

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

στην ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΣΕ

ΠΛΟΙΑ RO-PAH

Ιωάννης Χαβιάρης

Διπλωματική Εργασία

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

Πειραιάς

Σεπτέμβριος 2014

Σελίδα δήλωσης 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».

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

Σελίδα Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Τζαννάτος Ερνέστος (Επιβλέπων)
- Τσελέντης Βασίλειος - Στυλιανός
- Σακελλαριάδου Φανή

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

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές μου για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν στον ιδιαίτερα ελκυστικό και ενδιαφέρον κλάδο της Ναυτιλίας, κατά τη διάρκεια της φοίτησής μου στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην Ναυτιλία.

Ιδιαίτερος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Τζαννάτο Ερνέστο, για τις πολύτιμες και καθοριστικές οδηγίες και συμβουλές που μου προσέφερε έτσι ώστε να ολοκληρώσω με επιτυχία την διπλωματική μου εργασία. Θερμές ευχαριστίες στα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής τον κ. Τσελέντη Βασίλειο Στυλιανό καθώς και την κα Σακελλαριάδου Φανή.

Τέλος, θερμές ευχαριστίες στην αδερφή μου, Όλγα, όπου με την αμέριστη συμπαράσταση και αρωγή της συνέβαλε στην προσπάθειά μου να φέρω εις πέρας την Διπλωματική μου Εργασία.

Αφιέρωση

Θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα Διπλωματική Εργασία στους γονείς μου, Αθανάσιο και Έλενα, για την βοήθεια και την υποστήριξη τους σε όλη την πορεία των σπουδών μου.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	13
1.1 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	17
2. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΩΦΕΛΙΜΗ ΛΥΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ	18
2.1 Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	18
2.2 ΤΟ LNG ΩΣ ΛΥΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΡΟΚΛΗΣΗ	20
2.3 Η ΑΓΟΡΑ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	22
2.4 ΑΠΟΘΕΜΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ LNG.....	23
2.5 ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ / ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ	24
3. LNG ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	26
3.1 ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	26
3.1.1 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ.....	26
3.1.2 ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ	28
3.2 ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	28
3.2.1.ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΙ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ.....	29
3.2.2 ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟ - MARPOL (ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ)	29
3.2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ.....	30
3.2.4 ΠΡΟΛΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ	33
3.2.5 MARPOL 73/78 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI.....	33
3.3 ΤΟ LNG ΩΣ ΛΥΣΗ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ.....	41
3.3.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ.....	41
3.3.2 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	43
3.3.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ LNG	48
3.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ: LNG ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	48
4. Η ΑΚΤΟΠΛΟΙΑ ΩΣ ΜΙΑ ΠΙΘΑΝΗ ΑΓΟΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ.....	49
4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΟΙΩΝ	51

4.1.1 ΦΟΡΤΗΓΑ - ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΑ ΠΛΟΙΑ (RO-RO)	51
4.1.2 ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ - ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΑ ΠΛΟΙΑ (RO-PAX)	51
4.1.3 ΤΑΧΥΠΛΟΑ ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ - ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΑ ΠΛΟΙΑ	52
4.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	55
4.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	57
4.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ LNG ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	58
4.3.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΤΟΥ Ε/Γ-Ο/Γ ΠΛΟΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	61
4.3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ LNG - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	64
5. ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΤΟΥ LNG ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ	68
5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ LNG	69
5.1.1 ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΑΠΟ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ	70
5.1.2 ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΑΠΟ ΦΟΡΤΗΓΙΔΕΣ Ή ΜΙΚΡΟΤΕΡΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ ΠΛΟΙΑ	71
5.1.3 ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣ ΜΕΣΩ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ	71
5.2 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ LNG ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ	72
5.2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΝΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ LNG ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ	72
5.2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ LNG	73
5.2.3 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΣΗ LNG ΣΕ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ	75
5.2.4 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ	76
5.2.5 ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ LNG	79
5.2.6 ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ	80
5.2.7 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	82
5.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ LNG	83
5.3.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ LNG ΜΕΣΩ ΠΛΟΙΟΥ	83
5.3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ LNG ΜΕ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ	84
5.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ LNG	84
5.4.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ LNG	84

5.4.2	LNG ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ	85
5.4.3	LNG ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ.....	86
5.5	ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΤΙΜΗ ΤΟΥ LNG	87
5.5.1	ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ: ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΕΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ.....	88
5.5.2	ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	89
5.5.3	Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΤΡΙΤΩΝ ΜΕΡΩΝ	92
5.5.4	ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ LNG ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΠΡΟΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	93
5.5.5	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ LNG: ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	94
5.5.6	Η ΤΙΜΗ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΟΥ LNG95	
5.5.7	ΤΑ LOGISTICS ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΟΥ LNG.....	96
5.6	Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ	97
6.	ΚΟΣΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΟΣ Ε/Γ-Ο/Γ ΠΛΟΙΟΥ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΟ ΣΕ LNG....	98
6.1	ΚΟΣΤΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ	99
6.1.1.	ΚΟΣΤΗ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ	100
6.1.2.	ΝΑΥΠΗΓΕΙΟ - ΚΟΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ.....	101
6.1.3.	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ.....	101
6.2	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ.....	101
6.2.1.	ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ.....	101
6.2.2.	Η ΤΙΜΗ ΤΟΥ LNG ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ.	102
6.3.	ΚΟΣΤΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ.....	104
6.4.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ.....	104
7.	ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ LNG ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ	105
7.1	ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ	107
7.1.1	ΧΩΡΟΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ.....	108
7.2.	ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ (Σ.ΕΜΠΟ)	109
7.3	ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ	109

7.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	110
7.4.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΡΕΒΥΘΟΥΣΑΣ.....	111
7.4.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ.....	113
7.4.3.ΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	114
7.4.4 ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ LNG ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ ΑΠΟ ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ.....	116
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	117
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	120

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ενδεικτικές Εκπομπές στην ατμόσφαιρα από πλοία.

Πίνακας 2: Ενδείξεις σχετικά με τις απαιτήσεις ανά εβδομάδα σε LNG από διαφορετικές κατηγορίες πλοίων.

Πίνακας 3: Αποτελεσματικός Συντελεστής Φορτίου της μηχανής του Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου εν πλω και στα λιμάνια.

Πίνακας 4: Κόστη Ε/Γ-Ο/Γ Πλοίου (Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, Καυσίμου, Τεχνικά).

Πίνακας 5: Σενάρια τιμών καυσίμων ανεφοδιασμού.

Πίνακας 6: Ετήσια αποτελέσματα δαπανών (Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, Καυσίμου και Τεχνικών).

Πίνακας 7: Σύγκριση του ιδιωτικού, εξωτερικού και συνολικού κόστους ενός πετρελαιοκίνητου και ενός αεριοκίνητου Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου.

Πίνακας 8: Ενδείξεις σχετικά με τις απαιτήσεις ανά εβδομάδα σε LNG από διαφορετικές κατηγορίες πλοίων.

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Ποσότητες καυσαερίων εκπομπών.

Σχήμα 2: Εξωτερικό κόστος καυσαερίων εκπομπών.

Σχήμα 3: Απεικόνιση της Ακτοπλοϊκής Υπηρεσίας Πειραιά - Ρόδου.

Σχήμα 4: Ετήσια Κόστη Καυσίμου Πετρελαιοκίνητου και Αεριοκίνητου Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου.

Σχήμα 5: Ετήσια κόστη ρύπανσης από τα καυσαέρια των Πετρελαιοκίνητων και Αεριοκίνητων Ε/Γ - Ο/Γ πλοίων.

Σχήμα 6: Διάταξη Τερματικού Σταθμού με $5 \times 700 \text{m}^3$ δεξαμενές αποθήκευσης.

Σχήμα 7: Διάταξη Τερματικού Σταθμού LNG με παράδοση σε βυτιοφόρα οχήματα και τοπικό αγωγό φυσικού αερίου.

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Δίκτυο της Εγχώριας Ελληνικής Επιβατικής Ναυτιλίας

Εικόνα 2: Ανεφοδιασμός LNG από βυτιοφόρο όχημα

Εικόνα 3: Ανεφοδιασμός LNG από ρυμουλκούμενη Φορηγίδα

Εικόνα 4: Ανεφοδιασμός LNG από Εγκαταστάσεις Ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών

Εικόνα 5: Τερματικός Σταθμός LNG στο Mosjoen της Νορβηγίας. ($5 \times 683 \text{m}^3$ δεξαμενές συμπίεσης)

Εικόνα 6: Ατμοσφαιρικές Δεξαμενές LNG, χωρητικότητας 4000m^3 και 2000m^3 αντίστοιχα, στην πόλη Kollsnes της Νορβηγίας

Εικόνα 7: Σύγκριση των τιμών των Ευρωπαϊκών μακροπρόθεσμων συμβάσεων αερίου, 2002-2004,

Εικόνα 8: Ε/Γ - Ο/Γ πλοίο που χρησιμοποιεί το LNG ως καύσιμο πρόωσης

Εικόνα 9: Επιβατηγός Σταθμός Λιμένα Πειραιά

Εικόνα 10: Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Λιμένα Πειραιά

Εικόνα 11: Σταθμός Διακίνησης Αυτοκινήτων Λιμένα Πειραιά

Εικόνα 12: Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου Ρεβυθούσας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας Διπλωματικής Εργασίας είναι η Εφαρμογή του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) ως καυσίμου πρόωσης σε Επιβατηγά - Οχηματαγωγά (Ro-Pax) πλοία.

Αρχικά, στην εν λόγω μελέτη, αναπτύσσεται η τρέχουσα και η αναδυόμενη διεθνής και ευρωπαϊκή νομοθεσία για τον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τις εκπομπές των αερίων που παράγονται από τις μηχανές των πλοίων, ενώ στη συνέχεια αναλύεται η δυναμική του LNG ως εργαλείου για την επίτευξη των παραπάνω στόχων.

Μετά την ανωτέρω ανάλυση, ακολουθεί η παρουσίαση των δυνατοτήτων χρήσης του LNG ως καυσίμου πρόωσης σε Ε/Γ-Ο/Γ (Ro-Pax) πλοία, ενώ στη συνέχεια αναλύεται η εφαρμογή και η σκοπιμότητα χρήσης αυτού στην Ελληνική Ακτοπλοΐα. Επιπροσθέτως, περιγράφονται οι αναγκαίες ρυθμίσεις που θα καταστήσουν το LNG διαθέσιμο προς εφοδιασμό στα πλοία, η λειτουργία εφοδιασμού από την προέλευση του προϊόντος μέχρι την τελική διάθεση του στα πλοία, οι δείκτες του κόστους καθώς και στο πώς η ανάπτυξη του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου πρόωσης εξαρτάται από συγκεκριμένες αποφάσεις και συνθήκες.

Ακολούθως, αναλύονται τα κόστη μετατροπής ενός Ε/Γ-Ο/Γ (Ro-Pax) πλοίου από πετρελαιοκίνητο σε LNG καθώς και οι δυνατότητες ανεφοδιασμού των πλοίων με LNG από το λιμάνι του Πειραιά.

Τέλος, το βασικό συμπέρασμα της διπλωματικής εργασίας, είναι ότι η ενδεχόμενη επένδυση στη χρήση LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου πρόωσης, φαίνεται να είναι ελκυστική

κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και αποφάσεις, ιδιαίτερα όταν τα πλοία δραστηριοποιούνται σε τακτικές γραμμές.

ABSTRACT

The scope of this thesis is the application of Liquefied Natural Gas (LNG) as fuel for the propulsion of Ro- Pax vessels.

Initially, this thesis cites the current and emerging international and European legislation in order to control the air pollution caused by the exhaust gas emission of marine engines and its impact on the climate change, and then analyzes the dynamics of LNG as tool to achieve the above objectives.

The thesis continues in its analysis, focusing on the potential use of LNG as fuel for the propulsion Ro-Pax ships and on its application and expediency in the Greek short sea shipping. In addition, the study analyzes the necessary arrangements in order to have a sufficient supply of LNG available for the ships, the supply chain of LNG, starting at the production of the gas to the final utilization in the ships, factoring in the cost indicators associated with this use and the specific decisions and conditions necessary to the development of LNG as a main marine fuel for propulsion.

The study proceeds to evaluate the costs of converting Ro-Pax ships from diesel fuel to LNG and analyzes the possibilities of supplying LNG consuming ships to the port of Piraeus.

Finally, the main conclusion of this thesis is that any investment in the use of LNG as a marine fuel seems to be attractive under certain conditions, particularly when ships are operating in short sea shipping.

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο νησιωτικός χαρακτήρας της χώρας μας, φαινόμενο μοναδικό στην Ευρωπαϊκή Ένωση, δημιουργεί ιδιαίτερες ανάγκες για επαρκείς και ποιοτικές συγκοινωνίες και μεγεθύνει την υποχρέωση της Πολιτείας να διασφαλίζει τον κοινωνικό χαρακτήρα της ακτοπλοΐας με σκοπό την διατήρηση της εδαφικής συνέχειας και την εξασφάλιση των προϋποθέσεων για ισότιμη οικονομική ανάπτυξη των νησιών. Τα τελευταία χρόνια, με την επιχειρηματική πρωτοβουλία των ακτοπλοϊκών εταιρειών δρομολογήθηκαν στις θαλάσσιες ενδομεταφορές νεότευκτα ταχύπλοα πλοία που μείωσαν σημαντικά τους χρόνους πρόσβασης και κατέστησαν την ακτοπλοΐα ακόμα πιο ανταγωνιστική απέναντι στις αεροπορικές μεταφορές προς όφελος του επιβάτη.

