



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

UNIVERSITY OF PIRAEUS

ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
στην ΝΑΥΤΙΑΙΑ**

**LNG ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΙΑ
ΘΑΛΑΣΣΗΣ, ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ**

Ελένη Μιχαλοπούλου

MN 13062

13^{ος} κύκλος

Διπλωματική Εργασία

Πειραιάς

Νοέμβριος 2016

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εγκρίθηκε ομόφωνα από την Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή που ορίστηκε από τη 1ΣΕΣ του Τμήματος Ναυτιλιακών Σπουδών Πανεπιστημίου Πειραιώς σύμφωνα με τον Κανονισμό Λειτουργίας του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Ο Καθηγητής Αναστάσιος Τσελεπίδης (Επιβλέπων)
- Ο Καθηγητής Βασίλειος – Στυλιανός Τσελέντης
- Ο Καθηγητής Γεώργιος Σαμιώτης

Η έγκριση της Διπλωματικής Εργασίας από το Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών του Πανεπιστημίου Πειραιώς δεν υποδηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Δήλωση Αυθεντικότητας / Ζητήματα Copyright

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.

Περίληψη

Είναι γεγονός ότι η συντριπτική πλειοψηφία των φορτίων που μεταφέρονται δια θαλάσσης, είτε σε υγρή είτε σε χύδην μορφή και κυρίως σε συσκευασμένη μορφή παρουσιάζουν ιδιότητες που τα καθιστούν επικίνδυνα για το θαλάσσιο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία. Τα τελευταία χρόνια, το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ) κερδίζει διαρκώς έδαφος στην παγκόσμια αγορά και αποτελεί μια εξειδικευμένη αγορά που αναπτύσσεται με γοργούς ρυθμούς στις θαλάσσιες μεταφορές ενέργειας.

Στη μελέτη αυτή προσδιορίζεται η εικόνα της παγκόσμιας τεχνολογίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου και περιγράφεται η εφοδιαστική αλυσίδα των διεργασιών του. Αναπόσπαστο μέρος της διαδικασίας μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελούν τα πλοία της εμπορικής ναυτιλίας, τα υπό κατασκευή πλοία καθώς και οι μελλοντικοί σταθμοί αποθήκευσης, υγροποίησης και οι τερματικοί σταθμοί.

Για τον σκοπό της εργασίας, θα γίνει περιγραφή της διαδικασίας φόρτωσης και εκφόρτωσης του φορτίου και των απαερίων του υγροποιημένου φυσικού αερίου στο LNG πλοίο και θα αναλυθούν οι οικονομικές αποδόσεις του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο στη ναυτιλία συνυπολογίζοντας τα περιβαλλοντικά οφέλη που προκύπτουν από την χρήση του.

Τέλος, θα αναλυθεί η όλη διεργασία και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του υγροποιημένου φυσικού αερίου και θα παρουσιαστούν προτάσεις και μέτρα για την ελαχιστοποίηση των ρύπων και των υγρών αποβλήτων του.

Abstract

The majority of cargo is transported using the sea in either liquid or bulk form. In recent years, Liquefied Natural Gas (LNG) is constantly gaining ground in the global market and constitutes an expert market which is developing rapidly in the maritime energy transport sector.

This study takes into account the use of global LNG technology and describes the processes involved in its supply chain. An important part of the LNG's transfer process are the type of ships under construction, future storage stations, liquefaction and the necessity of new terminals.

For the purpose of this study, a description is made of the loading/unloading procedures of LNG on LNG type ships. Further more, an analysis is given of the economic performance of LNG as fuel in the shipping industry taking also into account the environmental benefits arising from its use.

Finally, the environmental footprint of LNG is analyzed and proposals and measures are suggested to minimize emissions and wastewater.

Λέξεις Κλειδιά:

Liquefied Natural Gas (LNG), Maritime Energy Support, Εφοδιαστική Αλυσίδα LNG, Περιβαλλοντικά Οφέλη, Οικονομικές Συνέπειες.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	3
2. LNG – Φυσικό αέριο.....	4
2.1 Η ιστορία του φυσικού αερίου στην Ελλάδα και τον κόσμο.....	4
2.2 Τα κοιτάσματα και η εκμετάλλευσή τους.....	5
2.3 Οι συσσωρεύσεις του φυσικού αερίου.....	5
2.4 Συστατικά και ιδιότητες φυσικού αερίου.....	5
2.5 Επεξεργασία φυσικού αερίου.....	8
2.6 Μεταφορά φυσικού αερίου.....	9
2.7 Συστήματα μεταφοράς	10
2.8 Το σύστημα μεταφοράς και διανομής της Ελλάδας.....	12
2.9 Χρήση του φυσικού αερίου.....	16
3. Αλυσίδα υδροποιημένου φυσικού αερίου.....	20
3.1 Εξόρυξη.....	20
3.2 Υδροποίηση.....	21
3.2.1 Διαδικασίες υδροποίησης σε σταθμούς φόρτωσης.....	22
3.2.2 Διεργασία υδροποίησης αναγκών αιχμής.....	22
3.3 Μεταφορά υδροποιημένου φυσικού αερίου.....	23
3.4 Εκφόρτωση.....	25
3.4.1 Θέματα ασφαλείας κατά την εκφόρτωση.....	25
3.5 Αποθήκευση – Πλωτή μονάδα αποθήκευσης.....	27
3.6 Ασφάλεια εγκαταστάσεων υδροποιημένου φυσικού αερίου.....	28
3.7 Τερματικοί σταθμοί.....	29
3.8 Νομοθετικό πλαίσιο υδροποιημένου φυσικού αερίου.....	30
3.8.1 Ανεφοδιασμός καυσίμων ΥΦΑ. Πρότυπα και κανονισμοί.....	30
3.8.2 Πρότυπα και κανονισμοί κατασκευής πλοίων με καύσιμο.....	33
3.9 Τα μεγαλύτερα σχέδια LNG στον κόσμο.....	34
3.9.1 Σταθμοί υδροποίησης φυσικού αερίου – LNG Liquefaction Plan.....	33
3.9.2 Σταθμοί αεριοποίησης φυσικού αερίου – LNG Liquefaction.....	37

4. Τεχνολογία πλοίων LNG ασφάλεια και συντήρηση πλοίων.....	38
4.1 Ναυπήγηση και τεχνολογία πλοίων LNG	38
4.2 Ασφάλεια και εγκαταστάσεις του βασικού φορτίου στα πλοία μεταφοράς.....	38
4.3 Συντήρηση και αντοχή πλοίων LNG.....	42
4.4 Η περίπτωση του προγράμματος POSEIDON MED και POSEIDON MED II.....	43
5. Περιβαλλοντικές και οικονομικές συνέπειες εκτίμηση και προτάσεις για μέτρα αντιρρύπανσης.....	46
5.1 Σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης τερματικού σταθμού της Ρεβυθούσας.....	46
5.2 Εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα κατά φυσιολογική λειτουργία....	47
5.3 Πρόσκαιρες εκπομπές υδρογονανθράκων.....	48
5.4 Εκπομπές καυσαερίων από τους εμβαπτισμένους αεριοποιητές καύσης ΦΑ (SCVs).....	49
5.5 Προτάσεις για μέτρα απορρύπανσης.....	49
5.5.1 Προτάσεις.....	49
5.5.2 Επόμενες ενέργειες.....	51
5.6 Οικονομικές συνέπειες.....	52
5.6.1 Ζήτηση και προσφορά φυσικού αερίου.....	53
6. Συμπεράσματα.....	56
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια, το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ) κερδίζει διαρκώς έδαφος στη διεθνή αγορά, καθώς είναι ο πλέον οικονομικός τρόπος για την μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου σε μακρινές αποστάσεις. Τόσο το μέγεθος όσο και η μεταφορική ικανότητα των LNG Carrier έχει αυξηθεί σημαντικά. Οι νέοι τύποι Q-FLEX και Q-MAX LNG Carriers έχουν μεταφορική ικανότητα 210.000m³ και 266.000m³ υγροποιημένου φυσικού αερίου αντίστοιχα. Το Μάρτιο του 2010 κυκλοφορούσαν 337 LNG Carriers και ήδη υπάρχουν 140 πλοία υπό παραγγελία (order book).

Σημαντικές θεωρούνται οι θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το φυσικό αέριο, ως καύσιμο έχει δύο ιδιαίτερα σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το πετρέλαιο ντίζελ και το μαζούτ. Εκτός του ότι παρουσιάζει αυξημένο βαθμό απόδοσης κατά την καύση του και συνεπώς επιτυγχάνεται ανάλογη εξοικονόμηση ενέργειας κατά την παραγωγή της θερμικής ενέργειας, αφετέρου οι εκπομπές αερίων ρύπων που προκύπτουν κατά την καύση του είναι σημαντικά χαμηλότερες από αυτές που προκύπτουν κατά την καύση του πετρελαίου και του μαζούτ. Παράλληλα, αντικαθιστά τα συμβατικά αέρια καύσιμα με άμεσο αντίκτυπο όχι μόνο στην κοινωνία αλλά και στην εθνική οικονομία κάθε χώρας.

Η ανάπτυξη και η δυναμική που εμφανίζουν τα τελευταία χρόνια τα έργα αποθήκευσης ΥΦΑ, τροφοδοτούνται από το γενικότερο πνεύμα της αιεφόρου ανάπτυξης που καθορίζει σε στρατηγικό επίπεδο τις επιλογές του σύγχρονου κόσμου και αποτελεί στόχο της παγκόσμιας ενεργειακής πολιτικής για τα επόμενα χρόνια.

Σκοπός είναι η προμήθεια του φυσικού αερίου με υιοθέτηση όχι μόνο υψηλής τεχνολογίας και καινοτομίας, αλλά και ο σεβασμός στο περιβάλλον ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλεια. Για την καλύτερη κατανόηση της εφοδιαστικής αλυσίδας του ΥΦΑ, αλλά και για την αξιολόγηση της διαδικασίας της εκφόρτωσης ΥΦΑ και φόρτωσης απαερίων στις δεξαμενές των πλοίων LNG, γίνεται μία αναφορά στη τεχνολογία της εφοδιαστικής αλυσίδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. LNG – ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ

2.1 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

Πρωταγωνιστικό ρόλο στην αγορά φυσικού αερίου της Μεσογείου και των Βαλκανίων ανέλαβε η Ελλάδα το 1996, με την πραγματοποίηση κατάλληλων επενδύσεων στον τομέα της ενέργειας. Τα πρώτα στοιχεία που έχουμε για την ύπαρξη φυσικού αερίου έχουν καταγραφεί από αρχαιοτάτων χρόνων, το 6000 και το 2000 π.Χ. στην περιοχή που σήμερα βρίσκεται το Ιράν. Υπάρχουν μελετητές που αναφέρουν πως οι πρώτοι που έκαναν χρήση φυσικού αερίου ήταν οι Κινέζοι το 300 π.Χ. περίπου και το μετέφεραν με αγωγούς από μπαμπού. Στην Ευρώπη αυτές οι επιτεύξεις ήταν άγνωστες και το φυσικό αέριο δεν ανακαλύφθηκε παρά το 1659 στην Αγγλία. Το αέριο από απόσταξη ανθράκων ανακαλύφθηκε το 1670 και άρχισε να χρησιμοποιείται το 1790 γιατί ήταν πιο εύκολη η μεταφορά, η αποθήκευση και η χρησιμοποίησή του στις μηχανές εσωτερικής καύσεως και στο φωτισμό δρόμων και σπιτιών (ΔΕΠΑ 2012, Ιστορία Φυσικού Αερίου).

Ο αμερικανός συγγραφέας E.N. Tirastoo στο βιβλίο του “Natural Gas” αναφέρει ότι το φυσικό αέριο ήταν γνωστό στην Κίνα από τον 3ο αιώνα π.Χ. ενώ το 17ο αιώνα στην Ιταλία το χρησιμοποιούσαν για θέρμανση και φωτισμό. Το 18ο αιώνα εγκαταστάθηκε το πρώτο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου στην Νέα Υόρκη. Ο πρώτος αγωγός διεθνούς μεταφοράς φυσικού αερίου κατασκευάστηκε και ολοκληρώθηκε το 1891 μεταξύ του Οντάριο (Καναδάς) και της Νέας Υόρκης (Η.Π.Α.). Μετά το Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο και με την αλματώδη πρόοδο της τεχνολογίας, αναπτύχθηκαν δίκτυα μεταφοράς και διανομής, τα οποία ευνόησαν την ανάπτυξη πολλών εφαρμογών στη χρήση του φυσικού αερίου (Παναγέας Π. Πέτρος, 2003, Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Μελέτη Δικτύου Καταναλωτών, Αντικεραυνική Προστασία Δικτύου).

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας (International Energy Agency - IEA) η κατανάλωση φυσικού αερίου θα υπερβεί την κατανάλωση άνθρακα μετά το 2010 και περί το 2030 θα καλύπτει το 1/4 των

παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών. Το Φεβρουάριο του 1988 υπογράφεται η πρώτη διακρατική συμφωνία μεταξύ Ελλάδας και Αλγερίας, για τον εφοδιασμό της χώρας μας με Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο.

2.2 ΤΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ Η ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥΣ

Τα μεγάλα κοιτάσματα φυσικού αερίου συναντώνται σε Σιβηρία, Μέση Ανατολή, Αλγερία, Ευρώπη και Αυστραλία. Οδηγούνται μέσω δικτύων αγωγών στις καταναλώτριες χώρες και συμβάλλουν σημαντικά στην ομαλή παροχή ενέργειας.

2.3 ΟΙ ΣΥΣΣΩΡΕΥΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Πίνακας 2. 1 Χώρες με τις μεγαλύτερες συσσωρεύσεις φυσικού αερίου

ΧΩΡΑ	ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ (ΣΕ ΤΡΙΣ ΚΥΒ.ΜΕΤΡΑ)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΟΙΣ %
ΡΩΣΙΑ	47.6	25.02 %
ΙΡΑΝ	29.6	15.57 %
ΚΑΤΑΡ	25.5	13.39 %
ΤΟΥΡΚΜΕΝΙΣΤΑΝ	7.5	3.95 %
ΣΑΟΥΔΙΚΗ ΑΡΑΒΙΑ	7.5	3.92 %
ΗΝΩΜΕΝΕΣ ΠΟΛΙΤΕΙΕΣ	6.9	3.64 %
ΗΝ.ΑΡΑΒ.ΕΜΙΡΑΤΑ	6.1	3.19 %
ΝΙΓΗΡΙΑ	5.3	2.76 %
ΒΕΝΕΖΟΥΕΛΑ	5.0	2.62 %
ΑΛΓΕΡΙΑ	4.5	2.37 %

Πηγή : Wikipedia.org

2.4 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο είναι ένα μίγμα αερίων υδρογονανθράκων με κυμαινόμενες ποσότητες άλλων αερίων που θεωρούνται ακαθαρσίες. Το φυσικό αέριο βρίσκεται συνήθως συνδυασμένο με υγρούς υδρογονάνθρακες (π.χ. το αργό πετρέλαιο).

Το φυσικό αέριο δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια διαφόρων εποχών της γεωλογικής ιστορίας του πλανήτη και συγκεντρώθηκε μεταναστεύοντας από τους

χώρους δημιουργίας σε υπόγειους ταμιευτήρες σε πορώδη πετρώματα ή ρήγματα σε ποικίλους γεωλογικούς σχηματισμούς. Το φυσικό αέριο ανακτάται μέσω φρεάτων που ορύσσονται σε αυτούς τους ταμιευτήρες. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ανέρχεται στα 2.8 τρις m³. Τα εκτιμώμενα αποθέματα φυσικού αερίου είναι της τάξης των 180 τρις m³. Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο(CH₄), αιθάνιο(C₂H₄) και ελαφρύτερους υδρογονάνθρακες. Επιπρόσθετα, περιλαμβάνει πολύ μικρές ποσότητες βαρύτερων υδρογονανθράκων και κυμαινόμενες ποσότητες αερίων μη υδρογονανθράκων όπως άζωτο(N₂), διοξείδιο του άνθρακα(CO₂) και υδρόθειο(H₂S). Το φυσικό αέριο είναι άοσμο, άχρωμο και ελαφρύτερο του αέρα. Επίσης είναι μη τοξικό, και κατά την καύση του έχει μικρότερη εκπομπή ρύπων σε σχέση με τα άλλα ορυκτά καύσιμα. Μόνο σε συγκεκριμένη αναλογία με τον αέρα και αν υπάρξει σπινθήρας μπορεί να προκληθεί έκρηξη (ΕΠΑ Αττικής, 2009).

Κύριες Ακαθαρσίες

Σε πολλές περιοχές, το φυσικό αέριο όταν εξορύσσετε είναι όξινο, το οποίο σημαίνει ότι περιέχει σημαντικές ποσότητες υδρόθειου ή διοξειδίου του αζώτου. Αν και το διοξείδιο του άνθρακα είναι ανεπιθύμητο σε μεγάλες ποσότητες επειδή κάνει πιο δαπανηρή τη μεταφορά του φυσικού αερίου, μειώνει τη θερμογόνο δύναμή του και μπορεί να έχει διαβρωτική δράση υπό συγκεκριμένες συνθήκες, η περιεκτικότητά του μπορεί να γίνει ανεκτή ακόμη και σε επίπεδα της τάξης του ένα επί τοις εκατό. Σε αντίθεση, η συγκέντρωση υδρόθειου στο εμπορεύσιμο αέριο πρέπει να είναι κάτω από 3ppm (parts per million) λόγω της υψηλής τοξικότητάς του.

Συγκεκριμένα το υδρόθειο μπορεί να περιέχεται στο φυσικό αέριο σε διάφορες αναλογίες. Ανάλογα με την περιεκτικότητά του τα φυσικά αέρια διακρίνονται σε:

- Όξινο φυσικό αέριο
- Ισχνό φυσικό αέριο

Το όξινο φυσικό αέριο γενικά αποθειώνεται (γι' αυτό και τα αποθειωμένα φυσικά αέρια χαρακτηρίζονται γλυκά αέρια), ώστε η συγκέντρωση του υδρόθειου να διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα κάτω από 3 ppm εξαιτίας της υψηλής τοξικότητάς του.

Το υδρόθειο είναι τοξικό και μαζί με το νερό δρα ισχυρά διαβρωτικά στα μέταλλα, καταστρέφοντας τα δίκτυα μεταφοράς και τις αντλίες. Από την καύση του

υδρόθειο παράγεται διοξείδιο του θείου (SO₂), το οποίο είναι επίσης τοξικό και διαβρωτικό αέριο. Το υδρόθειο απομακρύνεται από το φυσικό αέριο με πλύσεις με νερό ή υδατικά διαλύματα, στα οποία το υδρόθειο είναι διαλυτό. Τα τελευταία ίχνη υδρόθειο απομακρύνονται με καυστικό νάτριο. Το παραγόμενο τελικό προϊόν, δηλαδή το στοιχειακό θείο, αποτελεί μια βασική πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας (π.χ. στην παραγωγή θειικού οξέος). Σε αντίθεση με το υδρόθειο (H₂S) το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μπορεί να γίνει ανεκτό σε μικρά ποσοστά.

Μεγαλύτερα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα είναι ανεπιθύμητα επειδή:

- Αυξάνουν το κόστος μεταφοράς του φυσικού αερίου
- Μειώνουν τις ιδιότητες ανάφλεξης και την θερμογόνο δύναμή του και
- Προκαλούν σε συνεργία με το νερό τοπικές οξειδώσεις στα μέταλλα

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) απομακρύνεται κυρίως με διεργασίες απορρόφησης με διαλύτες.

Στην ονοματολογία της ενεργειακής βιομηχανίας, το ΥΦΑ είναι στο ελαφρύ άκρο του φάσματος των υγροποιημένων αερίων που περιλαμβάνει επίσης τα υγρά φυσικού αερίου (κυρίως αιθάνιο με λίγο προπάνιο) και τα υγροποιημένα αέρια πετρελαίου (LPG, το οποίο αποτελείται κυρίως από προπάνιο και βουτάνιο). Κοινό χαρακτηριστικό για κάθε ένα από αυτά τα προϊόντα είναι η έλλειψη ενός τυποποιημένου συνόλου φυσικών ιδιοτήτων. Εντούτοις, είναι δυνατοί και χρήσιμοι ορισμένοι χαρακτηρισμοί του LNG (Kireas 2007, Πληροφορίες για το υγροποιημένο φυσικό αέριο, Αθήνα).

Επειδή το μεθάνιο είναι το βασικό συστατικό του, το σημείο βρασμού του υγροποιημένου φυσικού αερίου σε ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου -160 °C. Ίχνη μολυσματικών ουσιών, ειδικά υδραργύρου, μπορούν να καταστήσουν το ΥΦΑ διαβρωτικό, εάν δεν αφαιρεθούν σε αρκετά χαμηλά επίπεδα κατά τη διάρκεια του καθαρισμού και των διεργασιών υγροποίησης. Επιπλέον είναι ένα εμπορικό προϊόν, έτσι η ανάγκη να αποφευχθεί η στερεοποίηση των μολυσματικών ουσιών είναι απαίτηση των προδιαγραφών για περιβαλλοντικά αποδεκτά καύσιμα. Επομένως, οι μολυσματικοί παράγοντες όπως υδρατμός, διοξείδιο του άνθρακα, και οι ενώσεις θείου, που υπάρχουν στο φυσικό αέριο αφαιρούνται πριν την υγροποίηση του φυσικού αερίου. Το σχετικά χαμηλό σημείο βρασμού του ΥΦΑ περιορίζει τη μέγιστη συγκέντρωση πεντανίου και βαρύτερων υδρογονανθράκων που μπορεί να υπάρξει στην υγρή φάση.

