

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΜΕΤΑΦΟΡΑ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG
ΣΤΟ ΠΛΟΙΟ**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΓΕΡΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ : ΜΠΑΚΟΓΙΑΝΝΗ Ε.**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ
2015**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΜΕΤΑΦΟΡΑ-ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ-ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG
ΣΤΟ ΠΛΟΙΟ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΓΕΡΟΝΤΟΠΟΥΛΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΑΜ : 4717**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ : ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2016

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Η καθηγήτρια

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αφορά την μεταφορά, αποθήκευση και χρήση του LNG, δηλαδή υγροποιημένου φυσικού αερίου, στα σύγχρονα πλοία.

Αποτελεί γεγονός στις μέρες μας πως όλο και περισσότερο, νέες μορφές ενέργειας, λιγότερο ρυπογόνες για το περιβάλλον, η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία αναζητά, με στόχο τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και της συμβολής στην καταστροφή του περιβάλλοντος. Για αυτό το λόγο, τα βλέμματα όλων των ειδικών του ναυτιλιακού χώρου, βρίσκονται στραμμένα στη χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου στα πλοία.

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας στις μέρες μας βοηθά ώστε να γίνει αυτό πραγματικότητα, μιας και το υγροποιημένο φυσικό αέριο θέλει ιδιαίτερη προσοχή στην μεταφορά του για να διατηρηθεί σε αυτήν την κατάσταση. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί νέες υποδομές στα λιμάνια και σύγχρονα υγραεριοφόρα πλοία, τα οποία μπορούν να ανταπεξέλθουν στις απαιτούμενες συνθήκες.

Τα σύγχρονα πλοία διαθέτουν μηχανές εσωτερικής καύσεως νέας τεχνολογίας, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το καύσιμο αυτό ως μέσο πρόωσης. Αυτά, έχουν δυο είδη δεξαμενών αποθήκευσης, οι οποίες διατηρούν το φυσικό αέριο σε υγρή μορφή και σε θερμοκρασία -162°C ώστε να μεταφέρουν περισσότερο όγκο.

Abstract

The present final work concerns the transport storage and use of LNG-Liquefied natural gas in the modern vessels.

It constitutes make in our days that more and more, new forms of energy, more pollutant for the environment, seeks the world shipping industry amining at the restriction of phenomenon of greenhouse and contribution in the destruction of environment. For this reason the looks of all experts of shipping space, are found the turned in the use of natural gas as fuel in vessels.

The technology in the days helps us so that becomes this reality of one and the liquefied natural gas wants particular attention in his transport in order to it maintains in this situation. Have been created new infrastructures in the harbours and modern LNG vessels which can cope with the required conditions.

The modern vessels allocate machines of internal combustion of new technology that can use this fuel as medium proosis. Exist two goods of reservoirs of storage that maintain natural gas in humid form and in temperature -162°C so that they transport more volume.

Εισαγωγή

Αποτελεί γεγονός στις μέρες μας πως όλο και περισσότερο, νέες μορφές ενέργειας, λιγότερο ρυπογόνες για το περιβάλλον, αναζητά η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία με στόχο τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου και της συμβολής στην καταστροφή του περιβάλλοντος.¹ Έτσι λοιπόν, τα βλέμματα όλων των ειδικών του ναυτιλιακού χώρου, βρίσκονται στραμμένα στη χρήση φυσικού αερίου ως καυσίμου στα πλοία.

Πρόκειται για ένα από τα βασικότερα θέματα συζήτησης στη ναυτιλία και το οποίο χαρακτηρίζεται ως θέμα «*receiving a lot of attention*». Σύμφωνα με τους ειδικούς, το LNG θεωρείται το καύσιμο του μέλλοντος, αφού έχει μάλιστα χρησιμοποιηθεί και δοκιμαστεί από ένα μικρό αριθμό πλοίων, τα λεγόμενα gas ships, για κάποιο χρονικό διάστημα.²

Στις μέρες μας υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός προτάσεων για την κατασκευή μηχανών για πλοία που θα μπορούν να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ως καύσιμο. Σε πρώτη φάση, το φυσικό αέριο θα χρησιμοποιηθεί στη ναυτιλία μικρών αποστάσεων και στα επιβατηγά πλοία. Ήδη οι Φιλανδοί, μέσω της STX Finland και της Viking Line, σε συνεργασία με το Lloyd's Register, κατασκευάζουν το πρώτο επιβατηγό-ferry που θα χρησιμοποιεί ως καύσιμο το LNG. Θα κατασκευαστεί στα φιλανδικά ναυπηγεία STX Turku.

Το τεράστιο πλοίο θα παραδόθηκε στις αρχές του 2013 και είναι παγκοσμίως το πιο φιλικό προς το περιβάλλον επιβατηγό πλοίο, με ελάχιστες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Έχει μεταφορική ικανότητα 2.800 επιβατών και 1.100 lane metres για Ι.Χ. αυτοκίνητα και υπηρεσιακή ταχύτητα 22 κόμβων.³

Επίσης, ο Lloyd's Register πιστοποίησε το πρώτο παγκοσμίως «chemical tanker», το Argonon, χωρητικότητας 6.100 dwt, της ναυτιλιακής εταιρείας Argono Shipping. Έχει μήκος 110 μέτρα, ναυπηγήθηκε στα

¹ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

² Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

³ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

Rotterdam's Shipyard Trico BV και έχει τη δυνατότητα να κάνει το ταξίδι Ρότερνταμ – Βασιλεία χωρίς ανεφοδιασμό.

Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης σχετικά πως το LNG ως καύσιμο ταιριάζει στα ferries, αφού κάνουν δρομολόγια ανάμεσα σε συγκεκριμένα λιμάνια με ειδικά LNG terminals, που διευκολύνουν τον ανεφοδιασμό τους. Ανάλογες υποδομές αυτή τη στιγμή δεν υπάρχουν για άλλου τύπου πλοία ,συμπεριλαμβανομένων και των κρουαζιερόπλοιων.

Το φυσικό αέριο είναι επίσης ιδανικό για τη ναυτιλία μικρών αποστάσεων και στο τομέα του *inland waterway hoteling*, αφού τα ταξίδια τους γίνονται είτε κοντά σε πολυπληθείς πόλεις, είτε περνούν μέσα από αυτές και μπορεί με αυτό τον τρόπο να μειωθεί η βλαβερή εκπομπή αερίων. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα της χρήσης φυσικού αερίου για καύσιμο στα πλοία είναι ότι μειώνει σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα ρύπανσης.

Σύμφωνα με πληροφορίες, οι περισσότερες ναυτιλιακές εταιρείες, μεταξύ των οποίων και ελληνικών συμφερόντων, μελετούν επισταμένα το θέμα και σκέφτονται να εκπονήσουν προγράμματα για πιθανές νέες παραγγελίες για ναυπηγήσεις πλοίων ώστε να γίνει η διερεύνηση εγκατάστασης των ειδικών για LNG μηχανών από την αρχή και να μη χρειαστεί να τις μετατρέψουν στη συνέχεια, κίνηση που θα ήταν σαφώς πιο κοστοβόρα, προσβλέποντας σε μια εφικτή λύση συμμόρφωσης προς τους επερχόμενους νέους κανονισμούς για την μείωση των εκπομπών ρύπων από τα πλοία.⁴

⁴ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Κεφάλαιο Πρώτο : Στοιχεία και Χαρακτηριστικά Μεταφοράς του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου – LNG δια Θαλάσσης

1.1 Η Έννοια του Φυσικού Αερίου – Χημικές και Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Χρήσης του Καθώς και η Διευρυμένη Χρήση του στις Μέρες μας

Τα φυσικό αέριο αποτελείται από ένα συγκεκριμένο μίγμα από υδρογονάνθρακες.⁵ Το σημείο από το οποίο εξάγεται αναφέρεται στις υπόγειες κοιλότητες και θεωρείται στις μέρες μας ως ένα σημαντικό οικολογικό καύσιμο. Σχετικά με την χημική σύσταση του φυσικού αερίου, αναφέρεται πως το βασικότερο συστατικό του θεωρείται το μεθάνιο. Ωστόσο, στην σύνθεση του εντοπίζονται και άλλα συστατικά σε σημαντικές ποσότητες, όπως οι ακόλουθες:⁶

- Αιθάνιο
- Προπάνιο
- Βουτάνιο
- Διοξείδιο του άνθρακα
- Άζωτο
- Ήλιο
- Υδρόθειο

Στον ακόλουθο πίνακα No.1 επίσης, αναφέρονται τα ποσοστά του μεθανίου, αιθανίου, προπανίου και βουτανίου επί % κατά όγκο σύστασης ως εξής :⁷

⁵ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

⁶ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

⁷ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Πίνακας Νο.1 – Ποσοστά Μεθανίου, Αιθανίου, Προπανίου και Βουτανίου επί %
Κατά Όγκο Σύστασης

<u>Συστατικά</u>	<u>% Κατά Όγκο Σύσταση</u>
Μεθάνιο	70-90%
Αιθάνιο	5-15%
Προπάνιο και βουτάνιο	<5%

Θα πρέπει να σημειωθεί βέβαια πως δεν εντοπίζεται καμία κατηγορία υδρογονανθράκων στο φυσικό αέριο και το οποίο χαρακτηρίζεται ως «ξηρό», εκτός από το μεθάνιο. Αντίστοιχα, ως υγρό φυσικό αέριο ονομάζεται εκείνο το οποίο περιλαμβάνει και άλλες ουσίες υδρογονανθράκων εκτός από το μεθάνιο.⁸

Είναι διαπιστωμένο πως το φυσικό αέριο είναι άχρωμο και άοσμο. Η μοναδική οσμή που διαθέτει είναι τεχνητή και κάποιος την καταλαβαίνει μόνο από κάποια διαρροή του.⁹ Είναι ελαφρύτερο σε βάρος από τον αέρα, το βάρος του είναι ίσο με το ειδικό βάρος 0,59 και ανήκει στη δεύτερη κατηγορία των αέριων καυσίμων. Σε σχέση με την καύση άλλων καυσίμων, η δική του καύση δεν θεωρείται τόσο βλαβερή και δεν φέρει αρνητικές συνέπειες, όπως οι ουσίες του γαιάνθρακα και του λαδιού για το περιβάλλον. Επίσης, παράγει μικρές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα για την κάθε μονάδα παραγόμενης ενέργειας.

