Απόφαση 4955/2006 περί ορισμού τιμολογίου μεταφοράς φυσικού αερίου και αεριοποίησης ΥΦΑ \(27 Μαρτίου 2006\)](#)

[Ν. 3428/27.12.2005 περί Απελευθέρωσης Αγοράς Φυσικού Αερίου \(27 Δεκεμβρίου 2005\)](#)

[Τελωνειακή διαδικασία για τη διακίνηση και εισαγωγή φυσικού αερίου μέσω δικτύου αγωγών και υγροποιημένου φυσικού αερίου](#)

Πηγή: ΔΕΣΦΑ, www.desfa.gr

Πίνακας 15: Ευρωπαϊκή Νομοθεσία⁴⁵

[Κανονισμός 2015/703 της 30ης Απριλίου 2015 για τη θέσπιση κώδικα δικτύου όσον αφορά τους κανόνες για τη διαλειτουργικότητα και την ανταλλαγή δεδομένων](#)

[Κανονισμός 312/2014 της 26ης Μαρτίου 2014 για τη θέσπιση κώδικα δικτύου όσον αφορά την εξισορρόπηση του φυσικού αερίου στα δίκτυα μεταφοράς](#)

[Κανονισμός 984/2013 της 14ης Οκτωβρίου 2013 για τη θέσπιση κώδικα δικτύου σχετικά με μηχανισμούς κατανομής δυναμικότητας στα συστήματα μεταφοράς αερίου και για τη συμπλήρωση του κανονισμού \(ΕΚ\) αριθ. 715/2009 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου](#)

⁴⁵ www.desfa.gr

[2η Τροποποίηση Κανονισμού 715/2009 σχετικά με τους όρους πρόσβασης στα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου](#)

[1η Τροποποίηση Κανονισμού 715/2009 σχετικά με τους όρους πρόσβασης στα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου](#)

[Κανονισμός 994/2010 της 20ης Οκτωβρίου 2010 σχετικά με τα μέτρα κατοχύρωσης της ασφάλειας εφοδιασμού με αέριο και την κατάργηση της οδηγίας 2004/67/ΕΚ](#)

[Οδηγία 2003/55/ΕΚ σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά φυσικού αερίου και την κατάργηση της Οδηγίας 98/30/ΕΚ](#)

[Κανονισμός 1775/2005 περί των όρων πρόσβασης στα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου](#)

[Οδηγία 2009/73/ΕΚ σχετικά με τους κοινούς κανόνες για την εσωτερική αγορά φυσικού αερίου και την κατάργηση της οδηγίας 2003/55/ΕΚ](#)

[Κανονισμός 715/2009 σχετικά με τους όρους πρόσβασης στα δίκτυα μεταφοράς φυσικού αερίου και την κατάργηση του Κανονισμού 1775/2005](#)

Πηγή: ΔΕΣΦΑ, www.desfa.gr

Στον πίνακα 10, παρατηρούμε τους ρύπους που εκπέμπουν τα διάφορα καύσιμα σε μονάδα ατμοπαραγωγής. Με γνώμονα αυτόν τον πίνακα, μπορούμε να διαπιστώσουμε τα οφέλη που έχει το περιβάλλον με τη χρήση φυσικού αερίου.

Πίνακας 16: Εκπεμπόμενοι Ρύποι κατά την καύση διαφόρων καυσίμων σε Μονάδα Ατμοπαραγωγής (mg ανά MJ εισαγόμενης θερμότητας καυσίμου)

Τύπος Καυσίμου	Σωματίδια	Οξείδια του Αζώτου	Διοξείδιο του Θείου	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Υδρογονάνθρακες
Γαϊάνθρακας	1.092	387	2.450	13	2
Μαζούτ	96	170	1.400	14	3
Ντίζελ	6	100	220	16	3
Φυσικό Αέριο	4	100	0,3	17	1

Πηγή: Δ.Ε.Π.Α & Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος Η.Π.Α

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ/ ΛΙΜΑΝΙΑ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ/ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ

4.1 Εισαγωγή

Στον τομέα των LNG είναι σημαντικό να εξετάσουμε και την προσφορά των τερματικών σταθμών (terminals) που αποθηκεύουν και επανεξάγουν ή επαναεριοποιούν το φυσικό αέριο. Στο τέλος του 2012 σε παγκόσμιο επίπεδο λειτουργούσαν 93 σταθμοί επαναεριοποίησης LNG κατανεμημένοι σε 26 χώρες εισαγωγής με συνολική χωρητικότητα 668 εκατ. τόνους (mtpa). Αντίστοιχα, λειτουργούσαν 89 σταθμοί υγροποίησης σε 18 χώρες παραγωγής, συνολικής χωρητικότητας 282 εκατ. τόνων (mtpa). Η αύξηση και σε αυτό τον κλάδο είναι θεαματική, καθώς το 2005 οι χώρες εξαγωγής ήταν μόλις 11 και οι εισαγωγικές χώρες μόλις 12. Τα επόμενα χρόνια, και μέχρι το τέλος του 2016, μόνο τα terminals υποδοχής αναμένεται να έχουν φτάσει τα 250, με συνολική χωρητικότητα 1.400 εκατ. τόνους (mtpa), με τα περισσότερα εξ' αυτών να κατασκευάζονται στην Ασία και την Ευρώπη. Κάποια από αυτά, βέβαια, αναβάλλονται ή καθυστερούν λόγω του υψηλού επενδυτικού κόστους και της έλλειψης τεχνογνωσίας, κυρίως στις χώρες που δεν διαθέτουν αντίστοιχες υποδομές.

4.2 Σχεδιασμός Τερματικών Σταθμών

Όταν σχεδιάζεται ένας νέος τερματικός σταθμός, προβλέπεται το ελάχιστο και το μέγιστο μέγεθος των πλοίων που θα εγκατασταθούν. Στη συνέχεια σχεδιάζονται ανάλογα η προβλήτα και ο ανάλογος εξοπλισμός. Περαιτέρω, προσεγγίζονται οι λιμενικές αρχές και ελέγχονται τα κανάλια των ποταμών που θα συμμετάσχουν στο έργο. Όταν ο τερματικός σταθμός ολοκληρωθεί οι σχετικές πληροφορίες που απαιτούνται για να προσεγγίσει ένα πλοίο δίνονται στις λιμενικές αρχές, στους ναυτικούς πράκτορες στους πιλότους και φυσικά στις ενώσεις εφοπλιστών.