2.5 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το φυσικό αέριο παράγεται επί τόπου στο φρέαρ και η σύνθεσή του ποικίλει ιδιαίτερα. Οι διαδικασίες επεξεργασίας του φυσικού αερίου είναι διαφορετικές. Εκτός από το βασικό του συστατικό, το μεθάνιο, το φυσικό αέριο μπορεί να περιέχει και διάφορα ποσά ακαθαρσιών, τα οποία οδηγούν σε ποικίλα προβλήματα κατά τη διάρκεια της παραγωγής και της μεταφοράς (Κασίνης Σόλωνας 2011, Φυσικό αέριο από την πηγή στην κατανάλωση, ΤΕΠΑΚ, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού σε συνεργασία με το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου):

- Νερό. Το συμπυκνωμένο ύδωρ σχηματίζει στερεές ένυδρες ουσίες με υδρογονάνθρακες ή υδρόθειο όπου επιπλέον οδηγεί σε σχηματισμό υγρών σχηματισμών στις σωληνώσεις και σε διάβρωση.

- Βαρύτεροι υδρογονάνθρακες. Εάν το φυσικό αέριο περιέχει υψηλότερες συγκεντρώσεις σε αιθάνιο(C_2) και βαρύτερους υδρογονάνθρακες, είναι οικονομικά σημαντική η ανάκτησή τους με τη μορφή υγραερίου (LPG) και αερίου συμπυκνώματος. Ο επιθυμητός δείκτης Wobbe (W) και η θερμογόνο δύναμη θα μπορούσαν επίσης να απαιτήσουν μια μείωση της συγκέντρωσης βαρύτερων υδρογονανθράκων. Ακόμη και πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις βαρύτερων υδρογονανθράκων μπορούν να προκαλέσουν συμπύκνωση στους αγωγούς (ανάδρομη συμπύκνωση). Αυτοί οι συμπυκνωμένοι υδρογονάνθρακες μπορεί να προσβάλουν πλαστικούς αγωγούς και συσκευές ελέγχου.

- Υδρόθειο. Το υδρόθειο σε συνδυασμό με ελεύθερο νερό μπορεί να προκαλέσει διάβρωση, και κυρίως μηχανική καταπόνηση λόγω διάβρωσης και ρήξη εξαιτίας του υδρογόνου. Η απομάκρυνση του υδρόθειου γίνεται σχεδόν αποκλειστικά στις κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας.

- Διοξείδιο του Άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα μαζί με ελεύθερο νερό προκαλεί τοπική διάβρωση (pitting corrosion) σε χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα και άλλα μέταλλα. Μερικά φυσικά αέρια που περιέχουν τα σημαντικά ποσά διοξειδίου του άνθρακα(CO_2) πρέπει να υποστούν επεξεργασία για να αυξηθεί η συγκέντρωση μεθανίου πριν από την πώλησή τους.

- Θείο. Τα αέρια που περιέχουν υδρόθειο μπορεί επίσης να περιέχουν και στοιχειακό θείο σε αέρια μορφή. Μερικά πεδία εξόρυξης φυσικού αερίου, κυρίως σε Καναδά, Γερμανία και Ηνωμένες Πολιτείες, περιέχουν τόσο υψηλές ποσότητες ώστε το θείο, ανάλογα με την πίεση, τη θερμοκρασία και τη σύνθεση του φυσικού αερίου,

μπορεί να διαχωριστεί και να φράξει τον αγωγό παραγωγής, ο οποίος γίνεται έτσι μη λειτουργικός. Επιπλέον, το στοιχειακό θείο και το νερό είναι διαβρωτικά.

• Υδράργυρος. Το φυσικό αέριο μπορεί να περιέχει υδράργυρο σε συγκεντρώσεις μέχρι αρκετά mg/m^3 , ο κύριος όγκος του οποίου βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή. Ο διαχωρισμένος υγρός υδράργυρος προκαλεί διάβρωση στους αγωγούς και τα εξαρτήματα, προκαλεί φθορά σε εναλλάκτες θερμότητας από αλουμίνιο σε κρυογονικές εγκαταστάσεις, φθορά στα μετρητικά συστήματα και στις βάνες ελέγχου. Ο υδράργυρος πρέπει επίσης να αφαιρεθεί λόγω της τοξικότητάς του.

2.6 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η αποδοτική και αποτελεσματική διαμετακόμιση του φυσικού αερίου από την περιοχή παραγωγής του προς στις περιοχές κατανάλωσης απαιτεί ένα εκτενές και επιμελημένο σύστημα μεταφορών. Σε πολλές περιπτώσεις, το φυσικό αέριο που παράγεται θα πρέπει να ταξιδέψει μια μεγάλη απόσταση για να φθάσει στο σημείο χρήσης του.

Το σύστημα μεταφορών για το φυσικό αέριο αποτελείται από ένα σύνθετο δίκτυο σωληνώσεων, σχεδιασμένο έτσι ώστε να μεταφέρει γρήγορα και αποτελεσματικά το φυσικό αέριο από τον τόπο προέλευσής του, στους τομείς της υψηλής ζήτησης φυσικού αερίου. Η μεταφορά του φυσικού αερίου συνδέεται στενά με την αποθήκευσή του, επίσης εάν δεν υπάρξει ανάλογη ζήτηση για την ποσότητα του φυσικού αερίου που διατίθεται εκείνη την περίοδο, το αέριο που απομένει στις εγκαταστάσεις μπορεί να παραμείνει για όσο διάστημα χρειαστεί χωρίς να υπάρξουν επιπτώσεις στην ποιότητά του.

Υπάρχουν ουσιαστικά τρεις σημαντικοί τύποι σωληνώσεων κατά μήκος της διαδρομής μεταφορών:

- το σύστημα συλλογής
- το σύστημα αποθήκευσης και μεταφοράς
- η διακρατική σωλήνωση
- το σύστημα διανομής

Το σύστημα συλλογής αποτελείται από σωληνώσεις χαμηλής πίεσης και μικρής διαμέτρου που μεταφέρουν το ακατέργαστο φυσικό αέριο από την πηγή στις

εγκαταστάσεις επεξεργασίας. Στην περίπτωση κατά την οποία το φυσικό αέριο περιέχει υπερβολικές ποσότητες θείου και διοξειδίου του άνθρακα, ένα εξειδικευμένο μηχάνημα που συλλέγει το όξινο αέριο από τον σωλήνα πρέπει να εγκαθίσταται με σκοπό την ουσιαστική απομάκρυνσή του. Το όξινο αέριο (υδρόθειο) είναι εξαιρετικά διαβρωτικό και επικίνδυνο, κατά συνέπεια η μεταφορά του από την πηγή πρέπει να γίνεται προσεκτικά.

Περισσότερα από ένα εκατομμύριο μίλια υπόγειων σωληνώσεων μεταφέρουν το φυσικό αέριο σε μεγάλες πόλεις στις Ηνωμένες Πολιτείες. Το φυσικό αέριο μερικές φορές μεταφέρεται χιλιάδες μίλια από τη πηγή από την οποία προήλθε στον τελικό προορισμό του. Μια μηχανή αποκαλούμενη συμπιεστής αυξάνει την πίεση του αερίου, αναγκάζοντάς το να κινηθεί κατά μήκος των σωληνώσεων με υψηλή ταχύτητα. Οι σταθμοί συμπιεστών, που χωρίζονται σε διαστήματα των 50 έως 100 μιλίων, κινούν το αέριο κατά μήκος των σωληνώσεων με ταχύτητα περίπου 15 μιλίων ανά ώρα.

Ένα μέρος του αερίου που κινείται κατά μήκος αυτής της υπόγειας σωληνώσεως αποθηκεύεται προσωρινά σε τεράστιες υπόγειες δεξαμενές. Οι δεξαμενές αυτές γεμίζουν κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες για να μην υπάρξει εξάτμιση του αερίου λόγω των υψηλών θερμοκρασιών καθώς επίσης και λόγω της ζήτησης του προϊόντος που χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο για τις ανάγκες της θέρμανσης κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Όταν το αέριο φτάσει στον προορισμό του οδηγείται με ασφάλεια στα σημεία κατανάλωσής του μέσω των δικτύων διανομής.

2.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

Ένα Σύστημα Μεταφοράς, σύμφωνα με το άρθρο της υπουργικής απόφασης, περιλαμβάνει έναν ή περισσότερους αγωγούς ή τμήματα αγωγών που έχουν τοποθετηθεί εκτός των εσωτερικών εγκαταστάσεων των Πελατών, όπως οι τελευταίοι ορίζονται στο Άρθρο 2 του Νόμου 4001/2011 (ΦΕΚ 179Α/22.08.2011), ή άλλων συστημάτων που συνδέονται με αυτό και συμπεριλαμβάνει τις κατωτέρω εγκαταστάσεις, εφόσον αυτές υπάρχουν και συνεισφέρουν στη λειτουργία του Συστήματος Μεταφοράς:

- σταθμοί συμπίεσης
- σταθμοί ρύθμισης, ανάμιξης, αφύγρανσης και φίλτρων

- σταθμοί μέτρησης των μεταφερόμενων ποσοτήτων και ελέγχου της ποιότητας του φυσικού αερίου
- δικλείδες (βάνες) της γραμμής διαχωρισμού σε τμήματα ή της γραμμής παροχέτευσης, ή και σταθμούς αποστολής ή και παραλαβής ξέστρων
- κάθε άλλο στοιχείο το οποίο συνεισφέρει, με άμεσο ή με έμμεσο τρόπο, στη μεταφορά του φυσικού αερίου υπό πίεση
- εγκαταστάσεις τηλεχειρισμού και τηλεμετρίας
- εγκαταστάσεις διασύνδεσης με άλλα Συστήματα Μεταφοράς, ή δίκτυα Διανομής

Το Σύστημα Μεταφοράς περιλαμβάνει κατά τη φορά του μεταφερόμενου φυσικού αερίου το πρώτο όργανο απομόνωσης, καθώς και τον εκάστοτε προσαρτημένο εξοπλισμό ειδικά σχεδιασμένο για το Σύστημα Μεταφοράς, όπως είναι για παράδειγμα ένας σταθμός ρύθμισης ή συμπίεσης, μέχρι και το τελευταίο όργανο απομόνωσης.

Στην περίπτωση ενός κινητού σταθμού παράδοσης που συνδέεται με ένα Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου, το όριο με το δίκτυο διανομής καθορίζεται στον τελευταίο σύνδεσμο του σταθμού, π.χ. φλάντζα.

Συστήματα σωληνώσεων

Τα δίκτυα μεταφοράς είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινους σωλήνες, συγκολλημένους μεταξύ τους με ηλεκτροσυγκολλήσεις. Για να επιτευχθεί αντιδιαβρωτική προστασία είναι εργοστασιακά καλυμμένοι με επάλληλα στρώματα πολυαιθυλενίου. Το έργο της κατασκευής των δικτύων μεταφοράς εκτελείται με ειδικές πολύ αυστηρές προδιαγραφές για λόγους ασφαλείας. Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις ραδιογραφούνται για εντοπισμό τυχόν σφαλμάτων. Τα όργανα διακοπής (βάνες κ.λπ.) των δικτύων μεταφοράς είναι ειδικών προδιαγραφών. Ο χρόνος ζωής ενός δικτύου μεταφοράς κυμαίνεται από 25 - 50 έτη.

Τα συστήματα σωληνώσεως που περιλαμβάνονται σε μία εγκατάσταση παραλαβής LNG είναι:

- Κύρια συστήματα λειτουργίας
- Βοηθητικά συστήματα λειτουργίας
- Δευτερεύοντα συστήματα

➤ Συστήματα πυρασφάλειας

Τα κύρια συστήματα λειτουργίας περιλαμβάνουν δίκτυα υψηλής πίεσης φυσικού αερίου από και το δίκτυο μεταφοράς και χαμηλής ή υψηλής πίεσης συστήματα ΥΦΑ. Επίσης περιλαμβάνουν συστήματα φόρτωσης και εκφόρτωσης, ανάμεσα στο μεταφορέα LNG και τις δεξαμενές αποθήκευσης.

Από την άλλη, τα βοηθητικά συστήματα λειτουργίας περιλαμβάνουν συστήματα ψύξης κύριων εξαρτημάτων (π.χ βραχιόνες) και μονάδες διατήρησης της κρυογενικής κατάστασης του ΥΦΑ.

Τέλος τα συστήματα πυρασφάλειας αποτελούνται από συστήματα ενεργητικής και παθητικής πυροπροστασίας των εγκαταστάσεων.

2.8 ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

Το σύστημα μεταφοράς και διανομής της Ελλάδας αποτελείται από τα παρακάτω υποσυστήματα :

- Τον κύριο αγωγό μεταφοράς από τα Ελληνο-βουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) μέχρι την Αθήνα.
- Τον τερματικό σταθμό του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) στη νήσο Ρεβυθούσα στα Μέγαρα.
- Τα χαλύβδινα δίκτυα κατανομής αερίου μέσης πίεσης.
- Τα δίκτυα διανομής αερίου χαμηλής πίεσης.

Ο κύριος αγωγός έχει μήκος 511 χλμ., ακολουθεί τη διαδρομή Προμαχώνας - Θεσσαλονίκη - Λάρισα - Αθήνα και είναι σχεδιασμένος για πίεση λειτουργίας 67 bar. Η διάμετρος του κυμαίνεται από 36" ως 24" (1"= 25,4 mm). Από τον κύριο αγωγό ξεκινούν κλάδοι τροφοδοσίας πόλεων και μεγάλων βιομηχανικών μονάδων συνολικού μήκους 460 χλμ. (ΔΕΣΦΑ, 2011, Διαδικασίες εγκατάστασης ΥΦΑ).

Εικόνα 2.8.1 Κύριος αγωγός της Ελλάδας



Πηγή: ΔΕΠΑ 2000

Ο τερματικός σταθμός υποδοχής υγροποιημένου Φ.Α. στη Ρεβυθούσα αποτελείται από δύο δεξαμενές χωρητικότητας 65.000 m³ υγροποιημένου φυσικού αερίου, τις λιμενικές εγκαταστάσεις για υποδοχή και ελλιμενισμό πλοίων μέχρι 130.000m³ υγροποιημένου φυσικού αερίου, τις κρυογενικές εγκαταστάσεις για τη διαχείριση του αερίου και τον δίδυμο υποθαλάσσιο αγωγό μεταφοράς από το νησί στην ξηρά (ΔΕΣΦΑ Α.Ε. 2002, Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την Επέκταση του Τερματικού Σταθμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στη Νήσο Ρεβυθούσα, Αθήνα).

Το χαλύβδινο δίκτυο διανομής της Αττικής λειτουργεί με πίεση 19 bar και έχει συνολικό μήκος 330χλμ. Το δίκτυο διανομής χαμηλής πίεσης από πολυαιθυλένιο στην πόλη της Αττικής λειτουργεί με πίεση 4 bar και έχει συνολικό μήκος 3.300χλμ. και σε πλήρη ανάπτυξη 6.000χλμ.

Ειδικά για την πόλη της Αθήνας, επειδή υπάρχουν ακόμη σε λειτουργία παλιά χυτοσιδηρά δίκτυα φωταερίου σε συνδυασμό με δίκτυα πολυαιθυλενίου, η πίεση διανομής είναι 23 mbar με προοπτική να ανέβει στα 100 mbar.

Το έτος 2001 η χώρα μας θα προμηθεύεται από τη Ρωσία μέσω του κυρίου αγωγού 2,4 δις Nm³/έτος και την Αλγερία 0,6 δις Nm³/έτος. Το έργο στοίχισε περίπου 450 δις. δρχ. και χρηματοδοτήθηκε από εθνικούς πόρους, τις Κοινοτικές Επιχορηγήσεις και την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων.

Το σύνολο του έργου είναι αυτοματοποιημένο και ελέγχεται μέσω συστήματος τηλεμέτρησης και τηλεχειρισμού S.C.A.D.A (SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION). Το έργο υπολογίζεται ότι τροφοδοτεί 3 τουλάχιστον σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής (Λαύριο, Κερασίни, Κομοτηνή), 5 μεγάλες βιομηχανικές μονάδες (ΕΛΔΑ, ΕΚΟ, ΒΦΛ, Βιομηχανίες Ζάχαρης), 10.000 μικρές βιομηχανικές μονάδες, 167.000 εμπορικούς καταναλωτές, 250.000 κεντρικές θερμάνσεις και 1.600.000 νοικοκυριά.

Η διανομή του αερίου στο εσωτερικό των κτιρίων (εκτός από τις μεγάλες βιομηχανίες) γίνεται σε πιέσεις μικρότερες των 50mbar. Σε κάθε κτίριο τοποθετούνται σε εμφανές σημείο μετρητές παροχής αερίου ανά γραμμή τροφοδοσίας με ενσωματωμένο ρυθμιστή πίεσης για τον υποβιβασμό της πίεσης του δικτύου στην πίεση διανομής των εσωτερικών χώρων (π.χ. 4bar/23mbar).

Τα εσωτερικά δίκτυα των κτιρίων κατασκευάζονται από χαλυβδοσωλήνες που συνδέονται μεταξύ τους με σπειρώματα ή από χαλκοσωλήνες με σκληρή κόλληση. Μεταξύ των δύο μεθόδων προτιμάται η δεύτερη διότι παρέχει πολύ καλή στεγανοποίηση.

Η εσωτερική εγκατάσταση μετά την κατασκευή της δοκιμάζεται με πίεση και αφρίζον υλικό (π.χ. σαπουνόνερο, ειδικά γαλακτώματα) για τον εντοπισμό διαρροών. Όλες οι σωληνώσεις είναι εξωτερικές και σε συγκεκριμένες αποστάσεις από άλλα δίκτυα (π.χ. ηλεκτρικό δίκτυο, δίκτυο ύδρευσης κ.λ.π.). (Διπλωματική εργασία, Καμάρα, Ιρένε Π.2012, Η Ευρωπαϊκή εξάρτηση από το ρωσικό φυσικό αέριο και οι προοπτικές εδραίωσης της ενεργειακής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο ρόλος της Ελλάδας, Πειραιάς)

Ιδιαίτερη μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τη σωστή απαγωγή των καυσαερίων μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων καπνοδόχων προς το εξωτερικό περιβάλλον και τη σωστή κατασκευή των απαιτούμενων ανοιγμάτων για την προσαγωγή του αέρα καύσης και τον αερισμό των χώρων. Για την κατασκευή των

εσωτερικών εγκαταστάσεων των κτιρίων υπάρχουν ειδικοί κανονισμοί οι οποίοι εξαρτώνται από τις χρήσεις του φυσικού αερίου ανάλογα με τον οικιακό, εμπορικό, γεωργικό - κτηνοτροφικό και βιομηχανικό τομέα.

Στον οικιακό τομέα το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται για :

- θέρμανση χώρων
- παραγωγή ζεστού νερού χρήσης
- μαγείρεμα

Στον εμπορικό τομέα που περιλαμβάνει αποθήκες, βιοτεχνικούς χώρους, εστιατόρια, ξενοδοχεία κλπ. το φυσικό αέριο έχει πολλές εφαρμογές με κυριότερες τις παρακάτω:

- θέρμανση χώρων
- βαφεία
- εφαρμογές μαζικής εστίασης
- ξενοδοχεία

Στον κτηνοτροφικό τομέα οι εφαρμογές του φυσικού αερίου αφορούν τις χρήσεις θερμαντήρων υπέρυθρης ακτινοβολίας σε πτηνοτροφικές και κτηνοτροφικές μονάδες. Επίσης χρησιμοποιείται σε διατάξεις καθαρισμού σφαγίων με πολύ υψηλό βαθμό απόδοσης.

Στο γεωργικό τομέα η χρήση του φυσικού αερίου γίνεται για θέρμανση θερμοκηπίων με τα καυσαέρια της καύσης του, που επιτυγχάνει ταυτόχρονα εμπλουτισμό του χώρου με διοξείδιο του άνθρακα, που είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των φυτών.

Η κατανάλωση ενέργειας στη βιομηχανία και η δυνατότητα του τομέα αυτού να απορροφά για το σκοπό αυτό μεγάλες ποσότητες αερίου απευθείας από το δίκτυο υψηλής πίεσης επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τη συμμετοχή του φυσικού αερίου στο παγκόσμιο ενεργειακό ισοζύγιο. Η διείσδυση αυτή διαφέρει στις διάφορες χώρες αλλά και στους βιομηχανικούς κλάδους. Στην Ευρώπη το μερίδιο του φυσικού αερίου κυμαίνεται στο 40% για τη Χημική Βιομηχανία και τον κλάδο τροφίμων και φτάνει το 30% στους περισσότερους βιομηχανικούς κλάδους. Στη μεταλλουργία και στη χαλυβουργία είναι μόλις 20% ενώ στα ορυχεία είναι μικρότερος του 10%.