Επιτελώντας μια σχετική ιστορική αναδρομή, θα λέγαμε πως οι ενδείξεις για διαρροές φυσικού αερίου, αρχικά ανακαλύφθηκαν ανάμεσα στο 6.000 με 2.000 π.Χ και συγκεκριμένα στην σημερινή περιοχή του Ιράν. Δεν είναι περίεργο ότι στην Κίνα περίπου το 900 π.Χ., αναφέρεται η χρήση του φυσικού αερίου.¹⁰ Όσον αφορά στην περιοχή της Ευρώπης, το φυσικό αέριο αναφέρεται προς χρήση στην Αγγλία το 1659 όπου ανακαλύφθηκε από την

⁸ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

⁹ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

¹⁰ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

απόσταξη άνθρακα. Στα χρόνια που ακολούθησαν, διαφαίνεται ότι ήταν εύκολη η χρήση, η μεταφορά και η αποθήκευσή του σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή / και στο φωτισμό δρόμων ή σπιτιών αντίστοιχα.¹¹

Ουσιαστικά, η πόλη Φριντόνια το 1821, ήταν η πρώτη πόλη όπου χρησιμοποιεί το φυσικό αέριο. Παρ' όλα αυτά, το φυσικό αέριο και η χρήση του δεν ήταν και πολύ διαδεδομένη εκείνη τη περίοδο. Ο βασικός λόγος ήταν ότι η μεταφορά του επιτελούνταν με δύσκολο τρόπο ειδικά σε μεγάλες αποστάσεις για ένα περίπου και έτσι παρέμενε στο περιθώριο χωρίς να εξελίσσεται βιομηχανικά.¹² Αργότερα όμως, η βιομηχανική του εξέλιξη βασίστηκε στον άνθρακα, στο πετρέλαιο και στον ηλεκτρισμό. Η εξέλιξή του με αγωγούς αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1920 και το γεγονός αυτό ήταν το σημαντικότερο στάδιο για την οικιακή του χρήση.¹³

Η κατανάλωση του φυσικού αερίου αναφέρεται σε ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες την περίοδο του Β' Παγκόσμιου Πολέμου και οι οποίες ποσότητες έως και σήμερα δεν έχουν ξεπεραστεί. Η παγκόσμια παραγωγή του ήταν το 1960,470 κυβικά μέτρα και το 1979, 1.459 τρις. κυβικά μέτρα. Χαρακτηριστικά το 1950 αποτελούσε το 12% της παγκόσμιας καταναλισκόμενης ενέργειας. Το ποσοστό αυτό το 1980, αυξήθηκε σε 25%. Οι σημερινές εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας δείχνουν ότι θα υπάρξει αύξηση το 2015 και η οποία θα υπερβεί και θα καλύπτει το ¼ των ενεργειακών αναγκών το 2030.¹⁴

Στη χημική βιομηχανία, το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη και καύσιμο, όπου μέσα από υπόγειες κοιλότητες εξάγεται σε περιπτώσεις υψηλής πίεσης. Στις κοιλότητες αυτές σχηματίσθηκε με τέτοιο τρόπο που είναι όμοιος με αυτόν σχηματισμού του πετρελαίου. Επίσης, ο τρόπος με τον οποίο μεταφέρεται σε σημεία χρήσης του δεν απαιτεί κάποια επεξεργασία. Έχει

¹¹ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

¹² Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

¹³ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

¹⁴ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

παρατηρηθεί αντίστοιχα ότι τα κέντρα στα οποία καταναλώνεται, βρίσκονται σε μακρινή απόσταση από τα κοιτάσματα φυσικού αερίου. Έτσι είναι αναμενόμενο ότι πρέπει να γίνει η μεταφορά του, παρόλο που οι βιομηχανίες χημικής επεξεργασίας του είναι μακριά από την παραγωγή του και την περιοχή της. Βέβαια από την κατάσταση στην οποία βρίσκεται κατά την εξόρυξη του, εξαρτάται και η μεταφορά του.¹⁵

Αν η κατάστασή που βρίσκεται είναι σε αέρια μορφή, τότε η μεταφορά του γίνεται με αγωγούς υψηλής πίεσης και αν είναι σε υγρή μορφή, τότε γίνεται με πλοία. Επίσης, η μεταφορά του με αγωγούς επιτρέπει να καλυφθούν χιλιάδες χιλιόμετρα απόστασης. Χαρακτηριστικοί αγωγοί αντίστοιχης μεταφοράς, είναι εκείνοι του Τέξας – Λουϊζιάνας και οι οποίοι εκτίνονται μέχρι και τη βορειοανατολική ακτή, καθώς και από την Αλμπέρτα μέχρι τον Ατλαντικό.¹⁶

Τα πλοία στην προκειμένη περίπτωση, έχουν αναλάβει τη μεταφορά του αερίου από αυτές τις περιοχές σε κάποια χώρα προορισμού. Κατά την μεταφορά, το αέριο υγροποιείται στους -160 βαθμούς και η μεταφορά του εκτελείται με τον ίδιο τρόπο όπως αυτή του πετρελαίου, δηλαδή με ειδικά κατασκευασμένα δεξαμενόπλοια και όπου σε 600 κυβικά μέτρα αερίου αντιστοιχεί ένα κυβικό μέτρο υγρού φυσικού αερίου. Σχετικά, θα πρέπει να σημειωθεί πως η Ελλάδα καλύπτει τις ανάγκες της σε αέριο από την Αλγερία και Ρωσία. Το αέριο επίσης εμφανίζει σημαντικά πλεονεκτήματα, αφού :

- Θεωρείται μια βασική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Χρησιμοποιείται για την παραγωγή υδρογόνου
- Χρησιμοποιείται ως καύσιμο για οχήματα
- Χρησιμοποιείται ευρέως για οικιακή χρήση
- Χρησιμοποιείται για τη κατασκευή παραγωγής γυαλιού, υφασμάτων, ατσαλιού, πλαστικών και ειδών χρωματισμού.

¹⁵ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

¹⁶ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

1.2 Οι Σημερινοί Τρόποι Μεταφοράς του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου με Συγκεκριμένους Τύπους Πλοίων

Αναφερόμενοι στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (Liquified gas carriers), θα λέγαμε πως τα πλοία αυτά μεταφέρουν υγροποιημένους αέριους υδρογονάνθρακες και διακρίνονται σε δύο κυρίως τύπους, αυτόν της μεταφοράς υγροποιημένων αερίων πετρελαίου (Liquified Petroleum Gas, LPG) και τύπο μεταφοράς υγροποιημένων φυσικών αερίων (Liquified Natural Gas, LNG).

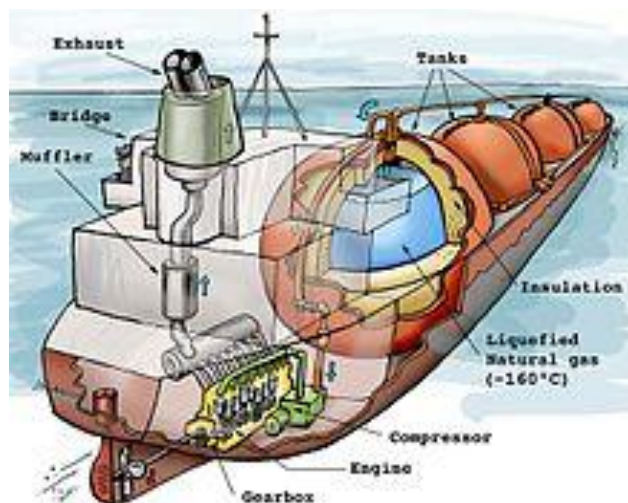
Τα πρώτα αέρια αποτελούν προϊόντα της διύλισης πετρελαίου, όπως το βουτάνιο και προπάνιο, ενώ τα δευτερεύοντα αποτελούν άμεσους φυσικούς πόρους, όπως το μεθάνιο και αιθάνιο, ή είναι αναμειγμένα με το αργό πετρέλαιο και συγκεντρώνονται στις πετρελαιοπηγές. Η εκφόρτωση γίνεται με αντλίες των πλοίων και η φόρτωση με αντλίες των τερματικών σταθμών.¹⁷

Αντίστοιχα, στα πλοία μεταφοράς LNG, τα αέρια αυτά σε αντίθεση με τα LPG δεν υγροποιούνται υπό συνθήκες πίεσης μόνο, και μεταφέρονται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (αιθάνιο στους -104°C και μεθάνιο στους -176°C) υπό ατμοσφαιρική πίεση. Όπως και στην περίπτωση των LPG, οι δεξαμενές είναι ανεξάρτητες, συνήθως σφαιρικού τύπου, αλλά κατασκευάζονται από παχύ έλασμα αντιδιαβρωτικού κράμματος αλουμινίου πλαισιασμένο από θερμομόνωση.¹⁸

¹⁷ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

¹⁸ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

1.3 Τρόπος Μεταφοράς Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου με Πλοία Τύπου LNG και Σύγχρονα Δεδομένα Σχετικά



Εικόνα Νο.1 – Σημεία Λειτουργίας σε Ένα Πλοίο Τύπου LNG

Αναφερόμενοι στο τρόπο μεταφοράς φυσικού υγροποιημένου αερίου με πλοίο τύπου LNG και τα σύγχρονα δεδομένα τα οποία αναφέρονται σχετικά, θα μπορούσαν να σημειωθούν τα εξής: Τα πλοία αυτού του τύπου δεν είναι τίποτε άλλο από ένα είδος εμπορικών πλοίων ή/και δεξαμενόπλοιων ,των οποίων το φορτίο είναι το φυσικό αέριο και το οποίο βρίσκεται σε υγρή μορφή και όπου η μεταφορά του με τα συγκεκριμένα πλοία, διεξάγεται αντίστοιχα όπως και η μεταφορά του πετρελαίου.¹⁹

¹⁹ Seamanship International, «Types of Liquefied Gas Carriers», U.S.A., March 2007



Εικόνα Νο.2 – Φωτογραφία Πλοίου Τύπου LNG με Ορθογώνια Τραπεζοειδής Δεξαμενή

Θα πρέπει λοιπόν να σημειωθεί σχετικά πως η εμφάνιση αλλά και η ναυπήγηση των πρώτων πλοίων του συγκεκριμένου είδους έγινε στην δεκαετία του 1960. Την εποχή εκείνη έφεραν την ονομασία μεθανιοφόρα. Τα χαρακτηριστικά των δεξαμενών τους ήταν ότι το σχήμα έφερε τη μορφή ενός ορθογώνιου τραπεζοειδούς. Αργότερα όμως αυτό άλλαξε και έγινε σφαιροειδές, εκ των οποίων το πάνω μέρος τους ήταν υψηλότερο από το βασικό κατάστρωμα του πλοίου. Οι δεξαμενές *τύπου μεμβράνης* αναφέρονται στα σύγχρονα υγραεριοφόρα πλοία. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι εντός των συγκεκριμένων δεξαμενών, η μεταφορά των υγραερίων επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία πολύ χαμηλή.

Συγκεκριμένα, για κάποια από αυτά τα φορτία φθάνει στους -250°F , ή σε υψηλές πιέσεις. Το γεγονός αυτό της μεταφοράς των αερίων φορτίων είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο και γι' αυτό το λόγο και τα πλοία αυτού του τύπου θεωρούνται επικίνδυνα, αφού τα ατυχήματα είναι πολύ πιθανό να συμβούν. Δεν είναι τυχαίο ότι τα μέτρα ασφαλείας αλλά και οι περιορισμοί σε αυτού του τύπου τα πλοία είναι πολύ λεπτομερείς. Με σκοπό επίσης να διεξαχθεί μια σωστή προσέγγιση αυτών των πλοίων στους λιμένες, θα πρέπει να υπάρχουν ειδικοί προβλήτες ιδίων ή συναφών εγκαταστάσεων και τα μέτρα ασφαλείας

να είναι επίσης σχολαστικά. Επίσης, οι όποιες προβλέψεις για την αντιμετώπιση τυχόν προβλημάτων είναι απαραίτητη.

Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης πως το έτος 1976, η χωρητικότητα των ελληνικών πλοίων έφτανε τους 338.0000 κόρους επί της συνολικής παγκόσμιας χωρητικότητας που ήταν 372.000.000 κόρων. Περίπου δηλαδή του 0,9% της χωρητικότητας πριν 25 χρόνια ανήκε σε ελληνικά χέρια και σε αντίθεση με το σήμερα όπου το 46% των συγκεκριμένων πλοίων ανήκει σε Έλληνες εφοπλιστές.²⁰ Να σημειωθεί ότι η αύξηση του αριθμού των πλοίων μπορεί να μην είναι εντυπωσιακή, αλλά είναι σταθερή και ειδικά από τη στιγμή που η κατανάλωση υγραερίου και η παγκόσμια ανάγκη για αυτή διπλασιάσθηκε σε μια δεκαετία.²¹

Σύνθεση Τυπικού Φυσικού Αερίου και ΥΦΑ



Ειδικότερα, από το 1960 - 1970 από 20 σε 40 δισεκατομμύρια κυβικούς πόδες. Προκειμένου να κατανοήσει κάποιος την ικανότητα μεταφοράς αυτών των πλοίων, αναφέρεται ότι ένα κυβικό μέτρο αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα φυσικού αερίου σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Δηλαδή ένα πλοίο αυτού του τύπου με χωρητικότητα 90.000 ή 120.000 κυβικά μέτρα είναι σε θέση να μεταφέρει σε κάθε ταξίδι 50.000.000 ή και 70.000.000 κυβικά μέτρα φυσικό

²⁰ Peters, H., 2008, "Seatrade, Logistics, and Transport", PRE Policy and Research Series, Report No. 6, Washington, D.C., World Bank.

²¹ Seamanship International, «Types of Liquefied Gas Carriers», U.S.A., March 2007

αέριο. Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης πως οι βασικοί τύποι των υγραεριοφόρων πλοίων που παρατηρούνται στις θαλάσσιες μεταφορές είναι οι εξής:

- Υγραεριοφόρα φυσικού αερίου τα οποία λέγονται και δεξαμενόπλοια
- Τα τάνκερς φυσικού αερίου ή διαφορετικά τα Liquefied Natural Gas
- Τα υγραεριοφόρα πετρελαϊκού τύπου τα οποία είναι τα δεξαμενόπλοια ή τα τάνκερς πετρελαϊκού τύπου - Liquid Petroleum Gas

Θεωρείται σημαντικό επίσης το γεγονός πως βασικά στοιχεία για αυτού του είδους πλοία, θεωρούνται οι ακόλουθες λεπτομέρειες μεταφοράς φορτίων τους ως εξής:²²

- Σε κυβικά μέτρα έχει καθιερωθεί να υπολογίζεται η χωρητικότητα αυτών των πλοίων καθώς και να δηλώνεται σχετικά. Το διεθνές σύμβολο που χρησιμοποιείται είναι το *cbm*

Μέσα από τις γνώμες των ειδικών για τις αποκλειστικά οικονομικά ζώνες, για τους αγωγούς πετρελαίου, τους αγωγούς αερίου και άλλα συναφή θέματα, θα πρέπει να οριοθετηθεί και η έννοια του στοιχείου LPG και η μεταφορά του σε συγκεκριμένα είδη πλοίων προς φόρτωση και μεταφορά. Έτσι λοιπόν θα λέγαμε πως χαρακτηριστικά το LPG θα πρέπει να θεωρηθεί ως ένας πλωτός αγωγός που διαθέτει την ικανότητα να μεταφέρει αέριο.

Με τον ίδιο τρόπο λοιπόν όπως τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία LNG είναι ένα μέσο μεταφοράς ακάθαρτου πετρελαίου, από το μέρος από το οποίο εξάγεται το πετρέλαιο ή το αέριο, δηλαδή στον τόπο παραγωγής στον τόπο κατανάλωσης. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι υπάρχουν διαφορές και πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους αγωγούς μεταφοράς αερίου για μεγάλες αποστάσεις. Αυτά τα πλεονεκτήματα είναι εμφανή για τα πλοία μεταφοράς αερίου, αφού:²³

²² Alderton, P., 2004 "Transport, Operations and Economics", Adlard Coles Nautical

²³ Seamanship International, «Types of Liquefied Gas Carriers», U.S.A., March 2007

- Για τα πλοία αυτά που μεταφέρουν υγροποιημένο αέριο, η ποσότητα που μεταφέρουν είναι συνήθως 160.000 κυβικά μέτρα υγροποιημένου αερίου.
- Η θερμοκρασία που μεταφέρεται το υγροποιημένο αέριο είναι στους - 270°F περίπου.
- Υπάρχει πολύ μεγάλη συμπύκνωση στο προϊόν, με αποτέλεσμα η ποσότητα η οποία μπορεί να μεταφερθεί να είναι μεγάλη.
- Όσον αφορά την αγορά της Ρωσίας και των αγορών που μπορούν να προχωρήσουν στην αγορά αερίου από εκεί, υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς του αερίου μέσω αγωγού .

1.4 Νέοι Τρόποι Σχεδίασης των Συγκεκριμένων Πλοίων με Σκοπό την Καλύτερη και Ασφαλέστερη Μεταφορά του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου

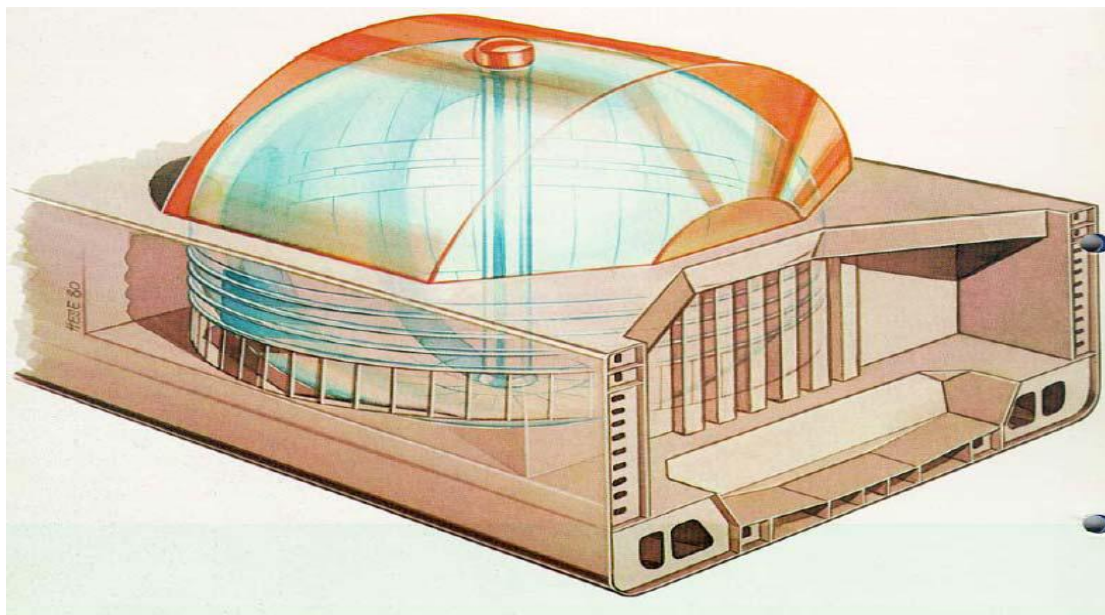
Αναφερόμενοι στους νέους τρόπους σχεδίασης των συγκεκριμένων μηχανών και με σκοπό την καλύτερη και ασφαλέστερη μεταφορά φυσικού υγροποιημένου αερίου, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως τα δεξαμενόπλοια προηγμένης τεχνολογίας, που κατασκευάζονται για την εξυπηρέτηση μακροχρόνιων συμβάσεων μεταφοράς LNG, έχουν διάρκεια ζωής 30-35 χρόνια.²⁴ Ανάλογα με την φιλοσοφία κατασκευής διακρίνονται σε δεξαμενόπλοια:

- Πρισματικών δεξαμενών (Conch, Gas Transport, Self Supporting)
- Σφαιρικών δεξαμενών.

Οι δεξαμενές έχουν ειδική μόνωση ή και ειδικές διατάξεις (κάποιοι από τους τύπους των δεξαμενών) στο εσωτερικό τους για την ελαχιστοποίηση του *boil-off gas*. Στα σχήματα και τις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι διάφορες τεχνικές κατασκευής δεξαμενοπλοίων μεταφοράς LNG καθώς και κατασκευαστικές λεπτομερείς τους.²⁵

²⁴ Peters, H., 2008, "Seatrade, Logistics, and Transport", PRE Policy and Research Series, Report No. 6, Washington, D.C., World Bank.

²⁵ Alderton, Patrick, 2004 "Transport, Operations and Economics", Adlard Coles Nautical



Εικόνα Νο.3 – Δεξαμενή Πλοίου Τύπου LNG σε Κυκλικό Σχήμα



Εικόνα Νο.4 – Φωτογραφία Πλοίου Τύπου LNG με Κυκλική Δεξαμενή

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν όλα τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου για την αποφυγή ατυχημάτων αναλύονται στις παραγράφους που ακολουθούν. Αρχικά, όλα τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου πρέπει να έχουν διπλά τοιχώματα και διπύθμενα, ώστε να παρέχεται σημαντική προστασία ενάντια σε οποιαδήποτε απελευθέρωση LNG, που μπορεί να συμβεί λόγω οποιασδήποτε εξωτερικής ζημιάς.

Επίσης τα LNG πλοία πρέπει να αντέχουν τις φυσιολογικές επιπτώσεις της εκροής που πιθανόν να συμβεί λόγω μιας εξωτερικής ζημιάς (βλάβη του συστήματος πρόωσης ή του πηδαλίου, βλάβη του εξοπλισμού, ανθρώπινο λάθος). Όσον αφορά την απομόνωση των χώρων φορτίου, ο IGC κώδικας (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk) απαιτεί ότι ο εσώκλειστος χώρος της κατασκευής του πλοίου στον οποίο εδράζονται τα μέσα αποθήκευσης του φορτίου (hold places) να είναι διαχωρισμένος από τους χώρους των μηχανολογικών εγκαταστάσεων, της ενδιαίτησης, των σταθμών ελέγχου, των δεξαμενών πόσιμου νερού, των chain lockers, των stores κ.α.

Επίσης υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις για την απομόνωση του δικτύου σωληνώσεων του φορτίου από άλλες σωληνώσεις, με σκοπό την αποφυγή της μεταφοράς του φορτίου ή ατμών του, μέσω άλλων σωληνώσεων. Επίσης καθορίζονται τα δωμάτια υπηρεσίας, τους σταθμούς ελέγχου και τους χώρους των μηχανολογικών εγκαταστάσεων. Επιπλέον, απαραίτητες είναι οι ρυθμίσεις που επιτρέπουν την οπτική επιθεώρηση τουλάχιστον της μιας πλευράς της εσωτερικής γάστρας και της μόνωσης που βρίσκονται στα hold spaces.