Το SIGTTO (the Society of International Tanker and Terminals Operators) καθορίζει τα κριτήρια που πρέπει να ακολουθηθούν για την επιλογή του χώρου και του σχεδιασμού για τους λιμένες και τις προβλήτες LNG. Ειδικότερα αναφέρει ότι πρέπει να βρεθεί μια θέση κατάλληλη μακριά από τα πληθυσμιακά κέντρα και μια ασφαλής θέση μακριά από άλλη κίνηση πλοίων και κυματισμό και τούτο διότι 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»

Τα πλοία συνήθως είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε να έχουν τη μέγιστη συμβατότητα με τους τερματικούς σταθμούς. Η συμβατότητα πλοίου και τερματικού σταθμού θα πρέπει πάντα να ελέγχεται και επιβεβαιώνεται -όσον αφορά τις μελέτες πρόσδεσης (καθορίζεται η ακριβής θέση πρόσδεσης), ρυθμίσεις παραμέτρων και αν υπάρχει συμβατότητα με το σύνδεσμο ESD (Emergency ShutDown systems)-, από το προσωπικό του τερματικού πριν αυτό φτάσει στον τερματικό. Η πρόσδεση και ο αγκυροβολισμός του πλοίου γίνονται με ακριβείς χειρισμούς και ασφάλεια ώστε να αποφευχθούν ζημιές τόσο στο πλοίο όσο και στην προβλήτα πρόσδεσης του τερματικού σταθμού. Τα συστήματα παρακολούθησης ελέγχουν καθ' όλη τη διάρκεια πρόσδεσης τον εξοπλισμό αυτής.

Εικόνα 21: Από το Φυσικό αέριο... και πάλι φυσικό αέριο



Πηγή: www.sec.gov

Η τεχνολογία, οι νέες λιμενικές εγκαταστάσεις, τα νέα σύγχρονα συστήματα φόρτωσης – εκφόρτωσης έχουν συμβάλει σημαντικά στην αύξηση της παραγωγικότητας επιτυγχάνοντας τη μείωση του χρόνου παραμονής ενός πλοίου στο λιμάνι. Εξάιρεση αποτελεί το διάστημα μετά την παγκόσμια χρηματοπιστωτική κρίση του 2008 και τη συνεπακόλουθη μείωση του θαλάσσιου εμπορίου, όπου υπερισχύει η γνωστή τακτική του “slow steaming”. Στον κλάδο του LNG τα πράγματα δεν θα μπορούσαν να είναι διαφορετικά. Η παραγωγικότητα του στόλου έχει καταγράψει μείωση, αν και σε πολύ μικρότερα ποσοστά σε σχέση με τους υπόλοιπους κλάδους, γεγονός που οφείλεται στη μη ύπαρξη πλεονάζουσας προσφοράς χωρητικότητας.

Εικόνα 22: LNG πλοίο στον τερματικό σταθμό του Bontang της Ινδονησίας



4.3 Κανονισμοί/οδηγίες που διέπουν τους Τερματικούς Σταθμούς

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με την ασφάλεια των τερματικών σταθμών LNG είναι σε συζήτηση για πολλές δεκαετίες. Βελτιώσεις στην τεχνολογία και πρότυπα ασφαλείας, όπως αναπτύχθηκε πιο πάνω, έχουν κάνει ασφαλέστερες τις εγκαταστάσεις LNG. Παρόλο αυτά, σοβαροί κίνδυνοι παραμένουν γιατί το LNG είναι εγγενώς ασταθής και συνήθως μεταφέρεται και αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες. Το ατύχημα στον τερματικό LNG στην Skikda της Αλγερίας όπου σκοτώθηκαν 27 άτομα και τραυματίστηκαν πάνω από 100 εργαζόμενοι έφερε ξανά στην επικαιρότητα τις ανησυχίες για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων LNG.

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

Ένας τερματικός σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου ορίζεται από τη ΕΕ νομοθεσία οδηγία 96/82/EK σαν μια από τις τα πιο επικίνδυνες εγκαταστάσεις. Η οδηγία 96/82/EK ονομάζεται οδηγία Σεβέζο II (Seveso II), η οδηγία 82/501/EOK οδηγία Σεβέζο I (Seveso I) ή οποία αφορά την πρόληψη και καταστολή Βιομηχανικών Ατυχημάτων Μεγάλης

Έκτασης. Η οδηγία πήρε αυτό το όνομα από μεγάλο ατύχημα διαρροής χημικών (διοξίνης) στο Σεβέζο της Ιταλίας το 1976.

Εκτιμάται, ότι ένα μεγάλο νέφος ατμών LNG μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλες αποστάσεις, ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και την μορφολογία του εδάφους. Για το λόγο αυτό υπάρχουν, δύο είδη ζωνών ασφαλείας γύρω από τον τερματικό σταθμό και την εγκατάσταση LNG:

➤ *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. Για τον προσδιορισμό της ζώνης κανονισμοί καθορίζουν ότι η περιοχή κίνδυνου από το νέφος ατμών LNG θεωρείται η περιοχή όπου η μέση συγκέντρωση φυσικού αερίου στον αέρα είναι ίση προς ή μεγαλύτερη από το 2,5 %.

➤ *Η ζώνη ασφαλείας για το νέφος ατμών LNG* που είναι η μέγιστη απόσταση που το νέφος ατμών LNG μπορεί να ταξιδέψει και να εξακολουθεί να παραμένει εύφλεκτο. Άνθρωποι και περιουσίες στη ζώνη αυτή θα καούν εάν το νέφος ατμών LNG αναφλεχθεί.

Σε μελέτη για την Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας της Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, άτομα που ζουν σε ακτίνα 5 χιλιομέτρων από ένα τερματικό σταθμό LNG βρίσκονται σε κίνδυνο. Η μελέτη 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». Η μέγιστη επίδραση της θερμικής ακτινοβολίας από πυρκαγιά σε ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG χωρητικότητας 200.000 κυβικών μέτρων θα οδηγήσει σε 50% απώλειες ζωής αυτών που ζουν σε απόσταση 3,7 χιλιομέτρων από την πηγή της πυρκαγιάς σύμφωνα με την έκθεση της Io Mosaic Corporation⁴⁶ Η έκταση μέσα και στις δυο ζώνες ασφαλείας ελέγχεται από τον φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης LNG σύμφωνα με την νομοθεσία σε πολλές χώρες. Επίσης βάση νομοθεσίας και στις δυο ζώνες ασφαλείας οι αποστάσεις καθορίζονται κατά περίπτωση με υπολογιστικά μοντέλα που παίρνουν υπόψη τους της κατά τόπου συνθήκες όπως ταχύτητα του ανέμου, την ατμοσφαιρική θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

Στις εκθέσεις του SIGTTO⁴⁷ “Site Selection” και “LNG Operations in Port Areas: Essential best practices for the industry”, συμβουλεύει ότι, είναι καλή πρακτική να θεσπιστεί

⁴⁶ Έκθεση της Io Mosaic Corporation με τον τίτλο «Κατανόηση Κινδύνων Πυρκαγιάς LNG» [www.iomosaic.com/docs/whitepapers/Understand LNG Fire Hazards.pdf](http://www.iomosaic.com/docs/whitepapers/Understand_LNG_Fire_Hazards.pdf)

⁴⁷ “Site selection and Design for LNG Ports and Jetties – Information Paper No. 14. 1997, The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGTTO) ISBN: 1 85609 129

ένα είδος ζώνης αποκλεισμού γύρω από τα διερχόμενα δεξαμενόπλοια ΥΦΑ. «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 ΥΦΑ. Μια απόσταση που καθορίζεται από την απόσταση που απαιτείται για να σταματήσει με ασφάλεια ένα δεξαμενόπλοιο ΥΦΑ. Η κίνηση που ακλουθεί το δεξαμενόπλοιο ΥΦΑ 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 ΥΦΑ ».