Το φυσικό αέριο παίζει κυρίαρχο ρόλο στο βιομηχανικό τομέα και υποκαθιστά άλλα καύσιμα (κυρίως υγρά) λόγω των εφαρμογών του σε διατάξεις με υψηλό βαθμό απόδοσης, της καθαρότητας των καυσαερίων του, τη συνεχή παροχή καυσίμου, το μειωμένο λειτουργικό κόστος διαχείρισης καυσίμων και της

συντήρησης των εγκαταστάσεων και την ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου. Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για παραγωγή αμμωνίας, μεθανόλης, αιθυλενίου, προπυλενίου κλπ.

Οι θερμικές χρήσεις διακρίνονται σε έμμεσες και άμεσες. Στις έμμεσες, η θερμική ενέργεια που παράγεται από την καύση μεταφέρεται με θερμιδοφόρα ρευστά στα διάφορα σημεία του εργοστασίου. Στις άμεσες η καύση πραγματοποιείται στη θέση της τελικής κατανάλωσης της ενέργειας. Εκτός από τις συνήθεις εφαρμογές για την παραγωγή ατμού και θερμού νερού σε λέβητες με πιεστικούς καυστήρες, χρησιμοποιείται πολύ στην χαρτοποιία σε μηχανές ξήρανσης χαρτιού, στην υφαντουργία σε βαφεία - φινιριστήρια και στη βιομηχανία κεραμικών για το ψήσιμο των κεραμικών.

Επίσης χρησιμοποιείται στη λιπασματοβιομηχανία ως πρώτη ύλη για την κατασκευή λιπασμάτων. Εκτός από τις χρήσεις που αναφέρθηκαν, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται στην κίνηση οχημάτων και την ηλεκτροπαραγωγή. Η καύση του σε κλασικούς σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής δεν είναι οικονομικά ελκυστική λόγω του μικρού βαθμού απόδοσής τους, ενώ αντίθετα συνιστάται σε σταθμούς συμπαραγωγής.

Σήμερα στη χώρα μας η ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου Α.Ε.) είναι αρμόδια για την αγορά, εισαγωγή, εξαγωγή, μεταφορά, διαμετακόμιση, αποθήκευση, επεξεργασία και πώληση του φυσικού αερίου στις ΕΠΑ και τους μεγάλους καταναλωτές (κατανάλωση μεγαλύτερη των 10.000.000 Nm³ ετησίως) και για τη δημιουργία υποδομών ανεφοδιασμού αυτοκινήτων. Αρμόδιες για την διανομή και προμήθεια του και όλες τις υποστηρικτικές λειτουργίες στις πόλεις είναι η ΕΠΑ (Επιχειρήσεις Παροχής Αερίου) και ιδιωτικές εταιρείες, όπου δεν δραστηριοποιούνται οι παραπάνω.

2.9 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Η χρήση του φυσικού αερίου στη διαδικασία παραγωγής προϊόντων παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Για τον ισολογισμό της εταιρίας, συνεισφέρει με τη μείωση των εξόδων και δαπανών ενέργειας, αφού είναι οικονομικό και έχει αυξημένη ενεργειακή αποδοτικότητα. Επιπλέον, χάρη στη συνεχή και αδιάλειπτη

παροχή καυσίμου μέσω υπερσύγχρονου δικτύου αγωγών, εξασφαλίζει απρόσκοπτη λειτουργία που αποδεσμεύει κεφάλαια που σε άλλες περιπτώσεις απαιτούνται για τη διατήρηση αποθεμάτων και αποθηκευτικών χώρων. Τέλος, το φυσικό αέριο μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων τελικών προϊόντων ενώ προσφέρει ευχέρεια χειρισμού και ελέγχου.

ΟΙΚΙΑΚΗ ΧΡΗΣΗ

Ένα από τα πλεονεκτήματα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι η ευελιξία του ως πηγή άντλησης ενέργειας. Μεταφέροντας το ΥΦΑ με ειδικά βυτιοφόρα και αποθηκεύοντας το σε κατάλληλες δεξαμενές μπορούμε ανά πάσα στιγμή να προμηθεύσουμε τους καταναλωτές σε απομακρυσμένες πόλεις και χωριά αφού φυσικά προηγουμένως έχει κατασκευαστεί δίκτυο διανομής φυσικού αερίου.

Όσον αφορά στον Ελλαδικό χώρο η χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου κρίνεται αποδοτική και αυτό διότι υπάρχουν πλειάδα μικρών νησιών τα οποία είναι απομακρυσμένα και στα οποία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες δημιουργούνται σοβαρά προβλήματα ηλεκτροδότησης λόγω της αυξημένης ζήτησης η οποία δημιουργείται κατά κύριο λόγο από την αυξημένη τουριστική κίνηση.

Οι σταθμοί της αποθήκευσης είναι χρήσιμοι σε περιοχές όπου υπάρχει ήδη δίκτυο διανομής φυσικού αερίου το οποίο όμως δεν είναι ικανό να καλύψει τους καταναλωτές σε περιόδους υψηλής ζήτησης έτσι ένας τέτοιος σταθμός θα μπορούσε να αποβεί χρήσιμος.

Ακόμη μία περίπτωση όπου ένας τέτοιος σταθμός θα μπορούσε να αποβεί χρήσιμος είναι σε περίπτωση εκτάκτου ανάγκης για παράδειγμα σε μια αποκοπή μιας βιομηχανικής μονάδας λόγω βλάβης του δικτύου διανομής εδώ ένα εξιδανικευμένο βυτιοφόρο με μια δεξαμενή LNG, ρυθμιστή για την μείωση της πίεσης, αεριοποιητή και μετρητή λύνουν ανά πάσα στιγμή ένα τέτοιο πρόβλημα.

LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΟΧΗΜΑΤΩΝ

Οι εμπορικοί στόλοι επιχειρήσεων αυτοκινήτων εξοπλίζονται με ελαφρά ή βαρέως τύπου οχήματα φυσικού αερίου μειώνοντας σημαντικά τον ετήσιο προϋπολογισμό τους. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των οχημάτων φυσικού αερίου είναι κυρίως το μειωμένο κόστος καυσίμου, είναι πιο φιλικά στο περιβάλλον και επιτρέπεται να εισέλθουν σε υπόγειους χώρους στάθμευσης σε επιβατηγά πλοία

και να κυκλοφορούν, χάρη στις εξαιρετικά χαμηλές εκπομπές καυσαερίων, σε περιοχές περιορισμένης κυκλοφορίας π.χ. ζώνες δακτυλίου.

Με βάση τις τρέχουσες τιμές, η τιμή του φυσικού αερίου είναι περίπου 60% χαμηλότερη σε σύγκριση με τη βενζίνη, 25-30% χαμηλότερη σε σύγκριση με το πετρέλαιο και περίπου 40% χαμηλότερη σε σύγκριση με το LPG. Σε όρους απόδοσης, ένα κιλό φυσικό αέριο κίνησης περιέχει πολύ περισσότερη ενέργεια σε σχέση με ένα λίτρο από όλα τα άλλα υγρά καύσιμα (ΔΕΠΑ, 2016).

Το θεσμικό πλαίσιο έχει ολοκληρωθεί για τη μετατροπή συμβατικών οχημάτων βενζίνης και πετρελαίου σε διπλού καυσίμου και η αγορά διαθέτει έτοιμες λύσεις χαμηλού κόστους προκειμένου οι οδηγοί, οι επαγγελματίες και οι ιδιώτες να προχωρήσουν στη συγκεκριμένη επένδυση. Ωστόσο, νέα κίνητρα αυτή τη φορά από την πλευρά της αγοράς ενθαρρύνουν ακόμη περισσότερο τη χρήση του «πράσινου καυσίμου» στις μεταφορές. Η επιδότηση επαγγελματικών οχημάτων που προωθεί η ΔΕΠΑ σε συνεργασία με εταιρίες εισαγωγής οχημάτων αποτελεί μια πρωτοβουλία την οποία υλοποιούν εδώ και αρκετά χρόνια άλλες ευρωπαϊκές χώρες. Στόχος είναι να αποκτήσουν οι επαγγελματίες οδηγοί οχήματα φυσικού αερίου με έκπτωση και να απολαύσουν τα πλεονεκτήματα που προσφέρει το φυσικό αέριο.

LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΑΕΡΟΠΛΑΝΩΝ

Η χρήση του σαν καύσιμο μαζί με τα Jet fuel παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα. Κατά την πτήση ενός αεροπλάνου αναπτύσσονται λόγω τριβών πολύ υψηλές θερμοκρασίες στην επιφάνεια του κάτι που υποχρεώνει τους κατασκευαστές να χρησιμοποιούν πολύ ακριβά υλικά για την κατασκευή τους. Τα τμήματα αυτά μπορούν να ψύχονται με υδροποιημένο φυσικό αέριο κατά τη διάρκεια της πτήσης το οποίο μετά την επαφή αεριοποιείται και μπορεί να οδηγηθεί για καύση. Σαν καύσιμο αεροσκαφών παρουσιάζει υψηλή θερμογόνο δύναμη ανά μονάδα βάρους με αποτέλεσμα να μειώνεται το βάρος των αεροσκαφών. Επίσης δεν περιέχει θείο κάτι που αποτρέπει τη διάβρωση του εξοπλισμού. Τέλος δεν δημιουργεί προβλήματα στατικού ηλεκτρισμού.

LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΤΡΑΙΝΩΝ

Το 1989 διάφορες εταιρείες στη Ρωσία άρχισαν ένα πρόγραμμα για τη χρήση του υδροποιημένου φυσικού αερίου σαν καύσιμο τραινών. Το πρόγραμμα αυτό

περιλάμβανε τρία στάδια. Το πρώτο στάδιο προέβλεπε την κατασκευή κατάλληλης μηχανής εσωτερικής καύσης, το δεύτερο την κατασκευή κατάλληλης δεξαμενής και το τρίτο ένα χρονικό πλαίσιο λειτουργίας. Για θέματα ασφάλειας δεν προχώρησε σε πλήρη εφαρμογή.

ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΟΥ LNG

Η μεγαλύτερη εφαρμογή για το LNG είναι το παγκόσμιο εμπόριο όπου το φυσικό αέριο υγροποιημένο μεταφέρεται με μεγάλα ωκεάνια βυτιοφόρα από τους μακρινούς τόπους εξόρυξης του στις αγορές της Ασίας, της Ευρώπης και της Βορείου Αμερικής. Το μεγαλύτερο μέρος του LNG που κυκλοφορεί στο εμπόριο διεθνώς χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των μονάδων ηλεκτρικής παραγωγής ενέργειας. Οι αυξανόμενες ανάγκες για την ηλεκτρική ενέργεια στην Ασία έχουν αυξήσει τη ζήτηση για LNG σχεδόν 8% ετησίως από το 1980. Το πυρηνικό ατύχημα στη Φουκουσίμα οδήγησε σε περαιτέρω αύξηση της ζήτησης του ΥΦΑ γεγονός που το καθιστά ταχέως αναπτυσσόμενο προϊόν ενέργειας.

Μια άλλη καθιερωμένη εφαρμογή για το LNG είναι η εποχιακή αποθήκευση του αερίου. Κατά προσέγγιση, εκατό εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου έχουν κατασκευαστεί παγκοσμίως για την υγροποίηση και την αποθήκευση του φυσικού αερίου κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών για την εξάτμιση και την έγχυση στο δίκτυο των σωληνώσεων κατά τη διάρκεια του κρύου καιρού. Σε μερικές περιοχές, φορτηγά LNG προμηθεύουν με φυσικό αέριο απομακρυσμένες κοινότητες και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις από το δίκτυο διανομής του αερίου. Μόλις παραδοθεί, το ΥΦΑ αποθηκεύεται στις μονωμένες δεξαμενές έτσι ώστε να ατμοποιηθεί και να διανεμηθεί ως φυσικό αέριο στους πελάτες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΑΛΥΣΙΔΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

3.1 ΕΞΟΡΥΞΗ

Η Εξόρυξη του φυσικού αερίου από την επιφάνεια της γης είναι το πρώτο βήμα της διαδικασίας. Η πλειοψηφία των προμηθευτριών χωρών εξαγωγής ανά τον κόσμο μεγάλα κοιτάσματα φυσικού αερίου (15 χώρες όπου περιλαμβάνουν συνολικά 22 εγκαταστάσεις υδροποίησης φυσικού αερίου στις αρχές του 2008), όπως είναι η Αλγερία, η Αυστραλία, η Ινδονησία, η Μαλαισία, η Νιγηρία, το Κατάρ, το Τρινιντάντ, το Μπρουνέι, η Νορβηγία, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, η Αίγυπτος, η Ρωσία και η Υεμένη που άνοιξε το πρώτο λειτουργικό εργοστάσιο παραγωγής υδροποιημένου φυσικού αερίου κατά τη διάρκεια του 2009.

Άλλες χώρες μπορούν να παράγουν επίσης φυσικό αέριο για οικιακή χρήση, όπως οι ΗΠΑ, αλλά στερούνται επαρκούς εφοδιασμού για την εξαγωγή μεγάλης κλίμακας. Σε περιπτώσεις στις οποίες ο εγχώριος εφοδιασμός με φυσικό αέριο είναι ανεπαρκής για να ανταποκριθεί στο εσωτερικό κάθε χώρας, η ζήτηση υδροποιημένου φυσικού αερίου είναι εισαγόμενη.

Στη φάση της εξόρυξης, μία ομάδα από ειδικούς γεωλόγους και γεωφυσικούς που έχει εντοπίσει εμπορικώς βιώσιμες ποσότητες φυσικού αερίου, διενεργεί διάτρηση (drilling) και το επόμενο βήμα είναι η εξαγωγή του από το έδαφος και η επεξεργασία του. Το φυσικό αέριο που εξάγεται από το έδαφος ονομάζεται “FEED”. Αυτό περιέχει και υπολείμματα πετρέλαιο τα οποία αποστέλλονται για καύση. Η τελική ποσότητα είναι ικανή για χρησιμοποίηση του ως ΥΦΑ. Είναι σημαντικό το γεγονός ότι το ακατέργαστο φυσικό αέριο πρέπει να καθαριστεί προτού καταναλωθεί. Αποτελείται από ένα μείγμα αερίων κυρίως ελαφρών υδρογονανθράκων αλλά και κάποιων άλλων σε μικρά έως ελάχιστα ποσοστά. Το κυριότερο συστατικό των ελαφρών υδρογονανθράκων είναι το μεθάνιο(CH_4) ενώ συνυπάρχουν και οι ολίγων βαρύτεροι υδρογονάνθρακες όπως π.χ. αιθάνιο(C_2H_6), προπάνιο(C_3H_8), βουτάνιο(C_4H_{10}), πεντάνια(C_5H_{12}). Επιπρόσθετα περιέχεται υδρόθειο(H_2S), διοξείδιο του άνθρακα(CO_2), το ήλιο(He), οξυγόνο(O_2), άζωτο(N_2), και το αργό(Ar) σε ελάχιστα ποσοστά.

3.2 ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ

Η έννοια της Υγροποίησης περιγράφει τη διαδικασία της ψύξης του Φυσικού Αερίου στους -162°C (-259°F) και μετατροπή του σε υγρή μορφή.

Το επόμενο στάδιο μετά την εξόρυξη είναι αυτό της επεξεργασίας για τη υγροποίηση. Το δεύτερο βήμα λοιπόν στην αλυσίδα της διαδικασίας είναι ο καθαρισμός του φυσικού αερίου στο εργοστάσιο. Μια σειρά διαδικασιών επεξεργασίας επιτρέπει το διαχωρισμό και την αφαίρεση των διαφόρων ξένων ουσιών του φυσικού αερίου πριν την υγροποίηση. Σκοπός είναι να φορτωθεί ως ΥΦΑ σε δεξαμενόπλοια (πλοία ή φορτηγά) και να παραδίδονται στον τελικό χρήστη με υψηλής ποιότητας χαρακτηριστικά (85% έως 99% μεθάνιο βαρύτεροι υδρογονάνθρακες και άλλες ουσίες που δεν αφαιρούνται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας (Διπλωματική εργασία Χρυσίνας Λεωνίδας Ε. 2014, Μελέτη οικονομικής εφικτότητας λειτουργίας σταθμού ανεφοδιασμού πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο, Πειραιάς).

Πιο συγκεκριμένα, το διοξείδιο του άνθρακα(CO_2) και το νερό αφαιρούνται πριν το στάδιο της υγροποίησης, γιατί προκαλούν βλάβη στις εγκαταστάσεις υγροποίησης με κατάψυξη. Μετά την επεξεργασία το φυσικό αέριο ως αέριο υποβάλλεται σε υγροποίηση στο εσωτερικό της εγκατάστασης. Μετατρέπεται σε υγρή μορφή και αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από μεθάνιο στο σημείο αυτό. Για να αποκτήσει τη μέγιστη μείωση όγκου, το αέριο υγροποιείται μέσω κρυογενικής τεχνολογίας που καθιστά δυνατή την ψύξη του αερίου σε θερμοκρασία περίπου -162°C (-259°F). Σε αυτή την κατάσταση, το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι ένα μη διαβρωτικό υγρό, το οποίο είναι άχρωμο σαν το νερό, αλλά ζυγίζει περίπου το μισό του νερού. Ένας όγκος του υγροποιημένου φυσικού αερίου ισούται με 650 όγκους φυσικού αερίου σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας 0°C και ατμοσφαιρική πίεση (1,01325 Bar). Αυτή η αναλογία του υγρού φυσικού αερίου με το αέριο είναι που το καθιστά οικονομικά ελκυστικό για τη μεταφορά χύμα ποσοτήτων με πλοίο ή φορτηγό.

3.2.1 Διαδικασίες υγροποίησης σε σταθμούς φόρτωσης

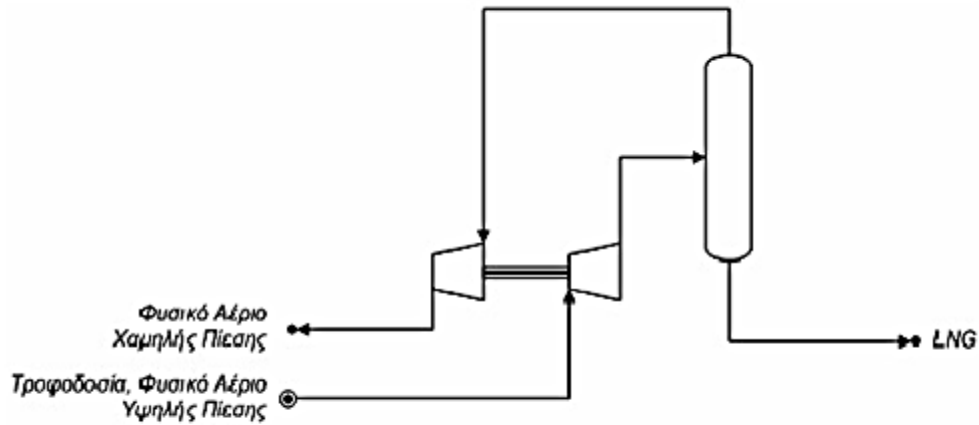
Η υγροποίηση του φυσικού αερίου στη βάση φόρτωσης μεγάλου μεγέθους πραγματοποιείται με έμφαση στην απόδοση της διεργασίας. Η κλίμακα των λειτουργιών σημαίνει ότι η παραγωγή με την πιο μικρή εγκατεστημένη δυναμικότητα και την πιο μικρή κατανάλωση καυσίμων είναι η οικονομικά συμφέρουσα. Η θερμότητα που πρέπει να αφαιρεθεί από το φυσικό αέριο για να το ψύξει σε $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ απορρίπτεται τελικά στον αέρα ή το νερό.

3.2.2 Διεργασία υγροποίησης αναγκών αιχμής

Οι εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου κάλυψης αναγκών αιχμής διαφέρουν από τις εγκαταστάσεις βασικού φορτίου σε διάφορα σημεία που έχουν επιπτώσεις στο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων. Οι εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής είναι πολύ μικρότερες, λειτουργούν μόνο εποχιακά και βρίσκονται συχνά κοντά στο σημείο στο οποίο η πίεση στις γραμμές μεταφοράς αερίου μειώνεται και οι γραμμές διακλαδίζονται στα τοπικά συστήματα διανομής αερίου χαμηλής πίεσης. Η έμφαση κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων αναγκών αιχμής δίνεται κυρίως στην ελαχιστοποίηση του κόστους εξοπλισμού και λιγότερο στην υψηλή θερμοδυναμική απόδοση. Έχουν χρησιμοποιηθεί επομένως όλοι οι κύκλοι υγροποίησης πολλαπλού μίγματος ψυκτικών σε μεγάλο ποσοστό στις εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής.