Απαιτείται επίσης η επαρκής πρόσβαση στις δεξαμενές του φορτίου ώστε να επιτρέπεται η εσωτερική επιθεώρησή τους. Σημαντικά θεωρούνται και τα συστήματα ανίχνευσης πιθανών διαρροών LNG από τις δεξαμενές. Όσον αφορά τις σχεδιαστικές απαιτήσεις συγκράτησης του φορτίου, απαιτείται η ανάπτυξη ενός σχεδίου φύλαξης του φορτίου που να λαμβάνει υπόψη τις μέγιστες πιέσεις του ατμού του και το μέγιστο επιτρεπτό όριο των βαλβίδων ανακούφισης σύμφωνα με τις προδιαγραφές του κώδικα IGC.

Επιπλέον, ο IGC κώδικας απαιτεί ότι η κατασκευαστική ανάλυση είναι σύμφωνη με τη σχεδίαση του κάθε τύπου χώρου φύλαξης του φορτίου ώστε να λαμβάνονται υπόψη όλες οι φορτίσεις σε κάθε τύπο φύλαξης του φορτίου.

Στην περίπτωση διαρροής πρέπει να υπάρχουν δευτεροβάθμιοι χώροι φορτίου έτσι ώστε να κατακρατούν πιθανές διαρροές LNG από τις κύριες δεξαμενές του (περίπου για 15 μέρες), ώστε να αποφεύγεται η μείωση της θερμοκρασίας σε μη επιθυμητό επίπεδο της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου. Στην συνέχεια, με την χρήση κατάλληλων συστημάτων για χαμηλές θερμοκρασίες διασφαλίζεται η γάστρα του πλοίου από την επαφή της με το κρυογόνο LNG.

Ο IGC Code παρέχει κανονισμούς για γενικό σχεδιασμό, πάχος σωληνώσεων, δείκτες πιέσεων σχεδίασης, επιτρεπτά όρια αντοχής τους, τον τύπο των δοκιμών τους, την συγκολλησή τους, δοκιμές διαρροών κ.α.. Τέτοιες απαιτήσεις είναι απαραίτητες, ώστε να εξασφαλιστεί ότι όλα τα δίκτυα σωλήνωσης είναι κατάλληλα σχεδιασμένα. Τα συστήματα και βαλβίδες ασφάλειας πρέπει να είναι αυτοματοποιημένα έτσι ώστε να αποφεύγονται τα ατυχήματα. Στα συστήματα ελέγχου πίεσης και θερμοκρασίας εφαρμόζεται μηχανική ψύξη και χρησιμοποιούν τον κορεσμένο ατμό ως καύσιμο ή ως μέσο θέρμανσης.

Ιδιαίτερα στα συστήματα εκτόνωσης πιέσεων υπάρχουν τουλάχιστον δύο βαλβίδες, οι οποίες θα πρέπει να παρέχονται με ένα δίκτυο σωλήνωσης ώστε να αποφεύγεται η συσσώρευση του LNG στο κατάστρωμα ή σε περιοχές με μεγάλη επικινδυνότητα. Στον εξοπλισμό ενός πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου αερίου απαραίτητα είναι τα συστήματα προστασίας κενού τα οποία περιλαμβάνουν δύο διακόπτες (switches) που χτυπούν συναγερμό και ενεργοποιούν το κλείσιμο της αναρρόφησης οποιουδήποτε υγρού ή αερίου φυσικού αερίου από τις δεξαμενές του, απενεργοποιώντας το σύστημα ψύξης. Επίσης τέτοια συστήματα παρέχουν βαλβίδες εκτόνωσης πιθανών κενών που είναι σχεδιασμένες για τον μέγιστο ρυθμό εκτόνωσης (εκροής) του κενού.

Σύμφωνα με τον IGC Code, όλα τα LNG πλοία είναι υποχρεωμένα να διαθέτουν ένα κύριο σύστημα πυρόσβεσης (νερό) καθώς και αρκετές πυροσβεστικές φωλιές με ικανότητα να τροφοδοτούν με νερό οποιοδήποτε τμήμα του καταστρώματος και όχι μόνο. Επίσης η τροφοδοσία του νερού πυρόσβεσης πρέπει να παρέχει νερό και για

συστήματα ψύξης με σκοπό την πρόληψη φωτιάς και την προστασία του πληρώματος σε συγκεκριμένες περιοχές.

Ως πυροσβεστικό μέσο πρέπει να χρησιμοποιείται μία ξηρή χημική σκόνη. Μέσα στον πίνακα ελέγχου, συμπεριλαμβάνονται ο εξοπλισμός ανίχνευσης αερίου που να θέτει σε συναγερμό το πλήρωμα για πιθανή διαρροή, μία συσκευή μέτρησης του επιπέδου του υγρού για κάθε δεξαμενή, ένα υψηλού επιπέδου ακουστικό και οπτικό συναγερμό που να σταματάει την ροή φορτίου μέσα στην δεξαμενή όταν αυτός ενεργοποιηθεί, μετρητές πίεσης στις δεξαμενές μαρκαρισμένοι με τις ελάχιστες και μέγιστες πιέσεις των δεξαμενών, δύο μετρητές θερμοκρασίας και συναγερμούς, ώστε να ελέγχονται πιθανές διαρροές στο επίπεδο της μόνωσης ή στους χώρους της μεταλλικής κατασκευής του πλοίου που είναι παρακείμενοι στις δεξαμενές.

Τέλος, απαραίτητα θεωρούνται τα συστήματα ανίχνευσης αερίου με ακουστικούς και οπτικούς συναγερμούς και τα συστήματα ανεφοδιασμού που να αποκρίνονται αυτόματα σε οποιαδήποτε ανίχνευση LNG στην ατμόσφαιρα, με αυτόματη διακοπή της άντλησης και το κλείσιμο των βαλβίδων για την απομόνωση των γραμμών μεταφοράς LNG. Σημαντικές είναι και οι συνδέσεις έκτακτης απελευθέρωσης, οι οποίες είναι σχεδιασμένες ώστε εάν μία τέτοια σύνδεση απελευθερωθεί, τότε το ποσό του LNG που θα διοχετευθεί στην ατμόσφαιρα θα είναι πάρα πολύ μικρό.

Εκτός όμως της ασφάλειας που θα πρέπει να παρέχουν οι δεξαμενές και γενικότερα η λειτουργία των πλοίων μεταφοράς LNG φορτίου, σημαντικό ρόλο στην διαδικασία καλύτερης και ασφαλέστερης μεταφορά φυσικού αερίου, κατέχουν και οι εγκαταστάσεις εκφόρτωσης, αποθήκευσης, επανεξάτμισης και αποστολής του LNG προς το δίκτυο μεταφοράς. Έτσι λοιπόν, μια εγκατάσταση υποδοχής, φόρτωσης και εκφόρτωσης φορτίου LNG, θα πρέπει να αποτελείται από τα ακόλουθα:²⁶

- Δεξαμενές αποθήκευσης LNG
- Προβλήματα εκφόρτωσης LNG με:

²⁶ Seamanship International, «Types of Liquefied Gas Carriers», U.S.A., March 2007

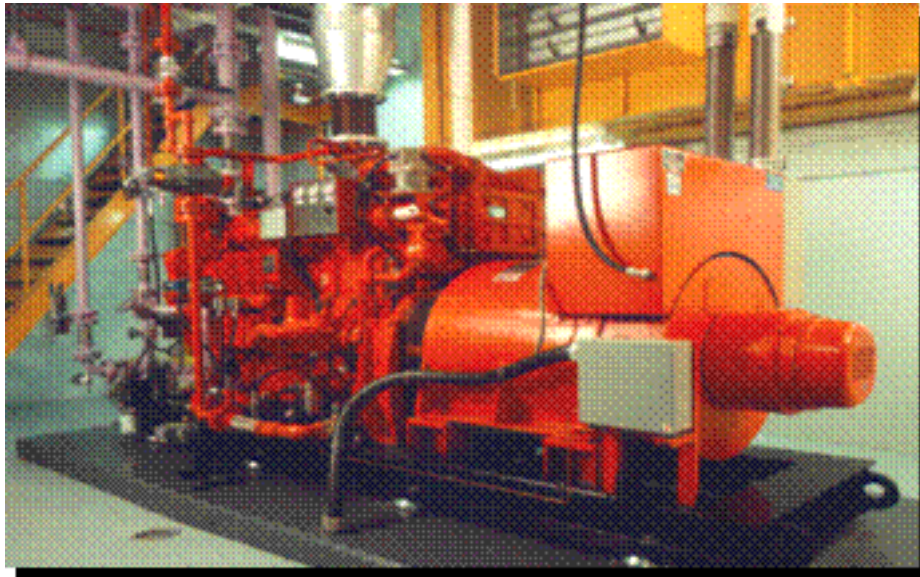
- ❖ Βραχίονες εκφόρτωσης
- ❖ Βραχίονες επιστροφής ατμών (Boil-off)
- Αντλίες LNG χαμηλής πίεσης, βυθισμένες στο εσωτερικό των δεξαμενών
- Αντλίες LNG υψηλής πίεσης που συμπιέζουν το LNG έως την πίεση λειτουργίας του δικτύου μεταφοράς. Η συμπίεση LNG, απαιτεί 30 φορές λιγότερη ενέργεια από τη συμπίεση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

Κεφάλαιο Δεύτερο : Το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG ως Μέσο Καύσης Μηχανών Εσωτερικής Καύσης με Σκοπό τη Κίνηση Πλοίων

2.1 Η Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Πλοίων

Οι Μηχανές Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ) θεωρούνται ουσιαστικά η μετεξέλιξη των συμβατικών μονάδων. Έτσι, γίνεται χρήση της δοκιμασμένης για περισσότερο από ένα αιώνα της τεχνολογίας του κύκλου συμπίεσης, αντικατάσταση του ηλεκτροκινητήρα με μηχανή εσωτερικής καύσεως με τροφοδότηση από φυσικό αέριο.

Στις ΜΕΚ στις οποίες γίνεται χρήση φυσικού αερίου, ουσιαστικά επιτυγχάνεται αντικατάσταση του κινητήρα αντλίας με μονάδες εσωτερικής καύσης. Σε κάθε περίπτωση όμως, αυτό που θα πρέπει κάποιος να έχει στο μυαλό του, είναι πως μια ΜΕΚ με χρήση αερίου λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο και όπου χρησιμοποιείται, όπως η εφαρμογή της σε ένα αυτοκίνητο.²⁷



Εικόνα Νο. 5 – Μηχανή με Χρήση Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου για Κίνηση

²⁷ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview", Health, Risk and Society 2 (3)

Ο τρόπος λειτουργίας των ΜΕΚ με χρήση φυσικού αερίου, αναφέρεται στην έλλειψη του οργάνου του εξαεριωτή και στην αντικατάστασή του από ένα σύστημα άμεσης τροφοδότησης καύσιμου αερίου σε κυλίνδρους του κινητήρα. Λόγω της οικονομικής του κατανάλωσης χαρακτηρίζεται ως χαμηλόστροφος, με στοιχεία υψηλής ροπής και χαμηλής ισχύος. Σημαντική λεπτομέρεια επίσης είναι πως τα καυσαέρια που παράγονται σχετικά, δύναται να παράγουν επιπλέον θερμότητα.