Υπάρχουν περίπου 50 τερματικοί σταθμοί υδροποιημένου φυσικού αερίου και πάνω από 150 άλλες εγκαταστάσεις αποθήκευσης υδροποιημένου φυσικού αερίου παγκοσμίως. Από το 1944 έως σήμερα είχαμε περίπου 13 σοβαρά ατυχήματα σε αυτές τις εγκαταστάσεις υδροποιημένου φυσικού αερίου. Τρία εξ αυτών προκάλεσαν το θάνατο εργαζομένων στις εγκαταστάσεις στην Αλγερία το 1977, στο Cove Point του Maryland το 1979 και τον Ιανουάριο του 2004 σε εγκατάσταση επεξεργασίας LNG στην Skikda της Αλγερίας όπου η φωτιά κατέστρεψε εντελώς την εγκατάσταση επεξεργασίας LNG και κατέστρεψε και μια θέση αγκυροβολίας. Σύμφωνα με δημοσιεύματα, αναφέρεται ότι το ατύχημα προκλήθηκε από διαρροή LNG από αγωγό, το οποίο μετατράπηκε σε σύννεφο ατμών και στη συνέχεια αναφλεχθεί.

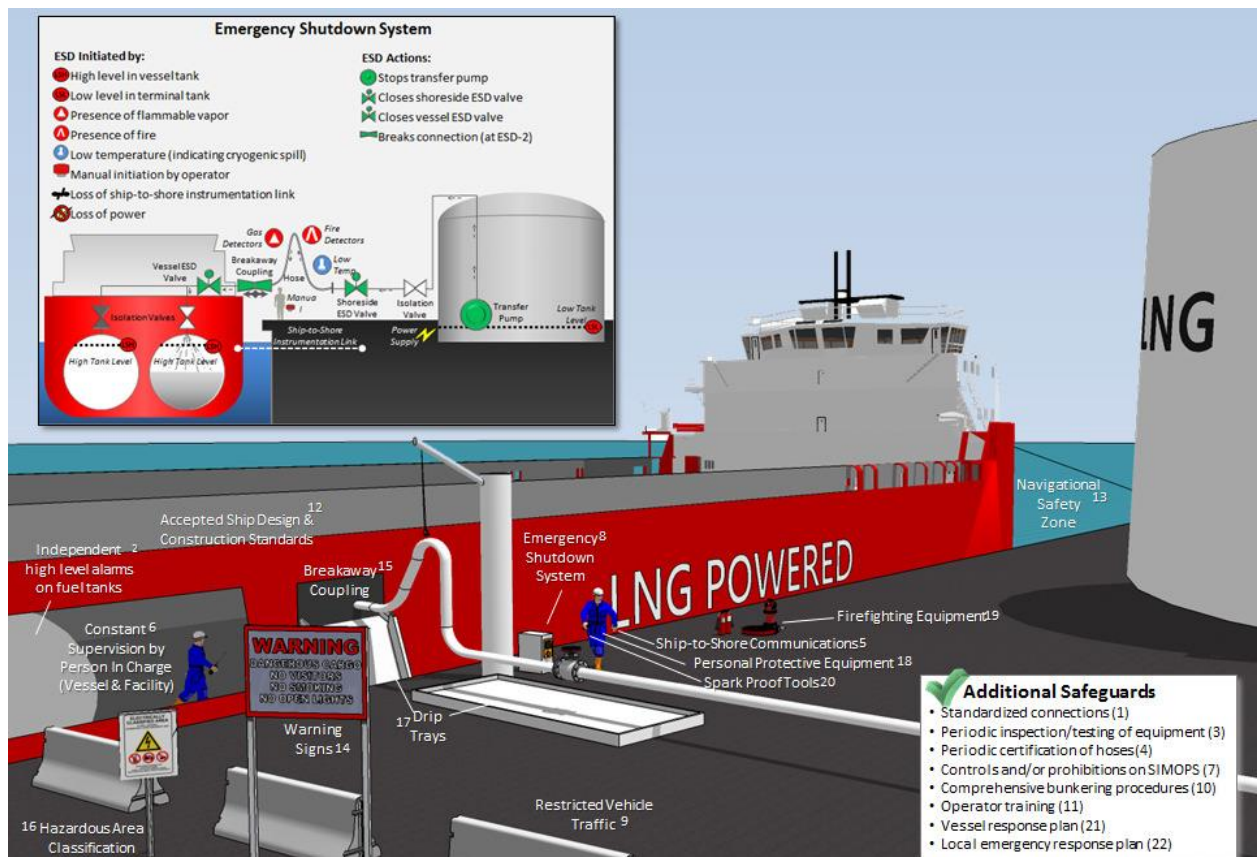
Η FERC⁴⁸ (Federal Energy Regulatory Commission), μεταξύ άλλων εξετάζει τις προτάσεις για την κατασκευή τερματικών σταθμών υδροποιημένου φυσικού αερίου, εξασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία και αξιοπιστία των προτεινόμενων και λειτουργικών τερματικών σταθμών, εγκρίνει την χωροθέτηση και εγκατάλειψη των διακριτικών αγωγών και τις εγκαταστάσεις αποθήκευσης, επιβλέπει περιβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με έργα υδροποιημένου φυσικού αερίου, ρυθμίζει τη μετάδοση και την πώληση του με σκοπό τη μεταπώληση σε διακρατικό επίπεδο.

<http://sigtto.reinvent.net/dnn/Publications/tabid/62/Default.aspx>

⁴⁸ www.ferc.gov

4.4 Ανεφοδιασμός πλοίων και πλοίων καυσίμου LNG

Εικόνα 23: LNG Bunkering και προτεινόμενα μέτρα ασφάλειας



Πηγή: ABS, LNG Seminars March 2015

Ο ανεφοδιασμός ή “Bunkering” κατά τον αγγλικό όρο των πλοίων είναι η διαδικασία με την οποία τα πλοία συμπληρώνουν τις δεξαμενές καυσίμων τους με σκοπό την τροφοδοσία συστημάτων πρόωσής τους (U.S Department of Transport).

Η διαδικασία ανεφοδιασμού των πλοίων γίνεται είτε με αγωγούς όταν προσεγγίζουν σε σταθμούς ανεφοδιασμού (εικόνα 23), είτε με την βοήθεια φορτηγών αυτοκινήτων όταν τα πλοία είναι δεμένα στην προβλήτα του λιμανιού, είτε με φορτηγίδες όταν τα πλοία είναι δεμένα στο αγκυροβόλιο ανεφοδιασμού εντός ή εκτός ορίων του λιμανιού (ανάλογα με τους κανονισμούς που διέπουν το κάθε λιμάνι) που τους έχουν υποδείξει οι κατά τόπους λιμενικές αρχές.