Εάν είναι διαθέσιμος ένας τοπικός αγωγός διανομής σε μια πίεση ουσιαστικά κάτω από αυτήν του κύριου αγωγού μεταφοράς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες εκτόνωσης για να εκμεταλλευθούν τη διαφορά πίεσης όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.1. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές, αλλά η αρχή αυτών των εγκαταστάσεων είναι να εκτονωθεί το αέριο εισόδου σχεδόν ισοτοπικά μέσω ενός στρόβιλου, μειώνοντας έτσι γρήγορα τη θερμοκρασία και υγροποιώντας μερικώς το αέριο. Το υγρό στέλνεται για αποθήκευση και το υπόλοιπο αέριο συμπιέζεται σε έναν συμπιεστή που συνδέεται μηχανικά και λαμβάνει κίνηση από το στρόβιλο εκτόνωσης. Αυτό το αέριο στέλνεται έπειτα στον αγωγό χαμηλής πίεσης για διανομή εκτός των εγκαταστάσεων.

Διάγραμμα 3. 1 Διάγραμμα διεργασίας υγροποίησης με εκτόνωση



3.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το τρίτο στάδιο της αλυσίδας ΥΦΑ είναι η μεταφορά του στους καταναλωτές. Οι τρόποι μεταφοράς του είναι δια θαλάσσης με φορτηγά πλοία αλλά και με σιδηρόδρομο για να φτάσει στο λιμάνι όπως στην Ιαπωνία. Για τη μεταφορά του ΥΦΑ σε μεγάλες αποστάσεις, προτιμάται η περίπτωση δια θαλάσσης με εξειδικευμένα LNG Carriers, όπου έχουν σχεδιαστεί ειδικά και με συγκεκριμένες προδιαγραφές έτσι ώστε να περιέχουν το φορτίο κοντά σε ατμοσφαιρική πίεση και σε κρυογενή θερμοκρασία περίπου $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-259\text{ }^{\circ}\text{F}$) διαθέτοντας εξειδικευμένα υλικά και προηγμένα συστήματα για κρυογενική διαχείριση φορτίων.

Οι δεξαμενές αποτελούνται από στρώματα ειδικής μόνωσης που απομονώνουν το φορτίο του υγροποιημένου φυσικού αερίου από τη γάστρα του πλοίου σε περίπτωση πρόσκρουσης ή ατυχημάτων, ενώ εξασφαλίζουν ελάχιστη

απόσταση από τις πλευρές και το κάτω μέρος της γάστρας σύμφωνα με τους Διεθνείς Κώδικες Αερίου. Επιπλέον, αυτό το σύστημα μόνωσης περιορίζει το ποσό του ΥΦΑ, το οποίο μπορεί να εξατμίζεται κατά τη διάρκεια των ταξιδιών ενώ το κάνει αυτόνομο μέσο αφού χρησιμοποιεί ως καύσιμο τα απαέρια του (boil-off).

Σε ένα τυπικό ταξίδι, εκτιμάται ότι περίπου το 0,1% - 0,25% του φορτίου ΥΦΑ εξατμίζεται κάθε μέρα, ανάλογα με την αποτελεσματικότητα της μόνωσης και την ταχύτητα του ταξιδιού. Σε ένα τυπικό ταξίδι, 20 ημερών μπορεί να εξατμιστεί το 2% - 6% του συνολικού όγκου του ΥΦΑ. Υπάρχουν τρεις τύποι δεξαμενοπλοίων ΥΦΑ:

- Σφαιρικού (Moss) σχεδιασμού - (44%)
- Σχεδιασμού μεμβράνης (51%)
- Διαρθρωτικού πρισματικού σχεδιασμού (5%), η διαφορά υφίστανται στη διατομή της δεξαμενής

Η ζήτηση για υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), σύμφωνα με εκτιμήσεις ειδικών αναλυτών, θα εκτοξευθεί τα επόμενα 20 χρόνια. Τα σενάρια αυξημένης ζήτησης τροφοδοτούν τους φόβους των εταιρειών συμβούλων για ενδεχόμενη αύξηση της μεταφορικής ικανότητας των 53 εκατ. κυβικών μέτρων. Για να ανταποκριθεί στην αναμενόμενη εξέλιξη του όγκου του παγκοσμίου εμπορίου LNG, θα πρέπει η χωρητικότητα να αυξηθεί κατά 90 εκατ. κυβικά μέτρα δηλαδή από τα 360 πλοία που διαθέτει σήμερα ο παγκόσμιος στόλος να φτάσει τα 900 το 2030. Ουσιαστικά, ο αριθμός των πλοίων θα πρέπει να τριπλασιασθεί. Το παγκόσμιο εμπόριο LNG θα αυξηθεί από 310 δισ. κυβικά μέτρα το 2011 στα 570 δισ. κυβικά μέτρα το 2020 και τα 880 δισ. κυβικά μέτρα το 2030. Η αύξηση θα οφείλεται κυρίως στην άνοδο των εισαγωγών από Κίνα και Ινδία. Οι δυο αναπτυσσόμενες χώρες θα αυξήσουν τις εισαγωγές τους τόσο από το Κατάρ όσο και την Αυστραλία. Χώρες που κάνουν ιδιαίτερη χρήση (εισαγωγή και εξαγωγή) είναι η Αυστραλία, το Βέλγιο, η Βραζιλία, η Κίνα, η Γερμανία, η Ιαπωνία, η Κορέα, η Νορβηγία, η Πορτογαλία, η Τουρκία, το Ηνωμένο Βασίλειο και οι ΗΠΑ.

3.4 ΕΚΦΟΡΤΩΣΗ

Το πλοίο φθάνει στον τερματικό σταθμό ο οποίος είναι σχεδιασμένος να μπορεί να εκφορτώνει ένα μόνο πλοίο κάθε φορά και σε μια μόνο δεξαμενή γι' αυτό πρέπει να είναι γνωστή η σύσταση του υγροποιημένου φυσικού αερίου πριν και μετά διότι παίζει ρόλο στην διάσταση του εξοπλισμού. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μέσω των αντλιών του πλοίου μεταφέρεται μέσω μιας γραμμής εκφόρτωσης στις δεξαμενές του σταθμού οι οποίες βρίσκονται σε κάποια απόσταση από το πλοίο (Διπλωματική εργασία Ευθυμάκης Παναγιώτης 2009, Μεταφορά και εγκαταστάσεις παραλαβής υγροποιημένου φυσικού αερίου).

Κατά τη διάρκεια της κανονικής λειτουργίας μέρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου που αντλείται από το πλοίο οδηγείται σε μια γραμμή ανακυκλοφορίας προς την προβλήτα και από εκεί προς τη γραμμή εκφόρτωσης για να τη διατηρεί πάντα ψυχρή κατά το χρονικό διάστημα που διαρκεί η εκφόρτωση. Η πίεση μέσα στη δεξαμενή είναι χαμηλότερη από εκείνη του πλοίου. Εν τούτοις τα απαέρια του πλοίου πρέπει να απομακρύνονται από το πλοίο.

Η διαδικασία της εκφόρτωσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου θα μπορούσε να συνοψισθεί ως εξής: μέρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου χρησιμοποιείται για την ψύξη της γραμμής εκφόρτωσης και του βοηθητικού εξοπλισμού. Όταν η διαδικασία της ψύξης ολοκληρωθεί το υγροποιημένο φυσικό αέριο αντλείται με αυξανόμενο ρυθμό μέχρι τη μέγιστη παροχή. Ο χρόνος που μεσολαβεί από το ξεκίνημα των αντλιών μέχρι τη μέγιστη παροχή είναι περίπου 30 λεπτά. Η άντληση ολοκληρώνεται όταν αδειάσουν οι δεξαμενές του πλοίου. Ο συνολικός χρόνος της εκφόρτωσης εξαρτάται κυρίως από τους κανόνες ασφαλείας που τηρούνται.

3.4.1 Θέματα ασφάλειας κατά την εκφόρτωση

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μπορεί να αντιμετωπισθεί ως μια δημιουργία της σύγχρονης εποχής και υπό αυτήν τη μορφή, έχει υποβληθεί σε πιο λεπτομερή διερεύνηση από τα παραδοσιακά καύσιμα όπως η βενζίνη και το πετρέλαιο. Οι κίνδυνοι που συνδέονται με το ΥΦΑ είναι ότι είναι ένα ρευστό χαμηλής

θερμοκρασίας, είναι εύφλεκτο, και μπορεί να δημιουργήσει νέφη ατμών αρκετά πυκνά που να προκαλέσουν ασφυξία αν διαρρεύσει στην ατμόσφαιρα. Επειδή κανένα από αυτά δεν είναι πρόβλημα όταν το ΥΦΑ περιέχεται σε κατάλληλα σχεδιασμένες δεξαμενές αποθήκευσης ή σωληνώσεις και εξοπλισμό, οι μελέτες ασφάλειας έχουν εστιάσει γενικά στις διαρροές ΥΦΑ. Στις εγκαταστάσεις ΥΦΑ, υπάρχουν εκτενή συστήματα ασφάλειας για να ανιχνεύσουν διαρροές αερίου, να ανιχνεύσουν και να αντιμετωπίσουν πυρκαγιές, και να ανιχνεύσουν καπνό. Πρόληψη και συγκράτηση διαρροών είναι απαραίτητη στον σχεδιασμό εγκαταστάσεων, ιδιαίτερα των δεξαμενών αποθήκευσης επειδή αυτές περιέχουν τη μεγαλύτερη ποσότητα ΥΦΑ.

Εάν υπάρξει μια διαρροή ΥΦΑ και αναφλεγεί σύντομα αφότου εμφανιστεί εμφανίζεται φωτιά. Αυτή η πυρκαγιά είναι βεβαίως ένα πρόβλημα, αλλά εγκλωβίζεται σε μια εγκατάσταση επανδρωμένη και εξοπλισμένη να αντιμετωπίσει τέτοιες έκτακτες ανάγκες. Μια μεγαλύτερη ανησυχία είναι ότι στην ίδια διαρροή μπορεί να δοθεί αρκετός χρόνος ώστε να εξατμιστεί και να διαμορφώσει ένα νέφος ατμών που μπορεί να μεταφερθεί σε κάποια απόσταση πριν την ανάφλεξη. Διάφορες μεταβλητές όπως η φύση της επιφάνειας κάτω από τη διαρροή, η ταχύτητα αέρα και η παρουσία εμποδίων στο νέφος συμβάλλουν στη μορφή και την κατεύθυνσή του νέφους. Μηχανικά, το σύννεφο σχηματίζεται καθώς το ΥΦΑ βράζει πάνω από την επιφάνεια της διαρροής.

Οι προκύπτοντες ατμοί είναι πολύ πιο κρύοι από τον αέρα και διαμορφώνουν αρχικά ένα πυκνό νέφος που παραμένει σε χαμηλό ύψος. Δεδομένου ότι το νέφος αναμιγνύεται με τον αέρα και θερμαίνεται από το περιβάλλον του αρχίζει να ανυψώνεται. Ο αέρας χρησιμεύει στο να προσθέσει την οριζόντια συνιστώσα στην κίνηση του νέφους. Δεδομένου ότι ο αέρας αναμιγνύεται με το φυσικό αέριο, το μίγμα γίνεται εύφλεκτο (δηλαδή, η σύσταση τοπικά είναι μεταξύ του κάτω και του άνω ορίου αναφλεξιμότητας του LNG). Τα όρια αναφλεξιμότητας ποικίλλουν με τη σύσταση του ΥΦΑ, ιδιαίτερα με το ποσοστό του προπανίου. Αυτό το νέφος μπορεί να γίνει ανεξέλεγκτο και σε περιοχές πέρα από τα όρια των εγκαταστάσεων ΥΦΑ.

3.5 ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ - ΠΛΩΤΗ ΜΟΝΑΔΑ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Οι δεξαμενές αποθήκευσης έχουν μέγιστη πίεση λειτουργίας τα 250 bar και η ποσότητα των απαερίων που δημιουργείται ανέρχεται περίπου σε 0,075% την ημέρα επί του συνολικού όγκου της κάθε δεξαμενής. Επίσης, για λόγους ασφαλείας οι γραμμές πλήρωσης και εκκένωσης της κάθε δεξαμενής εισέρχονται και εξέρχονται από την οροφή της και μόνο.

Ακόμη, μεγάλη προσοχή πρέπει να δοθεί στο σύστημα οργάνων της κάθε δεξαμενής. Τα συστήματα συναγερμού και παύσης της λειτουργίας είναι απαραίτητα για λόγους υψηλής ασφάλειας του σταθμού. Κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης η πίεση εντός της δεξαμενής διατηρείται περίπου στα 250 mbar ενώ η πίεση κορεσμού της δεξαμενής του πλοίου μπορεί να είναι στα 175 mbar.

Αν πληρούνται αυτές οι συνθήκες οι οποίες ανταποκρίνονται στην χειρότερη των περιπτώσεων από πλευράς λειτουργίας τότε όλα τα απαέρια που δημιουργούνται μπορεί ο κάθε σταθμός να τα χειρίζεται χωρίς να οδεύουν στον πυρσό. Ο σταθμός μπορεί να εκφορτώνει και πλοίο με πίεση κορεσμού 250 mbar οπότε η περίσσεια των απαερίων θα οδεύει υποχρεωτικά προς τον πυρσό.

Μεταξύ δύο εκφορτώσεων η θερμότητα η οποία εισέρχεται από το περιβάλλον προς τις γραμμές εκφόρτωσης απάγεται ανακυκλοφορώντας το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Μέρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου από τις αντλίες των δεξαμενών, ο αριθμός των οποίων εξαρτάται από το μέγεθος της παροχής εκτάκτου ανάγκης, εισέρχεται στην γραμμή ανακυκλοφορίας οδεύει προς την προβλήτα πίσω μέσω των δύο γραμμών εκφόρτωσης και εισέρχεται στον επανασυμπυκνωτή.

Κατά την διάρκεια της εκφόρτωσης όλη η ποσότητα του αντλούμενου υγροποιημένου φυσικού αερίου από τις δεξαμενές οδεύει προς τον επανασυμπυκνωτή. Όταν οι γραμμές του υγροποιημένου φυσικού αερίου δεν είναι σε λειτουργία μικρές ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου οδεύουν προς τις γραμμές για να τις διατηρούν ψυχρές.

Κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης ποσά θερμότητας εισέρχονται μέσα στο σύστημα τόσο από το περιβάλλον όσο και από την λειτουργία των αντλιών

εκφόρτωσης του πλοίου. Για να συμπιεσθούν οι ατμοί και να μην δημιουργούν απάερια κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης η πίεση στην δεξαμενή διατηρείται υψηλότερη από εκείνη του πλοίου. Αυτό επιτρέπει στην θερμότητα που εισάγεται στο σύστημα να μετατρέπεται σε αύξηση της αισθητής θερμότητας του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

3.6 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η εξασφάλιση της υπεύθυνης διαχείρισης ασφάλειας και περιβάλλοντος παρουσιάζει προκλήσεις. Η νέα τεχνολογία έχει υποβάλει ακόμη περισσότερα μέτρα ασφαλείας για να εξασφαλιστεί σε μεγαλύτερο ποσοστό η χερσαία και η παράκτια ασφάλεια. Κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 40 ετών, με την παγκόσμια μεταφορά να κυμαίνεται περίπου σε 9,25 δισεκατομμύρια κυβικά πόδια LNG κάθε έτος και η οποία καλύπτει μια απόσταση περισσότερων από 60 εκατομμυρίων μιλίων έχουν υπάρξει ελάχιστα γεγονότα που αφορούν την ασφάλεια. Στην υγρή κατάστασή του, LNG δεν είναι εκρηκτικό. (Διπλωματική εργασία Ευθυμάκης Παναγιώτης, 2009, Μεταφορά και εγκαταστάσεις παραλαβής υγροποιημένου φυσικού αερίου). Όταν LNG θερμαίνεται και γίνεται αέριο, το αέριο δεν είναι εκρηκτικό εάν είναι μη συμπιεσμένο (unconfined). Το φυσικό αέριο είναι μόνο εκρηκτικό μέσα σε μια στενή σειρά των συγκεντρώσεων στον αέρα (5% -15%). Λιγότερος αέρας δεν περιέχει αρκετό οξυγόνο για να στηρίξει μια φλόγα, ενώ περισσότερος αέρας αραιώνει το αέριο πάρα πολύ με αποτέλεσμα να την αναφλέξει.

Ουσιαστικά οι έλεγχοι για την ασφάλεια των εγκαταστάσεων LNG άρχισαν να γίνονται από τις αρχές της δεκαετίας του 80, όπου τεχνικοί από διάφορες εταιρίες δημιούργησαν μια μελέτη για το πόσο ασφαλείς είναι οι εγκαταστάσεις φυσικού αερίου.

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν αφενός η τελειοποίηση των ήδη υπάρχοντων συστημάτων ασφαλείας και αφετέρου η πρόταση συστημάτων όσο το δυνατόν υψηλότερου βαθμού ασφαλείας για τις νέες εγκαταστάσεις. Η υλοποίηση του παραπάνω σκοπού βασίστηκε σε δύο παραμέτρους:

- Την επιλογή των συστημάτων για τελειοποίηση των ήδη υπάρχοντων ή των νέων να γίνει με μια λογική σειρά.
- Την ελαχιστοποίηση των περιττών συστημάτων ασφαλείας.

Για να προσεγγίσουν τις παραπάνω παραμέτρους οι τεχνικοί επισκέφτηκαν όλους τους σταθμούς ΥΦΑ καταγράφοντας τα προβλήματα, τα διάφορα συστήματα ασφαλείας αλλά και τις διάφορες λύσεις που πρότειναν οι μηχανικοί των εγκαταστάσεων. Από τα στοιχεία που συλλέχτηκαν διαπιστώθηκε ότι τα κυριότερα προβλήματα δημιουργήθηκαν από διαρροές LNG.

Δεδομένου ότι το κυριότερο πρόβλημα είναι η διαρροή του ΥΦΑ, τα συστήματα ασφαλείας των εγκαταστάσεων έχουν ως στόχο την ανίχνευση της διαρροής, την πρόληψη ή την αποφυγή της. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω κατάλληλων επιλογών των υλικών και του εξοπλισμού κατά τη φάση της κατασκευής του (Διπλωματική Εργασία, Καρακούνας Παναγιώτης, Μπραγκατζή Αθηνά, 2005, Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο, Καβάλα).

3.7 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Οι τερματικοί σταθμοί είναι η δεύτερη πηγή εισαγωγής και διάθεσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Αποτελούνται κατά κύριο λόγο από τις αποβάθρες για τα πλοία που μεταφέρουν το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), τις δεξαμενές αποθήκευσης, τους ψεκαστήρες και όλο τον υπόλοιπο εξοπλισμό που απαιτείται για την αλλαγή της υγρής φάσης του φυσικού αερίου στην αέρια φάση του και τη διοχέτευσή του στους κύριους αγωγούς του δικτύου του αερίου της εκάστοτε χώρας. Έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν ένα μόνο μέρος των αναγκών από το φυσικό αέριο της χώρας.

Εικόνα 3.1 Ιαπωνικό τερματικό Joetsu



3.8 ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

3.8.1 Ανεφοδιασμός καυσίμων ΥΦΑ. Πρότυπα και Κανονισμοί

Το κανονιστικό πλαίσιο για ανεφοδιασμό υγροποιημένου φυσικού αερίου χαρακτηρίζεται από μια σημαντική σχετική περιβαλλοντική νομοθεσία. Η σημασία αυτού είναι ότι με την επιβολή αυστηρότερων κανονισμών εκπομπών στον αέρα η ζήτηση για LNG ως εναλλακτικό καύσιμο βούληση θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση (ως μέρος ενός ευρύτερου συνόλου των τεχνικών επιλογών για τη συμμόρφωση). Σε διεθνές επίπεδο (IMO) η MARPOL αναθεώρησε το παράρτημα VI (ψήφισμα MEPC.176 IMO (58) και το ψήφισμα MEPC.203 (62) σχετικά με την ενεργειακή αποδοτικότητα), και έθεσε τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου.

Από την ευρωπαϊκή πλευρά, η νομοθεσία με μεγαλύτερες δυνατότητες να δοθούν κίνητρα για πρωτοβουλίες ανεφοδιασμού LNG είναι: πρώτον, η οδηγία για την περιεκτικότητα σε θείο των καυσίμων πλοίων (2012/33/ EE), η οποία επιτρέπει τη χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου ως εναλλακτικού καυσίμου για να συμμορφώνονται με αυστηρότερα εκπομπής πρότυπα. Δεύτερον, η οδηγία για την ανάπτυξη εναλλακτικών υποδομών καυσίμων (2014/94 / EE), η οποία στοχεύει στη διασφάλιση της ελάχιστης κάλυψης των σημείων ανεφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου στις κύριες θαλάσσιες και στα κύρια λιμάνια σε όλη την Ευρώπη από το 2025 και το 2030 αντίστοιχα, με κοινά πρότυπα για το σχεδιασμό και τη χρήση τους.

Η σημασία της περιβαλλοντικής ναυτιλίας, η νομοθεσία για τις εκπομπές των αερίων ανεφοδιασμού LNG είναι κομβικό και, έστω θέτει τον οδηγό για την ανάπτυξη στην πλευρά της ζήτησης. Για αρκετά χρόνια το πρόβλημα διαιωνιζόταν λόγω του γεγονότος ότι οι διαχειριστές εκμετάλλευσης των πλοίων και οι προμηθευτές καυσίμων ΥΦΑ ήταν απρόθυμοι να αναλάβουν το ρίσκο της επένδυσης ως καυσίμου πλοίων.