Τα πλεονεκτήματα επίσης που αναφέρονται στην χρήση του φυσικού υγροποιημένου αερίου στις ΜΕΚ, σχετίζονται με την πηγή ενέργειας όπου θεωρείται και το σημαντικότερο πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Το φυσικό αέριο θεωρείται πως διαθέτει υψηλή φιλικότητα προς το περιβάλλον και προσφέρει μεγάλη οικονομία στους χρήστες του. Στοιχείο όμως επίσης σημαντικό είναι και το γεγονός ότι οι ΜΕΚ με χρήση φυσικού υγροποιημένου αερίου χρειάζονται πολύ μικρή συντήρηση, συνήθως μια φορά κάθε πέντε με οκτώ (5-8) χρόνια. Φυσικά, το κόστος της κάθε συντήρησης στις ΜΕΚ εντοπίζεται σε χαμηλά επίπεδα και όχι όπως στις συμβατικές μονάδες όπου κάθε δυο χρόνια χρειάζονται συντηρήσεις με υψηλό κόστος.²⁸

Βέβαια στα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας, συγκαταλέγεται το κόστος επένδυσης των ΜΕΚ με χρήση φυσικού υγροποιημένου αερίου. Το κόστος μιας ΜΕΚ είναι διπλάσιο, σε σχέση με τις συμβατικές μονάδες, αλλά η εξοικονόμηση στη χρήση καυσαερίου στις μηχανές αυτές είναι πολύ μεγάλη και φυσικά το κέρδος που απορρέει από αυτή. Έτσι η υιοθέτηση της τεχνολογίας των ΜΕΚ με χρήση φυσικού αερίου μπορεί και αποδίδει μεγαλύτερο κέρδος σε συνάρτηση με την ένταση της χρήσης που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκαίων σκοπών λειτουργίας της κάθε μηχανής.

²⁸ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

2.2 Πλεονεκτήματα που Αναφέρονται από την Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου και Τρόποι με τους Οποίους Επηρεάζει την Λειτουργία των Μηχανών Πλοίων

Όπως αναφέρθηκε και στις προηγούμενες ενότητες της παρουσίασης πτυχιακής εργασίας, το φυσικό αέριο ή υγραέριο αναφέρεται στην ύπαρξη ενός μείγματος από προπάνιο και βουτάνιο και το οποίο διαφορετικά μπορεί να οριοθετηθεί ως υγροποιημένο αέριο πετρελαίου για την λειτουργία και την κίνηση μηχανών.²⁹ Η παραγωγή του γίνεται έπειτα από εξόρυξη και ξήρανση του φυσικού αερίου αλλά και από τη διύλιση του πετρελαίου.

Είναι μια πολύ σημαντική πηγή ενέργειας και χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές στις μέρες μας. Σε βιομηχανία, σε οικιακές εργασίες μέχρι και σαν καύσιμο εναλλακτικό σε αυτοκίνητα. Διαθέτει μια μοναδική ικανότητα, την οποία δεν διαθέτει το φυσικό αέριο, που είναι η αέρια κατάσταση στην οποία βρίσκεται σε συνηθισμένες θερμοκρασίες. Το γεγονός αυτό όμως δε συνεπάγεται ότι δεν μπορεί να υγροποιηθεί σε καταστάσεις μέτριας πίεσης.

Έτσι με αυτό τρόπο, είναι πολύ πιο εύκολο να αποθηκευτεί αλλά και να μεταφερθεί σχετικά. Όσον αφορά τη χρήση του ως καύσιμο σε αυτοκίνητα και γενικότερα τις μηχανές, οι φυσικοχημικές του ιδιότητες παρουσιάζονται ως άκρως θετικές για τον κάθε κινητήρα.³⁰ Αναφέρεται σχετικά πως το συγκεκριμένο καύσιμο είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το κινητήρα, αφού δεν αφήνει κανένα κατάλοιπο από την καύση του και με τον τρόπο αυτό δεν φθείρεται πρόωρα ο κινητήρας όπως γίνεται σε άλλες περιπτώσεις.³¹

Η διαδικασία της καύσης του συγκεκριμένου συστατικού, λειτουργεί με τέτοιο τρόπο ώστε όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο το υγραέριο να διαστέλλεται. Η πίεση αύξησης στο εσωτερικό της δεξαμενής, αποτρέπεται από τον άδειο χώρο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι επιτυγχάνονται τα

²⁹ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview", Health, Risk and Society 2 (3)

³⁰ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview", Health, Risk and Society 2 (3)

³¹ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

εξής δύο σημαντικά πλεονεκτήματα στην χρήση του φυσικού αερίου στις μηχανές κίνησης, ως εξής :

- Το κόστος κίνησης του αυτοκινήτου μειώνεται στο μισό με τη χρήση υγραερίου. Σε λιγότερο από ένα χρόνο, γίνεται η απόσβεση κόστους εγκατάστασης. Αυτό ισχύει για ένα αυτοκίνητο που διανύει 15.000 με 20.000 χιλιόμετρα κάθε χρόνο.
- Είναι ένα καύσιμο φιλικό στο περιβάλλον και για το λόγο αυτό φέρει και την ονομασία «πράσινο» καύσιμο.

Θα πρέπει σχετικά με σημειωθεί πως υπάρχουν πού μειωμένες εκπομπές ρύπων σε σχέση με τη βενζίνη. Επίσης, κατά τη χρήση του φυσικού αερίου στην λειτουργία των μηχανών, παρατηρείται:³²

- Μειωμένη παραγωγή CO_2 κατά 145 χιλιόγραμμα
- Μέχρι και 68% μικρότερη εκπομπή σε μονοξειδία του αζώτου και 49% σε υδρογονάνθρακες
- Μηδενική παραγωγή αιωρούμενων σωματιδίων στη διάρκεια κίνησης στην πόλη
- Δεν περιέχει βενζόλιο και μόλυβδος τα οποία είναι και πολύ επιβλαβή καύσιμα
- Λιγότερες φθορές στην μηχανή κίνησης και έξοδα συντήρησης.

Βέβαια, το πλέον σημαντικό γεγονός είναι ότι δεν προκαλεί φθορές στον κινητήρα όπως η βενζίνη και φυσικά ούτε στον καταλύτη. Το *service* των αυτοκινήτων αυτών διεξάγεται όχι σε τόσο συχνή βάση και επίσης δεν εντοπίζονται υπολείμματα άνθρακα στους κυλίνδρους και το μπουζί. Το υγραέριο δε διαλύεται σε λάδια αυτοκινήτου και έτσι με αυτό τον τρόπο μεγιστοποιείται η ζωή των φίλτρων λαδιού. Σε σχέση με άλλες πηγές ενέργειας, εμφανίζει επίσης τα εξής πλεονεκτήματα:³³

³² Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

³³ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

- Έχει μεγάλη διάρκεια ζωής. Κατά την καύση του δεν παράγεται τέφρα και με μια σωστή συντήρηση προσφέρει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των συσκευών χρήσης
- Είναι εύχρηστο. Δεν χρειάζονται παραγγελίες και δεξαμενές αποθήκευσης
- Επιτυγχάνεται καλύτερη διαχείριση. Από την καταγραφή του μετρητή για τη ποσότητα του φυσικού αερίου που έχει καταναλωθεί, προσφέρεται και η δυνατότητα γνώσης για την πληρωμή του
- Είναι ασφαλές στη χρήση του αφού οι Ευρωπαϊκές του προδιαγραφές γύρω από τον τεχνικό κανονισμό εγγυώνται το γεγονός αυτό
- Είναι οικολογικό αφού δεν μένουν υπολείμματα από την καύση του και δεν δημιουργούνται σχετικές ενώσεις θείου
- Είναι πρακτικό μέσω των νέων τύπων συσκευών οι οποίες προσφέρουν τη δυνατότητα για άμεσες λύσεις εγκατάστασης.

Επίσης, εμφανίζει και κάποια άλλα σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων καυσίμων και όταν χρησιμοποιείται στις μηχανές καύσης, ως εξής.³⁴

- Ελαφρύτερο ως συστατικό από το πετρέλαιο
- Προσφέρει καθαρότητα και ποιότητα στον κινητήρα
- Αξιόπιστη λειτουργία της μηχανικής μονάδας στην οποία χρησιμοποιείται
- Μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μηχανικής μονάδας
- Λιγότερες δαπάνες συντήρησης για την μηχανή

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί πως με τη χρήση του φυσικού αερίου για τις μηχανές κίνησης, επιλύονται ταυτόχρονα τα σχετικά προβλήματα μεταφοράς και αποθήκευσής του, αφού το φυσικό αέριο διανέμεται σε σημεία κατανάλωσης και την ευθύνη φέρει η παραγωγός και διανέμουσα εταιρεία

³⁴ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

αερίου. Είναι πολύ εύκολο να αναμιχτεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα και ουσιαστικά αποτελεί μια ακίνδυνη ουσία για την κίνηση μηχανών σε συνδυασμό με το γεγονός ότι τα υπόλοιπα προϊόντα καύσης του προκαλούν μείωση αέριων ρύπων NO_x, CO και CO₂, αφού δεν περιέχουν θείο.³⁵

2.3 Η Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου στις Θαλάσσιες Μεταφορές

Το φυσικό αέριο στις μέρες μας εντοπίζεται σε μεγάλες ποσότητες στο φλοιό της γης και το γεγονός ότι η σύστασή του στο μεγαλύτερο μέρος του αποτελείται από μεθάνιο σε ποσοστό 92%, βουτάνιο, άζωτο και διοξείδιο του άνθρακα, το μετατρέπουν αυτομάτως σε μια ουσία, η οποία όταν υποστεί την κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε χερσαίες και θαλάσσιες μηχανές και συνεπώς στην μεταφορά αγαθών, είτε με χερσαίο είτε με θαλάσσιο τρόπο.³⁶

Όπως λοιπόν αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες, το φυσικό αέριο έχει ως βασικό συστατικό του το μεθάνιο και το υγραέριο το προπάνιο και το βουτάνιο. Από τη στιγμή που το μεθάνιο περιέχει υδρογόνο, το φυσικό αέριο αποτελεί ένα σημαντικό είδος καυσίμου για τις μηχανές κίνησης υψηλής περιεκτικότητας και οι οποίες λογίζονται ως μηχανές εσωτερικής καύσης.³⁷

Η ενέργεια ή θερμογόνος δύναμη, η οποία παράγεται κατά την καύση ανά μονάδα μάζας φυσικού αερίου και όταν εκείνο χρησιμοποιείται στις χερσαίες ή θαλάσσιες μηχανές, θεωρείται κατά πολύ μεγαλύτερη των άλλων υδρογονανθράκων. Ωστόσο από την πλευρά της ενεργειακής πυκνότητας, η κατάσταση αυτή δεν λογίζεται ως ιδιαίτερα θετική, αφού ο όγκος που καταλαμβάνει η μάζα του είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή της βενζίνης αντίστοιχα.