Παράλληλα, η Ελλάδα κατέχει ηγετική θέση στην Ευρώπη όσον αφορά την εσωτερική επιβατηγό ναυτιλία και συνεπώς αντίστοιχα σημαντικές αναμένεται να είναι και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις αυτής της δραστηριότητας στο ιδιαίτερα ευαίσθητο φυσικό και δομημένο περιβάλλον της χώρας καθώς και η συνεισφορά της στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Μεταξύ αυτών των επιπτώσεων, οι καυσαέριες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (κυρίως CO₂) και ρύπων από τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας έχουν μέχρι στιγμής προσελκύσει περιορισμένο ενδιαφέρον σε σύγκριση με άλλους ενεργειακούς καταναλωτές και ειδικότερα σε σχέση με τα άλλα μέσα μεταφοράς.

Η σημασία καθιέρωσης «πράσινων» πλοίων στην εσωτερική επιβατηγό ναυτιλία του ελληνικού χώρου πηγάζει από το γεγονός ότι στο δίκτυο αυτό απασχολούνται περίπου 350 πλοία διαφόρων τύπων, μεγεθών και ηλικιών (από νεότευκτα μέχρι 40 ετών) και μέσω 1500 περίπου συνδέσεων μεταξύ των λιμανιών καλύπτεται η ζήτηση σχεδόν 50 εκατ. επιβατών και 13 εκατ. οχημάτων ετησίως^{1,2}. Από την άλλη πλευρά, σε σχέση με τους υποδοχείς των καυσαέριων ρύπων από τη ναυτιλιακή δραστηριότητα εντός των ελληνικών θαλασσών, θα πρέπει να αναφερθεί ότι, εκτός από το πολύτιμο φυσικό και δομημένο (και ειδικότερα το μνημειακό) περιβάλλον κατά μήκος της ιδιαίτερα εκτεταμένης ελληνικής

¹ Tzannatos, E., Technical Reliability of Greek Coastal Passenger Fleet, [2005] Marine Policy, 29:1, 85-92.

² Ευρωπαϊκή Επιτροπή, EU Transport in Figures, Statistical Pocketbook (Luxembourg 2012): http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2012_en.htm.

ακτογραμμής (των 15 χιλιάδων περίπου χλμ.), η πυκνότητα του παράκτιου ανθρώπινου πληθυσμού (μόνιμου και παραθεριστικού) είναι ιδιαίτερα υψηλή με το 33% και 85% του μόνιμου πληθυσμού της χώρας να κατοικεί εντός 2 και 50 χλμ. από την ακτή αντίστοιχα. Ως προς την δέσμευση της Ελλάδας για την επίτευξη των στόχων μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η εσωτερική ναυτιλία (σε αντίθεση με τη διεθνή) συμμετέχει στη διαμόρφωση του εθνικού ανθρακικού αποτυπώματος και μολονότι το ποσοστό συμμετοχής της είναι περιορισμένο κάθε προσπάθεια μείωσης του είναι επιβεβλημένη και οφείλει να συνδυάζεται με τις αντίστοιχες πρωτοβουλίες που αναλαμβάνονται για τον έλεγχο των εκπομπών άνθρακα από άλλες (κυρίως βιομηχανικές) δραστηριότητες.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών, οι ναυτικές νηξελομηχανές κυριάρχησαν στην παραγωγή κύριας και βοηθητικής ισχύος των πλοίων της εμπορικής ναυτιλίας, κυρίως λόγω της υψηλής θερμικής τους απόδοσης, του χαμηλού κόστους του ναυτιλιακού πετρελαιοειδούς καυσίμου που χρησιμοποιούν και της λειτουργικής τους αξιοπιστίας. Άμεση συνέπεια της υψηλής θερμικής απόδοσης των ναυτικών νηξελομηχανών αποτελεί το γεγονός ότι η ενεργειακή απόδοση των εμπορικών πλοίων και κατά συνέπεια οι καυσαέριες εκπομπές τους ανά μονάδα μεταφορικού έργου είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σύγκριση με τα άλλα μέσα μεταφοράς.

Όμως, η τρέχουσα και η αναδυόμενη διεθνής³ και ευρωπαϊκή⁴ νομοθεσία για τον έλεγχο της κλιματικής αλλαγής και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τη ναυτιλία υπαγορεύει την ανάγκη να διερευνηθούν όλες οι εφικτές εναλλακτικές λύσεις για την παραγωγή καθαρότερης ισχύος επί των πλοίων. Λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντική εξάρτηση της ναυτιλίας από την χρήση των νηξελομηχανών, το εν λόγω νομοθετικό πλαίσιο έχει κατά προτεραιότητα επικεντρωθεί στον έλεγχο της ποιότητας του πετρελαίου για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂) και αιωρούμενων σωματιδίων (PM) μέσω του περιορισμού της περιεκτικότητας θείου στο καύσιμο καθώς και σε τεχνικές βελτιώσεις των νηξελομηχανών για τον έλεγχο των εκπομπών οξειδίων του αζώτου

³ MARPOL 73/78 Annex VI of the Convention and Annex VI Amendments.

⁴ Directive 2005/33/EC of the European Parliament and of the Council, as regards the sulphur content of marine fuels.

(NO_x). Ταυτόχρονα, το επιπρόσθετο κόστος αυτού του καυσίμου για τα ισχύοντα όρια περιεκτικότητας θείου δεν έχει μέχρι στιγμής καταστήσει αναγκαία την εκτεταμένη χρήση φίλτρων, ενώ η τεχνολογική εξέλιξη των νηξελομηχανών ικανοποιεί τα προβλεπόμενα όρια εκπομπών NO_x με μικρή επιβάρυνση κόστους. Οι πρόσφατες αποφάσεις του IMO για την υιοθέτηση του Energy Efficiency Design Index (EEDI) και του Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) αποσκοπούν στη μείωση των εκπομπών CO₂ μέσω της βελτιστοποίησης της σχέσης καταναλούμενης ενέργειας και παραγόμενου μεταφορικού έργου με την εφαρμογή πολλών και ποικίλων σχεδιαστικών και λειτουργικών παρεμβάσεων⁵. Στο βαθμό που η ποσότητα των εκπεμπόμενων καυσαερίων είναι συνάρτηση της κατανάλωσης ενέργειας, η επίτευξη αυτού του προαναφερόμενου στόχου έμμεσα οδηγεί και στη μείωση των καυσαερίων ρύπων των πλοίων.

Τα τελευταία έτη, είναι ραγδαία η εξέλιξη του LNG (Liquefied Natural Gas), καύσιμο ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον, ως μέσο πρόωσης για τα πλοία. Οι εκπομπές αερίων από τις μηχανές των πλοίων αποτελούν κύρια πηγή της ολοένα και αυξανόμενης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ιδιαίτερα αυτής που εμφανίζεται σε έντονο βαθμό στις περιοχές γύρω από τα Ευρωπαϊκά λιμάνια. Ταυτόχρονα, η αυξανόμενη ζήτηση για μεταφορά αγαθών και προσώπων μέσω θαλάσσης έχει ως αρνητικό αποτέλεσμα τις ολοένα και αυξανόμενες παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές.

Το καύσιμο LNG προτείνεται ως μια εναλλακτική λύση στην πρόκληση για φιλικότερα, προς το περιβάλλον καύσιμα πλοίων, ειδικότερα για αυτά που εξυπηρετούν τακτικές γραμμές και δραστηριοποιούνται σε κοντινές αποστάσεις. Η χρήση του φυσικού αερίου ως ναυτιλιακού καυσίμου αρμόζει ιδιαίτερα σε μεταφορικές υπηρεσίες που χαρακτηρίζονται από: α) κανονικότητα και υψηλή συχνότητα β) σταθερότητα διαδρομής γ) μικρή απόσταση και δ) ανανεωσιμότητα στόλου⁶. Μεταξύ αυτών των υπηρεσιών, η εσωτερική επιβατηγός ναυτιλία, πορθμειακή ή ακτοπλοϊκή, είναι πρώτη υποψήφιος για την

⁵<http://www.imo.org/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/technical-and-operational-measures.aspx>.

⁶ Κεφάλαιο IV, ΕΝΕΡΓΕΙΑ - Ναυτιλία & Θαλάσσιες Μεταφορές, Επιμέλεια: Ν. Φαραντύρης, Έκδοση: Νομική Βιβλιοθήκη, 2013

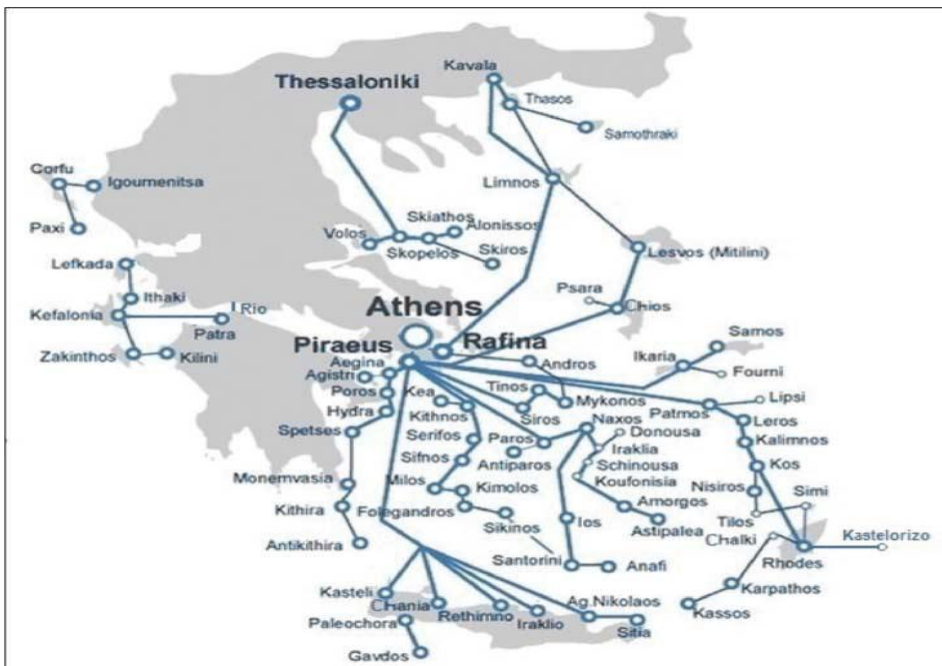
εφαρμογή του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου, επειδή οι διαθέσιμες αεριομηχανές καλύπτουν τις συνήθεις απαιτήσεις ισχύος πρόωσης αυτών των πλοίων ενώ ως καύσιμο ανταποκρίνεται στα περισσότερα (και συχνά σε όλα) από τα παραπάνω λειτουργικά κριτήρια.

Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης του LNG είναι κατά πολύ λιγότερες σε σχέση με το πετρέλαιο, με την τεχνική και λειτουργική του βιωσιμότητα ως καυσίμο πρόωσης για τα πλοία, να αποδεικνύεται με την κατασκευή, τα τελευταία χρόνια, πολλών ακτοπλοϊκών πλοίων σε διάφορες χώρες της Ευρώπης και ιδιαίτερα στη Νορβηγία. Επιπροσθέτως, η χρήση του καυσίμου LNG μειώνει την ανάγκη για μετατροπή των καυσαερίων λόγω των πολύ χαμηλών σχηματισμών οξειδίων του αζώτου στις μηχανές καθώς και την απουσία του Θείου.

Συνεπώς, ο συνδυασμός της έντονης δραστηριότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στον ελληνικό χώρο υπαγορεύει την ανάγκη διερεύνησης της χρήσης του LNG ως «καθαρότερου» ναυτιλιακού καυσίμου σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Στην κατεύθυνση αυτή, η εκτίμηση της μείωσης του εξωτερικού κόστους της ατμοσφαιρικής ζημίας που παρέχει η χρήση του LNG κρίνεται ως ένα σημαντικό και απαραίτητο βήμα στη συνολική αξιολόγηση αυτής της εναλλακτικής καυσίμου για τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στην Ελλάδα.

Η παρούσα μελέτη περιλαμβάνει την περιγραφή της υλικοτεχνικής, τεχνικής και της οικονομικής βιωσιμότητας του LNG καθώς και την προετοιμασία για την ανάπτυξη της χρήσης αυτού ως καυσίμο πρόωσης για τα πλοία.

Εικόνα 1: Δίκτυο της Εγχώριας Ελληνικής Επιβατικής Ναυτιλίας



Πηγή: <http://www.sailingissues.com>

1.1 ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η διάρθρωση της Διπλωματικής Εργασίας έχει ως εξής:

Κεφάλαιο 1 - Εισαγωγή

Κεφάλαιο 2 - Η χρήση του LNG ως Περιβαλλοντικά ωφέλιμη λύση στον τομέα της Ναυτιλίας

Κεφάλαιο 3 - LNG και οι Περιβαλλοντικές προκλήσεις στην Ναυτιλία

Κεφάλαιο 4 - Η Ακτοπλοΐα ως μια πιθανή αγορά για τη χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου πρόωσης.

Κεφάλαιο 5 - Κανόνες εφοδιασμού και κόστη του LNG κατά την εφαρμογή του στη ναυτιλία.

Κεφάλαιο 6 - Κόστη μετατροπής ενός Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου από Πετρελαιοκίνητο σε LNG

Κεφάλαιο 7 - Το λιμάνι του Πειραιά - Ανεφοδιασμός με LNG των πλοίων που δραστηριοποιούνται στην Ελληνική Ακτοπλοΐα

Κεφάλαιο 8 - Συμπεράσματα

2. Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΩΦΕΛΙΜΗ ΛΥΣΗ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

2.1 Η ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΓΕΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Τα καύσιμα των αυτοκινήτων και γενικότερα των κινητήρων των οδικών οχημάτων έχουν υποβληθεί σε ολοένα και αυστηρότερα περιβαλλοντικά πρότυπα με συνέπεια τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη. Αντίθετα, η διεθνής ναυτιλία έχει υποβληθεί σε λίγες τέτοιες ρυθμίσεις με αποτέλεσμα να έχει αναπτυχθεί μια απότομη απόκλιση μεταξύ των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της χρήσης καυσίμων των πλοίων και των οδικών οχημάτων. Η διεθνής ναυτιλία εξακολουθεί να χρησιμοποιεί φθηνά πετρέλαια, χαμηλής ποιότητας, τα οποία έχουν σταδιακά καταργηθεί στις χερσαίες εφαρμογές. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζονται τα λιμάνια των πόλεων και σε ευρύτερο βαθμό το περιβάλλον μέσω των εκπομπών που έχουν εξαπλωθεί πλέον σε εκτεταμένες περιοχές.