Οι κανονισμοί και η επαρκής εφαρμογή τους είναι θεμελιώδης για να θέσουν ένα δίκαιο επίπεδο εφαρμογής, προωθώντας παράλληλα μια πιο βιώσιμη προσέγγιση της ναυτιλίας που μπορεί να προσδώσει προστιθέμενη αξία, ακόμη και με αυστηρότερες περιβαλλοντικές απαιτήσεις. Τα πρότυπα και οι κατευθυντήριες γραμμές υποθέτουν επίσης έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καύσιμο πλοίων. Τα διεθνή πρότυπα διασφαλίζουν στο να υπάρχουν επαρκείς τεχνικές αναφορές για τον εξοπλισμό και τη λειτουργία του, επιτρέποντας την ανάπτυξη εναρμονισμένων πρωτοβουλιών του κλάδου και την κατασκευή εξοπλισμού ΥΦΑ ώστε να υπόκεινται ενιαίες απαιτήσεις, λειτουργικές και τεχνικές.

Επιπλέον, είναι σημαντικό να συνειδητοποιήσουμε ότι η ναυτιλία είναι μια διεθνής επιχείρηση. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο για τη ναυτιλία θα χρειαστεί διεθνή εναρμόνιση. Τα πρώτα βήματα του υγροποιημένου φυσικού αερίου ως καυσίμου πλοίων έχουν ήδη γίνει στο παρελθόν. Οι κανονισμοί, τα πρότυπα και οι κατευθυντήριες γραμμές, θα πρέπει να μπορούν να προσαρμόζονται διαρκώς στις νέες ανάγκες λαμβάνοντας υπόψη τους ενδεχόμενους κινδύνους και να μπορούν να προσαρμοστούν λαμβάνοντας υπόψη την εφαρμοζόμενη εμπειρία τους.

Ο πίνακας που ακολουθεί παραθέτει τους κανονισμούς και τις κατευθυντήριες οδηγίες για το ΥΦΑ ως ναυτιλιακό καύσιμο.

Πίνακας 3. 1 Πρότυπα και κανονισμοί για το ΥΦΑ ως ναυτιλιακό καύσιμο

Title	Responsible	Type	Scope
ISO/TS 18683:2015 - Guidelines for systems and installations for supply of LNG as fuel to ships	ISO	ISO Technical Specification	Systems and installations for supply of LNG as fuel to ships Provisions on Safety and Training Last revision in 2015
ISO/DTS 16901 - Guidance on performing risk assessment in the design of onshore LNG installations including the Ship/Shore interface	ISO	ISO Technical Specification	Risk assessment for LNG facilities onshore and at shoreline (export & import terminals)
ISO 28460:2010 – Standard for installation and equipment for LNG – Ship to shore interface and port operations	ISO	International Standard	Onshore LNG terminals and LNG carriers
EN 1473 – Installation and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations	CEN	European Norm	Design onshore LNG installations with LNG storage >200t
EN 13645 – Installation and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity between 5 t and 200 t	CEN	European Norm	Design onshore LNG installations with LNG storage 5t-200t
EN 13766:2010 – Thermoplastic multi-layer (non-vulcanized) hoses and hose assemblies for the transfer of liquid petroleum gas and liquefied natural gas – Specification	CEN	European Norm	requirements for two types of thermoplastic multi-layer (non-vulcanized) transfer hoses and hose assemblies for carrying liquefied petroleum gas and liquefied natural gas
EN12308:1998 - Installations and equipment for LNG - Suitability testing of gaskets designed for flanged joints used on LNG piping	CEN	European Norm	This standard specifies the tests carried out in order to assess the suitability of gaskets designed for flanged joints used on LNG pipes
Seveso II – Directive	EC	Directive	Control of major-accident hazards for onshore installations involving dangerous substances
ADR – European agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road	UNECE	Convention	Transport of hazardous goods by road
EN 1474-1/2/3 – Installation and equipment for liquefied natural gas – Design and testing of marine transfer systems	CEN	European Norm	Design of LNG transfer systems (transfer arms, hoses and offshore transfer systems)
PG533-2 - Dutch national guideline for LNG bunkering of ships		Dutch Guideline	Shore-to-ship LNG bunker station design
LNG Transfer Arms and Manifold Draining, Purging and Disconnection Procedure	SIGTTO	Guidelines	Purging and disconnection of rigid transfer arms in terminals
Gas as a Marine Fuel- Safety Guidelines – Bunkering	SGMF	Guidelines	Guidance on LNG bunkering operations.
LNG Bunkering Guidelines	IACS	Guidelines	Guidelines on LNG Bunkering operations. Special focus on Safety and Ship-side.
NFPA 59A: Standard for the production, storage and handling of liquefied natural gas (LNG)	US – NFPA	US Standard	Provides minimum fire protection, safety, and related requirements for the location, design, construction, security, operation, and maintenance of liquefied natural gas (LNG) plants
USCG NVIC No. 01-2011 – Guidance related to waterfront LNG facilities	USCG	Guidance	Guidance to an applicant seeking a permit to build and operate a shore side LNG terminal.
API Standard 620 (2002) – Design and construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks	API	API Standard	Specific requirements for the material, design and fabrication of tanks to be used for the storage of liquefied ethane, ethylene and methane

3.8.2 Πρότυπα και Κανονισμοί κατασκευής πλοίων με καύσιμο

ΥΦΑ

Ο πίνακας που ακολουθεί παρουσιάζει συνοπτικά τους κυριότερους κανονισμούς και πρότυπα που αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Πίνακας 3. 2 Πρότυπα και κανονισμοί για την κατασκευή πλοίων ΥΦΑ

Title	Responsible	Type	Scope
IMO Interim guidelines on Safety for Natural Gas-Fuelled Engine Installations in Ships, MSC.285(86)	IMO	IMO Guidelines	Construction, operation and other aspects related to ships using LNG as a marine fuel. Applicable until the IGF code enters into force (January 2017)
International Code for the Construction of Gas Fuelled Ships (IGF code)	IMO	Code	Construction of gas-fuelled, seagoing vessels
International Code for Construction and Equipment of Ships carrying Liquefied Gases in Bulk (IGC Code)	IMO	Code	Vessels transporting liquefied gases
International convention on standards of training, certification and watch keeping for seafarers (STCW Code)		Code	Minimum standards of competence for seafarers
Crew Safety Standards and Training for large LNG carriers	SIGGTO		Requirements for the training of LNG tanker crews
European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland waterways (ADN)	UNECE	Convention	Transport of dangerous goods via inland waterways
International convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)	IMO	Convention	Safety standards in construction, equipment and operation of seagoing vessels
International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL)	IMO	Convention	Prevention of pollution of the marine environment by ships.
Rhine Vessel Inspection Regulations (RVIR)	CCNR	Regulation	Technical rules and requirements for inland waterway vessels
2006/87/EC – Directive of the European Parliament and the council laying down technical requirements for inland waterway vessels	EC	Directive	Inland waterway vessel requirements for certification, carrying dangerous goods and inspections
SIGTTO Crew Safety Standards and Training for large LNG carriers	SIGTTO	Industry Guidance	Document highlights the salient statutory requirements for the training of LNG tanker crews and the provisions of the International Standards of Training and Watch Keeping Convention, as it applies to gas tankers.
European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland waterways (ADN)	UNECE	Convention	Construction and operation of LNG inland tankers. Include provisions for training.

Πηγή : lngforshipping.eu

3.9 ΤΑ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΑ ΣΧΕΔΙΑ LNG ΣΤΟΝ ΚΟΣΜΟ

3.9.1 Σταθμοί Υγροποίησης Φυσικού Αερίου- LNG Liquefaction Plan

1) Σταθμός Shtokman LNG



Τοποθετείται 600χλμ βορειοανατολικά του Μουρμάνσκ της Ρωσίας. Στη θάλασσα του Μπάρεντς υφίσταται το κοιτάσμα Στόκμαν, όπου θα εγκατασταθεί ο σταθμός που υλοποιεί η Gazprom, η Total και η Statoil. Πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως βάση για αποθήκευση του ρωσικού αερίου, ώστε να εξάγεται είτε μέσω αγωγών, είτε πλοίων. Η εκκίνηση του προγράμματος αναμένεται το 2017 με ετήσια χωρητικότητα 15 εκ. τόνων και δύο δεξαμενές.

2) Lake Charles Louisiana



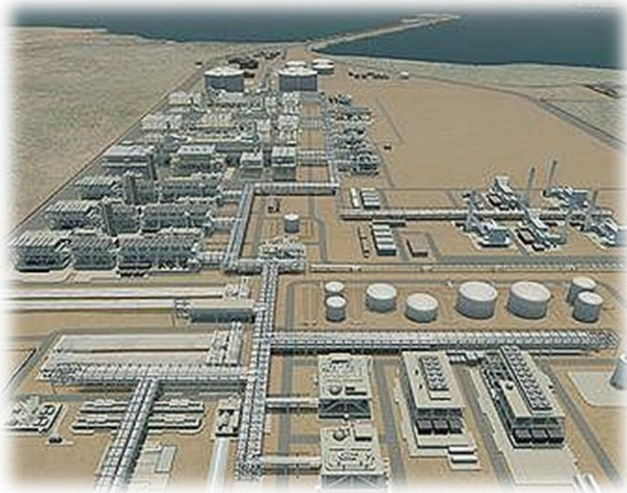
Στο δέλτα του ποταμού Καλκασιέ της Λουιζιάνα, βρίσκεται η μονάδα Lake Charles, η οποία πρόκειται να επεκταθεί μετά το 2016. Με τον τρόπο αυτό, θα γίνει η τρίτη μονάδα LNG των ΗΠΑ με δυνατότητα εξαγωγών και εισαγωγών. Ο ιδιοκτήτης είναι η BG Group/ΕΤΕ, ενώ η ετήσια χωρητικότητα αγγίζει τους 15 εκ. τόννων με τρεις δεξαμενές.

3) Yamal LNG Siberia



Βασισμένος στο ρωσικό κοιτάσμα Yuzhno-Tambeyskoye, με αποδεδειγμένα αποθέματα ύψους 1,26 τρις κ.μ., ο σταθμός Γιαμάλ αναμένεται να έχει παραγωγή 16,5 εκατ. τόννων ετησίως. Ο ιδιοκτήτης είναι η Novatek/Gazprom/Total και προβλέπεται εκκίνηση κατασκευής στα τέλη του 2016.

4) Gorgon LNG



Ένα από τα ακριβότερα και πιο εξελιγμένα επενδυτικά σχέδια σήμερα παγκοσμίως, αποτελεί το Gorgon LNG και βρίσκεται 130 χλμ μακριά από τις ακτές της Αυστραλίας και σε μικρή απόσταση από τα μεγάλα κοιτάσματα που έχουν ανακαλυφθεί εκεί τα τελευταία χρόνια. Ο Ιδιοκτήτης είναι η Chevron, Shell, και η ExxonMobil. Η εκκίνηση του σταθμού ξεκίνησε το 2014 με τέσσερις αποθήκες και χωρητικότητα: 20 εκατ. τόνων ετησίως όμως η συνεχής διακοπές των εγκαταστάσεων για λόγους διαρροής έχουν καθυστερήσει την ολοκλήρωση του έργου μέχρι και σήμερα.

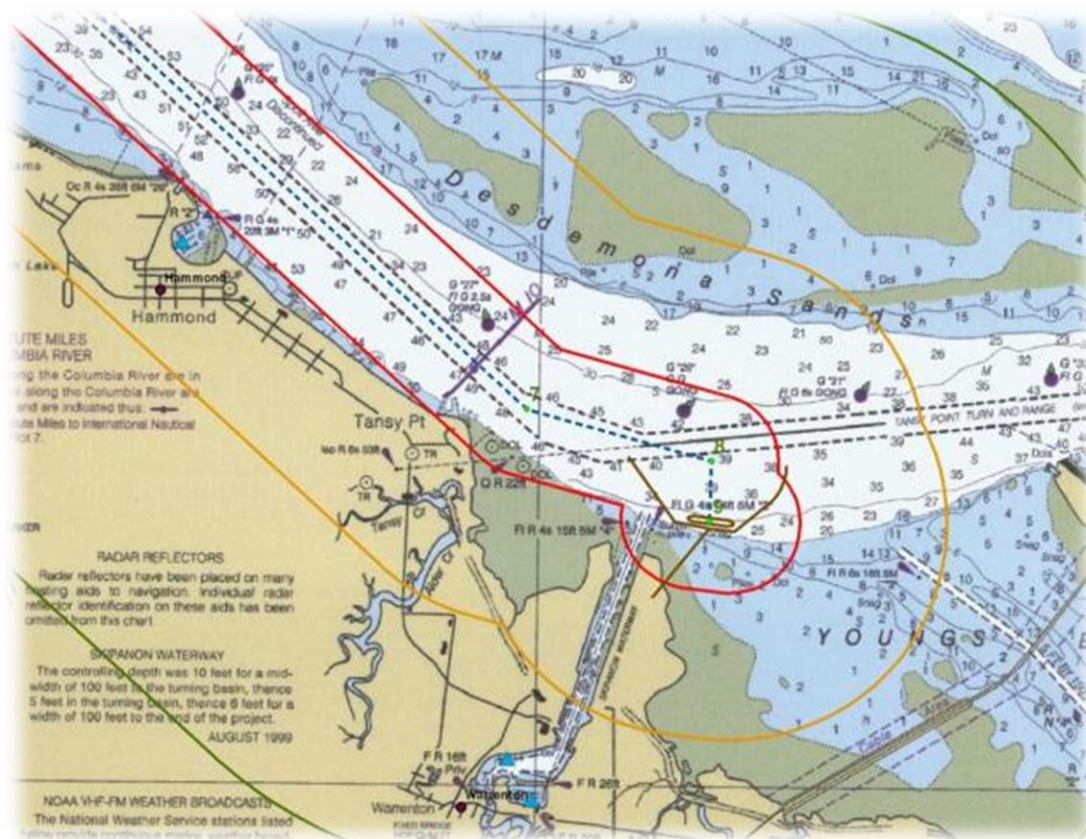
5) Olokola LNG



Ο σταθμός Olokola θα υλοποιηθεί στη Νιγηρία και θα αποτελέσει ουσιαστικά ένωση δύο υφιστάμενων ανταγωνιστικών σχεδίων. Το κόστος ανέρχεται σε 9,8 δις δολάρια μέχρι τώρα, ενώ το LNG που θα παράγεται εκεί θα εξυπηρετήσει τόσο την εγχώρα, όσο και την διεθνή αγορά. Ιδιοκτήτης αποτελεί η NNPC, Chevron, Shell, BG Group. Η εκκίνηση του αναμένεται στα τέλη του 2016 με δημιουργία τεσσάρων δεξαμενών και 20 εκατ. τόνων ετησίως.

3.9.2 Σταθμοί Αεριοποίησης Φυσικού Αερίου- LNG Regasification Terminals

1) Oregon LNG



Βρίσκεται στην χερσόνησο Σκίπανον της αμερικανικής πολιτείας του Ορεγκον και αναμένεται να είναι ένας από τους μεγαλύτερους σταθμούς των ΗΠΑ. Σύμφωνα με την εταιρεία, το τερματικό θα λειτουργεί ως ενδιάμεσος σταθμός, ενοικιάζοντας την δυνατότητα αεριοποίησης σε τρίτους. Επίσης, προβλέπεται η κατασκευή αγωγού μήκους 192 χλμ για την διασύνδεση του με το εθνικό δίκτυο φυσικού αερίου. Ο ιδιοκτήτης είναι η Oregon LNG, ενώ η χωρητικότητα του θα κυμαίνεται στα 480.000 m³.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΛΟΙΩΝ LNG ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΠΛΟΙΩΝ

4.1 Ναυπήγηση και τεχνολογία πλοίων LNG

Η ναυπήγηση ενός πλοίου LNG και το χρονικό διάστημα που χρειάζεται, εξαρτάται από το ναυπηγείο και το μέγεθος του πλοίου. Συνήθως διαρκεί γύρω στους 20 μήνες. Τα LNG πλοία που έχουν κατασκευαστεί χρησιμοποιούν είτε δεξαμενές μεμβρανών τύπου TGZ Mark III που κατασκευάζονται από ανοξείδωτο ατσάλι, της εταιρείας Technigaz, τύπου GT96 που είναι δεξαμενές που αποτελούνται από δύο λεπτές στρώσεις μεμβράνης, είτε πρισματικές δεξαμενές τύπου B (IHI) ή σφαιρικές δεξαμενές (Moss Tanks) της εταιρείας Moss Maritime. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιήθηκαν και δεξαμενές τύπου CS1, οι οποίες αποδείχθηκαν ελαττωματικές με πολλά μειονεκτήματα. Τα LNG πλοία κυμαίνονται μεταξύ 125.000 και 265.000 κ.μ.

Τα LNG πλοία έχουν κάποιες ιδιαιτερότητες αν και ο χειρισμός τους σε σύγκριση με τα πετρελαιοφόρα είναι απλούστερος. Μια ιδιαιτερότητα είναι ότι η ορατότητα από την γέφυρα είναι σχετικά μειωμένη σε πλοία με σφαιρικές δεξαμενές και μεγαλύτερη η εκτεθειμένη επιφάνεια στον άνεμο. Παρόλο αυτά οι διαδικασίες πρέπει να τηρηθούν ευλαβικά και το πλήρωμα να είναι ειδικευμένο και σε εγρήγορση για ότι προκύψει. Ένα πλοίο LNG συνήθως αναπτύσσει ταχύτητα 19,5 κόμβων.

Επιπλέον όλα τα πλοία μεταφοράς αερίου χρησιμοποιούν κλειστά συστήματα κατά τη φόρτωση ή την εκφόρτωση, χωρίς να απελευθερώνονται ατμοί στην ατμόσφαιρα. Με αυτά τα μέσα η απελευθέρωση φορτίου στην ατμόσφαιρα αποβάλλεται ουσιαστικά και ο κίνδυνος ανάφλεξης ατμού ελαχιστοποιείται.

4.2 Ασφάλεια και εγκαταστάσεις του βασικού φορτίου στα πλοία μεταφοράς

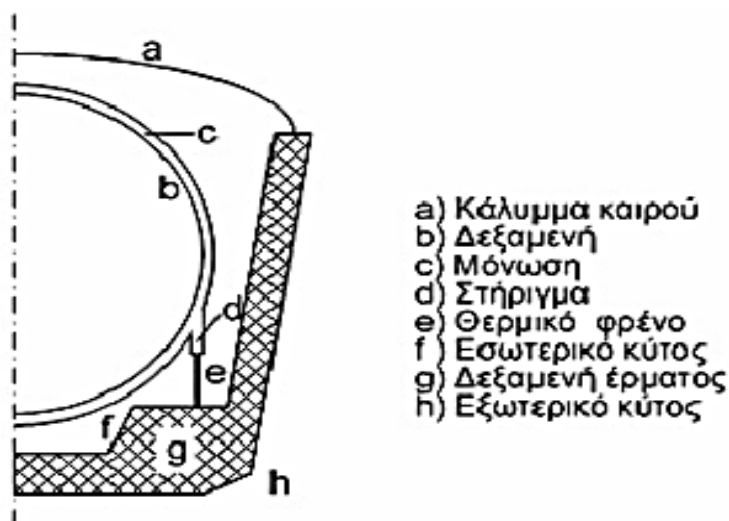
Τα πλοία μεταφοράς αερίου πρέπει να συμβαδίζουν με τα πρότυπα που καθορίζονται από το διεθνή θαλάσσιο οργανισμό (IMO), και με όλες τις απαιτήσεις

ασφάλειας και ρύπανσης. Τα χαρακτηριστικά μέτρα για τον σχεδιασμό ασφάλειας που περιγράφονται στους κανονισμούς μεταφοράς αερίων μπορεί να βοηθήσει καθοριστικά στην ασφάλεια αυτών των πλοίων. Οι απαιτήσεις εξοπλισμού για τους μεταφορείς αερίου περιλαμβάνουν τον έλεγχο θερμοκρασίας και πίεσης, την ανίχνευση αερίου και δείκτες στάθμης των δεξαμενών φορτίων.

Όσον αφορά την ασφάλεια των πλοίων LNG, το φυσικό αέριο στην υγρή του μορφή δεν εκρήγνυται. Για να αν αναφλεγεί πρέπει να αναμειχθεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα σε αναλογία περίπου 5-15%. Πρακτικά αυτό είναι δυνατό όταν το υγροποιημένο φυσικό αέριο ατμοποιείται και είναι σε αέρια φάση. Η πρόκληση πυρκαγιάς μπορεί να προέλθει από τη διαρροή ποσότητας φυσικού αερίου στην αέρια μορφή του. Ένας σημαντικός παράγοντας ανησυχίας είναι η διαρροή υγροποιημένου αερίου στη μεταλλική κατασκευή της εξωτερικής γάστρας του πλοίου. Τα LNG σκάφη έχουν τα συστήματα κλεισίματος έκτακτης ανάγκης που μπορούν να προσδιορίσουν τα πιθανά προβλήματα ασφάλειας και να διακόψουν τις διαδικασίες. Αποτρέποντας ή περιορίζοντας σημαντικά το ποσό LNG που θα μπορούσε να αποδεσμευτεί. Ο εξοπλισμός ανίχνευσης είναι τόσο ευαίσθητος ώστε να μπορεί να ανιχνεύσει τη διαρροή μέσω μιας τρύπας όσο το μέγεθος ενός κεφαλιού καρφίτσας. Οι ειδικές λειτουργικές διαδικασίες, η κατάρτιση και η συντήρηση συμβάλλουν περαιτέρω στην ασφάλεια.