Αναφορικά δε με την χρήση του φυσικού αερίου στις θαλάσσιες μεταφορές, θα λέγαμε πως η παγκόσμια ναυτιλιακή βιομηχανία αναζητά και

³⁵ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

³⁶ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview", *Health, Risk and Society* 2 (3)

³⁷ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

αυτή από την πλευρά της νέες μορφές ενέργειας, οι οποίες δεν θα ρυπαίνουν το περιβάλλον και ταυτόχρονα θα μειώνουν την μόλυνση του περιβάλλοντος.³⁸ Έτσι το ενδιαφέρον των ιθυνόντων της ναυτιλιακής αγοράς στρέφεται στο φυσικό αέριο ως βασικό καύσιμο χρήσης στα πλοία.

Οι ειδικοί θεωρούν ότι το LNG λοιπόν είναι το καύσιμο του μέλλοντος. Κάποια πλοία το χρησιμοποιούν στις μέρες μας αλλά σε μικρό βέβαια βαθμό και όπου αυτά αναφέρονται ως *gas ships*. Ωστόσο, πολλές είναι οι προτάσεις στις μέρες μας για κατασκευή μηχανών, οι οποίες θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο το φυσικό αέριο.³⁹

Βάσει λοιπόν των όσων σημειώθηκαν παραπάνω, θα λέγαμε πως σημαντικό ρόλο στην χρήση του φυσικού υδροποιημένου αερίου ως καύσιμο κίνησης στα πλοία, αναφέρεται η μεγάλη ανάπτυξη που σημείωσε το θαλάσσιο εμπόριο την περίοδο 2006-2010, όπου παρουσιάζεται αυξημένο, λόγω των εξαγωγών των χωρών σε πετρέλαιο και βιομηχανικά είδη.

Η αύξηση αυτή σημειώθηκε σε χώρες όπως η Βόρεια Αμερική και η Ιαπωνία, η Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και τα κράτη της Βαλτικής, με μέση αύξηση κατά 15,4%. Παρατηρείται επίσης, πως τη συγκεκριμένη περίοδο, αναφέρεται μια υψηλή ζήτηση του εμπορίου, όπου ο λόγος για αυτό είναι η αύξηση του παγκοσμίου εμπορίου. Συγκεκριμένα, η ζήτηση για πετρέλαιο και βιομηχανικά είδη σε Βόρεια Αμερική, Δυτική Ευρώπη και ανατολική Ασία.⁴⁰

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται πως το 2006, σημειώθηκε ρεκόρ στο παγκόσμιο δια θαλάσσης εμπόριο, όπου και ήταν το δέκατο πέμπτο σε ετήσια αύξηση εντός της δεκαετίας.⁴¹ Σημειώνεται ρεκόρ με 6,88 δις. τόνων

³⁸ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

³⁹ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "*Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview*", *Health, Risk and Society* 2 (3)

⁴⁰ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

⁴¹ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

εξαγόμενων αγαθών. Το 2006 το ποσοστό αύξησης που παρατηρείται, ήταν 3.6% και το οποίο ήταν τετραπλάσιο από αυτό του έτους 2001. Άνισα γεωγραφικά, ήταν και η ετήσια αύξηση εμπορίου του έτους για πετρέλαιο και βιομηχανικά είδη.

Σύμφωνα με την αύξηση των ποσοστών παραγωγής από χώρες εξαγωγής πετρελαίου αλλά και από τον ΟΠΕΚ, υπήρξε ένα ποσοστό αύξησης της τάξης του 27%. Πάνω από τα μέσα ποσοστά αύξησης, βρίσκονται η Βόρεια Αμερική, η Ευρώπη και η Ιαπωνία. Ωστόσο, το εμπόριο δια θαλάσσης σημείωσε αύξηση σε Λατινική Αμερική, Αφρική και Ωκεανία με μέσο όρο 1,0%, 0,5% και 2.3 % αντίστοιχα.⁴²

Σημαντικό είναι επίσης το γεγονός πως σε 6,15 δις. τόνους έφτασαν τη περίοδο 2006-2010, οι συνολικές παγκόσμιες αποστολές των φορτίων των δεξαμενόπλοιων, έπειτα από αύξηση κατά 3.1% και σε σχέση με τη περίοδο 2000-2004. Το ακατέργαστο πετρέλαιο αποτελούσε σχεδόν τα τρία τέταρτα του εμπορίου των δεξαμενοπλοίων. Οι γενικές αποστολές δεξαμενοπλοίων επί του συνολικού θαλάσσιου εμπορίου αναφέρονται στο 36,5% του γενικότερου εμπορίου εκείνη τη περίοδο.⁴³

Ιδιαίτερη προσοχή και μνεία αποδίδεται στην παραγωγή και εμπορία με δεξαμενόπλοια, του ακατέργαστου πετρελαίου, όπου σημειώνεται πως αρχικά η παραγωγή ακατέργαστου πετρελαίου άρχισε να συρρικνώνεται από το 1998 και ουσιαστικά να αυξάνει από το 2006 και έπειτα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι εκείνο που αναφέρει πως η παραγωγή και εμπορία τη περίοδο 2000-2004, παρουσιάζεται μειωμένη κατά 2% σε 71,9 βαρέλια ανά ημέρα και σε σύγκριση με τη περίοδο 2006-2010.⁴⁴ Όλα τα παραπάνω στοιχεία λοιπόν, οδηγούν τους πλοιοκτήτες στην μελλοντική επιλογή πλοίων που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο τα φυσικό αέριο και τα γεγονός αυτό θα

⁴² Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview", Health, Risk and Society 2 (3)

⁴³ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

⁴⁴ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview", Health, Risk and Society 2 (3)

επιφέρει προστασία του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με την μεγιστοποίηση των κερδών τους από το δια θαλάσσης εμπόριο.

Αρχικά, το φυσικό αέριο χρησιμοποιήθηκε σε μικρά πλοία που διανύουν μικρές αποστάσεις αλλά και σε κάποια επιβατηγά. Την αρχή βέβαια την έκαναν οι Φιλανδοί της *Finland STX* και της *Viking Line* σε συνεργασία με τους Lloyd's Register. Δημιούργησαν το πρώτο ferry επιβατηγό πλοίο το οποίο καίει το συγκεκριμένο καύσιμο. Η κατασκευή του έγινε στα φιλανδικά ναυπηγεία STX Turuk και η παράδοσή του έγινε στις αρχές του 2013.⁴⁵

Το πλοίο αυτό είναι απόλυτα φιλικό προς το περιβάλλον, αφού οι εκπομπές του σε διοξείδιο του άνθρακα είναι ελάχιστες. Μπορεί να μεταφέρει 2.800 επιβάτες και διαθέτει 1.100 lane metres για ΙΧ, ταξιδεύοντας με υπηρεσιακή ταχύτητα 22 κόμβων. Το φυσικό αέριο βέβαια βρίσκει συγκεκριμένη εφαρμογή στο πρώτο chemical Tanker *Argonon* με χωρητικότητα 6.100dwt και μήκος 110 μέτρα.

Η ναυπήγησή του έγινε στο Rotterdam's Shipyard Trico BV. Το πλοίο αυτό μπορεί να διανύσει την απόσταση Rotterdam - Βασιλεία χωρίς ανεφοδιασμό. Πάντως είναι γεγονός ότι το φυσικό αέριο ως καύσιμο θεωρείται ιδανικό για τα επιβατικά πλοία, αφού εκείνα εκτελούν δρομολόγια σε λιμάνια με LNG terminals και ο ανεφοδιασμός τους να θεωρείται είναι μια εύκολη υπόθεση.⁴⁶

Στις μέρες μας όμως δεν υπάρχουν οι ανάλογες υποδομές για ανεφοδιασμό άλλων ειδών πλοίων, καθώς και των κρουαζιερόπλοιων που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο καύσιμο για την κίνησή τους. Μόνο οι μικρές αποστάσεις μπορούν να καλύπτονται με επάρκεια από τη χρήση του φυσικού αερίου. Οι πόλεις που δύναται να διεξάγονται τα ταξίδια αυτά είναι πολυπληθείς και αποτελεί ανάγκη να μην υπάρχει ρύπανση του περιβάλλοντος από την κίνηση των πλοίων αυτών. Έτσι λοιπόν, τα χαμηλά επίπεδα ρύπανσης είναι και το μεγαλύτερο πλεονέκτημα χρήσης φυσικού αερίου στα πλοία.

⁴⁵ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

⁴⁶ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Το παραπάνω θέμα απασχολεί βέβαια σοβαρά τη ναυτιλιακή βιομηχανία καθώς και την Ελληνική πλευρά των εφοπλιστών. Τα νέα προγράμματα και οι πιθανές νέες παραγγελίες σε ναυπηγήσεις πλοίων σε συνδυασμό με την εγκατάσταση μηχανών LNG αποτελούν θέματα προς εξέταση. Εξάλλου στον κώδικα του IMO και σχετικά με την λειτουργία των Chemical Tankers, εμπεριέχεται σχετικός κώδικας για διατάξεις λειτουργίας πλοίων με φυσικό αέριο.⁴⁷

2.4 Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Χρήση του Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο στη Πρόωση Πλοίων

Η θάλασσα αποτελεί πάντα έναν από τους συνηθέστερους τρόπους μεταφοράς εμπορευμάτων και ανθρώπων, καθώς πρόκειται για ανθρώπινη, οικονομική και πολιτισμική δραστηριότητα που μετρά χιλιάδες χρόνια ιστορίας κι έχει συμβάλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση αυτού που ονομάζουμε ανθρώπινος πολιτισμός. Εδώ και μερικές δεκαετίες η ανθρωπότητα, υπό το βάρος σημαντικών θαλάσσιων ατυχημάτων με οδυνηρές επιδράσεις στο περιβάλλον και εξαιτίας της ανάδυσης μιας νέας φιλοσοφίας για την ανάπτυξη, έθεσε τις θαλάσσιες μεταφορές στο πλαίσιο νομοθεσιών, κανονισμών, περιορισμών και οδηγιών, στόχος των οποίων είναι ο όσο το δυνατόν μεγαλύτερος περιορισμός του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της ναυτιλίας.⁴⁸

Αναφορικά με τις θαλάσσιες μεταφορές, θα πρέπει να σημειωθεί πως στις μέρες μας, διέρχονται από τα ευρωπαϊκά λιμάνια κάθε χρόνο 2 δισεκατομμύρια τόνοι εμπορευμάτων, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 90% περίπου του εξωτερικού εμπορίου και στο 41% του ενδοκοινοτικού. Θα πρέπει επίσης να αναφερθεί πως το 3-5% του ΑΕΠ της Ευρωπαϊκής Ένωσης προέρχεται από τομείς που έχουν σχέση με τη θάλασσα, ενώ η Κοινότητα διαθέτει 1.200 λιμένες. Η μεγάλη χρήση των θαλάσσιων οδών δικαιολογείται καθώς με την εκτροπή των εμπορευματικών ροών από την ξηρά προς τη θάλασσα μειώνεται το συνολικά παραγόμενο μεταφορικό έργο των οδικών

⁴⁷ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

⁴⁸ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

μέσων, με αποτέλεσμα τη βελτίωση των περιβαλλοντικών επιδόσεων του συστήματος των εμπορευματικών μεταφορών.