Παράλληλα, η χρήση των πλοίων ως μέσο μεταφοράς ολοένα και θεωρείται η πιο επιθυμητή, καθώς μειώνονται αισθητά οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και απελευθερώνονται τα επιβαρυμένα οδικά και σιδηροδρομικά συστήματα, ιδιαίτερα για τα εμπορεύματα που μετακινούνται σε ενδιάμεσες αποστάσεις, όπως οι διασυνοριακές μετακινήσεις εντός της Ευρώπης. Τα γενικότερα πλεονεκτήματα της μεταφοράς αγαθών μέσω της θαλάσσης έχουν αναγνωρισθεί και έχουν ενσωματωθεί σε διάφορα προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ακολούθως, η MARPOL 73/78 (Διεθνής Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία), ανταποκρινόμενη στις περιβαλλοντικές προκλήσεις της παγκόσμιας

ναυτιλίας, αναθεωρήθηκε το 2008⁷ και έθεσε αυστηρότερα πρότυπα για τις εκπομπές των αερίων που παράγονται από τις μηχανές των πλοίων. Συγκεκριμένα η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο σε παγκόσμιο επίπεδο θα περιοριστεί στο 0,5% ανά m/m από το 2020, σε σύγκριση με το 4,5% ανά m/m που ήταν το 2008 και το 3,5% ανά m/m που ισχύει από τον Ιανουάριο του 2012 και έπειτα. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο τη μείωση των εκπομπών του θείου αλλά επίσης και των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται από τις μηχανές των πλοίων. Επιπροσθέτως, νέοι περιορισμοί αναμένεται να ισχύσουν και για τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x), οι οποίες εξίσου έχουν επιπτώσεις τόσο στα καύσιμα, όσο και στις μηχανές των πλοίων.

Ορισμένες θαλάσσιες περιοχές έχουν χαρακτηριστεί ως Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECA)⁸, στις οποίες εφαρμόζονται ακόμα πιο αυστηρά μέτρα. Περιοχή Ελέγχου Εκπομπών, σημαίνει μία περιοχή όπου η υιοθέτηση ειδικών υποχρεωτικών μέτρων για εκπομπές από πλοία απαιτείται για την πρόληψη, μείωση και έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από οξείδια του αζώτου (NO_x) ή οξείδια του θείου (SO_x) και άλλα αιωρούμενα σωματίδια (PM) ή όλους τους τρεις τύπους εκπομπών και του επακόλουθου αρνητικού αντίκτυπου που δημιουργούν στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Η Βαλτική και η Βόρεια Θάλασσα έχουν χαρακτηριστεί προς το παρόν ως Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (και οι δύο θαλάσσιοι χώροι για SO_x μόνο). Επιπροσθέτως, σύμφωνα με το Παράρτημα 6 της MARPOL, Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECA) είναι από το 2012, ο θαλάσσιος χώρος της Βορείου Αμερικής καθώς και από τον Ιανουάριο του 2014, η Καραϊβική (και οι 2 περιοχές για SO_x, NO_x και PM) αλλά αναμένεται να ακολουθήσουν αρκετές ακόμα τα προσεχή έτη. Ακολουθώς, η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο σε Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (ECA) περιορίστηκε σε 1,50% ανά m/m μέχρι τον Ιούλιο του 2010, 1,00% ανά m/m μετά τον Ιούλιο του 2010 και αναμένεται να περιοριστεί σε 0,10% ανά m/m από τον Ιανουάριο του 2015.

Για την κάλυψη των μελλοντικών περιορισμών που πρόκειται να επιβληθούν στις περιοχές ECA, τα πλοία θα πρέπει να στραφούν σε πολύ καθαρότερα καύσιμα σε σχέση με

⁷ MARPOL 73/78 Annex VI of the Convention and Annex VI Amendments.

⁸ Μαλέρμπας Μιχαήλ, (2007), Διεθνής Σύμβαση Marpol 73/78, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη.

τα φθηνά πετρέλαια που χρησιμοποιούν αυτή τη στιγμή. Αποστάγματα χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, παρόμοια με το ντίζελ που χρησιμοποιείται στα οδικά οχήματα είναι μια ευρέως αναμενόμενη λύση στα νέα περιβαλλοντικά μέτρα που θα επιβληθούν στα πλοία. Το συγκεκριμένο είδος καυσίμων, είναι 70%-100% πιο ακριβό από τα συμβατικά βαριά καύσιμα που χρησιμοποιούν τα πλοία ενώ επιπροσθέτως χρειάζονται και επεξεργασία στα καυσαέρια προκειμένου να παραμείνουν εντός των ορίων NO_x που θα απαιτηθούν.

2.2 ΤΟ LNG ΩΣ ΛΥΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΡΟΚΛΗΣΗ

Το φυσικό αέριο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο, αλλά μπορεί επίσης να περιλαμβάνει αιθάνιο, προπάνιο και βαρύτερους υδρογονάνθρακες. Μικρές ποσότητες αζώτου, οξυγόνου, διοξειδίου του άνθρακα, ενώσεις του θείου, καθώς και νερό μπορεί να βρεθούν στο φυσικό αέριο. Το LNG είναι φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί προσωρινά σε υγρή μορφή για τη διευκόλυνση της αποθήκευσης ή της μεταφοράς του. Είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό. Το φυσικό αέριο υγροποιείται με πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική πίεση και ψύξη στους -161°C περίπου⁹. Κατά την διαδικασία υγροποίησης απαιτείται προ-επεξεργασία για την αφαίρεση των προσμίξεων όπως νερό, άζωτο, διοξειδίου του άνθρακα, υδρόθειο και άλλες ενώσεις του θείου. Απομακρύνοντας αυτές τις προσμίξεις, δεν μπορεί να δημιουργηθούν στερεές ουσίες με την ψύξη του φυσικού αερίου. Σαν αποτέλεσμα, το LNG περιέχει κυρίως μεθάνιο.

Η πυκνότητα του LNG είναι περίπου 467 γραμμάρια ανά λίτρο, μικρότερη σε σύγκριση με την πυκνότητα του νερού, (η οποία είναι περίπου 994 γραμμάρια ανά λίτρο). Έτσι, αν το LNG χυθεί στο νερό, επιπλέει και εξατμίζεται γιατί είναι ελαφρύτερο από το νερό. Οι ατμοί LNG από την εξάτμιση είναι εύφλεκτοι και μπορεί να δημιουργήσουν έκρηξη κάτω από ορισμένες συνθήκες. Οι ατμοί LNG γίνονται εύφλεκτοι όταν η συγκέντρωσή τους στον αέρα είναι μεταξύ 5% και 15% (κατ 'όγκο αέρα). Όταν η συγκέντρωση ατμών LNG στο αέρα υπερβαίνει το 15%, τότε δεν είναι εύφλεκτοι, επειδή

⁹ <http://www.desfa.gr>

υπάρχει λίγο οξυγόνο. Όταν η συγκέντρωση ατμών LNG στον αέρα είναι κάτω από το 5% (τότε δε γίνεται να καούν, γιατί είναι πολύ λίγο το φυσικό αέριο).

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

Το LNG χρησιμοποιείται εδώ και μερικά χρόνια στη Νορβηγία ως μέσο πρόωσης για ένα μικρό αλλά αυξανόμενο αριθμό πλοίων της ακτοπλοΐας, σκαφών ανοικτής θαλάσσης καθώς και τριών (03) σκαφών της Ακτοφυλακής. Η χρήση του LNG έχει περιβαλλοντικά οφέλη που είναι ανώτερα από οποιοδήποτε άλλο υγρό καύσιμο πετρελαίου.

Οι κανονισμοί και τα πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί στη Νορβηγία για ασφαλή εγκατάσταση των συστημάτων πρόωσης των πλοίων LNG¹⁰, είναι παρόμοιοι με τους κανονισμούς που αναπτύσσονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO). Μέχρι στιγμής, είναι εξαιρετική η λειτουργία των πλοίων στη Νορβηγία που χρησιμοποιούν ως μέσο πρόωσης το LNG.

Η ανάπτυξη του LNG ως καθαρού καυσίμου για τα πλοία θα πρέπει να συμβαδίζει με τις απαιτήσεις της ναυτιλιακής βιομηχανίας σε διαθεσιμότητα, αξιοπιστία και κόστος. Παράλληλα, ενώ η χρήση του LNG έχει αρχίσει να εδραιώνεται, ιδιαίτερα στη Νορβηγία, ωστόσο, κοστίζει περισσότερο και απαιτεί διαφορετικές εγκαταστάσεις από τις συμβατικές εγκαταστάσεις πετρελαίου. Κατόπιν τούτου, η εισαγωγή του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα πλοία στοχεύει σε συγκεκριμένους τομείς της ναυτιλίας καθώς και σε συγκεκριμένα λιμάνια.

¹⁰ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

2.3 Η ΑΓΟΡΑ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΩΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Η εισαγωγή του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα πλοία εξαρτάται κυρίως από δύο (02) παράγοντες¹¹:

- Η εισαγωγή των πλοίων LNG είναι περισσότερο πιθανό να συμβεί με την ναυπήγηση νέων πλοίων, παρά με την μετατροπή των ήδη υπαρχόντων.
- Η εισαγωγή του καυσίμου LNG θα ήταν προτιμότερο να ξεκινήσει από κάποιους συγκεκριμένους τομείς της ναυτιλίας. Ένας σημαντικός λόγος για αυτό, είναι η ανάπτυξη αποδοτικών συστημάτων ανεφοδιασμού καυσίμων LNG, τα οποία πρέπει να πραγματοποιηθούν σταδιακά και εστιάζοντας αρχικά σε συγκεκριμένους τομείς της ναυτιλίας καθώς επίσης και σε συγκεκριμένα λιμάνια που θα έχουν την δυνατότητα να δεχθούν αυτά τα συστήματα.

Το LNG θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αρχικά στο τομέα της ακτοπλοΐας και συγκεκριμένα στα Επιβατηγά - Οχηματαγωγά (Ε/Γ-Ο/Γ) πλοία, κυρίως λόγω ότι:

- Τα Ε/Γ - Ο/Γ πλοία λειτουργούν σε τακτικά δρομολόγια για πολλά έτη, με αποτέλεσμα να χρειάζονται ως βάση ανεφοδιασμού ένα ή το πολύ δυο λιμάνια.
- Τα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία λειτουργούν ως γέφυρες και μεταφέρουν περίπου 50 εκατομμύρια επιβάτες και 13 εκατομμύρια οχήματα το χρόνο σε όλη την Ελλάδα.
- Η συνολική κατανάλωση καυσίμου αναμένεται να παραμείνει σταθερή μελλοντικά καθώς τα δρομολόγια και οι αποστάσεις παραμένουν ίδιες.

Ωστόσο, είναι κατανοητό ότι για να κατασκευαστούν τα πρώτα Ε/Γ-Ο/Γ πλοία που θα χρησιμοποιούν το LNG ως μέσο πρόωσης και θα απασχολούνται σε δρομολογιακές γραμμές στην Ελλάδα, πρέπει αρχικά να κατασκευαστούν και αντίστοιχες εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού στο λιμάνι του Πειραιά.

¹¹ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogue.eu>

2.4 ΑΠΟΘΕΜΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΤΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ LNG

Ανάλογα με τις απαιτούμενες ποσότητες ανεφοδιασμού καυσίμων και τις τοπικές συνθήκες, το LNG έχει τη δυνατότητα να εφοδιαστεί στα πλοία α) από βυτιοφόρα οχήματα, β) από φορηγίδες ή μικρά τροφοδοτικά σκάφη ανεφοδιασμού και γ) από εγκαταστάσεις ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών¹².

Από διάφορες μελέτες που έχουν γίνει στη Νορβηγία προκύπτει ότι ο ανεφοδιασμός με μικρά σκάφη, τα οποία θα παίρνουν καύσιμο LNG από εγκαταστάσεις που θα βρίσκονται στη ξηρά και θα το δίνουν στα πλοία, είναι πιο αποδοτικός σε σχέση με τις άλλες δύο περιπτώσεις. Μέχρι σήμερα, δεν έχει καθοριστεί ποίο είναι το κατάλληλο μέγεθος των τροφοδοτικών πλοίων ώστε να είναι και το πιο αποδοτικό, ωστόσο στη Νορβηγία έχει ήδη ξεκινήσει η κατασκευή τροφοδοτικών πλοίων με χωρητικότητα αποθήκευσης 7.500m³, 10000m³ καθώς και 12000m³. Ακολούθως, οι μελέτες που θα γίνουν όσον αφορά την κατασκευή τερματικών σταθμών καθώς επίσης και των τροφοδοτικών πλοίων, πρέπει να γίνουν από εξειδικευμένα άτομα έτσι ώστε οι κατασκευές να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις αυξημένες απαιτήσεις ασφάλειας.