Οι εγκαταστάσεις του βασικού φορτίου LNG συνδέονται με τις αντίστοιχες τερματικές εγκαταστάσεις τροφοδοσίας με στόλους ειδικών δεξαμενοπλοίων. Τα σύγχρονα δεξαμενόπλοια που είναι υπό παραγγελία έχουν μεταφορική ικανότητα ως 265.000 κ.μ. Κάθε δεξαμενόπλοιο χρησιμοποιεί ένα από διάφορα συστήματα αποθήκευσης, τα οποία μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κύριους τύπους. Ένα σχέδιο χρησιμοποιεί μη σταθερές σφαιρικές δεξαμενές που υποστηρίζονται σε κυλινδρικά στηρίγματα (διάγραμμα 4.1). Κάθε δεξαμενή είναι μεμονωμένη και τοποθετημένη μεταξύ των διαφραγμάτων σε ένα χωριστό τμήμα του σκάφους. Αυτά τα διαμερίσματα καλύπτονται με αδρανές αέριο άζωτο, το οποίο δειγματίζεται περιοδικά για να ανιχνευτεί οποιαδήποτε διαρροή LNG.

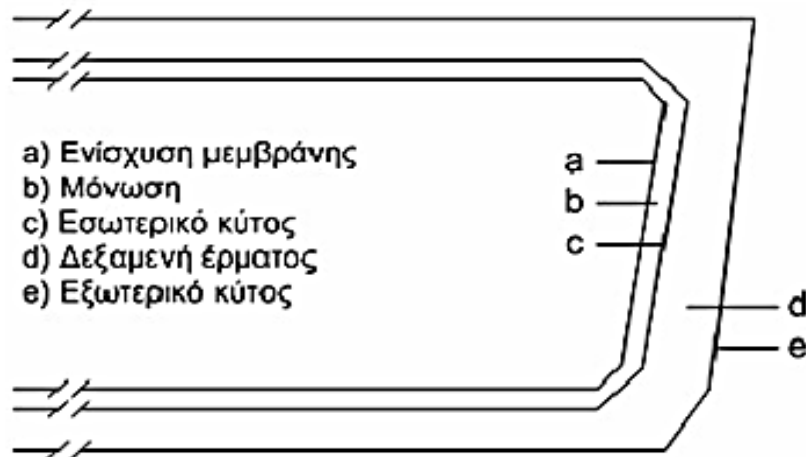
Διάγραμμα 4. 1 Σφαιρική δεξαμενή πλοίου



Μια δεύτερη οικογένεια σχεδιασμών είναι οι δεξαμενές με μεμβράνες. Στα σκάφη που χρησιμοποιούν αυτόν τον τύπο, εφαρμόζονται στο κύτος του σκάφους η μόνωση και η δευτερογενής φραγή (διάγραμμα 4.2). Η μόνωση μεταβιβάζει επίσης το φορτίο από το φορτίο LNG στο κύτος και τη δομή του σκάφους. Μια μεταλλική μεμβράνη συγκράτησης εγκαθίσταται έπειτα πάνω από την επιφάνεια της μόνωσης.

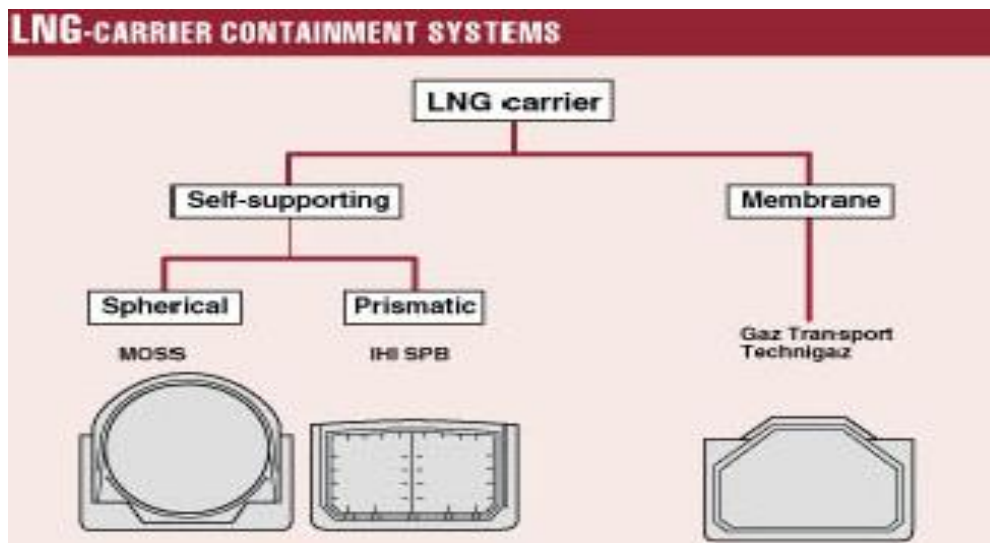
Η μεμβράνη μπορεί να αποτελείται από Invar (χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε μέταλλα με εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή της θερμικής διαστολής) ή από μια δομή τύπου "βάφλας" (φτιαγμένη από νικελιούχο χάλυβα), όπου η διατομή της βάφλας επιτρέπει τη δισδιάστατη μεταφορά θερμότητας διατηρώντας την επαφή με τη φέρουσα μόνωση. Οι δεξαμενές με μεμβράνες χωρίζονται επίσης σε διαμερίσματα και επιτρέπουν αποδοτικότερη χρήση του όγκου αποθήκευσης του κύτους. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η επίπεδη κορυφή γέφυρα και το χαμηλότερο κέντρο βάρους, ενώ οι σφαιρικές δεξαμενές επεκτείνονται επάνω από το κατάστρωμα και απαιτούν θολωτά καλύμματα. Οι δεξαμενές μεμβράνης χρησιμοποιούν τον όγκο του πλοίου καλύτερα απ' ό,τι οι σφαιρικές δεξαμενές. Ως προς την ασφάλεια, οι πιθανές διαρροές από μεμβράνες έχουν πολύ σοβαρές συνέπειες και συνήθως απαιτούν εκτεταμένες και ακριβές επισκευές.

Διάγραμμα 4. 2 Δεξαμενή πλοίου με μεμβράνη



Ένας τρίτος τύπος δεξαμενοπλοίων LNG χρησιμοποιεί μη μόνιμες πρισματικές δεξαμενές. Αυτός ο σχεδιασμός επιδιώκει να συνδυάσει την αποδοτική χρήση του κενού μεταξύ των κυτών με τη δομική ανεξαρτησία μιας αυτοστηριζόμενης δομής. Διάφορα σκάφη στο παρελθόν ναυπηγήθηκαν με αυτόν τον τύπο σχεδιασμού, αλλά επειδή είναι σχετικά ακριβά και με εξαίρεση δύο μικρότερα σκάφη για τη μεταφορά φορτίου από Αλάσκα στην Ιαπωνία, δεν υιοθετήθηκε στα νεώτερα δεξαμενόπλοια. Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνονται και οι τρεις τύποι δεξαμενών που μπορούν να βρεθούν στα δεξαμενόπλοια LNG.

Διάγραμμα 4.3 Τύποι δεξαμενών LNG Carrier



Πηγή: www.ogj.com (oil & gas journal)

4.3 Συντήρηση και αντοχή πλοίων LNG

Για την συντήρηση ενός τέτοιου πλοίου γίνεται συνήθως δεξαμενισμός κάθε 2,5 χρόνια όπου γίνονται όλες οι προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης. Οι επιθεωρήσεις των πλοίων LNG έχουν την ίδια συχνότητα με όλους τους τύπους πλοίων, δηλαδή η ειδική επιθεώρηση γίνεται κάθε 5 χρόνια, η ενδιάμεση κάθε 2,5 χρόνια και κάθε χρόνο η ετήσια επιθεώρηση. Επιπλέον το πλήρωμα είναι υποχρεωμένο να κάνει εκτεταμένους ημερήσιους ελέγχους.

Η αντοχή των πλοίων LNG κρατάει πολύ περισσότερο από τα πλοία άλλων τύπων δηλαδή γύρω στα 40 χρόνια σε σχέση με τα 25-30 χρόνια που θέλουν άλλα πλοία.

Τα LNG σκάφη έχουν επίσης τον εξοπλισμό για να καταστήσουν το χειρισμό σκαφών ασφαλέστερο. Τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα ασφάλειας ενός σκάφους περιλαμβάνουν το περίπλοκο ραντάρ και συστήματα που επιτρέπουν στο πλήρωμα για να ελέγξουν τη θέση του σκάφους, την κυκλοφορία και τους προσδιορισμένους εξωτερικούς κινδύνους. Ακόμα ένα σφαιρικό σύστημα θαλάσσιου κινδύνου διαβιβάζει αυτόματα τα σήματα εάν μια εν πλω έκτακτη ανάγκη απαιτώντας την εξωτερική βοήθεια.

Επιπλέον, υπάρχουν κάποια μέτρα για την εξασφάλιση ασφαλούς ταχύτητας κατά την προσόρμιση των σκαφών όταν οι αυτόματες δεμένες βοήθειες ελέγχου γραμμών κρατούν τα σκάφη ασφαλή. Όταν δεν συνδέονται με το χερσαίο σύστημα, τα συστήματα οργάνων και το σύστημα μεταφοράς LNG από τα σκάφη προς την ακτή ενεργούν ως ένα, επιτρέποντας το κλείσιμο έκτακτης ανάγκης ολόκληρου συστήματος και από το σκάφος και από την ακτή.

Ο εκτενής εξοπλισμός ασφάλειας που είναι τυποποιημένος στους μεταφορείς LNG, συμπεριλαμβανομένου του περίπλοκου ραντάρ και των τοποθετημένων συστημάτων, καθώς επίσης και ο ιδιαίτερα ευαίσθητος, αυτοματοποιημένος έλεγχος, συμβάλλουν επίσης σε αυτά τα μέτρα ασφάλειας.

4.4 Η περίπτωση του προγράμματος POSEIDON MED και POSEIDON MED II

Το πρόγραμμα ανάπτυξης υγροποιημένου φυσικού αερίου Poseidon Med ολοκληρώθηκε με επιτυχία στην πρώτη του φάση ενώ ταυτόχρονα ξεκινάει και η επόμενη φάση Poseidon Med II όπως ανακοίνωσε η ΔΕΠΑ που είναι ο βασικός φορέας ανάπτυξης του ΥΦΑ στην Ελλάδα και συντονιστής του προγράμματος.

Η όλη προσπάθεια γίνεται για να καθιερωθεί το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (ΥΦΑ) ως ναυτιλιακό καύσιμο στην Ανατολική λεκάνη της Μεσογείου. Η ναυτιλία θα μπορέσει να θέσει σε λειτουργία πλοία τα οποία θα εφοδιάζονται μέσω των κατάλληλων υποδομών της ευρύτερης περιοχής, δημιουργώντας έτσι πιο καθαρές συνθήκες, πιο αποτελεσματικές μεταφορές καθώς και ευκαιρίες για τεχνολογική και οικονομική ανάπτυξη.

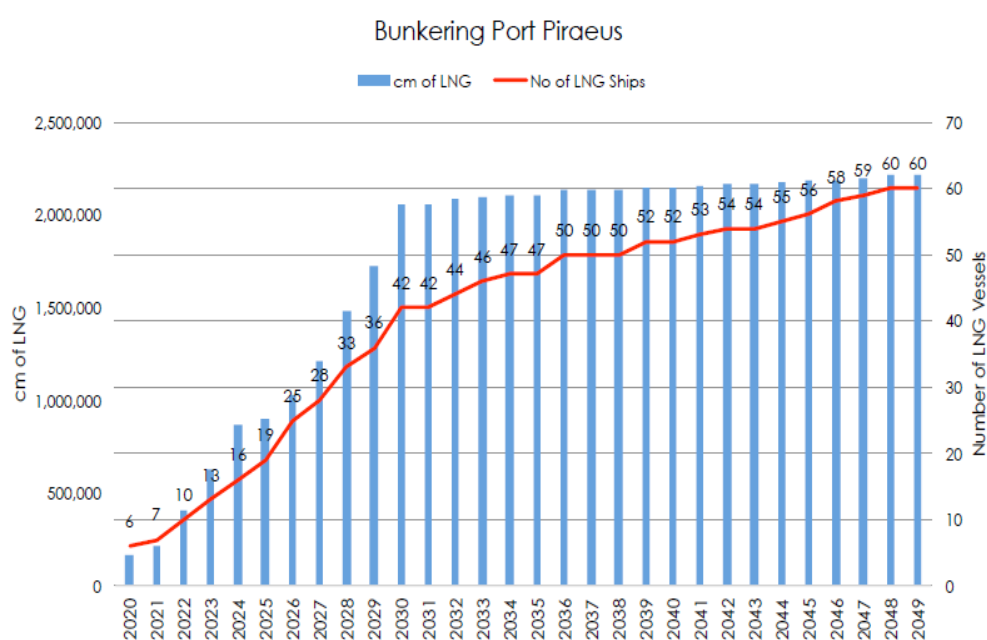
Οι δράσεις του προγράμματος μεταξύ άλλων είναι:

- Προετοιμασία προτάσεων κανονιστικού πλαισίου για τον ανεφοδιασμό πλοίων με ΥΦΑ ως ναυτιλιακού καυσίμου
- Σχεδίαση αναβάθμισης της υποδομής του Τερματικού ΥΦΑ της Ρεβυθούσας που θα εξασφαλίζει την δυνατότητα φόρτωσης LNG σε πλοία ανεφοδιασμού καυσίμων
- Τεχνικός σχεδιασμός εγκεκριμένος από τις αρμόδιες Αρχές για μετασκευή/ναυπήγηση πλοίων με καύσιμο ΥΦΑ καθώς επίσης και για τη δημιουργία της απαραίτητης υποδομής των λιμένων για υποστήριξη ανεφοδιασμού πλοίων με ΥΦΑ
- Σχεδίαση και κατασκευή ειδικού πλοίου μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων που θα κινείται με ΥΦΑ (πilotική δράση στην περιοχή της Βενετίας - Ιταλική συμμετοχή)
- Εξέταση συνεργειών με άλλες χρήσεις και τομείς (όπως αυτός της ενέργειας) που θα επιτύχουν οικονομία κλίμακας στην χρήση του ΥΦΑ.
- Ανάπτυξη βιώσιμου σχήματος τιμολόγησης/εμπορίας ΥΦΑ
- Ανάπτυξη χρηματοδοτικών εργαλείων για υποστήριξη των εγκαταστάσεων των λιμένων και των πλοίων.

Το POSEIDON MED II είναι ευρωπαϊκό πρόγραμμα σχεδιασμού του νομοθετικού πλαισίου και των προϋποθέσεων για τη χρήση του ΥΦΑ ως ναυτιλιακού

καυσίμου στην Ανατολική Μεσόγειο. Μέσα από τον σχεδιασμό στοχευμένων και βιώσιμων υποδομών, το πρόγραμμα συμβάλλει στην ανάπτυξη της αλυσίδας εφοδιασμού με ΥΦΑ. Με τον τρόπο αυτό, αναμένεται η ενεργοποίηση της ζήτησης ΥΦΑ για ναυτιλιακή χρήση ώστε να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες διεθνείς περιβαλλοντικές απαιτήσεις.

Διάγραμμα 4. 4 Εκτίμηση της ζήτησης του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο και ο αριθμός των πλοίων για το λιμάνι του Πειραιά



Πηγή : poseidonmed.eu

Το POSEIDON MED II, το οποίο αποτελεί συνέχεια των προγραμμάτων “Poseidon-Med” και “Archipelago-LNG”, συγχρηματοδοτείται από τον μηχανισμό «Συνδέοντας την Ευρώπη» και θα διαρκέσει 5 χρόνια. Πρόκειται για διεθνές έργο με τη συμμετοχή 26 εταιρών από πέντε κράτη-μέλη (Ελλάδα, Ιταλία, Κύπρος, Κροατία και Σλοβενία). Απώτερος στόχος του έργου είναι η διάθεση του ΥΦΑ σε πέντε κύρια λιμάνια (Πειραιάς, Πάτρα, Ηράκλειο, Ηγουμενίτσα, Λεμεσός).

Είναι μια συνεργασία μεταξύ των προμηθευτών φυσικού αερίου, ναυτιλιακών εταιριών, λιμενικών αρχών και τεχνικών οργανισμών. Η συγχρηματοδότηση γίνεται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Μηχανισμός: Συνδέοντας την Ευρώπη/CEF-Transport).

Οι ενέργειες του προγράμματος έχουν να κάνουν με την ανάπτυξη της παγκόσμιας υποδομής κόμβων (hubs) για την προμήθεια ΥΦΑ στην αυξανόμενη

ζήτηση της αγοράς. Συγκεκριμένα ο Πειραιάς θα μεταμορφωθεί σε κόμβο (hub & spoke) ο οποίος θα συνδέεται με άλλα λιμάνια της Ελλάδας και θα καθιερωθεί ως σταθμός ανεφοδιασμού των πλοίων. Το όλο εγχείρημα θα πρέπει να αξιολογεί τους κινδύνους, να επανεξετάσει τη λειτουργίες και δημιουργεί ασφάλεια στο λιμάνι.

Το πρόγραμμα αυτό δεν είναι μόνο μια συμμόρφωση προς ένα καθαρότερο καύσιμο για τη ναυτιλία αλλά είναι η οικοδόμηση ενός ισχυρού, ασφαλή και αποδοτικού τρόπου λειτουργίας των συστημάτων μεταφοράς.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο μπορεί να αντιμετωπίσει την τριπλή πρόκληση των κοινωνικών, περιβαλλοντικών και οικονομικών απαιτήσεων. Επιπλέον, μπορεί να χτίσει μια σωστή αντίληψη στην κλίμακα του έργου και να αποτελέσει μια άριστη μέθοδο για το προφίλ και τις προοπτικές των λιμανιών.

Τέλος στο πολύ σημαντικό αυτό εγχείρημα κρίνεται αναγκαία η συμμετοχή της κοινωνίας και η συνεργασία όλων των αναγκαίων μελών (stakeholders).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ, ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΤΡΑ ΑΝΤΙΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

5.1 Σύστημα περιβαλλοντικής διαχείρισης τερματικού σταθμού της Ρεβυθούσας

Στον Τερματικό Σταθμό ΥΦΑ οι πηγές εκπομπών ως διακριτό τμήμα εγκατάστασης ή διεργασίας στο εσωτερικό εγκατάστασης από τις οποίες εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου μόνο διοξειδίου του άνθρακα CO₂, είναι οι εξής:

Μονάδα Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ) με καύσιμο Φυσικό Αέριο. Η μονάδα ΣΗΘΥΑ, ισχύος 13 MW, αποτελείται από δύο μηχανές ΜΕΚ ισχύος 6.5 MW έκαστη, με καύσιμο φυσικό αέριο. Ο Σταθμός εκμεταλλεύεται την παραγόμενη θερμότητα για την αεριοποίηση του υδροποιημένου φυσικού αερίου ανεβάζοντας την συνολική απόδοση της και ως εκ τούτο χαρακτηρίζεται ως μονάδα Υψηλής Αποδόσεως.

Μονάδες Αεριοποιητών Εμβαπτισμένης Καύσης (SCV) με καύσιμο Φυσικό Αέριο ή/και Αέριο Αεριοποίησης (το αέριο αεριοποίησης προέρχεται από την φυσική εξάτμιση του υδροποιημένου φυσικού αερίου και διαφέρει στην σύσταση από το φυσικό αέριο). Λειτουργούν 4 μονάδες εμβαπτισμένης καύσης (SCV), δύο μονάδες δυναμικότητας αεριοποίησης 125 m³/h ΥΦΑ έκαστη, και δύο νέες μονάδες με δυναμικότητας αεριοποίησης 186,75 m³/h ΥΦΑ έκαστη. Η κάθε μία από τις νέες μονάδες δύναται να χρησιμοποιεί το παραγόμενο ζεστό νερό του ΣΗΘΥΑ για την αεριοποίηση. Η λειτουργία των δύο νέων αεριοποιητών σε υψηλότερα φορτία πραγματοποιείται με καύση.

Πυρσός Ασφαλείας με καύσιμο Φυσικό Αέριο ή/και Αέριο Αεριοποίησης. Για λόγους ασφαλούς λειτουργίας των εγκαταστάσεων στον πυρσό οδηγούνται για καύση τα απαέρια από τις δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ και τις βαλβίδες ανακούφισης. Εν τούτοις, προκειμένου να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες Φ.Α. και οι

παραγόμενες εκπομπές, το σύστημα του πυρσού είναι συνδεδεμένο με την ρυθμιστική βάννα πίεσης των δεξαμενών αποθήκευσης. Υπό κανονικές συνθήκες, όταν δηλαδή η πίεση των δεξαμενών δεν ξεπερνά κάποιο όριο, τα απαέρια ανακυκλώνονται. Όταν η πίεση στις δεξαμενές υπερβεί το όριο τότε ανοίγει η ρυθμιστική βάννα πίεσης και ένα μέρος των απαερίων οδηγούνται στον πυρσό.