Στα πλοία που χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο, ο ανεφοδιασμός τους γίνεται από τους σταθμούς ανεφοδιασμού όπου υπάρχουν αλλά κυρίως από τους σταθμούς υγροποίησης LNG. Στόχος είναι να τυποποιηθεί η διεπαφή μεταξύ του πλοίου και των εγκαταστάσεων τροφοδοσίας καυσίμου, ώστε να εξασφαλιστεί ότι το υγροποιημένο φυσικό

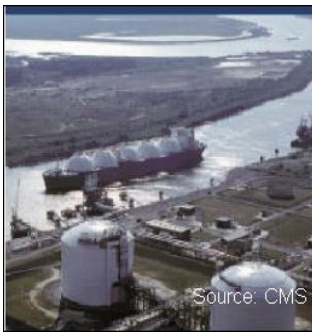
αέριο ως καύσιμο πλοίων θα μπορεί να ανεφοδιαστεί με καύσιμα σε οποιονδήποτε λιμένα με εγκαταστάσεις παροχής καυσίμου LNG. Οι Νορβηγοί ήταν πρωτοπόροι στο LNG ως καύσιμο κίνησης πλοίων. Το 2000, κατασκεύασαν το Glutra ένα ferry με μόνο καύσιμο το LNG μεταφορικής ικανότητας εκατό αυτοκινήτων και τριακοσίων επιβατών. Σήμερα, σημαντικός αριθμός πλοίων στη Νορβηγία χρησιμοποιεί το LNG ως καύσιμο και συγχρόνως έχουν αναπτυχθεί οι απαραίτητες υποδομές για LNG τερματικούς σταθμούς/λιμάνια ανεφοδιασμού.

Τα περισσότερα τερματικά λιμάνια είναι και λιμάνια ανεφοδιασμού. Τα δέκα μεγαλύτερα λιμάνια παγκοσμίως και τα οποία τα αναφέρω σύμφωνα με την διακίνηση τους είναι: Σιγκαπούρης, Ρότερνταμ, Φουτζέιρα, Χονγκ Κονγκ, Αμβέρσας, Γιβραλτάρ, Λονγκ Μπιτς, Νέας Υόρκης και Λας Πάλμας. Με στόχο την εισαγωγή του LNG ως κύριο καύσιμο στη ναυτιλιακή βιομηχανία και την ανάπτυξη ενός επαρκούς δικτύου ανεφοδιασμού υπολογίζεται ότι το 2020 ο Πειραιάς θα είναι το μεγαλύτερο λιμάνι ανεφοδιασμού LNG (Ναυτεμπορική).

Όπως προβλέπεται στην οδηγία 2012/33/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, το LNG είναι ένα ελκυστικό εναλλακτικό καύσιμο για τα πλοία (βλ. σχήμα 4 σελ. 79) ώστε να πληρούνται οι απαιτήσεις μείωσης της περιεκτικότητας των καυσίμων πλοίων σε θείο στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών SO_x, που αφορούν το ήμισυ των πλοίων τα οποία εκτελούν ευρωπαϊκές θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων. Ένα κεντρικό δίκτυο σημείων ανεφοδιασμού LNG σε θαλάσσιους λιμένες και λιμένες εσωτερικής ναυσιπλοΐας θα πρέπει να είναι διαθέσιμο τουλάχιστον μέχρι τα τέλη του 2025 και του 2030 αντίστοιχα. Στα σημεία ανεφοδιασμού LNG περιλαμβάνονται μεταξύ άλλων: τερματικοί σταθμοί LNG, δεξαμενές, κινητές δεξαμενές, δεξαμενόπλοια και φορτηγίδες. Η αρχική εστίαση στο κεντρικό δίκτυο δεν θα πρέπει να αποκλείει την προοπτική της μακροπρόθεσμης διάθεσης LNG σε λιμένες εκτός του κεντρικού δικτύου, ιδίως σε εκείνους τους λιμένες που είναι σημαντικοί για πλοία που δεν εκτελούν μεταφορές. Η απόφαση σχετικά με την τοποθέτηση των σημείων ανεφοδιασμού LNG σε λιμένες θα πρέπει να βασίζεται σε ανάλυση κόστους-οφέλους, συμπεριλαμβανομένης της εξέτασης των περιβαλλοντικών οφελών. Θα πρέπει να λαμβάνονται επίσης υπόψη οι εφαρμοστέες διατάξεις περί ασφάλειας. Η προβλεπόμενη στην οδηγία ανάπτυξη υποδομών LNG δεν θα πρέπει να εμποδίσει την πιθανή ανάπτυξη στο μέλλον άλλων ενεργειακά αποδοτικών εναλλακτικών καυσίμων. Οι

τεχνικές προδιαγραφές για τις θαλάσσιες μεταφορές που θεσπίστηκαν δυνάμει της παρούσας οδηγίας συνάδουν με τους διεθνείς κανόνες που θεσπίζει ο IMO.

Οδηγός μετάγγισης από πλοίο σε πλοίο – Υγροποιημένα αέρια (ICS-OCIMF-SIGTTO8) Ασχολείται με τη μεταφορά υγροποιημένων αερίων στη θάλασσα και στοχεύει να εξοικειώσει τους πλοιάρχους των πλοίων, τις εταιρείες πλοίων και φορτηγίδων και ναυλωτές/εμπόρους με τις γενικές αρχές των λειτουργιών μετάγγισης υγροποιημένων αερίων. Περιλαμβάνει καταλόγους ελέγχου για τα διάφορα στάδια της λειτουργίας περιλαμβανομένων πληροφοριών πριν τη συμφωνία, την έναρξη λειτουργιών, την προσέγγιση και πρόσδεση, την μετάγγιση φορτίου και την αποδέσμευση.



4.5 Αποθήκευση και επαναεριοποίηση

Οι δεξαμενές αποθήκευσης LNG είναι ένα σημαντικό μέρος και για τις εγκαταστάσεις βασικού φορτίου και για τις εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής. Επιπλέον, αποτελούν σημαντικό μέρος της επένδυσης των τερματικών εγκαταστάσεων παραλαβής LNG. Λόγω του υψηλού κόστους αυτών των μονάδων και σπουδαιότητάς τους στη συνολική ασφάλεια των εγκαταστάσεων LNG, έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στο σχεδιάσμά των δεξαμενών LNG.

Ένα από τα πρώτα θέματα που τέθηκαν στο σχεδιάσμά των δεξαμενών LNG ήταν στην επιλογή κατάλληλων υλικών. Η αστοχία της δεξαμενής στο Cleveland, Ohio το 1944 αποδόθηκε στη χρήση χάλυβα με 3,5% νικέλιο που έγινε εύθραυστος στη θερμοκρασία του LNG. Μετά από αυτό το συμβάν, μεγάλης κλίμακας προγράμματα έχουν αποδείξει την καταλληλότητα του χάλυβα με 9% νικέλιο, των ανοξειδωτων χαλύβων, και ορισμένων κραμάτων αργιλίου (σειρά 5000) για κατασκευή δεξαμενών LNG. Οι δεξαμενές από κράματα αργιλίου είναι συνήθως περιορισμένου μεγέθους, επειδή ο συντελεστής θερμικής διαστολής του αργιλίου είναι περίπου διπλάσιος αυτού του χάλυβα. Σε μεγάλες δεξαμενές,

τέτοια θερμική μετακίνηση κατά τη διάρκεια της ψύξης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αστοχία των δεξαμενών.