Το κατά πόσο μπορεί να είναι ανταγωνιστικό το LNG σε σχέση με το πετρέλαιο, θα εξαρτηθεί κυρίως από την επάρκεια των αποθεμάτων και την ανάπτυξη των συστημάτων ανεφοδιασμού. Αρχικά, στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο θα πρέπει να βρεθούν οι κατάλληλες εφαρμογές και οι τομείς της ναυτιλίας όπου το προαναφερθέν καύσιμο θα έχει πλεονεκτήματα, όπως για παράδειγμα στα παράκτια σκάφη και στα Ε/Γ- Ο/Γ πλοία για τους λόγους που αναφέρονται πιο πάνω¹³.

Η δημιουργία τερματικού σταθμού ανεφοδιασμού LNG στο λιμάνι του Πειραιά παρουσιάζει κάποιες προκλήσεις, κυρίως για δύο λόγους: α) Διάφοροι τοπικοί παράγοντες και η μορφολογία του λιμανιού μπορεί να προκαλέσουν αρκετούς περιορισμούς στην τοποθεσία της εγκατάστασης, η οποία μπορεί να μην είναι η πιο κατάλληλη για τις

¹² Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

¹³ 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Design Report. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://glosten.com/>

λειτουργίες ανεφοδιασμού και β) οι Ευρωπαϊκοί Κανόνες της υποχρεωτικής εισόδου τρίτων μερών στους τερματικούς σταθμούς, ίσως αποτελέσει πρόβλημα για όλη τη λειτουργία ενός ενιαίου συστήματος ανεφοδιασμού σε ένα μέρος του λιμανιού.

2.5 ΠΡΟΓΕΝΕΣΤΕΡΕΣ ΜΕΛΕΤΕΣ / ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα τελευταία έτη είναι ραγδαία η εξέλιξη του LNG, καύσιμο ιδιαίτερα φιλικό προς το περιβάλλον, ως μέσο πρόωσης για τα πλοία. Κατόπιν τούτου, αρκετές μελέτες έχουν εκπονηθεί με σκοπό να εκτιμήσουν και να διερευνήσουν τα περιβαλλοντικά και όχι μόνο, οφέλη της χρήσης του LNG ως καθαρότερου ναυτιλιακού καυσίμου σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Ενδεικτικά, παρατίθενται παρακάτω διάφορες μελέτες:

1. Maritime Gas Fuel Logistics, Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas,(Report from the MAGALOG project, December 2008)¹⁴

Η εν λόγω έρευνα εκπονήθηκε με βάση διάφορα στοιχεία που έχουν παραχθεί από τη χρήση του LNG ως καυσίμου πρόωσης σε Ακτοπλοϊκά πλοία στη Νορβηγία και παρουσιάζει το LNG ως λύση σχετικά με την περιβαλλοντική πρόκληση που παράγεται από τη ναυτιλία στη Βόρεια Ευρώπη. Επιπροσθέτως, η παραπάνω έρευνα αναλύει όλες τις απαραίτητες ενέργειες οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν έως ότου μεταφερθεί το LNG στη δεξαμενή καυσίμων του πλοίου και επιπλέον μελετάει πέντε (5) λιμάνια της Β. Ευρώπης ως πιθανούς τερματικούς σταθμούς ανεφοδιασμού LNG.

2. 144-Car Ferry LNG Fuel Conversion Feasibility Study, Design Report, (Prepared for Washington State Ferries Seattle, WA File No. 11030.01 1 July 2011)¹⁵

Στην εν λόγω μελέτη διερευνάτε, τόσο από τεχνική όσο και από οικονομική πλευρά, η μετατροπή ενός πλοίου από πετρελαιοκίνητο σε αεριοκίνητο και επιπλέον

¹⁴ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

¹⁵ 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Design Report. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://glosten.com/>

αναπτύσσονται τα ρίσκα μιας τέτοιας επένδυσης. Επιπροσθέτως, αναλύονται τα πιθανά οφέλη μιας τέτοιας μετατροπής, τόσο οικονομικά όσο και περιβαλλοντικά.

3. Natural gas as a fuel alternative for sustainable domestic passenger shipping in Greece (E. Tzannatos & N. Nikitakos)¹⁶

Στην μελέτη αυτή αναλύεται η χρήση του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα Επιβατηγά Πλοία στον ελληνικό χώρο. Συμπερασματικά, η εν λόγω έρευνα καταλήγει στο ότι ο συνδυασμός της έντονης δραστηριότητας και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στον ελληνικό χώρο υπαγορεύει την ανάγκη διερεύνησης της χρήσης του LNG ως «καθαρότερου» ναυτιλιακού καυσίμου σε σύγκριση με το πετρέλαιο. Στην κατεύθυνση αυτή, η εκτίμηση της μείωσης του εξωτερικού κόστους της ατμοσφαιρικής ζημίας που παρέχει η χρήση του LNG κρίνεται ως ένα σημαντικό και απαραίτητο βήμα στη συνολική αξιολόγηση αυτής της εναλλακτικής καυσίμου για τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στην Ελλάδα.

4. A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, (Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou and Ioannis Koliouis)¹⁷

Η παραπάνω μελέτη συγκρίνει και αναλύει τη σύνδεση των Δωδεκανήσων με το λιμάνι του Πειραιά τόσο με πετρελαιοκίνητα όσο και με αεριοκίνητα επιβατηγά πλοία. Τα αποτελέσματα επιδεικνύουν ότι σε σύγκριση με το πετρέλαιο, η χρήση του LNG έχει οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη. Τέλος, συμπεραίνεται ότι οι προοπτικές είναι υπέρ του LNG σε σχέση με το πετρέλαιο και για αυτό το λόγο η ναυτιλιακή βιομηχανία οφείλει να ενθαρρύνει τις επενδύσεις σε πλοία που χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο πρόωσης.

¹⁶ International Journal of Sustainable Energy Publication details, including instructions for authors and subscription information: <http://www.tandfonline.com/loi/gsol20>, Natural gas as a fuel alternative for sustainable domestic passenger shipping in Greece, E. Tzannatos & N. Nikitakos.

¹⁷ International Journal of Sustainable Transportation (Taylor & Francis), A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou and Ioannis Koliouis.

3. LNG ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα αναλύσουμε τις ατμοσφαιρικές προκλήσεις των εκπομπών αερίων που παράγονται από τα πλοία καθώς και τους Διεθνείς Κανονισμούς και τις προσπάθειες που γίνονται για να μειωθούν αυτές οι εκπομπές. Επιπροσθέτως, θα αναλύσουμε τη δυναμική του LNG ως εργαλείου για την επίτευξη της μείωσης των εκπομπών.

3.1 ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΚΑΙ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ ΑΕΡΙΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Οι εκπομπές αερίων που παράγονται από τα πλοία κατά τη διάρκεια των θαλάσσιων μεταφορών μπορούν να διακριθούν σε δύο κατηγορίες:

- Ρύπανση με τοπικές και περιφερειακές επιπτώσεις στο Περιβάλλον, κυρίως από οξείδια του Θείου (SO_x), οξείδια του Αζώτου (NO_x) και διάφορα άλλα σωματίδια και οργανικές ενώσεις.
- Η Κλιματική Αλλαγή, η οποία σχετίζεται άμεσα με τις εκπομπές του διοξειδίου του Άνθρακα (CO_2) και σε μικρότερο βαθμό με το μεθάνιο (CH_4) και ορισμένα άλλα αέρια.

3.1.1 ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Από μία Παγκόσμια οπτική, τα πλοία δεν είναι η κυρίαρχη πηγή ρύπανσης του αέρα. Ωστόσο, τα πλοία είναι ο κύριος παράγοντας της χαμηλής ποιότητας του αέρα που παρατηρείται στις παράκτιες περιοχές, καθώς η πορεία των περισσότερων από αυτά βρίσκεται κοντά στην ακτή. Μάλιστα, σύμφωνα με ορισμένες μελέτες, τα πλοία που διακινούνται στην Ευρώπη παράγουν τόσο θείο στην ατμόσφαιρα, όσο όλα τα αυτοκίνητα, φορτηγά και εργοστάσια μαζί. Η αύξηση του θείου στην ατμόσφαιρα αποτελεί σημαντική αιτία της όξινης βροχής που βλάπτει τις καλλιέργειες και τα κτίρια. Επιπροσθέτως, σχηματίζονται σωματίδια τα οποία εισπνέονται από τους ανθρώπους και έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των καρδιακών προβολών και αναπνευστικά προβλήματα.

Οι Κυβερνήσεις έχουν εκδώσει νόμους με σκοπό την μείωση των εκπομπών θείου από τα αυτοκίνητα, τα λεωφορεία, τα φορτηγά καθώς και από τα εργοστάσια. Ωστόσο, τα

πλοία έχουν διαφύγει από την νομοθεσία, εν μέρει επειδή φαίνονται ως μια μικρή πηγή και κατά δεύτερον της πολυπλοκότητας της αντιμετώπισης μια διεθνούς βιομηχανίας που βασίζεται σε πολλές χώρες, ορισμένες από αυτές και εκτός Ευρώπης.

Τα σωματίδια είναι πιο άμεση και αντιληπτή μορφή ρύπανσης από τον άνθρωπο, ενώ αντίστοιχα οι εκπομπές SO_x και NO_x είναι λιγότερο ορατές, ωστόσο είναι το ίδιο βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία λόγω της οξύτητας στα ύδατα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία που υποβλήθηκαν από το Διεθνές Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) το 1990, η παγκόσμια ναυτιλία αντιπροσωπεύει σημαντικό μερίδιο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης¹⁸. Οι εκπομπές του θείου από τα καυσαέρια των πλοίων εκτιμάται από περίπου 4,5 μέχρι 6,5 εκατομμύρια τόνους ετησίως, δηλαδή το 4% των συνολικών παγκοσμίων εκπομπών θείου. Οι προαναφερθείσες εκπομπές απλώνονται στις ανοιχτές θάλασσες με αποτέλεσμα να μετριάζονται οι επιδράσεις, ωστόσο δεν συμβαίνει το ίδιο και σε συγκεκριμένες θαλάσσιες διαδρομές όπου οι εκπομπές δημιουργούν τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα, όπως στη Μάγχη και στη Μεσόγειο. Αντίστοιχα, οι εκπομπές των οξειδίων του αζώτου ανέρχονται περίπου στους πέντε (5) εκατομμύρια τόνους, περίπου στο 7% των συνολικών παγκοσμίων εκπομπών.

Η συνεισφορά της παγκόσμιας ναυτιλίας στις ανωτέρω εκπομπές είναι ακριβώς οι ίδιες τα τελευταία είκοσι (20) χρόνια. Η Παγκόσμια Ναυτιλιακή δραστηριότητα έχει αυξηθεί, δίχως ωστόσο να υπόκεινται σε αυστηρά πρότυπα και κανονισμούς έτσι ώστε να ρυθμιστούν οι εκπομπές αερίων από τα πλοία, σε αντίθεση με τα χερσαία μέσα μεταφοράς. Χαρακτηριστικό είναι ότι μέχρι και σήμερα, το βαρύ πετρέλαιο παραμένει το κυρίαρχο καύσιμο ως μέσο πρόωσης για την παγκόσμια ναυτιλία με αποτέλεσμα να παραμένουν σε υψηλό επίπεδο οι εκπομπές των οξειδίων του Θείου (SO_x) και των οξειδίων του Αζώτου (NO_x) που παράγονται από τα πλοία.

¹⁸ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogue.eu>

3.1.2 ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ Η ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Η ναυτιλία εκτιμάται ότι αναπαράγει το 2,7% των παγκόσμιων ανθρωπογενών CO₂ εκπομπών, γεγονός το οποίο επιβαρύνει όλο και περισσότερα το περιβάλλον και προκαλεί την ανάγκη για τη θέσπιση παγκόσμιων κανονιστικών μέτρων που θα έχουν ως σκοπό την αποφυγή των εκπομπών αυτών¹⁹.

Παρόλα ταύτα, ίσως το πιο σημαντικό για την καταπολέμηση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής είναι η αντικατάσταση των χερσαίων μεταφορών, οι οποίες είναι δυσμενείς προς το περιβάλλον, με τη χρήση πλοίων ως μεταφορικό μέσο για τις κοντινές αποστάσεις στην Ευρώπη. Ο βέλτιστος συνδυασμός μεταφορών στην Ευρώπη σε σχέση με τις επιπτώσεις των αερίων στο κλίμα, θα πρέπει να αποτελείται από λιγότερες χερσαίες μεταφορές και περισσότερες μεταφορές μέσω θαλάσσης. Η αλλαγή της διακίνησης των εμπορευμάτων και γενικά των φορτίων από τη χερσαία στη θαλάσσια μεταφορά αποτελεί πλέον Ευρωπαϊκή στρατηγική, η οποία αντικατοπτρίζεται με την στήριξη όλων των σχεδίων και των προγραμμάτων τα οποία χρηματοδοτούνται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και έχουν να κάνουν με αυτό το σκοπό, όπως για παράδειγμα το πρόγραμμα με την επωνυμία "Ευρωπαϊκός Θαλάσσιος Χώρος Μεταφορών δίχως Σύνορα".

3.2 ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Ενώ ο τομέας της ναυτιλίας αναγνωρίζεται ως μια πολύ σημαντική πηγή εκπομπών ατμοσφαιρικών αερίων, ωστόσο οι διεθνείς κανονισμοί δίνουν αρκετή ευελιξία στις εθνικές νομοθεσίες ως προς την εφαρμογή τους, με αποτέλεσμα οι εν λόγω κανονισμοί να έχουν μείνει πίσω σε πολλά κράτη. Ωστόσο, τα τελευταία έτη έχει παρατηρηθεί σημαντική πρόοδο στην θέσπιση κανονισμών για τις εκπομπές αερίων που παράγονται από τα πλοία, με αποτέλεσμα να έχουν επιτευχθεί σημαντικοί στόχοι στη παγκόσμια ναυτιλία, δίνοντας τη δυνατότητα εξέτασης, ενός φιλικότερου προς το περιβάλλον καυσίμου, του LNG.