Για την παρακολούθηση των εκπομπών ο ΔΕΣΦΑ εφαρμόζει μεθοδολογία βασισμένη στο προβλεπόμενο υπολογιστικό μοντέλο. Η μεθοδολογία αυτή συνίσταται στον προσδιορισμό των εκπομπών με βάση τα ποσοτικοποιημένα δεδομένα δραστηριότητας που καταναλώνονται. Τα δεδομένα λαμβάνονται με τη βοήθεια συστημάτων μετρήσεων και συμπληρωματικών παραμέτρων όπως αυτά προκύπτουν από τις αναλύσεις των on line χρωματογράφων. Για την ακρίβεια των μετρήσεων η εταιρεία εφαρμόζει πρόγραμμα συντήρησης, βαθμονόμησης και διακρίβωσης όλου του εμπλεκόμενου με τους υπολογισμούς μετρητικού εξοπλισμού σύμφωνα με τις απαιτήσεις του σχετικού Ευρωπαϊκού Κανονισμού.

Στον ΔΕΣΦΑ και σύμφωνα με την οδηγία 2003/87/ΕΚ, όπως τροποποιήθηκε με την οδηγία 2009/29/ΕΚ, κατανέμονται δωρεάν δικαιώματα εκπομπής στις σχετικές εγκαταστάσεις του βάσει πλήρως εναρμονισμένων κανόνων που ισχύουν σε ολόκληρη την Κοινότητα και αφορούν στην χρονική περίοδο 2013-2020. Η κατανομή αυτή βασίζεται στη συλλογή δεδομένων, που διεκπεραιώθηκε από τα κράτη μέλη, προκειμένου να συγκεντρώνονται από τους φορείς εκμετάλλευσης σταθερών εγκαταστάσεων όλες οι σχετικές πληροφορίες οι οποίες απαιτούνται για τον υπολογισμό της δωρεάν κατανομής δικαιωμάτων. Τα δεδομένα αυτά αφορούν ιστορικά στοιχεία λειτουργίας των εγκαταστάσεων που εφαρμόζουν Σύστημα Παρακολούθησης & Διαχείρισης Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου (ΔΕΣΦΑ, 2014, Έκθεση Βιωσιμότητας).

5.2 Εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα κατά τη φυσιολογική λειτουργία

Κατά τη φυσιολογική λειτουργία της εκφόρτωσης οι εκπομπές αερίων ρύπων προβλέπονται από τους εμβαπτιζόμενους αεριοποιητές, το σύστημα πυρσού, και τη Μονάδα ΜΕΚ. Επίσης υπάρχουν και διαφυγούσες εκπομπές υδρογονανθράκων. Υπό

κανονικές Συνθήκες Λειτουργίας δεν υπάρχει συνεχής εκπομπή αερίων αποβλήτων διότι:

- Ο εγκατεστημένος πυρσός δεν καίει παρά μόνο ελάχιστες ποσότητες φυσικού αερίου από το σύστημα αερίου καυσίμου των εγκαταστάσεων, που είναι απαραίτητο για τη διατήρηση της φλόγας του πιλότου και τη διατήρηση θετικής πίεσης στους αγωγούς του πυρσού. Η κατανάλωση δεν προβλέπεται να υπερβαίνει στην περίπτωση αυτή τα 250Nm³/hr.

- Οι εγκατεστημένοι αεριοποιητές θαλασσινού νερού είναι επαρκείς για την κάλυψη της κανονικής ζήτησης σε φυσικό αέριο από το δίκτυο. Οι αεριοποιητές καύσης με φυσικό αέριο λειτουργούν μόνο στις περιπτώσεις αιχμών ζήτησης και εφόσον η συνολική ζήτηση από το δίκτυο με φυσικό αέριο υπερβεί τα 630m³/hr ισοδύναμου υδροποιημένου Φυσικού Αερίου.

- Η Μονάδα Παραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας ΣΗΘΥΑ με μηχανές εσωτερικής καύσης και καύσιμο Φυσικό Αέριο με ειδική κατανάλωση καυσίμου 8,5KJ/KW και συνολική ποσότητα καύσης περί τα 3000Nm³ φυσικού αερίου (Ασπροφός 2005, σελ 70).

5.3 Πρόσκαιρες εκπομπές υδρογονανθράκων

Όλες οι επιμέρους εγκαταστάσεις αποτελούν εν δυνάμει σημεία διαρροών. Εξετάζοντας τις διαρροές αυτές συσσωρευτικά μπορούν να αποτελέσουν μια υπολογίσιμη ποσότητα διαφυγόντων υδρογονανθράκων στο περιβάλλον.

Τα σημεία διαρροών εντοπίζονται σε διάφορους τύπους εξοπλισμού και αγωγών, όπως βαλβίδες, αντλίες, συμπιεστές κλπ. Ο ρυθμός διαρροής κάθε εξοπλισμού ξεχωριστά είναι συνάρτηση του σχεδιασμού του, της παλαιότητάς του, της συντήρησής του κλπ.

Σε τερματικούς σταθμούς ΥΦΑ ο κυριότερος διαφυγόντας υδρογονάνθρακας είναι το μεθάνιο με μικρότερες απώλειες βαρύτερων ομόλογων αλκανίων στο ΥΦΑ. Αυτή η απώλεια αερίων υδρογονανθράκων στην ατμόσφαιρα συμμετέχει στην αέρια ρύπανση της περιοχής αλλά και στην παγκόσμια, εφόσον το μεθάνιο είναι από τα βασικά θερμοκηπιακά αέρια.

5.4 Εκπομπές καυσαερίων από τους εμβαπτισμένους αεριοποιητές καύσης ΦΑ (SCVs).

Σε περιόδους αιχμής η μέγιστη δυναμικότητα του τερματικού σταθμού της Ρεβυθούσας (αεριοποίηση 1250m³/hr ΥΦΑ) χρησιμοποιούνται οι αεριοποιητές καύσης ΦΑ. Οι αεριοποιητές καύσης SCVs τροφοδοτούνται με αέριο καύσιμο ΦΑ που παράγεται στην εγκατάσταση είτε από αεριοποιούμενο ΥΦΑ από το σύστημα αποστολής Φυσικού Αερίου ή από boil-off αέριο από τις δεξαμενές αποθήκευσης (ΔΕΣΦΑ 2002, σελ 108).

5.5 Προτάσεις για μέτρα απορρύπανσης

5.5.1 Προτάσεις

Προκειμένου να διευθετηθούν εντοπισμένες ελλείψεις και να διασφαλιστεί η ασφάλεια εφοδιασμού προτείνονται τα ακόλουθα μέτρα:

1. Κρίνεται απαραίτητη η εγκατάσταση του συμπιεστή αερίου στον κεντρικό αγωγό καθώς και η επίσπευση των διαδικασιών για την αύξηση του χώρου αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου στον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας. Ο πρόσθετος αποθηκευτικός χώρος, πέραν της λειτουργικής ευελιξίας που θα παρέχει στο Διαχειριστή, θα επιτρέψει τη διάθεση αποθηκευτικού χώρου για μακροχρόνια αποθήκευση φυσικού αερίου.

2. Κρίνεται σκόπιμο ο Διαχειριστής να αναπτύξει και να περιγράψει στο Σχέδιο Εθνικών Μέτρων Έκτακτης Ανάγκης, διαδικασία παρακολούθησης της στάθμης των δεξαμενών αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Ρεβυθούσα και ενίσχυση της ασφαλείας εφοδιασμού και των εγκαταστάσεων αποθήκευσης.

3. Κρίνεται απαραίτητη η θέσπιση από το Διαχειριστή της διαδικασίας, υπολογισμού της πραγματικής δυναμικότητας κάθε Σημείου Εισόδου του Συστήματος Μεταφοράς σε ετήσια βάση και με ορίζοντα πενταετίας. Οι υπολογισμοί θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα πιθανά σενάρια γεωγραφικής κατανομής της

ζήτησης και τους ενδεχόμενους περιορισμούς μεταφοράς φυσικού αερίου εντός της χώρας. Πέραν των σκοπών της ασφάλειας εφοδιασμού, η δημοσιοποίηση των υπολογισμών αυτών εξυπηρετεί και την ανάπτυξη ανταγωνισμού στην αγορά φυσικού αερίου, καθώς παρέχεται η απαραίτητη πληροφόρηση σχετικά με τις δυνατότητες εισαγωγής φυσικού αερίου στη χώρα σε επιχειρήσεις οι οποίες ενδιαφέρονται να δραστηριοποιηθούν στην αγορά.

4. Κρίνεται αναγκαία η συμμόρφωση με τους τωρινούς και μελλοντικούς κανονισμούς εκπομπών ρύπων από τα πλοία (IMO,2008) στην ατμόσφαιρα. Θα πρέπει να υπάρξει η δυνατότητα χρήσης του φυσικού αερίου ως εναλλακτικού καυσίμου γιατί θεωρείται ότι παρέχει καλύτερη ενεργειακή απόδοση στις μηχανές των πλοίων και προσφέρει καθαρά περιβαλλοντικά οφέλη με μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου (SO_x) και οξειδίων του αζώτου (NO_x) καθώς και εξάλειψη του κινδύνου των πετρελαιοκηλίδων.

5. Η υιοθέτηση του LNG ως καύσιμο απαιτεί μια αφοσιωμένη ομάδα πληρώματος πάνω στο πλοίο. Έτσι χρειάζεται ένα κατάλληλο προσωπικό ειδικά εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο. Πέρα από αυτό σημαντικός θεωρείται ο διάλογος με τους ρυθμιστικούς φορείς (IMO).

6. Στο υπό διαβούλευση σχέδιο του Κώδικα Διαχείρισης του ΕΣΦΑ, προτείνεται μηχανισμός πρόσβασης τρίτων στον τερματικό σταθμό ΥΦΑ της Ρεβυθούσας, μέσω του οποίου οι Χρήστες θα μπορούν να διατηρούν αποθέματα ΥΦΑ στις δεξαμενές για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα του χρόνου προσωρινής αποθήκευσης ΥΦΑ. Η δυνατότητα αυτή μπορεί, υπό προϋποθέσεις, να επιτρέψει την εφαρμογή από τους κατόχους αδειών ηλεκτροπαραγωγής της Β' επιλογής του σχετικού όρου των αδειών τους, δηλαδή την τήρηση αποθέματος φυσικού αερίου και όχι εναλλακτικού καυσίμου, χωρίς να επιβαρύνεται η πρόσβαση τρίτων στην Εγκατάσταση ΥΦΑ. Με την έναρξη εφαρμογής των διατάξεων του Κώδικα οι κάτοχοι αδειών παραγωγής που έχουν επιλέξει τη Β' επιλογή του όρου θα πρέπει να αποδεικνύουν τη διατήρηση των αποθεμάτων στις δεξαμενές του τερματικού σταθμού. Σε αντίθετη περίπτωση θα πρέπει οπωσδήποτε να συμμορφωθούν με την Α' επιλογή του σχετικού όρου, δηλαδή την τήρηση αποθέματος πετρελαίου.

7. Εφόσον το ποσοστό συμμετοχής των οικιακών-εμπορικών καταναλωτών στη συνολική ζήτηση συνεχίσει να αυξάνεται και τα επόμενα έτη, είναι απαραίτητο

να μελετηθεί εκτενέστερα από το Διαχειριστή με ποιο τρόπο θα επηρεαστούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της ζήτησης, όπως η αιχμή, ο συντελεστής φορτίου και η συσχέτιση της αιχμής φορτίου με την επικρατούσα θερμοκρασία περιβάλλοντος, προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με απαιτούμενες ενέργειες (π.χ. Demand Side Management από τις ΕΠΑ), καθώς και τη δυναμικότητα της Εγκατάστασης ΥΦΑ που απαιτείται για κάλυψη της αιχμής ζήτησης (peak-saving).

8. Κρίνεται σκόπιμο η ανάπτυξη του ΕΣΦΑ να γίνεται, κατά το δυνατόν, με τέτοιο τρόπο, ώστε να δίδεται προτεραιότητα στα έργα εκείνα τα οποία συμβάλλουν στη δημιουργία βρόχων. Στόχος πρέπει να είναι η ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από τυχόν απώλεια κλάδου.

9. Η αντιμετώπιση του εκτιμώμενου ελλείμματος ποσοτήτων φυσικού αερίου τόσο σε βραχυπρόθεσμο όσο και σε μακροπρόθεσμο ορίζοντα, απαιτεί (α) την ολοκλήρωση του ρυθμιστικού πλαισίου της αγοράς ώστε να διευκολύνεται η δραστηριοποίηση νέων προμηθευτών φυσικού αερίου στη χώρα αλλά και η αξιοποίηση οποιασδήποτε δυνατότητας εισαγωγής απευθείας από Επιλέγοντας Πελάτες, (β) τη σύναψη των κατάλληλων συμφωνιών συνεργασίας με χώρες παραγωγής φυσικού αερίου και (γ) τη διαμόρφωση των συνθηκών για την επιτάχυνση των προτεινόμενων έργων διαμετακόμισης φυσικού αερίου μέσω της χώρας.

5.5.2 Επόμενες ενέργειες

Με σημείο εκκίνησης τα συμπεράσματα της προηγούμενης ενότητας, η ΡΑΕ προτίθεται, σε συνεχή συνεργασία με το ΔΕΣΦΑ ΑΕ, να προβεί σε ποσοτική αποτίμηση του επιθυμητού επιπέδου ασφάλειας εφοδιασμού και στην εκτίμηση της σχέσης κόστους/οφέλους των μέσων που αναφέρονται στο Παράρτημα της Οδηγίας 2004/67/ΕΚ και ιδίως:

1. Τη σύναψη συμφωνιών λειτουργικής εξισορρόπησης μεταξύ του ΔΕΣΦΑ ΑΕ και των διαχειριστών των γειτονικών συστημάτων για την αντιμετώπιση κρίσεων εφοδιασμού.

2. Τη χρήση εναλλακτικού καυσίμου σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

3. Την αποθήκευση φυσικού αερίου και ΥΦΑ σε υπόγειες αποθήκες αερίου ή Εγκαταστάσεις ΥΦΑ αντίστοιχα.

5.6 Οικονομικές συνέπειες

Η μείωση του όγκου του φυσικού αερίου, με την υγροποίησή του, επιτρέπει την μεταφορά του με οικονομικά ανταγωνιστικούς όρους σε σχέση με τους αγωγούς. Ειδικότερα για μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις (πάνω από 3.000 μίλια), το ΥΦΑ είναι κατά κανόνα οικονομικά συμφέρουσα επιλογή. Επιπλέον, το ΥΦΑ επιτρέπει την ανάπτυξη εμπορίου μεταξύ περιοχών που διαφορετικά θα ήταν τεχνικά ή πολιτικά αδύνατο να συνδεθούν. Στους ειδικότερους λόγους που ευνόησαν την ανάπτυξη της διεθνούς αγοράς ΥΦΑ περιλαμβάνεται η στροφή στο φυσικό αέριο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας λόγω των περιβαλλοντικών, οικονομικών και τεχνικών πλεονεκτημάτων του.

Ειδικότερα στην μεταφορά του ΥΦΑ επιτεύχθηκε μείωση κόστους σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής του αλυσίδας με διάφορες τεχνολογικές βελτιώσεις. Επιπλέον, οι όροι των συμβολαίων άρχισαν να γίνονται πιο ελαστικοί μπροστά στην ανάγκη για μεγαλύτερη ευελιξία για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης. Σταδιακά ένα μέρος της αγοράς άρχισε να κινείται ανταγωνιστικά και να υπόσχεται ευκαιρίες για αυξημένα κέρδη. Επίσης, το ΥΦΑ εξυπηρετεί την απαίτηση των χωρών για ασφάλεια στην ενεργειακή τους τροφοδοσία μέσω της διαφοροποίησης των ενεργειακών τους πηγών. Στα πρώτα του στάδια, το εμπόριο ΥΦΑ αποτελούνταν από πλοία που κινούνταν σε συγκεκριμένα δρομολόγια και ήταν δεσμευμένα με πολυετή συμβόλαια. Αυτές οι δομές άρχισαν να αλλάζουν στα τέλη τις δεκαετίας του 90 που υπήρξε μεταστροφή από πολλές χώρες για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με πρώτη ύλη το φυσικό αέριο.

Αν και το μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου εμπορίου LNG πραγματοποιείται ακόμα με δεσμευτικούς όρους, έχει δημιουργηθεί και αναπτύσσεται συνεχώς μια ευέλικτη αγορά που τώρα αντιπροσωπεύει περίπου το 10% του συνολικού εμπορίου. Είναι πλέον δυνατό να αλλάξει ο προορισμός των φορτίων

ανάλογα με τις συνθήκες της αγοράς και τις επικρατούσες τιμές. Οι τιμές του φυσικού αερίου, παραδοσιακά είναι συνδεδεμένες με αυτές του πετρελαίου, αυξανόμενα συνδέονται με δείκτες τιμών ΦΑ και αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό αν αναλογιστεί κανείς τα σημερινά επίπεδα των τιμών του πετρελαίου.

Τα μακροχρόνια συμβόλαια μεταξύ προμηθευτών-αγοραστών θα εξακολουθήσουν να κυριαρχούν στην αγορά LNG, αλλά θα γίνουν πιο ευέλικτα, επιτρέποντας την διακίνηση φορτίων σε μια διογκούμενη βραχυπρόθεσμη αγορά. Αν και οι συντηρητικές - ανελαστικές και καθετοποιημένες δομές της δεν θα εξαλειφθούν στα επόμενα χρόνια, η αγορά θα ανοίξει σε ένα ορισμένο εύρος νέων επενδυτών. Στο παραδοσιακό μοντέλο της αγοράς, οι κύριοι παίκτες στην ναυτιλία ΥΦΑ ήταν μεγάλες καθετοποιημένες ενεργειακές εταιρείες (Chevron, Exxon Mobil, Shell, BP, TOTAL) και κρατικές εταιρείες (SONATRACH, GAZPROM).

Με την μείωση του κόστους και την ευελιξία που χρειάστηκε να αποκτήσει η αγορά για να ανταποκριθεί στην αυξημένη ζήτηση και τις νέες διεθνείς συνθήκες στον χώρο της ενέργειας, η κλειστή αυτή «λέσχη» άνοιξε στους ανεξάρτητους πλοιοκτήτες και σε άλλους επενδυτές.

Το ΥΦΑ είναι μια εξειδικευμένη αγορά και η πιο ταχέως αναπτυσσόμενη στις θαλάσσιες μεταφορές ενέργειας. Σε σχέση με την συγγενική αγορά του πετρελαίου διαφοροποιείται σημαντικά, καθώς παρουσιάζει περιορισμένη ρευστότητα και δεν αναμένεται στο ορατό μέλλον να φτάσει σε αντίστοιχα επίπεδα ώριμου ανταγωνισμού. Οι ρυθμοί ανάπτυξης της αγοράς ΥΦΑ και το σταδιακό άνοιγμά της σε νέους παίκτες με την υιοθέτηση πιο ευέλικτων όρων λειτουργίας την τοποθετεί στις πιο υποσχόμενες θέσεις της παγκόσμιας ναυτιλίας. Στο νέο αυτό δυναμικό περιβάλλον διεκδικούν την θέση τους οι μεγάλοι παραδοσιακοί παίκτες των θαλασσιών μεταφορών ενέργειας και οι ανεξάρτητες εταιρείες δεξαμενοπλοίων.

5.6.1 Ζήτηση και προσφορά φυσικού αερίου

Παρά τις χαμηλές τιμές πετρελαίου και μια σχετικά αδύναμη προοπτική των ναυτιλιακών αγορών, η αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου έχει ένα λαμπρό μέλλον. Από ότι φαίνεται υπάρχει ανάγκη για νέους συρμούς ΥΦΑ και

τριπλασιασμός του στόλου τα επόμενα χρόνια. Ένα νέο κύμα των εξαγωγών υγροποιημένου φυσικού αερίου παρουσιάζεται στην παγκόσμια αγορά από το 2020. Σε γενικές γραμμές η προσφορά στην αγορά του ΥΦΑ θα αυξηθεί κατά 40% μεταξύ 2015-2020. Είναι η μεγαλύτερη αύξηση του όγκου της προσφοράς που έχει δει η αγορά σε χρονική περίοδο πέντε ετών.

Δεδομένης της τρέχουσας ζήτησης στα επόμενα 5 χρόνια, η αύξηση της ζήτησης στην Ασία, είναι πιθανό να απορροφήσει όλη αυτή τη νέα δυναμικότητα. Η αγορά φαίνεται να είναι δομικά μακρύτερη μέχρι το 2022. Για να παραμείνει η αγορά σε ισορροπία, οι όγκοι οι οποίοι έχουν απολεστεί από την Ευρώπη προς την Ασία, θα πρέπει να εισρεύσουν πίσω στην Ευρώπη, οι επανεξαγωγές θα επιβραδυνθούν και οι ευάλωτοι καταναλωτές θα επωφεληθούν από τις τιμές του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το αποτέλεσμα της αλλαγής των εμπορικών ροών δείχνει ότι η σποτ αγορά του ΥΦΑ θα διαπραγματεύεται σε πολύ κοντινά επίπεδα των Ευρωπαϊκών επιπέδων τιμών, αντί κοντά στις τιμές του πετρελαίου που κατεγράφησαν σε πιο σφιχτές συνθήκες αγοράς.