Τα σχέδια των δεξαμενών έχουν εξελιχθεί επίσης δεδομένου ότι έχουν εφαρμοστεί περισσότερο περίπλοκες αναλύσεις δεδομένων ασφαλείας στις εγκαταστάσεις LNG. Οι αρχικοί σχεδιασμοί προέβλεπαν μια εσωτερική κρυογενική δεξαμενή υγρού που εντός μιας εξωτερικής δεξαμενής που περιείχε το σύστημα μόνωσης για την εσωτερική. Σε μερικά σχέδια η εξωτερική δεξαμενή περιείχε αέριο άζωτο που, με τη σειρά της, ήταν συνδεδεμένη με μια δεξαμενή μεταβλητός-όγκου ή με μεμβράνες, η οποία αντιστάθμιζε τις αλλαγές στον όγκο του αζώτου λόγω των αλλαγών στη θερμοκρασία περιβάλλοντος αποφεύγοντας συμπίεση ή αποσυμπίεση της εξωτερικής δεξαμενής.

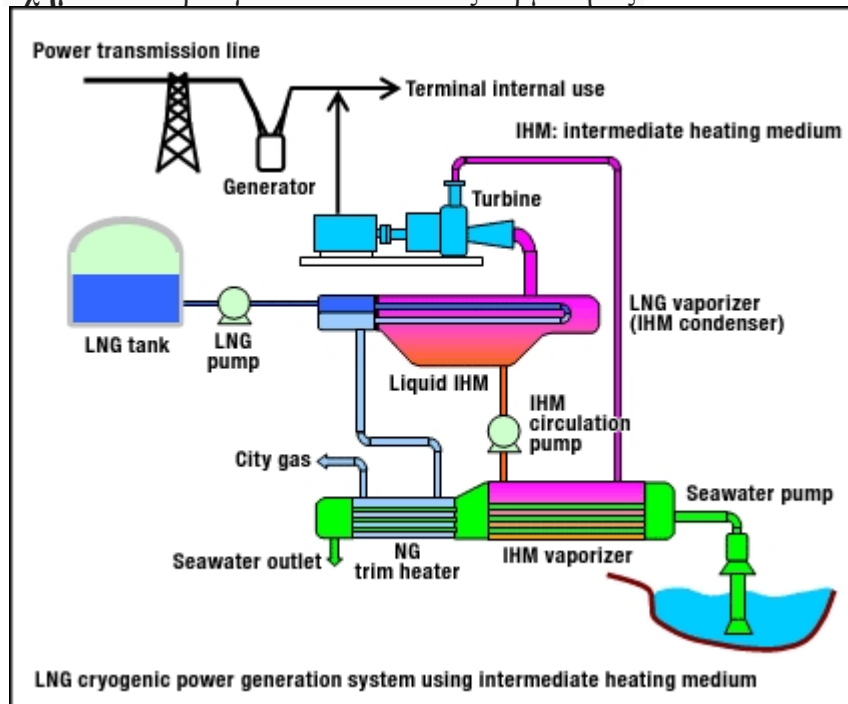
Σε άλλα σχέδια, η στέγη της εσωτερικής δεξαμενής δεν ήταν στεγανή, αλλά μερικώς υποστυλωμένη μόνωση και η εξωτερική δεξαμενή χρησίμευε ως μια αποθήκη φυσικού αερίου. Και στα δύο σχέδια, οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονταν από κοινό χάλυβα άνθρακα και περιβάλλονταν από ένα χαμηλό ανάχωμα για να συγκροτήσει τις όποιες διαρροές LNG.

Αναλυτικές μελέτες έδειξαν ότι ο πρωτεύων κίνδυνος ασφάλειας με μια διαρροή LNG είναι ο σχηματισμός ενός μεγάλου νέφους ατμών του προϊόντος που μπορεί να παρασυρθεί, αναφλεγεί και να προκαλέσει εκτεταμένη ζημία. Τα επόμενα σχέδια ενσωμάτωσαν υλικά εξωτερικής δεξαμενής λιγότερη επιρρεπή σε αστοχία κρυογενικές θερμοκρασίες και υψηλότερα αναχώματα που χτίστηκαν πιο κοντά δεξαμενές. Αυτά τα μέτρα οδηγούν σε μικρότερη ελεύθερη επιφάνεια οποιαδήποτε διαρροή LNG από μια αστοχία δεξαμενών και επομένως χαμηλότερο ρυθμό τροφοδοσίας του επακόλουθου νέφους ατμών.

Επιπρόσθετες μελέτες αναθεώρησαν τις συνέπειες μιας εξωτερικής προσβολής, όπως συντριβής αεροσκάφους, που οδηγεί σε αποτυχία της δεξαμενής και την επίδραση μιας καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής στο περιεχόμενο της εξωτερικής δεξαμενής. Όλες αυτές οι μελέτες εστίασαν στην ανάγκη για την ασφαλέστερη συγκράτηση της εξωτερικής δεξαμενής. Τα προκύψαντα σχέδια δεξαμενών περιλαμβάνουν δεξαμενισμό διπλός ακεραιότητας δηλαδή, μια διαρροή υγρού από μια αστοχία της εσωτερικής δεξαμενής παραλαμβάνεται από μια δεύτερη ομόκεντρη δεξαμενή που είναι δομικά ανεξάρτητη από την πρώτη. Οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα με περίβλημα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τέλος, κατασκευάζονται αναχώματα ύψους όσο και η δεξαμενή για να προστατεύσουν τη δεξαμενή από εξωτερική ζημία και για να βοηθήσουν στην υποθετική

ασύμμετρη φόρτιση της εξωτερικής δεξαμενής ως αποτέλεσμα καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής. Όπου η περιοχή είναι πάρα πολύ μικρή για να επιτρέψει την πλήρη ανάπτυξη των αναχωμάτων, χρησιμοποιείται είτε κατασκευή δεξαμενής μέσα στο έδαφος, ή η πρόσθετη ενίσχυση της εξωτερικής δεξαμενής.

Σχήμα 12: Κρυογενικοί εναλλάκτες θερμότητας.