¹⁹ http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/coal-and-other-fossil-fuels/how-natural-gas-works.html#enviroimpacts

3.2.1.ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΙ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Σκοπός της Οδηγίας 2005/33/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο είναι η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του θείου που οφείλονται στην καύση ορισμένων τύπων υγρών καυσίμων, ώστε να μειωθούν οι επιβλαβείς συνέπειες των εκπομπών αυτών στον άνθρωπο και το περιβάλλον²⁰. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, καθορίστηκαν ανώτατα όρια περιεκτικότητας σε θείο ορισμένων υγρών καυσίμων παραγώγων του πετρελαίου.

- Από την 11^η Αυγούστου 2006 δεν χρησιμοποιούνται στα ελληνικά χωρικά ύδατα από επιβατηγά πλοία που εκτελούν τακτικά δρομολόγια από ή προς οποιονδήποτε κοινοτικό λιμένα, καύσιμα πλοίων των οποίων η περιεκτικότητα σε θείο υπερβαίνει το 1,5 % κατά μάζα.
- Από την 1η Ιανουαρίου 2010, όλα τα πλοία που παραμένουν σε προβλήτες της ΕΕ (για περισσότερο από δύο ώρες) χρησιμοποιούν ελαφρύ πετρέλαιο (MDO, MGO) με μέγιστη περιεκτικότητα σε θείο 0.1% κατά μάζα ή ηλεκτροδοτούνται από τη στεριά, ενώ ταυτόχρονα επιβάλλεται η διάθεση ελαφρού ναυτιλιακού πετρελαίου από όλα τα κράτη-μέλη της ΕΕ με περιεκτικότητα σε θείο μέχρι 0.1% κατά μάζα.

3.2.2 ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΛΑΙΣΙΟ - MARPOL (ΔΙΕΘΝΗΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΠΟΥ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΑ ΠΛΟΙΑ)

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (ΙΜΟ), μέρος του συστήματος των Ηνωμένων Εθνών, παρέχει το κύριο παγκόσμιο θεσμικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση των θεμάτων των ατμοσφαιρικών εκπομπών που παράγονται από την παγκόσμια ναυτιλία. Το κύριο νομικό πλαίσιο για αυτό το σκοπό είναι η MARPOL²¹ (Παγκόσμια Σύμβαση για την Πρόληψη της Ρύπανσης από τα Πλοία), συμπεριλαμβανομένων των έξι (6) Παραρτημάτων, τα οποία αναφέρονται σε διάφορα είδη ρύπανσης από τα πλοία.

²⁰ Directive 2005/33/EC of the European Parliament and of the Council, as regards the sulphur content of marine fuels.

²¹ Μαλέρμπας Μιχαήλ, (2007), Διεθνής Σύμβαση Marpol 73/78, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη.

Το Παράρτημα VI της MARPOL, το οποίο αναφέρεται στις εκπομπές αερίων από τα πλοία, υιοθετήθηκε το Οκτώβριο του 2008 από την Ναυτιλιακή Επιτροπή Προστασίας του Περιβάλλοντος του IMO, η οποία απαρτίζεται από αντιπροσώπους περίπου εκατό (100) Εθνικών Κυβερνήσεων. Μολονότι, δεν γίνονται ειδικές αναφορές, ωστόσο θέτονται απαιτήσεις οι οποίες μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα πλοία. Το παραπάνω Παράρτημα εκπονήθηκε με σκοπό να επιτύχει σημαντική μείωση στις εκπομπές των οξειδίων του θείου, των οξειδίων του αζώτου και των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται από τα πλοία, τα οποία έχουν αρχίσει και λαμβάνουν χώρα από το έτος 2010 και κλιμακώνονται σταδιακά μέχρι το 2020.

Οι αναθεωρήσεις του Παραρτήματος VI της MARPOL έτυχαν ευρείας αποδοχής από τις εταιρείες που αντιπροσωπεύουν τον παγκόσμιο κλάδο της ναυτιλίας, όπως η BIMCO, η INTERTANKO και διάφορες άλλες εθνικές ναυτιλιακές ενώσεις, καθώς κατά το παρελθόν ισχυριζόνταν ότι η έλλειψη παγκόσμιων κανονισμών θα προκαλούσε μεμονωμένους και διαφορετικούς εθνικούς κανονισμούς με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν επιπλοκές και αναποτελεσματικότητα στις θαλάσσιες μεταφορές και κατ' επέκταση στην παγκόσμια ναυτιλία.

3.2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ

Ρύποι κατά την λειτουργία Ναυτικών κινητήρων μπορούν να θεωρηθούν:

- Οξείδια του αζώτου, NO_x
- Οξείδια του θείου, SO_x
- Διοξείδιο του άνθρακα, CO_2
- Μονοξείδιο του άνθρακα CO
- Άκαυστοι υδρογονάνθρακες
- Αιωρούμενα Σωματίδια PM (Particulate material)
- Πτητικές οργανικές ενώσεις VOC (προ καύσεως).

Από τα παραπάνω προς το παρόν μόνο τα οξείδια του αζώτου (NO_x), τα οξείδια του θείου (SO_x) και οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), υπόκεινται σε νομοθετικούς

περιορισμούς²². Όμως, όπως έχει ήδη αναφερθεί αν και η ναυτιλία έχει μέχρι στιγμής εξαιρεθεί από το πλαίσιο του Κιότο²³ για τα αέρια του θερμοκηπίου, είναι σαφές ότι η εποχή αυτή πλησιάζει γρήγορα στο τέλος της, και μέτρα για τον περιορισμό του CO₂ αναζητούνται επείγοντως. Ακολούθως, η ευρύτερη ανάλυση μέτρων για άλλα αέρια θερμοκηπίου (όπως CH₄ και N₂O), καθώς και για αέρια που δεν είναι αέρια του θερμοκηπίου (όπως SO_x, NO_x και άλλα) είναι πολύ ψηλά στην ατζέντα όχι μόνο του IMO, αλλά και άλλων φορέων με κανονιστική αρμοδιότητα (Ευρωπαϊκή Ένωση, μεμονωμένα κράτη, κλπ). Αναλυτικότερα:

Οξειδία του αζώτου (NO_x)

Τα οξειδία του αζώτου (NO_x), παράγονται από το άζωτο και το οξυγόνο όταν βρεθούν:

- σε υψηλές θερμοκρασίες και
- σε υψηλές πιέσεις καύσεως μέσα στον κύλινδρο.

Χρήζουν ιδιαίτερης σημασίας, καθώς μεγάλες συγκεντρώσεις έχουν πολύ σημαντικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Τα οξειδία του αζώτου πιστεύεται ότι είναι υπεύθυνα για καρκινογένεσεις, καθώς επίσης συμβάλλουν στην φωτοχημική ρύπανση και στην όξινη βροχή. Οι μηχανές εσωτερικής καύσης δημιουργούν κυρίως οξειδία του αζώτου, με ποσοστό περί του 10% να διαφεύγει στο περιβάλλον μέσω των καυσαερίων. Η αρνητική επίδραση του διοξειδίου του αζώτου στα φυτά ξεκινά από συγκεντρώσεις 0,6 mg/kg, οπότε έχουμε παρεμπόδιση της φωτοσύνθεσης. Σε συγκεντρώσεις 2 mg/kg, καταστρέφονται τα φύλλα.

Όμως οι μεγαλύτερες βλαπτικές επιδράσεις του ασκούνται πάνω στον άνθρωπο. Η περιορισμένη διαλυτότητα του επιτρέπει να διεισδύσει βαθιά στο αναπνευστικό σύστημα. Οι ενοχλήσεις μπορούν να αρχίσουν από χαμηλές συγκεντρώσεις των 15 ppm, κυρίως με ενοχλήσεις στα μάτια και στη μύτη. Από 25 ppm αρχίζουν οι αναπνευστικές ενοχλήσεις, με βήχα, δύσπνοια, πόνους στο στήθος, βήχα με κίτρινο επίχρισμα ή αίμα, κυάνωση, πυρετό, κρίση άσθματος, αυξημένο αναπνευστικό ρυθμό, τραχειοβρογχίτιδα,

²² MARPOL 73/78 Annex VI of the Convention and Annex VI Amendments

²³ http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php.

βρογχοπνευμονία και πνευμονικό οίδημα. Έκθεση σε 150-200 ppm μπορεί να οδηγήσει σε θανατηφόρα πνευμονική ίωση.

Το διοξείδιο του αζώτου αντιδρά επίσης με την αιμοσφαιρίνη δημιουργώντας αδρανείς ενώσεις, με κύρια την μεθαιμοσφαιρίνη, της οποίας τα επίπεδα χρησιμοποιούνται και σαν ένδειξη του ύψους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου. Με αυτό τον τρόπο εμποδίζεται η οξυγόνωση των ιστών. Το αποτέλεσμα είναι ταχυπαλμία, υπέρταση και καρδιακή αρρυθμία.

Οξείδια του Θείου (SO_x)

Τα οξείδια του θείου (SO_x), είναι ανόργανες χημικές ενώσεις. Επειδή οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο περιέχουν ενώσεις του θείου, αναπόφευκτα η καύση τους σε συνδυασμό με το οξυγόνο εκλύει διοξείδιο του θείου. Με την παρουσία υγρασίας και περισσότερο κάποιου καταλύτη όπως το διοξείδιο του αζώτου, το διοξείδιο του θείου οξειδώνεται παραπέρα σε θειικό οξύ, πράγμα που όταν συμβεί στην ατμόσφαιρα δημιουργεί το φαινόμενο της όξινης βροχής. Παράλληλα, επηρεάζει άτομα με αναπνευστικά προβλήματα και προκαλεί αλλοιώσεις σε βλάστηση και μέταλλα.

Υδρογονάνθρακες (HC)

Οι υδρογονάνθρακες (HC), προέρχονται από την ατελή καύση του καυσίμου-λαδιού και την εξάτμιση του καυσίμου. Έχουν επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου (καρκινογένεσις) αλλά και στο περιβάλλον με την δημιουργία νέφους.

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι αποτέλεσμα της ατελούς καύσης, καθώς υπάρχει έλλειψη αέρα και διαχωρισμός των διοξειδίων του άνθρακα και είναι εξαιρετικά τοξικό σε μεγάλη συγκέντρωση. Λόγω της περίσσειας αέρα στις δίχρονες Ναυτικές μηχανές οι εκπομπές μονοξειδίου είναι πολύ μικρές.

Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ένα σύνθετο μείγμα από οργανικές και ανόργανες ενώσεις που προκύπτουν από ατελή καύση, άκαυστες ποσότητες λιπαντικού, θερμικό ξέσπασμα υδρογονανθράκων, υπολείμματα άκαυστων σωματιδίων στα καύσιμα και στα λιπαντικά και ύπαρξη νερού. Ποσοστό μεγαλύτερο από 50% των σωματιδίων εξέρχεται στην ατμόσφαιρα υπό μορφή καπνού. Τα άκαυστα σωματίδια άνθρακα δεν είναι

τοξικά από μόνα τους και αποτελούν λιγότερο από 0.003% των καυσαερίων.

3.2.4 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από τους προαναφερόμενους ρύπους που εκπέμπουν τα πλοία, αυτοί που καθορίζονται από νομοθετικούς περιορισμούς -προς το παρόν- είναι:

- Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC)
- Οξείδια του αζώτου (NO_x)
- Οξείδια του θείου (SO_x).

Νομοθετικούς περιορισμούς που σχετίζονται με την ρύπανση του περιβάλλοντος από την Ναυτιλία μπορούν να θεσπίσουν: Διεθνείς Οργανισμοί (*International Maritime Organization* - IMO), φορείς με κανονιστική αρμοδιότητα π.χ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή (*Europe Council*) και μεμονωμένα κράτη (π.χ. Η.Π.Α). Ο σημαντικότερος νομοθέτης για την παγκόσμια ναυτιλία είναι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός-*International Maritime Organization* (IMO).

3.2.5 MARPOL 73/78 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ VI

Στο πλαίσιο του νέου πρωτοκόλλου στη Σύμβαση MARPOL 73/78, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός ενέκρινε το 1997 το Παράρτημα VI το οποίο περιλαμβάνει κανονισμούς για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πλοία. (*Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships-Annex VI*). Η Ελλάδα ως κράτος-μέλος της παγκόσμια Ναυτιλιακής κοινότητας έχει επικυρώσει όλα τα παραρτήματα και τις τροποποιήσεις της διεθνούς σύμβασης MARPOL 73/78.

Με τις διατάξεις του εν λόγω Παραρτήματος θεσπίζονται ενιαίοι κανόνες που στοχεύουν στη λήψη συγκεκριμένων μέτρων για τον έλεγχο και την πρόληψη της ρύπανσης του αέρα από τα πλοία. Ειδικότερα, μεταξύ των λοιπών απαιτήσεων, περιλαμβάνονται ρυθμίσεις, υπό μορφή κανονισμών, με τις οποίες καθορίζονται:

- οι επιτρεπόμενες περιεκτικότητες σε θείο του πετρελαίου κίνησης που χρησιμοποιούν τα πλοία,
- τα επίπεδα εκπομπών οξειδίων του αζώτου για ναυτικές μηχανές diesel
- τα μέτρα που πρέπει να παρθούν σε λιμάνια και τερματικούς σταθμούς για την υποδοχή δεξαμενοπλοίων στα οποία μπορεί να απαιτηθεί η ύπαρξη συστημάτων

ελέγχου εκπομπών πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs).

Για την πληρέστερη ενημέρωση, παρέχονται οι παρακάτω συμπληρωματικές οδηγίες:

1. Πεδίο εφαρμογής: Το Παράρτημα VI της MARPOL 73/78 για την πρόληψη ρύπανσης του αέρα, εφαρμόζεται σε όλα τα πλοία, σύμφωνα με τις επί μέρους απαιτήσεις.