Επιτυγχάνεται έτσι μια σημαντική μείωση του κινδύνου κυκλοφοριακής συμφόρησης στους οδικούς άξονες, δημιουργώντας παράλληλα τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ενός πιο αποτελεσματικού και βιώσιμου μεταφορικού συστήματος.⁴⁹

Επιπρόσθετα, το ειδικό εξωτερικό κόστος και στο οποίο συνυπολογίζονται μια σειρά από παράγοντες όπως ο θόρυβος και οι ρύποι, στις οδικές μεταφορές, διαμορφώνεται στο 0,024 και στις ναυτικές κοντινών αποστάσεων 0,004. Με το τρόπο αυτό γίνεται σαφές ότι ο ρόλος της ναυτιλίας για την Ευρώπη αλλά και για τη χώρα μας ειδικότερα, αναβαθμίζεται διαρκώς και αποτελεί τον κινητήριο μοχλό των μεταφορών, άρα και της οικονομίας.

Άλλωστε οι Έλληνες, με τη μακρά παράδοση στη ναυτιλία, τον ελληνόκτητο στόλο, ο οποίος υπολογίζεται στο 8,4% του παγκόσμιου σε αριθμό πλοίων (3.397, από αυτά τα 536 είναι πετρελαιοφόρα), στο 16,1% της παγκόσμιας μεταφορικής ικανότητας και στο 13,7% της παγκόσμιας χωρητικότητας, έχουν κάθε ενδιαφέρον για την ενίσχυση του μεταφορικού ρόλου της ναυτιλίας. Η ναυτιλία όμως δεν παύει να είναι μια ρυπογόνος διαδικασία, η οποία προκαλεί ανεπανόρθωτες ζημιές στο περιβάλλον.

Ουσιαστικά η νομοθεσία του Κώδικα ISM και κυρίως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων στις μέρες μας, θεωρείται το μεγάλο «κλειδί» για την κατανόηση των εξελίξεων, αλλά και την ανάπτυξη νέων πολιτικών στην προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις μεταφορές. Η ελληνική νομοθεσία και σύμφωνα με την εφαρμογή αλλά και η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων στις μέρες μας για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις ναυτιλιακές επιχειρήσεις, κρίνεται ικανοποιητική και μάλιστα αρκετά αυστηρή.

⁴⁹ Peters, H., 2008, "Seatrade, Logistics, and Transport", PRE Policy and Research Series, Report No. 6, Washington, D.C., World Bank.

Όμως, αποτελεί γεγονός μεγάλος αριθμός των παραβάσεων δεν παραπέμπεται στη δικαιοσύνη, ενώ πολλές φορές δεν υπάρχει βεβαιότητα για τον δράστη και κατά συνέπεια το δικαστήριο δεν οδηγείται σε καταδικαστική απόφαση. Χαρακτηριστικά, το 2006 διαπιστώθηκαν 338 παραβάσεις για ρύπανση, από τα οποία εντοπίστηκαν μόνο τα 216 περιστατικά (48 από πετρελαιοειδή, 83 από λύματα και 85 από απορρίμματα). Το συνολικό χρηματικό πρόστιμο δεν ξεπέρασε τα 800.000 ευρώ (ΥΕΝ, Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας).

Η διαμόρφωση μιας σωστά συγκροτημένης στρατηγικής προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και σαφώς μια τριακονταετία πριν την εφαρμογή του Κώδικα ISM, ξεκινάει στη χώρα μας τη δεκαετία του 1970. Σημαντικότερος νόμος είναι εκείνος του 743/1977 *Περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος» που καθιερώνει όμως την υποκειμενική ευθύνη ως προϋπόθεση αποκατάστασης ζημιών από ρύπανση.*

Όμως με το νόμο του 1650/1986 καθιερώνεται και το κριτήριο της αντικειμενικής ευθύνης για την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, αλλά ο 743 δεν παρακάμπτεται παρά μόνο από τη νομολογία. Ωστόσο, το ρυθμιστικό πλαίσιο κινείται στο πλαίσιο του μέσου όρου των ευρωπαϊκών χωρών και η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος συγκαταλέγεται μεταξύ των κορυφαίων. Η Ελλάδα βέβαια τηρεί μια μετριοπαθή και ρεαλιστική στάση με σκοπό τη στήριξη της ναυτιλίας, χωρίς αυτό να σημαίνει αδιαφορία και έκπτωση προστασίας σχετικά με τη θάλασσα, όπως τονίζουν συνεχώς οι ειδικοί.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση όμως, η οποία προκαλείται από τα καύσιμα των πλοίων, αποτελεί το μέγιστο πρόβλημα για την υγεία των παράκτιων πληθυσμών γενικότερα και όχι μόνο. Απαιτούνται ρυθμίσεις όπως η χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση πλοίων, οι οποίες θα επιβάλλουν οικολογικότερα καύσιμα, εφαρμογή τεχνικών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και αποθείωση των καυσίμων στα διυλιστήρια. Ο IMO (International Maritime Organization) παρέχει στους ενδιαφερόμενους ένα πλέγμα λύσεων και προτάσεων για την καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα, συμπεριλαμβανομένων των διατάξεων του Κώδικα ISM.

Το έτος 2005 και σε μια προσπάθεια ενίσχυσης περαιτέρω του Κώδικα, τέθηκε σε ισχύ το παράρτημα 6 της MARPOL, το οποίο υποχρεώνει όλα τα συμβαλλόμενα μέρη να εφαρμόσουν μια σειρά περιορισμών ή απαγόρευσης εκπομπών συγκεκριμένων αέριων ρύπων, όχι όμως και αυτών που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Αναμένεται οργανωμένη και συστηματική διαδικασία αναθεώρησης ορισμένων εκ των κανονισμών και στα επόμενα χρόνια.

Η Οδηγία 2005/33 ορίζει ότι από το έτος 2010 όλα τα εμπορικά πλοία που θα βρίσκονται ελλιμενισμένα σε κοινοτικούς λιμένες είτε να χρησιμοποιούν καύσιμο με χαμηλή περιεκτικότητα σε θείο όπως το φυσικό αέριο, είτε να συνδέονται με εξωτερική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας, μηδενίζοντας έτσι τις εκπομπές τους κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού τους (IMO Regulations).

Στη ναυτιλία οφείλεται περίπου το 4,5% των αερίων που εκπέμπονται και συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και προβλέπεται αύξηση των ρύπων κατά 75% μέχρι το 2020, οπότε και η προερχόμενη από τον θαλάσσιο χώρο ατμοσφαιρική ρύπανση θα έχει ισοσκελίσει την αντίστοιχη χερσαία ρύπανση εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.⁵⁰ Για τους λόγους αυτούς η Συνέλευση του IMO εξέδωσε το έτος 2009 ένα σχετικό Ψήφισμα αναφορικά με τις πολιτικές και πρακτικές για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από πλοία και την ενίσχυση της χρήσης του φυσικού αερίου ως καύσιμο στην πρόωση αυτών στις μέρες μας.

Διεξάγεται μια γενική αναφορά σε μελλοντικά ανώτατα όρια εκπομπών και καθίσταται αναγκαία η αξιολόγηση τεχνικών και λειτουργικών λύσεων, λαμβάνοντας υπόψη και τους μηχανισμούς της αγοράς. Εξελίξεις όμως δεν υπάρχουν κάτι που αποκαλύπτει την επιφυλακτικότητα των κρατών να προσθέσουν νέους περιβαλλοντικούς περιορισμούς στον άκρως ανταγωνιστικό τομέα των διεθνών θαλάσσιων μεταφορών. Άρα βρισκόμαστε ακόμα σε διερευνητική βάση.

⁵⁰ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007

Είναι επίσης αρκετοί εκείνοι που έχουν τονίσει πως ο κλοιός στα θέματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης «σφίγγει» όλο και περισσότερο γύρω από τη ναυτιλία με τα νέα μέτρα. Μπαίνει ουσιαστικά στο στόχαστρο και χρειάζεται μια ρύθμιση, γιατί η κλιματική αλλαγή είναι ένα πάρα πολύ σοβαρό θέμα που δεν έχουν ακόμη αντιληφθεί στο σύνολό του οι άνθρωποι.

Βέβαια η ενέργεια που καταναλώνει ένα μεσαίου μεγέθους πλοίο που ταξιδεύει σε διεθνείς θάλασσες αντιπροσωπεύει περίπου το 12% αυτής που καταναλώνεται για το ίδιο μεταφορικό έργο με οδική μεταφορά και το 22% αυτής που καταναλώνεται με σιδηροδρομική. Οπότε, έχει υπολογισθεί ότι κοστίζει το ίδιο να μεταφερθεί ένα αυτοκίνητο από την Ιαπωνία στο Βέλγιο μέσω θαλάσσης, με το να μεταφερθεί από το Βέλγιο στην Ελβετία δια ξηράς. Φυσικά όμως, αν και οι επιδόσεις της ναυτιλίας θεωρούνται πολύ καλές σε σχέση με τα άλλα μέσα, δεν παύει η συνεισφορά της στο φαινόμενο του θερμοκηπίου να είναι πολύ μεγάλη και να μετριέται σε εκατομμύρια τόνους.⁵¹

⁵¹ Alderton, Patrick, 2004 “*Transport, Operations and Economics*”, Adlard Coles Nautical

Κεφάλαιο Τρίτο : Τρόποι Αποθήκευσης για το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG

Οι δεξαμενές αποθήκευσης LNG είναι ένα σημαντικό μέρος και για τις εγκαταστάσεις βασικού φορτίου και για τις εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής. Επιπλέον, αποτελούν σημαντικό μέρος της επένδυσης των τερματικών εγκαταστάσεων παραλαβής LNG.

Λόγω του υψηλού κόστους αυτών των μονάδων και σπουδαιότητάς τους στη συνολική ασφάλεια των εγκαταστάσεων LNG, έχει δοθεί μεγάλη προσοχή στο σχεδιασμό των δεξαμενών LNG.

Ένα από τα πρώτα θέματα που τέθηκαν στο σχεδιασμό των δεξαμενών LNG ήταν στην επιλογή κατάλληλων υλικών. Η αστοχία της δεξαμενής στο Cleveland, Ohio το 1944 αποδόθηκε στη χρήση χάλυβα με 3,5% νικέλιο που γίνεται εύθραυστος στη θερμοκρασία του LNG. Μετά από αυτό το συμβάν, μεγάλης κλίμακας προγράμματα έχουν αποδείξει την καταλληλότητα του χάλυβα με 9% νικέλιο, των ανοξείδωτων χαλύβων, και ορισμένων κραμάτων αργιλίου (σειρά 5000) για κατασκευή δεξαμενών LNG.

Οι δεξαμενές από κράματα αργιλίου είναι συνήθως περιορισμένου μεγέθους, επειδή ο συντελεστής θερμικής διαστολής του αργιλίου είναι περίπου διπλάσιος αυτού του χάλυβα. Σε μεγάλες δεξαμενές, τέτοια θερμική μετακίνηση κατά τη διάρκεια της ψύξης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αστοχία των δεξαμενών.