Πηγή: <http://badaklng.co.id>

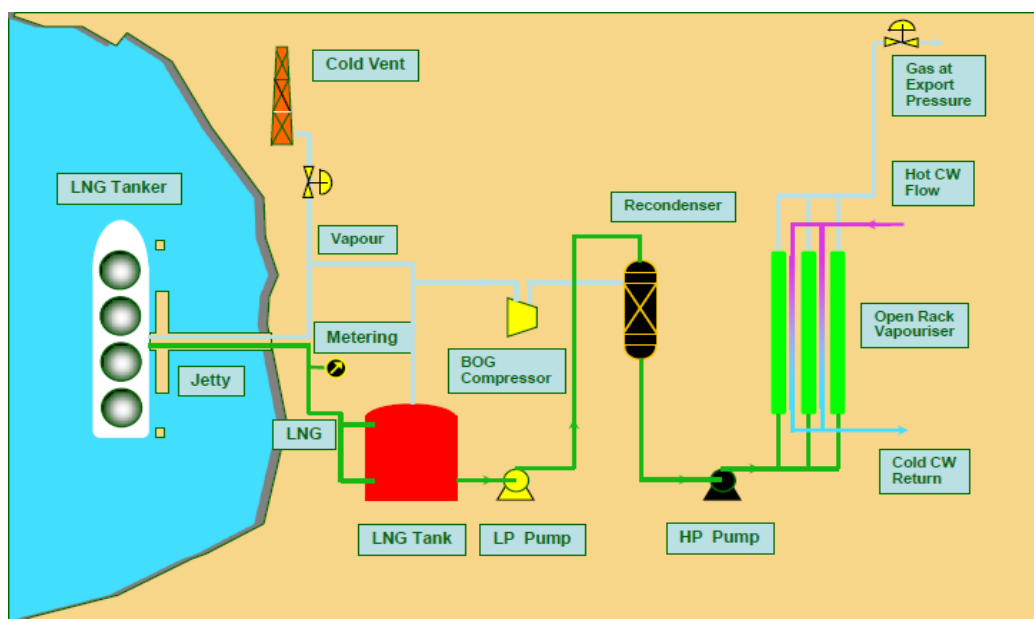
Οι δεξαμενές αποθήκευσης επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, αλλά τη μεγαλύτερη σημασία έχει να υπάρχει επαρκής χώρος ώστε να δεχθεί το σύνολο του φορτίου του πλοίου που έχει σχεδιαστεί για τον τερματικό σταθμό χωρίς να παραμένει το πλοίο στο λιμάνι περισσότερο από όσο χρειάζεται, να διατηρεί επαρκή ποσότητα LNG ώστε να μην υπάρχουν προβλήματα μέχρι την άφιξη του επόμενου φορτίου - να υπάρχει μία ρυθμιστική ποσότητα (buffer) στη δεξαμενή σε περίπτωση καθυστέρησης του επόμενου φορτίου- και να αποφεύγεται η αύξηση της θερμοκρασίας στη δεξαμενή και η διαφυγή αερίου. Η αποθήκευση του LNG θα πρέπει να είναι επαρκής για να λαμβάνει φορτία LNG και να διαθέτει επαρκή αποθέματα μεταξύ των προγραμματισμένων αφίξεων των πλοίων, συμπεριλαμβανομένων και των καθυστερήσεων λόγω κακοκαιρίας.

Οι μέθοδοι αεριοποίησης του LNG που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, είναι η μέθοδος με τους αεριοποιητές θαλάσσης (Open rack sea water vaporizers ή ORV) όπου χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες θαλασσινού νερού για να αυξήσουν την θερμοκρασία του

LNG και να αεριοποιηθεί και η μέθοδος με τους εμβαπτισμένους αεριοποιητές καύσης (Submerged combustion vaporizers ή SCV) όπου χρησιμοποιείται ένα μέρος του φυσικού αερίου ως καύσιμο για να αυξηθεί η θερμοκρασία του νερού ή του αέρα και στη συνέχεια να θερμανθεί το LNG και να αεριοποιηθεί. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται η μέθοδος του αεριοποιητή θαλάσσης παγκοσμίως διότι έχει σημαντικά μικρότερο κόστος, παρόλο που απαιτεί το νερό να έχει συγκεκριμένες ιδιότητες/προδιαγραφές. Βασικό μειονέκτημα της μεθόδου του εμβαπτισμένους αεριοποιητή καύσης είναι το ότι απαιτεί το 1-1,5% του φυσικού αερίου για να επιτευχθεί η αεριοποίηση του LNG.

Στην εικόνα 24 παρατηρούμε ένα τυπικό τερματικό σταθμό υποδοχής και επανααεριοποίησης LNG. Οι βασικές υποδομές του υποδοχής και αεριοποίησης του είναι οι λιμενικές εγκαταστάσεις εκφόρτωσης, αποθήκευσης, επανααεριοποίησης και αποστολής του LNG προς το δίκτυο μεταφοράς αποτελούνται από τις δεξαμενές αποθήκευσης LNG, την προβλήτα εκφόρτωσης LNG με βραχίονες εκφόρτωσης και βραχίονες επιστροφής ατμών (Boil-off), τις αντλίες LNG χαμηλής πίεσης βυθισμένες στο εσωτερικό των δεξαμενών, τις 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), τους συμπιεστές boil-off gas προς επανυγροποίηση, την επανυγροποίηση boil-off, τους εξατμιστήρες θαλασσινού νερού (κάλυψη φορτίων βάσης) και καύσης (κάλυψη φορτίων αιχμής), τον πυρσό καύσης περίσσειας boil-off gas και τέλος τις βοηθητικές εγκαταστάσεις.

Εικόνα 24: Τυπικός τερματικός σταθμός υποδοχής/επανααεριοποίησης LNG



Πηγή: BP LNG

4.6 Τερματικός Σταθμός Ρεβυθούσας

Εικόνα 25: Τερματικός σταθμός Ρεβυθούσας



Πηγή: www.desfa.gr

Ο τερματικός σταθμός LNG στο νησί Ρεβυθούσα στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, αποτελεί μια από τις σημαντικότερες υποδομές της χώρας μας. Σχεδιάστηκε και λειτουργεί, σύμφωνα με τις αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας σε όλα τα επίπεδα. Σύμφωνα με τη ΔΕΣΦΑ « 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 και ISO 14001».

Το LNG αποθηκεύεται σε δύο δεξαμενές, συνολικής χωρητικότητας 130.000 κ.μ. Στη συνέχεια, στις ειδικές εγκαταστάσεις της μονάδας, μετατρέπεται σε αέριο. Η ΔΕΣΦΑ ανακοίνωσε την έναρξη εργασιών κατασκευής της τρίτης δεξαμενής LNG ή οποία κατασκευή, εντάσσεται στο έργο της δεύτερης αναβάθμισης του Σταθμού της Ρεβυθούσας. Ο αποθηκευτικός χώρος θα αυξηθεί στα 225.000 κ.μ. παράλληλα δε θα αυξηθεί και ο χρόνος προσωρινής αποθήκευσης πέραν το 18 ημερών που ισχύει σήμερα. Στο ίδιο έργο περιλαμβάνονται ακόμα η αύξηση κατά 40% του ρυθμού αεριοποίησης, η αναβάθμιση των λιμενικών εγκαταστάσεων που θα επιτρέψει τον ελλιμενισμό μεγαλύτερων πλοίων έως και 260.000 κ.μ. και την αναβάθμιση του μετρικού σταθμού στο σημείο εισόδου Αγία Τριάδα.

Για τον τερματικό σταθμό LNG της Ρεβυθούσας, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας του Ιωάννη Μπαλαούρα το 2008 με τίτλο «Ανάπτυξη και εφαρμογή μοντέλου επιπτώσεων από τη Διαρροή Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου από Υγραεριοφόρα Σκάφη» οι ατμοί είναι επικίνδυνοι σε μια ακτίνα 4.833 μέτρων από τον τερματικό σταθμό για

μια διαρροή 14,300 κυβικών μέτρων LNG. Οι ατμοί μπορούν να ταξιδέψουν πολλά χιλιόμετρα πριν αναφλεχθούν. Κατά τον ελλιμενισμό λαμβάνονται τα προσήκοντα μέτρα ώστε να προστατευθούν τόσο οι ιδιοκτησίες όσο και το προσωπικό πλοίου και τερματικού από τους κινδύνους που θα μπορούσαν να συνδεθούν με μία ανάφλεξη.