2. Επιθεωρήσεις - Κανονισμός 5: Σε κάθε πλοίο ολικής χωρητικότητας 400 gt και άνω και σε κάθε μόνιμη και πλωτή εγκατάσταση εξόρυξης πετρελαίου και άλλες πλατφόρμες, διενεργούνται οι ακόλουθες επιθεωρήσεις από τον αρμόδιο Νηογνώμονα που έχει επιλέξει ο πλοιοκτήτης :

α) αρχική επιθεώρηση: διενεργείται πριν το πλοίο τεθεί σε λειτουργία ή πριν την αρχική έκδοση του Διεθνούς Πιστοποιητικού Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα (ΔΠΠΡΑ).

β) περιοδικές επιθεωρήσεις: διενεργούνται σε χρόνο που καθορίζεται από την Αρχή, χωρίς να υπερβαίνουν τα πέντε (5) έτη (συνήθως κατά τη διάρκεια Δεξαμενισμού του πλοίου).

γ) τουλάχιστον μία ενδιάμεση επιθεώρηση: στην περίπτωση που λαμβάνει χώρα μόνο μία τέτοια επιθεώρηση κατά τη διάρκεια των πέντε ετών, αυτή θα πραγματοποιείται μέσα σε χρονικό διάστημα έξι μηνών πριν ή μετά την ημερομηνία του μέσου της περιόδου αυτής (Ενδιάμεση Επιθεώρηση).

δ) Μία ετήσια επιθεώρηση σε διάστημα τριών μηνών πριν ή μετά από κάθε ημερομηνία ετερείου του πιστοποιητικού, περιλαμβανομένης γενικής επιθεώρησης του εξοπλισμού, συστημάτων, εξαρτημάτων, διατάξεων και υλικού για να εξασφαλίζεται ότι έχουν συντηρηθεί και ότι παραμένουν ικανοποιητικά για την λειτουργία για την οποία προορίζεται το πλοίο. Αυτές οι ετήσιες επιθεωρήσεις θα θεωρούνται επί του πιστοποιητικού που εκδίδεται σύμφωνα με τους κανονισμούς 6 ή 7 του Παραρτήματος VI.

ε) Μία πρόσθετη επιθεώρηση είτε γενική είτε μερική, ανάλογα με τις περιστάσεις, θα λαμβάνει χώρα οποτεδήποτε γίνονται οποιεσδήποτε σημαντικές επισκευές ή ανανεώσεις ή μετά από επισκευή που προκύπτει από έρευνες. Η επιθεώρηση θα είναι τέτοια ώστε να εξασφαλίζεται ότι οι απαραίτητες επισκευές ή ανανεώσεις έγιναν με αποτελεσματικό τρόπο, ότι το υλικό και η εργασία αυτών των επισκευών ή ανανεώσεων είναι

ικανοποιητικό από όλες τις απόψεις και ότι το πλοίο συμμορφώνεται από όλες τις απόψεις με τις απαιτήσεις αυτού του Παραρτήματος.

Οι παραπάνω επιθεωρήσεις πρέπει να διασφαλίζουν ότι ο εξοπλισμός, τα συστήματα, εξαρτήματα, διατάξεις και υλικά συμμορφώνονται πλήρως με τις εφαρμοζόμενες απαιτήσεις για τον έλεγχο των εκπομπών και είναι σε καλή κατάσταση λειτουργίας. Οι επιθεωρήσεις των υπόχρεων πλοίων γίνονται είτε από επιθεωρητές της Αρχής είτε από Αναγνωρισμένους Οργανισμούς (συνήθως από επιθεωρητές του Νηογνώμονα του πλοίου).

Εφόσον, κατά τη διενέργεια της επιθεώρησης, κριθεί από τον επιθεωρητή ότι ο εξοπλισμός του πλοίου δεν ανταποκρίνεται στα στοιχεία του Πιστοποιητικού, θα λαμβάνεται μέριμνα προκειμένου να διασφαλίζεται ότι έχουν ληφθεί ενέργειες αποκατάστασής του, με παράλληλη ενημέρωση της Αρχής. Για οποιοσδήποτε αλλαγές στον εξοπλισμό, συστήματα, εξαρτήματα, διατάξεις ή υλικά που καλύπτονται από την επιθεώρηση, απαιτείται η προηγούμενη έγκριση της Αρχής.

3. Έκδοση Διεθνούς Πιστοποιητικού Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα (ΔΠΠΡΑ) - Κανονισμός 6:

Ένα Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα θα εκδίδεται, μετά την αρχική επιθεώρηση ή επιθεώρηση ανανέωσης σύμφωνα με τις διατάξεις του εν λόγω Παραρτήματος σε:

- κάθε πλοίο ολικής χωρητικότητας 400 και άνω που εκτελεί ταξίδια σε λιμάνια ή τερματικούς σταθμούς πέραν της ακτής που βρίσκονται στη δικαιοδοσία άλλων Μερών και σε πλατφόρμες και εξέδρες εξόρυξης πετρελαίου οι οποίες εκτελούν ταξίδια σε ύδατα που βρίσκονται στην κυριαρχία ή δικαιοδοσία άλλων Μερών.
- Ένα πλοίο που έχει κατασκευαστεί πριν την ημερομηνία θέσης σε ισχύ του Παραρτήματος VI, θα εφοδιάζεται με Διεθνές Πιστοποιητικό Πρόληψης Ρύπανσης του Αέρα (ΔΠΠΡΑ) σύμφωνα με την παράγραφο (1) αυτού του κανονισμού, όχι αργότερα από την πρώτη προγραμματισμένη επιθεώρηση στην ξηρά, μετά την ημερομηνία της θέσης σε ισχύ, αλλά σε καμία περίπτωση μετά την περίοδο τριών ετών από την ημερομηνία αυτή.

- Ένα τέτοιο Πιστοποιητικό θα εκδίδεται ή θα θεωρείται από την Αρχή ή από κάθε πρόσωπο ή Οργανισμό αρμοδώς εξουσιοδοτημένο από αυτήν. Σε κάθε περίπτωση, η Αρχή αναλαμβάνει την πλήρη ευθύνη για το πιστοποιητικό.

4. Απαιτήσεις για τον έλεγχο των εκπομπών από πλοία: Σύμφωνα με τους εννοιολογικούς προσδιορισμούς του υπόψη Κανονισμού, ως «εκπομπή» νοείται οποιαδήποτε απελευθέρωση ουσιών από πλοία στην ατμόσφαιρα ή στη θάλασσα, που υπόκειται σε έλεγχο από το Παράρτημα VI της Δ.Σ. MARPOL 73/78.

Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC) - Κανονισμός 15

Στον Κανονισμό αυτό καθορίζονται γενικές απαιτήσεις/υποχρεώσεις, στην περίπτωση που κάποιο Μέρος, σκοπεύει να καθορίσει λιμάνια ή τερματικούς σταθμούς, που ανήκουν στη δικαιοδοσία του και στα οποία οι εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs) από δεξαμενόπλοια πρόκειται να αποτελέσουν αντικείμενο ρύθμισης. Στην περίπτωση αυτή, το εν λόγω Μέρος θα πρέπει να διασφαλίζει ότι, στα λιμάνια και στους τερματικούς σταθμούς στους οποίους ισχύουν ειδικά μέτρα για εκπομπές VOCs, διατίθενται συστήματα ελέγχου των ατμών συγκεκριμένων πτητικών φορτίων, που λειτουργούν με ασφάλεια και χωρίς να προκαλούν αδικαιολόγητη καθυστέρηση στα δεξαμενόπλοια. Τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι εγκεκριμένου τύπου και σύμφωνα με την πρότυπη προδιαγραφή για συστήματα ελέγχου εκπομπών ατμών που αναφέρεται στην Απόφαση MSC/Circ.585 του Διεθνή Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO).

Δεξαμενόπλοιο που μεταφέρει αργό πετρέλαιο θα πρέπει να είναι εφοδιασμένο και να εφαρμόζει ένα Σχέδιο Διαχείρισης VOC εγκεκριμένο από την Αρχή. Αυτό το σχέδιο θα ετοιμάζεται λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες που αναπτύσσονται από τον Οργανισμό. Το σχέδιο θα είναι συγκεκριμένο για κάθε πλοίο και κατ' ελάχιστο θα:

- Προβλέπει γραπτές διαδικασίες για την ελαχιστοποίηση εκπομπών VOC στη διάρκεια φόρτωσης, θαλάσσιας διέλευσης και απόρριψης φορτίου.
- Λαμβάνει υπόψη τις πρόσθετες VOC που προκύπτουν από την πλύση αργού πετρελαίου.
- Αναγνωρίζει άτομο υπεύθυνο για την εφαρμογή του σχεδίου.
- Για πλοία σε διεθνείς πλόες, είναι γραμμένο στην γλώσσα εργασίας του πλοιάρχου και των αξιωματικών και, αν η γλώσσα εργασίας του πλοιάρχου και των

αξιοματικών δεν είναι η αγγλική, γαλλική ή ισπανική, θα περιλαμβάνει μετάφραση σε μια απ' αυτές τις γλώσσες.

Σημειώνεται ότι, ο Κανονισμός αυτός για τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων θα εφαρμόζεται μόνον όταν ο τύπος φόρτωσης και τα συστήματα εγκλωβισμού επιτρέπουν την ασφαλή κατακράτηση ατμών VOC που δεν περιέχουν μεθάνιο ή την ασφαλή επιστροφή τους στην ξηρά.

Προδιαγραφές εκπομπών οξειδίων του αζώτου(NOx) - Κανονισμός 13

Ο Κανονισμός αυτός εφαρμόζεται σε :

Κάθε μηχανή ντίζελ με ισχύ μεγαλύτερη από 130 KW, η οποία εγκαθίσταται σε ένα πλοίο το οποίο κατασκευάστηκε μετά την 1η Ιανουαρίου του 2000 και κάθε μηχανή ντίζελ με ισχύ μεγαλύτερη από 130 KW, η οποία υπόκειται σε μετασκευή ευρείας έκτασης μετά την 1η Ιανουαρίου 2000.

Ο Κανονισμός αυτός δεν εφαρμόζεται σε :

Μηχανές ντίζελ έκτακτης ανάγκης (ηλεκτρογεννήτριες-Emergency diesel generator), μηχανές πρόωσης σωσίβιων λέμβων και σε οποιαδήποτε συσκευή ή εξοπλισμό που χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Η λειτουργία κάθε μηχανής ντίζελ, στην οποία εφαρμόζεται ο εν λόγω Κανονισμός, επιτρέπεται εφόσον οι εκπομπές NOx βρίσκονται κάτω από τα ακόλουθα όρια :

- 17,0 g/KWh όταν οι στροφές λειτουργίας n είναι μικρότερες από 130 rpm,
- $45,0 \times n^{(-0,2)}$ g/KWh όταν οι στροφές λειτουργίας n είναι μεγαλύτερες ή ίσες από 130 αλλά μικρότερο από 2000 rpm,
- 9,8 g/KWh όταν οι στροφές λειτουργίας n είναι ίσες ή μεγαλύτερες από 2000 rpm.
 n = η ονομαστική ταχύτητα της μηχανής (περιστροφές στροφαλοφόρου ανά λεπτό).

Προδιαγραφές εκπομπών NOx για καινούριες μηχανές:

Η MEPC (συνεδρίαση του IMO που αφορά τη διεθνή σύμβαση MARPOL) συμφώνησε με τις τροποποιήσεις αναφορικά με την προτεινόμενη δομή τριών επιπέδων για τις νέες μηχανές, οι οποίες καθορίζουν σταδιακά αυστηρότερα όρια εκπομπής οξειδίων αζώτου ανάλογα με την ημερομηνία της εγκατάστασής τους.

1. Η σειρά I, ισχύει για μια μηχανή ντίζελ που εγκαθίσταται σε ένα σκάφος που κατασκευάστηκε από την 1η Ιανουαρίου 2000 μέχρι και πριν από την 1η

Ιανουαρίου 2011 και ορίζονται στα 17,0 g/kWh σύμφωνα με το Παράρτημα VI της MARPOL.

2. Για τη σειρά II, τα επίπεδα εκπομπής NO_x για μια μηχανή ντίζελ που εγκαθίσταται σε ένα σκάφος που κατασκευάστηκε μετά από την 1η Ιανουαρίου 2011, θα μειώνονται σε 14,4 g/kWh.
3. Για τη σειρά III, τα επίπεδα εκπομπής NO_x για μια μηχανή ντίζελ που εγκαθίσταται σε ένα σκάφος που πρόκειται να κατασκευαστεί μετά από την 1η Ιανουαρίου 2016, θα μειώνονται σε 3,4 g/kWh, όταν το πλοίο κινείται σε μια οριζόμενη περιοχή ελέγχου εκπομπής. Έξω από μια οριζόμενη περιοχή ελέγχου εκπομπής, ισχύει το όριο της σειράς II.

Προδιαγραφές εκπομπών NO_x για υπάρχουσες μηχανές:

Αναφορικά με τις υπάρχουσες μηχανές, το MEPC συμφώνησε στα όρια εκπομπής NO_x στα 17,0 g/kWh, ως όριο εκπομπής NO_x για μια μηχανή diesel με ισχύ μεγαλύτερη από 5.000 kW και εκτόπισμα ανά κύλινδρο 90 λίτρα ή περισσότερο, που εγκαταστάθηκαν σε ένα πλοίο κατασκευής από την 1η Ιανουαρίου 1990 και μετά αλλά πριν από την 1η Ιανουαρίου 2000.