Μακροπρόθεσμα η αγορά ΥΦΑ παρουσιάζει πολύ θετική προοπτική. Η ζήτηση αναμένεται να αυξάνεται κατά μέσο όρο από 4% έως 6% το χρόνο μέχρι το 2030 με αναμενόμενο ρυθμό το 4,5% ετησίως μεταξύ του 2015-2020. Δοθέντος αυτού του μακροπρόθεσμου σχεδιασμού η αγορά έχει ανάγκη για νέα πλοία 20mτρα στα επόμενα δύομισα χρόνια για να συνέλθουν στην αγορά μέχρι το 2023 και επιπλέον 45mτρα έως το τέλος της τρέχουσας δεκαετίας. Ειδικά από το 2023 θα εισέλθουμε σε μια στενή παγκόσμια αγορά για το υγροποιημένο φυσικό αέριο.

Η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου σε παγκόσμια κλίμακα οδηγεί σε πλεονεκτική θέση την αγορά του ΥΦΑ της Αμερικής σε σχέση με άλλα προτεινόμενα project παγκοσμίως. Ωστόσο, η διαφοροποίηση των πηγών εισαγωγής ενέργειας και οι πολιτικές εξελίξεις μπορούν να βοηθήσουν παγκόσμια project όπως της Αυστραλίας να είναι βιώσιμα. Μερικοί καταναλωτές θα θέλουν να διαφοροποιήσουν την έκθεση τους σε διαφορετικές τιμές (Henry Hub vs Oil indexed) και να ελαχιστοποιήσουν την εξάρτησή τους από μια και μόνο χώρα για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών. Το 2013 το Κατάρ που είναι η μεγαλύτερη προμηθεύτρια χώρα LNG κάλυψε μόλις το 25% των αναγκών των τριών μεγαλύτερων καταναλωτών (Ιαπωνία, Κορέα, Κίνα) και μόνο η Κορέα επέτρεψε να

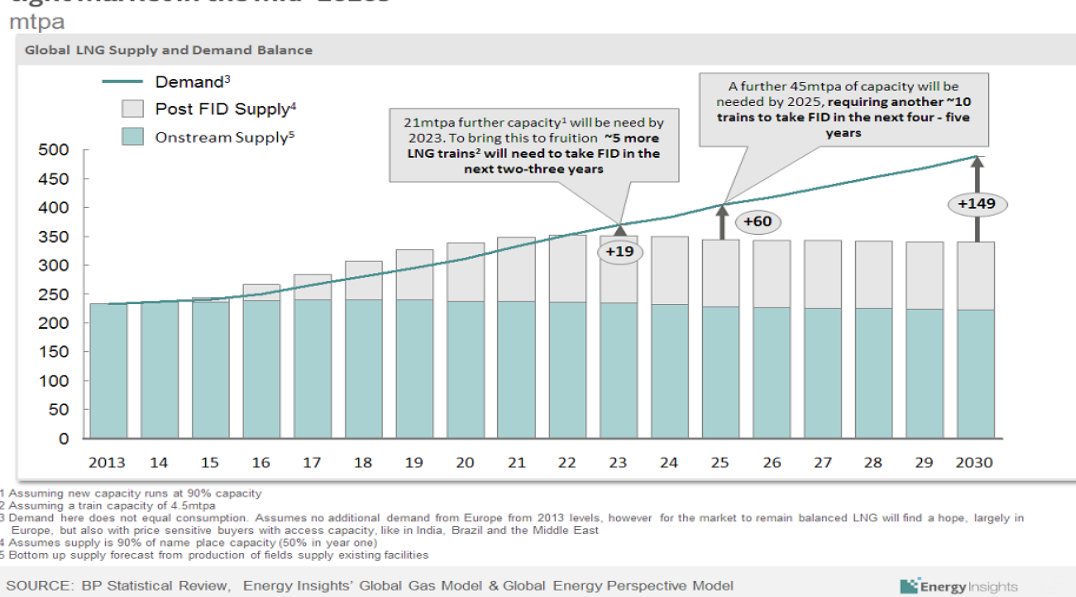
προμηθευτεί περισσότερο από το 30% των αναγκών της από το Κατάρ (Energy Insights By McKinsey 2015).

Τέλος η Διεθνής Οργάνωση Ενέργειας (International Energy Agency – IEA) το 2011 είχε αναφέρει ότι δεν υπολόγιζε σε κάποιο πυρηνικό ατύχημα αλλά σημείωνε ότι το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας στο παγκόσμιο ισοζύγιο θα έπεφτε από το 13% στο μόλις 7% το 2035 με έμφαση στην ενεργειακή ασφάλεια και στην ποικιλία των μορφών καυσίμου. Η ίδια αναφορά έκανε λόγο ότι το πυρηνικό ατύχημα της Φουκοσίμα ταρακούνησε τον ενεργειακό τομέα των χωρών. Η προοπτική των πυρηνικών εργοστασίων είναι πολύ περισσότερη αβέβαιη σε σχέση με πριν το ατύχημα. Η αυξανόμενη ζήτηση για πετρέλαιο στην Ιαπωνία εκτιμήθηκε μεταξύ 150.000 και 200.000 βαρελιών την ημέρα όταν η ανάγκη για υδροποιημένο φυσικό αέριο θα ανέλθει στα 11 δις m³. Οι ανωτέρω ποσότητες αντιστοιχούσαν στο 0,2% και 0,4% αντίστοιχα της παγκόσμιας κατανάλωσης.

Στο διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η παγκόσμια ζήτηση υδροποιημένου φυσικού αερίου μέχρι το 2030.

Διάγραμμα 5.6.1 Διάγραμμα παγκόσμιας ζήτησης LNG

Over the next 4–5 years, the LNG market needs ~15 LNG trains to take FID to avoid a tight market in the mid-2020s



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 Συμπεράσματα

Τόσο η εμπορική ναυτιλία όσο και ο τουρισμός αποτελούν τους στυλοβάτες της εθνικής μας οικονομίας ακόμη και στις σημερινές δύσκολες εποχές της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης. Επί σειράν ετών, ο Ελληνόκτητος στόλος κατέχει την πρώτη θέση στην παγκόσμια ναυτιλία. Επίσης η χώρα μας είναι παραδοσιακά ένα από τα ισχυρότερα αλλά και πιο σημαντικά ναυτικά κράτη στον κόσμο. Πολλά Ελληνικά λιμάνια βρίσκονται σε στρατηγικά σημεία με αποτέλεσμα να αποτελούν σημαντικούς πόλους έλξης τόσο εμπορικών όσο και τουριστικών επενδύσεων.

Η ναυτιλία όμως αποτελεί μια σημαντική και συνεχώς αναπτυσσόμενη πηγή αέριων ρύπων, οι οποίοι επιδρούν σημαντικά στην κλιματική αλλαγή. Επίσης έχουν εξαιρετικά δυσμενείς επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και κατά συνέπεια στην υγεία και την ποιότητα ζωής των πολιτών.

Πιο συγκεκριμένα, το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) έχει ιδιαίτερα σημαντική συνεισφορά στο φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής, ενώ από την άλλη τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), τα οξειδία αζώτου (NO_x) και θείου (SO_x) έχουν σημαντικές επιπτώσεις σε θέματα δημόσιας υγείας.

Οι εκπομπές αέριων ρύπων από την παγκόσμια ναυτιλία ανέρχονται σε περίπου 1 δισεκατομμύριο τόνους τον χρόνο, που αντιστοιχεί περίπου στο 3% των παγκόσμιων συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και το 4% των συνολικών εκπομπών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (E.E.).

Δυστυχώς τα δεδομένα δείχνουν ότι χωρίς περιοριστικές δράσεις, οι εκπομπές αυτές αναμένεται να υπερδιπλασιαστούν μέχρι το έτος του 2050, καθώς η ναυτιλία παραμένει ο μόνος τρόπος μεταφοράς επιβατών και φορτίου, ο οποίος δεν έχει ενσωματωθεί ακόμη στην πανευρωπαϊκή υποχρέωση της μείωσης εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

Αναγνωρίζοντας λοιπόν το δυνητικό πρόβλημα, η E.E. από τον Ιούνιο του 2013 έχει καθορίσει μια στρατηγική τριών συγκεκριμένων βημάτων για τη σταδιακή

ενσωμάτωση των θαλάσσιων μεταφορών στην ευρωπαϊκή πολιτική με σκοπό τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ως πρώτο βήμα λοιπόν, οι ιδιοκτήτες των μεγάλων πλοίων που χρησιμοποιούν τα λιμάνια της Ε.Ε. θα είναι υποχρεωμένοι να παρακολουθούν, να υπολογίζουν και έπειτα να αναφέρουν επίσημα τις εκπομπές ρύπων τους κάθε χρόνο, ξεκινώντας από το έτος του 2018.

Το αμέσως επόμενο βήμα θα είναι να τεθούν στόχοι μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών και επιπλέον μέτρα μείωσης που θα περιλαμβάνουν τη διαχείριση και την ανταλλαγή των ρύπων στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού συστήματος εμπορίας των δικαιωμάτων εκπομπής αέριων ρύπων δηλαδή φόρος στα καύσιμα και τη δημιουργία ενός κοινού ταμείου το οποίο θα χρησιμοποιεί αυτά τα χρήματα για έρευνα και νέες τεχνολογίες.

Μέσα λοιπόν σε αυτό το πλαίσιο που αναφέρθηκε, τα λιμάνια αποτελούν συνδέσμους πολύ υψηλής σημασίας ανάμεσα στην ξηρά και στη θάλασσα και έχουν προχωρήσει στα να υπολογίζουν τα λιμενικά τέλη (port dues) ανάλογα με τους ρύπους ώστε να λυθούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των λιμανιών με τη μορφή αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα και στην ανθρώπινη υγεία είναι εξαιρετικά σημαντικές λόγω της εγγύτητάς τους σε πυκνό κατοικημένες περιοχές. Περίπου 50.000 πρόωροι θάνατοι σημειώθηκαν κατ' έτος στην Ε.Ε. οι οποίοι οφείλονται σε ατμοσφαιρική ρύπανση λόγω της ναυτιλίας, κατά κύριο λόγο σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε λιμάνια, ενώ το αντίστοιχο ετήσιο επαγόμενο κοινωνικό κόστος έχει υπολογιστεί περίπου στα 58 δισεκατομμύρια ευρώ.

Θα πρέπει ακόμη να αναφερθεί το γεγονός ότι υπάρχει ένα ευρύ φάσμα επιλογών αλλά και τεχνικών για τη μείωση των εκπομπών των αέριων ρύπων από τη ναυτιλία, οι περισσότερες από τις οποίες είναι εύκολα εφαρμόσιμες και ήδη διαθέσιμες σε μεγάλη κλίμακα. Αυτές περιλαμβάνουν: χρήση καυσίμων χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, χρήση ειδικών φίλτρων, τροποποιήσεις των κινητήρων, ηλεκτροδότηση των πλοίων από τη στεριά και χρήση εναλλακτικών καυσίμων όπως το υγροποιημένο φυσικό αέριο όπου είναι αποδεδειγμένα μια διαθέσιμη λύση με πολλά περιβαλλοντικά οφέλη.

Όσον αφορά τις δύο τελευταίες επιλογές, που φαίνεται να είναι και οι επικρατέστερες, η απευθείας παροχή ηλεκτρικής ενέργειας από τα λιμάνια στα καράβια κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αέριων ρύπων σε ποσοστό 90%. Εφόσον δε αυτή συνδυαστεί και με χρήση ανανεώσιμων πηγών για την παροχή της ενέργειας, αποτελεί μία εξαιρετική προσέγγιση, βελτιώνοντας σημαντικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του λιμανιού. Η λύση αυτή όμως απαιτεί σημαντικές επενδύσεις και από την πλευρά των λιμανιών αλλά και από την πλευρά των πλοιοκτητών.

Από την άλλη, η χρησιμοποίηση ΥΦΑ ως καύσιμο στα πλοία δίνει τη δυνατότητα μείωσης του λειτουργικού κόστους αφού το συγκεκριμένο καύσιμο είναι πιο οικονομικό από το πετρέλαιο και επιτυγχάνει σημαντική μείωση των αέριων εκπομπών (η καύση του ΥΦΑ σχεδόν εκμηδενίζει τις εκπομπές SO_x, ενώ η χρήση του μειώνει σημαντικά και τις εκπομπές PM). Αν και είναι ευκολότερο να κατασκευαστούν νέα πλοία με τέτοιου είδους μηχανές (δυνατότητας καύσης LNG), μετατροπές σε ήδη υπάρχοντα σκάφη έχουν ήδη πραγματοποιηθεί, εκτελώντας δρομολόγια κυρίως στις θάλασσες της Βόρειας Ευρώπης. Η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος σε ότι αφορά τις εκπομπές ρύπων από τα πλοία αποτελεί πλέον απαίτηση σε επίπεδο ευρωπαϊκής πολιτικής, και η χρήση ΥΦΑ στην ακτοπλοΐα μπορεί να βοηθήσει σε αυτή την κατεύθυνση.

Και σε αυτή την περίπτωση όμως τα κεφάλαια που απαιτούνται είναι σημαντικά και εξετάζονται οι πιθανότητες επιδότησης των εργασιών μετάβασης στο νέο καύσιμο. Η εκτεταμένη χρήση του ΥΦΑ ως καυσίμου θα επηρεαστεί άμεσα από τη μελλοντική τιμή του, τη διεύρυνση της παγκόσμιας ναυτιλιακής βιομηχανίας στα εναλλακτικά καύσιμα καθώς και από τον βαθμό παγκόσμιας συνεργασίας στα θέματα υποδομών για τον ανεφοδιασμό με ΥΦΑ. Στον ελλαδικό χώρο, η υλοποίηση σχετικών σχεδίων, όπως πιλοτικά προγράμματα που αφορούν τη μετατροπή υφιστάμενων πλοίων σε διπλού καυσίμου (LNG-Diesel), με ταυτόχρονη διερεύνηση δυνατοτήτων κατασκευής εγκαταστάσεων εφοδιασμού πλοίων με ΥΦΑ, θα πρέπει να αποτελέσει προτεραιότητα των αρμόδιων υπουργείων. Σε κάθε περίπτωση η χώρα μας, εφόσον το επιλέξει, λόγω γεωπολιτικής θέσης θα μπορεί να δημιουργήσει σημαντικούς εφοδιαστικούς κόμβους για τα διερχόμενα πλοία και να είναι πρωτοπόρος σε αυτή τη νέα αγορά που αναπτύσσεται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΣΠΡΟΦΟΣ Α.Ε. (2005). Μελέτη Σταθμού Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας 15.5MW στη Νήσο ρεβυθούσα. Αθήνα

Βαγκιώκας Ν. Τσιρώνης, Ι. Χατζής (2007). Μεταφορές Επικίνδυνων εμπορευμάτων, Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας, Αθήνα

ΔΕΣΦΑ Α.Ε. (2002). Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων για την 2^η Αναβάθμιση του Τερματικού Σταθμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στη Νήσο Ρεβυθούσα, Αθήνα σελ.100

ΔΕΣΦΑ (2011). Διαδικασίες εγκατάστασης ΥΦΑ , REV 3, σελ 6-15

ΔΕΣΦΑ (2014). Έκθεση Βιωσιμότητας

ΔΕΠΑ (2012). Ιστορία Φυσικού Αερίου www.depa.gr

ΔΕΠΑ (2016). Το πρόγραμμα Poseidon Med www.poseidonmed.eu

Ευθυμιάδης (2012). Ανεξάρτητο Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΑΣΦΑ) Αλεξανδρούπολης. Gastrade s.a.

Ευθυμάκης Παναγώτης (2012). Διπλωματική εργασία. Μεταφορά και εγκαταστάσεις παραλαβής υγροποιημένου φυσικού αερίου. Αθήνα

ΕΠΑ Αττικής (2009)

Energia (2012). Τα Δέκα Μεγαλύτερα Σχέδια LNG στον κόσμο, Energia.gr

Καμάρα Ιρένε Π. (2012). Διπλωματική εργασία. Η Ευρωπαϊκή εξάρτηση από το ρωσικό φυσικό αέριο και οι προοπτικές εδραίωσης της ενεργειακής ασφάλειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Ο ρόλος της Ελλάδας, Πειραιάς

Καρακούνας Παναγιώτης, Μπραγκατζή Αθηνά (2005). Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο. Σχολή τεχνολογικών εφαρμογών, τμήμα τεχνολογίας πετρελαίου και φυσικού αερίου. Α.Τ.Ε.Ι Καβάλας

Κασίνης Σόλωνας (2011). Φυσικό αέριο πηγή στην κατανάλωση, ΤΕΠΑΚ, Υπουργείο Εμπορίου, Βιομηχανίας και Τουρισμού σε συνεργασία με το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Kireas (2007). Πληροφορίες για το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Αθήνα

Κορωναίος Χ. (2012). Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Δ.Π.Σ.Μ Περιβάλλον και ανάπτυξη. Ε.Μ.Π.

Παναγέας Π. Πέτρος (2003). Διπλωματική εργασία, Τεχνολογία Φυσικού Αερίου, Μελέτη Δικτύου Καταναλωτών, Αντικεραυνική Προστασία Δικτύου

Τσαλικίδου Π., Νούτσιας Σ. (2002). Το φυσικό αέριο στην Ελλάδα και τη Θεσσαλονίκη. ΤΕΕ/ΤΚΜ ΜΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Χρυσίνας Ε. Λεωνίδα (2014). Μελέτη Οικονομικής Εφικτότητας λειτουργίας σταθμού ανεφοδιασμού πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο. Πειραιάς

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

J.A. Fay (2007). Spread of large LNG pools on the sea. Journal of Hazardous Material 140.

David W. Johnson, John B. Cornwell (2007). Modeling the release, spreading, and burning of LNG, LPG, and gasoline on water. Journal of Hazardous Materials 140.

Environmental Protection Agency – EPA (2012). Athens

Ronald P. Koopman, Donald L. Ermak (2007). Lessons learned from LNG safety research, Journal of Hazardous Materials 140.

Lai, K., Lun, Y., Wong, C. and Cheng, T. (2016). Green shipping management. Springer

LNG Health and Safety Committee of the Disaster Council City of Vallejo (2003). Liquefied Natural Gas in Vallejo: Health and Safety Issues. California.

Phani K. Raj (2007).LNG pool fire spectral data and calculation of emissive power. Journal of Hazardous Materials 142

Sandia National Laboratories (2005).Guidance on Risk Analysis and Safety Implications of a Large Liquefied Natural Gas (LNG) Spill over Water.

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

Ιδιότητες Φυσικού Αερίου», μάθημα τεχνολογίας πετρελαίου και φυσικού αερίου, εργαστήριο τεχνολογίας καυσίμων και λιπαντικών. Ε.Μ.Π. [online] Available at: <http://www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/files/Natural%20Gas%20Properties-1.pdf>

Παραγωγή ενέργειας από συμβατικά ορυκτά καύσιμα και εναλλακτικές πηγές ενέργειας. [online] Available at: http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/k_7.pdf

Το φυσικό αέριο. Προμηθείας. [online] Available at:

<http://www.promitheas.org.gr/default.asp?pid=415&langid=18&>

Το Ελληνικό ενεργειακό σύστημα (2009). Υπουργείο Ανάπτυξης. [online] Available at: <http://es.slideshare.net/bestman124/energy-outlook-2009el>

Πηγές ενέργειας, εκπαιδευτικό πρόγραμμα Ενέργεια και περιβάλλον. Υπουργείο εθνικής παιδείας και θρησκευμάτων. [online] Available at:

http://kpe-kastor.kas.sch.gr/energy1/human_activities/energy_sources.htm

Αποθέματα φυσικού αερίου, Αέριο Θεσσαλονίκης. [online] Available at: <https://www.epathessaloniki.gr/apothemata/fysikou-aeriou/>

Φυσικό αέριο. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. [online] Available at: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=280&language=el-GR>

Παραγωγή και Εισαγωγή ενέργειας. Eurostat, statistics explained. [online] Available at:

http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Energy_production_and_imports

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης από πετρελαιοειδή, Greenpeace. [online] Available at:

<http://www.greenpeace.org/greece/Global/greece/report/2006/8/591349.pdf>

Oil&gas journal LNG UPDATE, Global LNG pricing evolves: supply, demand struggle toward balance (2016). [online] Available at:

<http://www.ogj.com/articles/print/volume-111/issue-4/special-report-lng-update/lng-update-global-lng-pricing-evolves-supply.html>

Energy Insights By Mc Kinsey (2015). [online] Available at:

<https://www.mckinseyenergyinsights.com/insights/positive-outlook-for-lng.aspx>

International Convention for the Prevention of Pollution from Ships MARPOL (2016). [online] Available at:

<http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-%28MARPOL%29.aspx>

Lr.org. (2016). Risk management for oil and gas. Marine Services Lloyd's Register.

[online] Available at: <http://www.lr.org/en/services/risk-management-for-oil-and-gas.aspx>