Οι σταθμοί αεριοποίησης παρουσιάζουν έντονο ενδιαφέρον. Στους περισσότερους σταθμούς βρίσκονται σε εξέλιξη έργα για την επέκτασή τους ώστε να αυξήσουν την χωρητικότητα και την ικανότητα αποθήκευσης κατά πολύ μέχρι το 2020. Εκτός των ήδη υπαρχόντων, χώρες έχουν ανακοινώσει τις προθέσεις τους να προχωρήσουν σε κατασκευή νέων σταθμών αεριοποίησης LNG. Κάποια εξ' αυτών είναι FSRU (Floating Storage Regasification Unit) που σημαίνει ότι μπορούν να εγκατασταθούν και να λειτουργήσουν πολύ πιο γρήγορα από συμβατικές εγκαταστάσεις.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, θα μπορούσα να πω ότι η θαλάσσια μεταφορά LNG αποτελεί τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο κλάδο της παγκόσμιας ναυτιλίας, αλλά χαρακτηρίζεται από μονοπωλιακές καταστάσεις, υψηλές κεφαλαιακές απαιτήσεις και σημαντικούς κινδύνους.

Παρά τους εντυπωσιακούς ρυθμούς ανάπτυξης, την αυξανόμενη ζήτηση και τις εξαιρετικά θετικές προοπτικές του LNG για την επόμενη 20ετία, ο κλάδος των δεξαμενοπλοίων LNG θα βρεθεί κάποια στιγμή αντιμέτωπος και θα υποστεί αναπόφευκτα τις συνέπειες κάποιου ναυτιλιακού κύκλου.

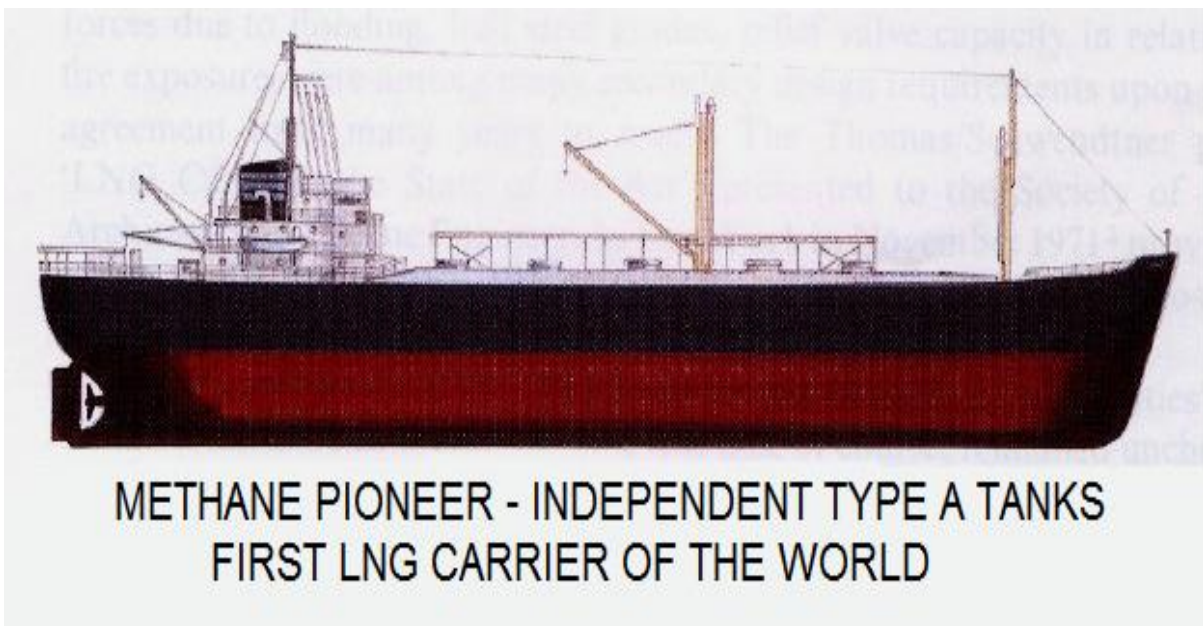
Αν και ο κλάδος LNG διαθέτει σημαντικούς φραγμούς εισόδου καθώς είναι πολύ υψηλό το κόστος των πλοίων, των εγκαταστάσεων εξόρυξης και των τερματικών σταθμών παρατηρούμε την αυξανόμενη διεύρυνση της αλυσίδας LNG, με περισσότερους παραγωγούς, νέους τερματικούς σταθμούς σε πολλές χώρες και είναι κατά την άποψη της γράφοντος ότι τα επόμενα χρόνια όλο και περισσότερες ναυτιλιακές, πετρελαϊκές και ενεργειακές εταιρίες ή ακόμη και κράτη θα επιδιώξουν να λάβουν θέση σ' αυτόν. Ο δρόμος θεωρείται μακρύς ακόμη, καθώς δεν είναι δεδομένες οι ποσότητες φυσικού αερίου που μπορούν να εξορυχτούν από τα νέα κοιτάσματα. Έως τότε όλες οι λύσεις μεταφοράς φυσικού αερίου θα είναι πάνω στο τραπέζι, με συνεχή αναδιάταξη λόγω των διεθνών εξελίξεων σε συνδυασμό με το σύνολο των ποσοτήτων που θα προσδιορίσουν τη βέλτιστη επιλογή μεταφοράς.

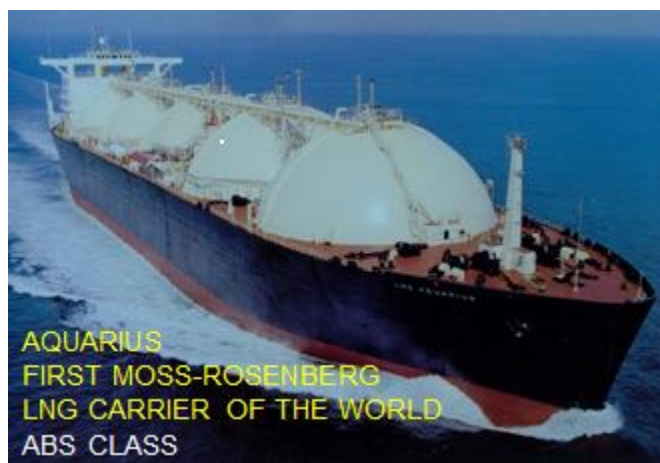
Το θετικό είναι ότι μια σειρά από εξελίξεις έχουν θέσει και την Ελλάδα στη σωστή κατεύθυνση ώστε να εξελιχθεί σε ζωτικό ενεργειακό κόμβο (Ρεβυθούσα, Αλεξανδρούπολη) που θα εξυπηρετεί τόσο τα Βαλκάνια όσο και την Ευρώπη.

Ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έγινε προσπάθεια να αναδειχθεί το πρόβλημα και να διευκρινιστούν οι παράμετροι ποσοτικοποίησης των επιπτώσεων αυτών. Αυτό που έχει καταστεί πλέον σαφές είναι ότι οποιαδήποτε συνέχιση της τεχνολογικής προόδου και της ευημερίας πρέπει να λαμβάνει υπόψη την ελαχιστοποίηση των δυσμενών επιδράσεων στο περιβάλλον, τόσο των άμεσων, όσο και των πιο μακροπρόθεσμων και παγκόσμιων, που είναι συνήθως πιο αφανείς αλλά και πιο επικίνδυνες.