Προδιαγραφές εκπομπών οξειδίων του θείου (SO_x) - Κανονισμός 14

Με το Παράρτημα VI της MARPOL - Κανονισμός 14 καθιερώθηκε ως ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο οποιουδήποτε καυσίμου, το 4,5% κατά βάρος από το 2008, το 3,5% κ.β. από τον Ιανουάριο του 2012 και στο 0,5% από το 2020 και έπειτα. Αυστηρότερες απαιτήσεις ισχύουν για τα πλοία που κινούνται εντός Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών SO_x (SECA)²⁴ δηλαδή εντός θαλασσιών περιοχών που πληρούν τα κριτήρια και τις διαδικασίες καθορισμού, που περιγράφονται στο Προσάρτημα III του Παραρτήματος VI του εν λόγω Πρωτοκόλλου. Επί του παρόντος, ως περιοχές SECA έχουν καθορισθεί, η Βαλτική θάλασσα, η Βόρειος Θάλασσα, το Στενό της Μάγχης, καθώς και από το 2012, ο θαλάσσιος χώρος της Βορείου Αμερικής και από τον Ιανουάριο του τρέχοντος έτους, η

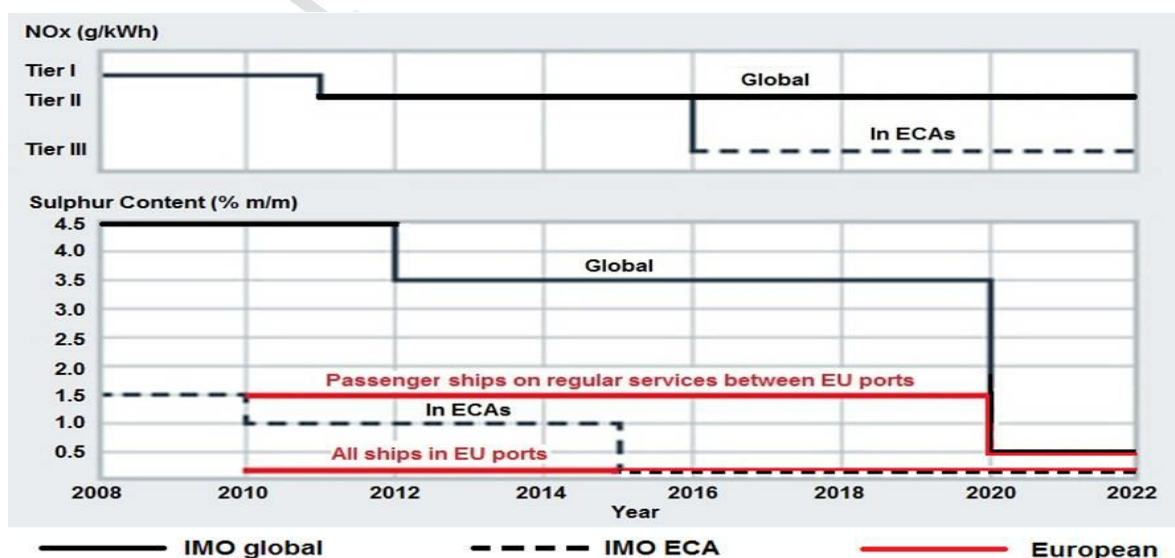
²⁴ Environmentally Superior LNG-Fuelled Vessels, (June 2013), Takashi Unseki. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://www.mhi-global.com>

Καραϊβική, ενώ αναμένεται να ακολουθήσουν αρκετές ακόμα τα επόμενα έτη.

Σημειώνεται, ότι για την είσοδο του πλοίου σε περιοχή ελέγχου εκπομπών SOx θα καταγράφονται στοιχεία που αφορούν τον όγκο του πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο (μικρότερης ή ίσης του 1,5% κ.β. σε περιεχόμενο θείο) σε κάθε δεξαμενή, καθώς και η ημερομηνία, η ώρα και η θέση του πλοίου όταν ολοκληρώνεται η λειτουργία εναλλαγής του καυσίμου. Ενδεικτικά η σχετική εγγραφή μπορεί να γίνεται στο ημερολόγιο γεφύρας ή μηχανής του πλοίου.

Περαιτέρω, για τα πλοία που βρίσκονται εντός των προαναφερόμενων περιοχών SECA, θα πρέπει να ικανοποιείται τουλάχιστον μία από τις παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Η περιεκτικότητα του θείου στο πετρέλαιο κίνησης δεν θα υπερβαίνει το 1,5% κ.β. ή εναλλακτικά θα υπάρχει σύστημα καθαρισμού καυσαερίων, εγκεκριμένο από την Αρχή, που θα εφαρμόζεται στη μηχανή του πλοίου, συμπεριλαμβανομένων των κύριων και των βοηθητικών μηχανών πρόωσης, έτσι ώστε να μειώνονται οι ολικές εκπομπές οξειδίων του θείου. Το συνολικό βάρος εκπομπής διοξειδίου του θείου δεν θα υπερβαίνει τα 6gr/KWh (συνολικό βάρος εκπομπής $\leq 6,00\text{gr SOx/KWh}$) ή
2. Θα εφαρμόζεται οποιαδήποτε άλλη ισοδύναμη τεχνολογική μέθοδος για τον περιορισμό των εκπομπών SOx, εντός των παραπάνω ορίων, εγκεκριμένη από την Αρμόδια Αρχή.



Για τον έλεγχο συμμόρφωσης με τις απαιτήσεις του εν λόγω Κανονισμού, σε ότι αφορά την περιεκτικότητα σε θείο του πετρελαίου κίνησης, αυτή θα αναφέρεται στο δελτίο παράδοσης του καυσίμου (bunker delivery note), με ευθύνη του προμηθευτή. Τον Απρίλιο του 2008 η Επιτροπή Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος (MEPC) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) ενέκρινε τις προτεινόμενες τροποποιήσεις της MARPOL Παράρτημα VI, σχετικά με τους κανονισμούς για την μείωση των επιβλαβών εκπομπών από τα πλοία. Συγκεκριμένα η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο σε παγκόσμιο επίπεδο θα περιοριστεί στο 0,5% ανά m/m από το 2020, σε σύγκριση με το 4,5% ανά m/m που ήταν το 2008 και το 3,5% m/m που ισχύει από τον Ιανουάριο του 2012. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα όχι μόνο τη μείωση των εκπομπών του θείου αλλά επίσης και των αιωρούμενων σωματιδίων που παράγονται από τις μηχανές των πλοίων. Επιπροσθέτως, η περιεκτικότητα των καυσίμων σε θείο σε περιοχές ECA είναι στο 1,00% ανά m/m μετά τον Ιούλιο του 2010 και αναμένεται να περιοριστεί, από τον Ιανουάριο του 2015, μόλις στο 0,10% ανά m/m.



3.3 ΤΟ LNG ΩΣ ΛΥΣΗ ΣΤΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

Σε αυτή την παράγραφο θα αναλύσουμε το κατά πόσο μπορεί να είναι βιώσιμη η λύση του LNG ως καυσίμου πρόωσης, τόσο όσον αφορά τις περιβαλλοντικές προκλήσεις όσο και τις νομοθετικές απαιτήσεις που αναλύθηκαν πιο πάνω, εστιάζοντας κυρίως στις περιβαλλοντικές ιδιότητες, στη σκοπιμότητα και στην διαθεσιμότητα του.

3.3.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Το LNG είναι το φυσικό αέριο το οποίο έχει ψυχθεί, περίπου στους -161°C , προκειμένου να διατηρήσει την υγρή του μορφή. Αυτό συμβαίνει προκειμένου το φυσικό αέριο να μεταφέρεται με δεξαμενόπλοια, τα οποία έχουν κατασκευαστεί γι αυτό το σκοπό, από τις τοποθεσίες παραγωγής στις περιοχές κατανάλωσης. Το LNG θερμαίνεται εκ νέου σε αέρια μορφή πριν από την καύση σε μια μηχανή ή πριν εισαχθεί σε αγωγό φυσικού αερίου.

Το κύριο συστατικό του LNG είναι το μεθάνιο (CH_4), περίπου στο 90%, με το υπόλοιπο να είναι στο μεγαλύτερο βαθμό αιθάνιο (C_2H_6). Το LNG δεν περιέχει συστατικά τα οποία είναι τοξικά ή προκαλούν σοβαρή ρύπανση. Η σύνθεση του LNG είναι σε γενικά πλαίσια η ίδια με άλλα είδους φυσικά αέρια, με τη διαφορά ότι το LNG έχει καθαρισθεί από ορισμένα συστατικά του φυσικού αερίου τα οποία θα μπορούσαν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Επιπροσθέτως, το LNG (και το φυσικό αέριο γενικότερα) είναι το φιλικότερο προς περιβάλλον καύσιμο σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο, κάτι το οποίο αποδεικνύεται και στον παρακάτω πίνακα στον οποίο συγκρίνονται οι εκπομπές από καύσιμο LNG σε σχέση με τα υγρά προϊόντα πετρελαίου.

Πίνακας 1: Ενδεικτικές Εκπομπές στην ατμόσφαιρα από πλοία (Οι εκπομπές σχετίζονται με την απόδοση του κινητήρα σε KWh και ποικίλλουν ανάλογα με την ποιότητα των καυσίμων και τον τύπο του κινητήρα).

Τύπος Καυσίμου	Sox (g/KWh)	Nox (g/KWh)	CO ₂ (g/KWh)
Πετρέλαιο Ντίζελ	2	8-11	580-630
Βενζίνη	0,4	8-11	580-630
Φυσικό Αέριο (LNG)	0	2	430-480

Πηγή: Marintek

Το φυσικό αέριο είναι ένα εξαιρετικό καύσιμο για τις μηχανές εσωτερικής καύσης, κυρίως λόγω διάφορων ιδιοτήτων του, το οποίο καθιστά δυνατό το σχεδιασμό κινητήρων με υψηλή αποδοτικότητα και χαμηλές εκπομπές αερίων. Τα κύρια τεχνικά χαρακτηριστικά της χρήσης του LNG ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία είναι:

- Το υψηλό ποσοστό Μεθανίου το οποίο επιτρέπει υψηλή αναλογία ισχύος της μηχανής.
- Η εύκολη ανάμειξη με τον αέρα έτσι ώστε να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες και οι πιέσεις κατά τη διάρκεια της καύσης με αποτέλεσμα να μειώνονται οι εκπομπές NO_x μέχρι και 90% σε σύγκριση με το πετρέλαιο ντίζελ. Επιπροσθέτως με τη χρήση LNG επιτυγχάνουμε υψηλή αποδοτικότητα.
- Δεν περιέχει θείο και ως εκ τούτου δεν υπάρχουν εκπομπές SO_x και άλλων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Το LNG, του οποίου το κύριο συστατικό είναι το Μεθάνιο(CH₄), είναι ένα μόριο με απλή δομή το οποίο κατά την καύση του παράγει λιγότερες CO₂ εκπομπές σε σύγκριση με τα περισσότερα περίπλοκα μόρια που δομούν τα άλλα υγρά καύσιμα όπως το ντίζελ. Επιπροσθέτως, η απλότητα των συστατικών μορίων και η μη περιεκτικότητα σε θείο στο φυσικό αέριο, έχει ως αποτέλεσμα την μη εκπομπή σωματιδίων στην ατμόσφαιρα²⁵. Ωστόσο ένα περιβαλλοντικό μειονέκτημα της χρήσης του φυσικού αερίου είναι ότι κατά την καύση του έχει την τάση να παράγει αρκετά υψηλό ποσοστό υδρογονανθράκων το οποίο εξέρχεται από την εξάτμιση του κινητήρα, γεγονός το οποίο αντισταθμίζεται με τα χαμηλότερα ποσοστά εκπομπών CO₂ στην ατμόσφαιρα, όπως προαναφέρθηκε. Πάντως, εκτιμάται ότι η αντικατάσταση του πετρελαίου με τη χρήση του καυσίμου LNG στα πλοία θα επηρεάσει θετικά και θα ωφελήσει το παγκόσμιο κλίμα σε ποσοστό 0%-15%.

²⁵ http://www.gl-group.com/en/snb/lng_benefits.php

3.3.2 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΩΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Το LNG δεν χρησιμοποιείται ευρέως ως καύσιμο για τα πλοία, άλλα χρησιμοποιείται αρκετά, έτσι ώστε να αναπτύσσεται μια βάση εμπειρίας καθώς και μια βάση σχετικά με τον εξοπλισμό που απαιτείται. Στις παρακάτω παραγράφους αναλύεται η σκοπιμότητα χρήσης του LNG ως καύσιμου πρόωσης για τα πλοία, αναφορικά με τις απαιτήσεις τόσο σε Ευρωπαϊκό όσο και σε Διεθνές πλαίσιο.

Μεθοδολογία

Η εκτίμηση του εξωτερικού κόστους που παράγουν ετησίως οι καυσαερίες εκπομπές της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στον ελληνικό χώρο απαιτεί τον προσδιορισμό των ετήσιων ποσοτήτων κατανάλωσης καυσίμου των πλοίων που εμπλέκονται σε αυτή τη δραστηριότητα και ακολούθως την εφαρμογή συντελεστών εκπομπής καυσαερίων (SO₂, NO_x, PM και CO₂) ανά μονάδα καταναλούμενου καυσίμου και των συντελεστών κόστους (ζημίας) που προκαλείται ανά μονάδα εκπεμπόμενου καυσαερίου. Η μέση ετήσια κατανάλωση καυσίμου βασίζεται στα δεδομένα της αγοράς πετρελαιοειδών κατά τη διάρκεια της δεκαετίας 2001-2010. Οι συντελεστές εκπομπής καυσαερίων λαμβάνουν υπόψη τόσο τις μεταβολές στη ποιότητα του καυσίμου όσο και της τεχνολογίας των ναυτικών νηζελομηχανών κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου. Για την σύγκριση του εξωτερικού κόστους των καυσαερίων από τη χρήση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου εφαρμόζεται η υπόθεση για μέση ετήσια κατανάλωση ίσης ποσότητας (κατά μάζα) μεταξύ των δύο τύπων καυσίμου. Η υπόθεση αυτή είναι βάσιμη στο βαθμό που η διαφορά μεταξύ της ειδικής κατανάλωσης καυσίμου των αεριομηχανών φυσικού αερίου και των νηζελομηχανών είναι πολύ περιορισμένη²⁶.