Τα σχέδια των δεξαμενών έχουν εξελιχθεί επίσης, δεδομένου ότι έχουν εφαρμοστεί περισσότερο περίπλοκες αναλύσεις δεδομένων ασφαλείας στις εγκαταστάσεις LNG. Οι αρχικοί σχεδιασμοί προέβλεπαν μια εσωτερική κρυογενική δεξαμενή υγρού που εντός μιας εξωτερικής δεξαμενής που περιείχε το σύστημα μόνωσης για την εσωτερική.

Σε μερικά σχέδια η εξωτερική δεξαμενή περιείχε αέριο άζωτο που, με τη σειρά της, ήταν συνδεδεμένη με μια δεξαμενή μεταβλητού όγκου ή με μεμβράνες, η οποία αντιστάθμιζε τις αλλαγές στον όγκο του αζώτου, λόγω των

αλλαγών στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, αποφεύγοντας, συμπίεση ή αποσυμπίεση της εξωτερικής δεξαμενής.

Σε άλλα σχέδια, η στέγη της εσωτερικής δεξαμενής δεν ήταν στεγανή, αλλά μερικώς υποστυλωμένη μόνωση και η εξωτερική δεξαμενή χρησίμευε ως μια αποθήκη φυσικού αερίου (Σχήμα 4.5). Και στα δύο σχέδια, οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονταν από κοινό χάλυβα και περιβάλλονταν από ένα χαμηλό ανάχωμα για να συγκρατήσει τις όποιες διαρροές LNG.

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

Επιπρόσθετες μελέτες αναθεώρησαν τις συνέπειες μιας εξωτερικής προσβολής, όπως συντριβής αεροσκάφους, που οδηγεί σε αποτυχία της δεξαμενής και την επίδραση μιας καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής στο περιεχόμενο της εξωτερικής δεξαμενής. Όλες αυτές οι μελέτες εστίασαν στην ανάγκη για την ασφαλέστερη συγκράτηση της εξωτερικής δεξαμενής. Τα προκύψαντα σχέδια δεξαμενών περιλαμβάνουν δεξαμενισμό διπλής ακεραιότητας δηλαδή, μια διαρροή υγρού από μια αστοχία της εσωτερικής δεξαμενής παραλαμβάνεται από μια δεύτερη ομόκεντρη δεξαμενή που είναι δομικά ανεξάρτητη από την πρώτη.

Οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα με περίβλημα από ανοξείδωτο χάλυβα. Τέλος, κατασκευάζονται αναχώματα ύψους όσο και η δεξαμενή, για να προστατεύσουν τη δεξαμενή από εξωτερική ζημία και για να βοηθήσουν στην υποθετική ασύμμετρη φόρτιση της εξωτερικής δεξαμενής ως αποτέλεσμα καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής. Όπου η περιοχή είναι πάρα πολύ μικρή για να

επιτρέπει την πλήρη ανάπτυξη των αναχωμάτων, χρησιμοποιείται είτε κατασκευή δεξαμενής μέσα στο έδαφος, ή η πρόσθετη ενίσχυση της εξωτερικής δεξαμενής.

Επίλογος – Συμπεράσματα

Το LNG αποτελεί το καύσιμο του 21^{ου} αιώνα, είναι ένα οικονομικό και οικολογικό καύσιμο, ενώ παράλληλα συμβάλει ουσιαστικά στη λύση του ενεργειακού και περιβαλλοντικού ζητήματος, λόγω της μορφής και της σύστασής του.

Βιβλιογραφία

- ❖ Amit R., Shoemaker P., *Managing Across Borders: The Transnational solution*, Harvard Business School Press: Boston, 1993.
- ❖ Lorange P., *Strategic re-thinking in shipping companies*, *Maritime Policy and Management*, Vol. 28, no.1, 2001.
- ❖ Alderton and Patrick, 1999, "*Port Management and Operations*", LLP Publications
- ❖ Alderton, T. and Winchester, N., 2002, "*Globalization and Deregulation in the Maritime Industry*", *Marine Policy* 26 (1)
- ❖ Alderton, Patrick, 1995, "*Sea Transport, Operations and Economics*", Thomas Reed Publications
- ❖ Alderton, Patrick, 2004 "*Transport, Operations and Economics*", Adlard Coles Nautical
- ❖ Alderton P., M., 1995, "*Sea Transport Operation and Economics*", 4th ed, Chapman and hall, London
- ❖ Alison, H., 1997, "*Economy of Shipping*" , Thomas Reed Publications
- ❖ Branch, Alan, 1986, "*Elements of port operation and management*", Chapman and Hall
- ❖ Bennathan, E. and A. Walters, 2002, "*The Economics of Ocean Freight*" London, Professional Books
- ❖ Bloor, M., Thomas, M. and Lane, T., 2007, "*Healthy Risks in the Global Shipping Industry: An Overview*", *Health, Risk and Society* 2 (3)
- ❖ Botterill, Gr., J., 2003, "*Training Sea and Shore staff for the ISM Code*", BIMCO Bulletin, Volume 92, No. 2
- ❖ The British International Freight Association, 1997, "*The International Freight Guide*"
- ❖ Chrzanowski, I., 2002, "*An Introduction to Shipping Economics*", London, Fairplay Publications.
- ❖ Chrzanowski, I, 1993, "*An Introduction to Shipping Economics*", London, Fairplay Publications

- ❖ Cowley, J., 1995, *“The Concept of the ISM Code : Definition of the Code – Management and Operation of Ships, Practical Techniques for Today and Tomorrow”*, Fairplay Publications
- ❖ Davies, F., 1996, *“Implementing the ISM Code”*, BIMCO Bulletin, Volume 91, No. 2
- ❖ Davies, F., 1996, *“Quality Policy Manual”*, BIMCO Bulletin, Volume 92, No. 2
- ❖ De Bievre, A., 2005, *“IMO and the ISM Code”*, BIMCO Review 2004
- ❖ Dockray, M., 1993, *“Cases and Materials on the Carriage of Goods by Sea”*, London, Professional Books
- ❖ Dockray, M., 2002, *“Cases and Materials on the Carriage of Goods by Sea”*, London, Professional Books
- ❖ Farthing, B., M. Brownrigg, 1997, *“Farthing on International Shipping”* LLP Limited, London.
- ❖ F.M. Viadiu, Marti C.Fa, Imaki H. Saizarbitoria, 2006, *“ISO 9000 and ISO 14000 standards : an international diffusion model”*. International Journal of Operations & Production Management, Volume 26, Number 2.
- ❖ GAC – agents of Evergreen shipping line in Greece, 1992, *“Compendium of Shipping Knowledge”*, Loizou Publishes
- ❖ Hilton, Ch., 1997, *“Approaching the ISM Code”*, BIMCO Bulletin, Volume 91, No. 2
- ❖ Huges, L., 2002, *“The Shipping Transport”*, Chapman and Hall
- ❖ Huges, M., 2004, *“Internal Safety Management Systems Controls”*, BIMCO Bulletin, 2005
- ❖ Ignary, T., 2001, *“Introduction to Shipping Economics”*, London, Professional Books
- ❖ Kemp P., 2003, *“History of ships”*, New York, Books for Shipping
- ❖ MARPOL – Pollution Prevention – BIMCO Bulletin Review 2004
- ❖ Michael, G., 2002, *“Economics of Shipping”*, Thomas Reed Publications
- ❖ Metaxas, B., 1996, *“The Economics of Shipping”*. London, Athlone Press.

- ❖ Metaxas, B., 1998, "*The Economics of Tramp Shipping*". London, Athlone Press.
- ❖ O'Neil, W., 1996, "*The Code is Coming*", BIMCO Bulletin, Volume 91
- ❖ Parker., J., 2001, "*The ISM Conference : As many answers as questions*", BIMCO Bulletin, Volume 95, No. 7, 2003
- ❖ Peters, H., 2001, "*Seatrade, Logistics, and Transport*", PRE Policy and Research Series, Report No. 6, Washington, D.C., World Bank.
- ❖ Peters, H., 2008, "*Seatrade, Logistics, and Transport*", PRE Policy and Research Series, Report No. 6, Washington, D.C., World Bank.
- ❖ Linaris, J., 2008, "*Emergency Preparedness and Communication*", Prodromos Shipping Company
- ❖ Sletmo, G. and E. Williams., 2003, "*Liner Conferences in the Container Age*", New York: McMillan.
- ❖ Stopord, M., 2000, "*Maritime Economics*", 2nd ed, Routledge
- ❖ Saunders M., Lewis P. and Thornhill A., 2000, "*Research Methods For Business Students*", London: Prentice Hall.
- ❖ Sekaran U., 1992, "*Research Methods for Business, A Skill Building Approach*", New York: John Wiles and Sons Inc.
- ❖ Zikmund W.G., 2000, "*Business Research Methods*", London: Harcourt college publishers.
- ❖ Seamanship International, «*Types of Liquefied Gas Carriers*», U.S.A., March 2007
- ❖ Παπανίκας Δ. Γ., (2009), *Τεχνολογία Φυσικού Αερίου*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- ❖ Ελληνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, (2008), *Υγραέριο (LPG) και Φυσικό Αέριο (CNG)*, Εκδόσεις ΙΔΕΕΑ

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract.....	4
Εισαγωγή	5
Κεφάλαιο Πρώτο : Στοιχεία και Χαρακτηριστικά Μεταφοράς του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου – LNG δια Θαλάσσης	7
1.1 ...Η Έννοια του Φυσικού Αερίου – Χημικές και Χαρακτηριστικές Ιδιότητες Χρήσης του Καθώς και η Διευρυμένη Χρήση του στις Μέρες μας	7
1.2 Οι Σημερινοί Τρόποι Μεταφοράς του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου με Συγκεκριμένους Τύπους Πλοίων	11
1.3 Τρόπος Μεταφοράς Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου με Πλοία Τύπου LNG και Σύγχρονα Δεδομένα Σχετικά	12
1.4 Νέοι Τρόποι Σχεδίασης των Συγκεκριμένων Πλοίων με Σκοπό την Καλύτερη και Ασφαλέστερη Μεταφορά του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου	16
Κεφάλαιο Δεύτερο : Το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG ως Μέσο Καύσης Μηχανών Εσωτερικής Καύσης με Σκοπό τη Κίνηση Πλοίων	22
2.1 Η Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου στις Μηχανές Εσωτερικής Καύσης Πλοίων	22
2.2 Πλεονεκτήματα που Αναφέρονται από την Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου και Τρόποι με τους Οποίους Επηρεάζει την Λειτουργία των Μηχανών Πλοίων	24
2.3 Η Χρήση του Φυσικού Υγροποιημένου Αερίου στις Θαλάσσιες Μεταφορές	27
2.4 .. Περιβαλλοντικά Οφέλη από τη Χρήση του Φυσικού Αερίου ως Καύσιμο στη Πρόωση Πλοίων	31
Κεφάλαιο Τρίτο : Τρόποι Αποθήκευσης για το Φυσικό Υγροποιημένο Αέριο – LNG	36
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	39
Βιβλιογραφία.....	40