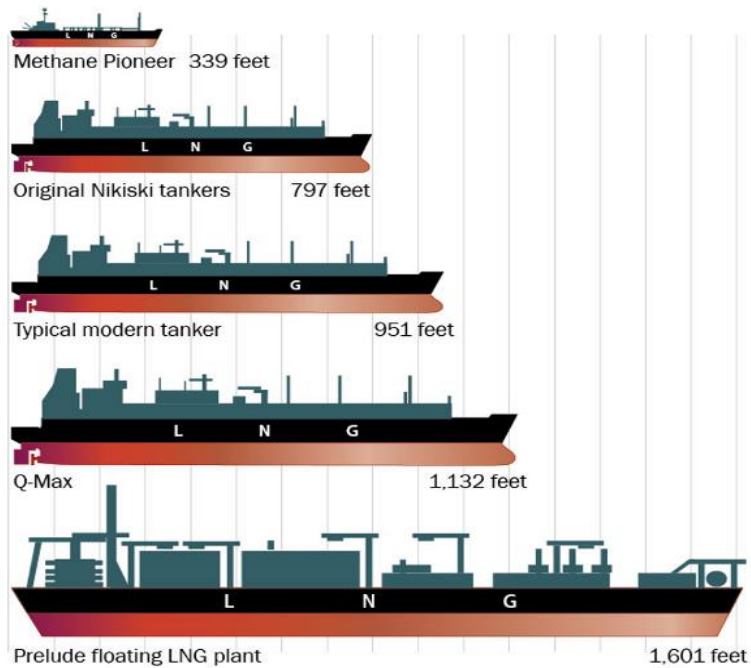
Το περιβαλλοντικό ατύχημα της BP στο πηγάδι Macondo, στον Κόλπο του Μεξικού, τον Απρίλιο του 2010, η βύθιση των δεξαμενόπλοιων M/T Erika και M/T Prestige το 1999 και το 2002 αντίστοιχα επέφεραν σαρωτικές αλλαγές στην προσέγγιση της προστασίας της θαλάσσιας ζωής. Οφείλουμε να διαφυλάξουμε τη χλωρίδα και πανίδα της θαλάσσιας περιοχής μειώνοντας τις πιθανότητες εμφάνισης προβλημάτων όπως η δημιουργία βιοφίλμ στην επιφάνεια της θάλασσας, η αύξηση των ποσοτήτων H₂S και την δημιουργία στο βυθό θρυμμάτων που θα παραχθούν κατά τη διαδικασία της εξόρυξης. Η ύπαρξη και η ορθολογιστική αξιοποίηση του ορυκτού πλούτου μιας χώρας είναι τόσο σημαντική όσο και η προστασία του φυσικού περιβάλλοντος και αυτό γιατί η εκμετάλλευση του φυσικού πλούτου είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το περιβάλλον, τη διατροφική αλυσίδα, και την αειφόρο ανάπτυξη. Η διαφύλαξη της πλούσιας πανίδας και χλωρίδας της θαλάσσιας περιοχής θα αποτελέσει ουσιαστικότερη κληρονομιά στις επόμενες γενιές παράλληλα με τη σόφρονα εκμετάλλευση των κοιτασμάτων φυσικού αερίου.

Για την γράφουσα η επιλογή του συγκεκριμένου θέματος ήταν μια ιδιαίτερη πρόκληση. Οι δυσκολίες που αντιμετωπίστηκαν ήταν πολλές και προφανώς υπήρξαν παραλείψεις.





LNG tankers grow in size



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ/ ΑΡΘΡΟΓΡΑΦΙΑ

A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Ανδρεαδάκης Α., Πανταζίδου Μ., Σταθόπουλος Α., Χατζημπίρος Α. (2003) *Περιβαλλοντική Τεχνολογία*, εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα

Γκιζιάκης Κ., Παπαδόπουλος Α., Πλωμαρίτου Ε. (2010) *Ναυλώσεις*, εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα

ΓΟΥΛΙΕΛΜΟΣ Α.Μ., Α.Μ. ΓΚΙΖΙΑΚΗΣ, *Έλεγχος ποιότητας στη Ναυτιλιακή Επιχείρηση και στο πλοίο*, Εκδόσεις Σταμούλης 1999

Κώδικας Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου

Τριπολίτης Κωνσταντίνος, Τριάντης Γεώργιος (2002) *Ναυτική Τέχνη – Έκτακτες ανάγκες*, Πάτρα.

Τσελέντης Β., Πανεπιστημιακές σημειώσεις

Τσελεπίδης Α., Πανεπιστημιακές σημειώσεις

Χατζημπίρος Κίμων (2003) *Οικολογία, Οικοσυστήματα και προστασία του περιβάλλοντος*, εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

MARPOL (2006), Διεθνής Σύμβαση 1973, για την Πρόληψη της Ρύπανσης από Πλοία

B. ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

ABS Gas Seminar, March 2012

ABS, IGC CODE GAP ANALYSIS, Raffaele Piciocchi, Athens, 2013

ABS LNG Seminar, March 2015

Curt Bob, LNG A Brief History Ship Acquisition Manager, Quatargas II Development, Intertanko Conference CEE Introduction

DNV KEMA in collaboration with COWI Belgium, Study on LT – ST (LongTerm - ShortTerm) Markets in Gas, (2013),

European Commission ec.europa.eu Offshore oil and gas platforms standards

The Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGTTO)
“Site selection and Design for LNG Ports and Jetties – Information Paper No. 14. 1997,

National Oceanic and Atmospheric Administration, Retrieved 23 May 2010

"Types of Offshore Oil and Gas Structures" NOAA Ocean Explorer: Expedition to the Deep Slope. Office of Ocean Exploration and Research (15 December 2008)

Dresden University of Technology, Advice on the Opportunity to Set up an Action Plan for the Promotion of LNG Chain Investment, - Economic, Market and Financial Point of View – Final Report, (2008),

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

www.ngsa.org

www.en.Wikipedia.org

www.eia.gov

www.naturalgas.org

www.kireas.org

www.beg.utexas.edu/energycon/lng

www.oilandgasuk.co.uk/glossary.cfm

www.livepedia.gr

http://www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/news_files

www.el.Wikipedia.org

www.allaboutgas.com

<https://justiceforgreece.wordpress.com>

www.naturalgas.org/naturalgas/extraction_offshore.asp

www.reliableplant.com

www.nobleenergyinc.com

oceanexplorer.noaa.gov

marinestrategy.opengov.gr

www.tallos.gr

www.hse.gov.uk Health and Safety Executive (Offshore Oil and Gas) UK

<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/oil-gas-and-coal/offshore-oil-and-gas-safety>

www.iea.org

www.depa.gr

www.epa.gov

www.desfa.gr

www.iomosaic.com/docs/whitepapers/Understand

<http://sigtto.reinvent.net/dnn/Publications/tabid/62/Default.aspx>

www.ferc.gov/

<http://badaklng.co.id>

<http://sigtto.reinvent.net/dnn/Publications/tabid/62/Default.aspx>

www.ferc.gov

www.hse.gov.uk Health and Safety Executive (Offshore Oil and Gas) UK

www.beg.utexas.edu/energycon/lng