Κατανάλωση Καυσίμου

Η ποσότητα καυσίμου που καταναλώνουν τα επιβατηγά και Ε/Γ-Ο/Γ πλοία της εσωτερικής ναυτιλίας στην Ελλάδα βασίζεται στις εσωτερικές πωλήσεις ναυτιλιακών

²⁶ Κεφάλαιο IV, ΕΝΕΡΓΕΙΑ - Ναυτιλία & Θαλάσσιες Μεταφορές, Επιμέλεια: Ν. Φαραντύρης, Έκδοση: Νομική Βιβλιοθήκη, 2013

καυσίμων, όπως αυτές καταχωρούνται στις ετήσιες εθνικές εκθέσεις που υποβάλει η χώρα στην UNFCCC. Κατά την περίοδο 2001-2010, η μέση ετήσια κατανάλωση ναυτιλιακού βαριού και ελαφρού καυσίμου της εσωτερικής ναυτιλίας ήταν 371.8 και 314.4 χιλ. τόνοι αντίστοιχα. Είναι, ωστόσο, σημαντικό να σημειωθεί ότι οι πωλήσεις αυτές αφορούν στο σύνολο της εσωτερικής ναυτιλίας, η οποία εκτός των επιβατηγών πλοίων συμπεριλαμβάνει φορτηγά πλοία (και Φ/Γ-Ο/Γ) καθώς και τα σκάφη αλιείας και αναψυχής. Σύμφωνα με τα αρχεία των πωλήσεων τριών μεγάλων εταιρειών πετρέλευσης στην Ελλάδα, κατά τη διάρκεια της προαναφερόμενης περιόδου, τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας απορρόφησαν κατά μέσο όρο το 68.5% (δηλ. 260.1 χιλ. τον.) και 40.6% (δηλ. 127.5 χιλ. τον.) των ετήσιων εσωτερικών ναυτιλιακών πωλήσεων βαριού και ελαφρού καυσίμου, αντίστοιχα.

Συντελεστές Εκπομπής και Κόστους Καυσαερίων

Για τη διαμόρφωση των συντελεστών εκπομπής των καυσαερίων από την καύση πετρελαίου αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα σχετικών ερευνών^{27,28}, σε συνδυασμό με την ποιότητα του πετρελαίου των πλοίων της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στην Ελλάδα και τις συνήθειες προδιαγραφές των κύριων και βοηθητικών νηζελομηχανών τους. Σε αντίθεση με τις καυσαέριες εκπομπές του πετρελαίου, η σχετική έρευνα γύρω το φυσικό αέριο είναι πολύ πιο πρόσφατη και περιορισμένη. Οι κατασκευαστές αεριομηχανών υποστηρίζουν ότι η καύση του φυσικού αερίου παρουσιάζει τη δυνατότητα μείωσης του NO_x κατά περίπου 90% (σε σχέση με κινητήρες Επιπέδου II κατά IMO), του SO₂ μέχρι 100%, του CO₂ κατά 25% περίπου και του PM κατά 90% σε σύγκριση με την καύση βαριού πετρελαίου. Επιπρόσθετα, οι συντελεστές εκπομπής καυσαερίων του φυσικού

²⁷ Whall, C., Stavrakaki, A., Ritchie, A., Green, C., Shialis, T., Minchin, W., Cohen, A. and Stokes, R., CONCAWE: Ship Emissions Inventory-Mediterranean Sea. Final Report, (ENTEC UK Ltd, London April 2007).

²⁸ CAPB, A Critical Review of Ocean-Going Vessel Particulate Matter Emission Factors. Authors Todd Saxand Andrew Alexis, California Air Resources Board 1001 "I" Street, Sacramento, CA, 95814, 2007, www.arb.ca.gov/msei/offroad/pubs/ocean_going_vessels_pm_emfac.pdf.

αερίου διαμορφώθηκαν σύμφωνα και με τις παραδοχές πρόσφατων σχετικών μελετών^{29,30}.

Όσον αφορά τα εξωτερικά κόστη (κόστος των ζημιών) των καυσαερίων εκπομπών SO₂, NO_x, PM και CO₂, για τους ρύπους αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος ExternE όπως προσαρμόστηκε από την NETCEN, ενώ για το (καυσ)αέριο του θερμοκηπίου (CO₂) αντλήθηκαν δεδομένα από την αγορά άνθρακα σύμφωνα με το European Energy Exchange (EEE). Αναλυτικότερα, σύμφωνα με την NETCEN, το εξωτερικό κόστος των ρύπων περιλαμβάνει τις οξείες και χρόνιες επιδράσεις των PM, SO₂ και NO_x στην ανθρώπινη θνησιμότητα και νοσηρότητα, τις οξειδώσεις του SO₂ σε κτίρια και κατασκευές (με εξαίρεση εκείνα πολιτιστικής αξίας) και τις μειώσεις καλλιεργητικής απόδοσης λόγω του NO_x. Επιπλέον, σύμφωνα με την NETCEN οι συντελεστές (εξωτερικού) κόστους για τις εκπομπές των πλοίων κοντά στις ακτές, όπως είναι η περίπτωση της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας εντός των ελληνικών θαλασσών, είναι ίσοι με αυτούς που ισχύουν στην ενδοχώρα κάθε συγκεκριμένης χώρας. Συνεπώς, για την Ελλάδα και σε τιμές του έτους 2000, η ζημία των καυσαερίων ρύπων SO₂, PM και NO_x αποτιμάται σε 4100, 7800 και 6000 ευρώ ανά τον. εκπομπής, αντίστοιχα. Για την προσαρμογή αυτού του εξωτερικού κόστους των καυσαερίων ρύπων στην περίοδο 2001-2010 εφαρμόστηκε αύξηση 17.5% που αντιπροσωπεύει την συνολική αύξηση του Δείκτη Τιμών Καταναλωτή (ΔΤΚ) για την Ελλάδα στο μέσο της προαναφερόμενης περιόδου, ενώ για τον άνθρακα ελήφθη υπόψη η μέση τιμή από την έναρξη του EU ETS (το 2005) μέχρι το τέλος του 2010. Ο παρακάτω Πίνακας περιλαμβάνει τη συνοπτική παρουσίαση αφενός των συντελεστών εξωτερικού κόστους των καυσαερίων εκπομπών και αφετέρου των συντελεστών εκπομπής καυσαερίων από την καύση πετρελαίου και φυσικού αερίου σε ναυτικές νηζελομηχανές και αεριομηχανές, αντίστοιχα.

²⁹ Tefles, Technologies and Scenarios for Low Emissions Shipping. FP7 EU Project, Project Number: SCP0-GA-2010-266126, 2011, WP2: After Treatment and Thermal Energy, D2.1- State of the art and efficiency report. Report date: 22/7/2011: http://tefles.eu/?page_id=355.

³⁰ Magalog, LNG a clean fuel for ships: Maritime Gas Fuel Logistics - Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas. Final Public Report from the MAGALOG project, supported by The Intelligent Energy Executive Agency on behalf of the European Commission, December 2008. www.eu-magalog.eu/index.php?id=20.

Πίνακας 2 : Συντελεστές εκπομπής και κόστους (ζημίας) καυσαερίων.

Τύπος Καυσίμου	Θείο (% μάζα)		Συντελεστής Εκπομπής (kg/τον. καυσίμου)				Συντελεστής Κόστους (ευρώ/τον. καυσαερίου)			
			SO ₂	PM	NO _x	CO ₂	SO ₂	PM	NO _x	CO ₂
Πετρέλαιο	Βαρύ	2.70 ^α	54	7.4	57.0 ^δ	3150	4818	9165	7050	16 ^ε
		1.50 ^β	30	4.2						
	Ελαφρύ	0.10 ^γ	20	2.8						
Φυσικό Αέριο			0	0.4	8.8	2060				

Πηγή: Ενέργεια - Ναυτιλία & Θαλάσσιες Μεταφορές, Επιμέλεια: Ν. Φαραντύρης

^α Μέση περιεκτικότητα θείου καυσίμου κυρίων μηχανών (2001-2006)

^β Περιεκτικότητα θείου καυσίμου κυρίων μηχανών (2007-2010)

^γ Περιεκτικότητα θείου καυσίμου βοηθητικών μηχανών (2001-2010)

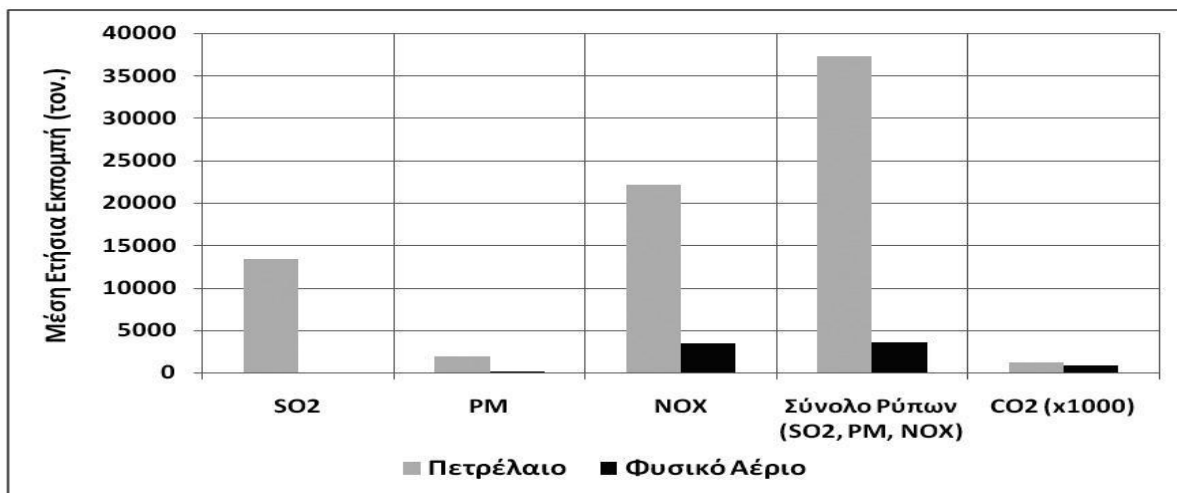
^δ Μέση τιμή για μηχανές προδιαγραφής NO_x Επιπέδου I και II

^ε Μέση τιμή EU ETS (2005-2010)

Αποτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων

Με βάση τη μέση ετήσια κατανάλωση καυσίμου της περιόδου 2001-2010 και τα δεδομένα του Πίνακα 2, η μέση ετήσια εκπομπή καυσαερίων ρύπων (SO₂, PM και NO_x) από τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας στον ελληνικό χώρο προσεγγίζει συνολικά τους 37.5 χιλ. τον., ενώ η αντικατάσταση του πετρελαίου με φυσικό αέριο μειώνει το σύνολο αυτών των ρύπων κατά δέκα φορές περίπου περιορίζοντας τους σε 3.56 χιλ. τον. (Σχήμα 1).

Σχήμα 1: Ποσότητες καυσαερίων εκπομπών



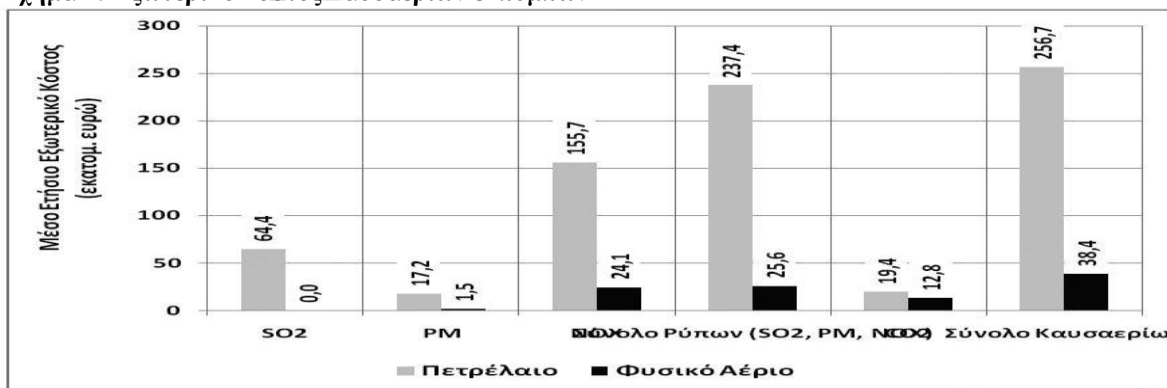
Πηγή: Ενέργεια - Ναυτιλία & Θαλάσσιες Μεταφορές, Επιμέλεια: Ν. Φαραντύρης

Αναλυτικότερα, η χρήση του φυσικού αερίου επιτυγχάνει καθολική μείωση των εκπομπών SO₂, ενώ περιορίζει τις εκπομπές PM και NO_x στο 8.9% και 15.5% αυτών της χρήσης του πετρελαίου, αντίστοιχα. Εντούτοις, στην περίπτωση του φυσικού αερίου, η συμμετοχή των εκπομπών NO_x στο σύνολο των καυσαερίων ρύπων που αυτό παράγει είναι πολύ υψηλή (95.3%) παρέχοντας σαφή ένδειξη της υπεροχής του φυσικού αερίου έναντι του πετρελαίου ειδικότερα ως προς τον έλεγχο των εκπομπών SO₂ και PM. Ωστόσο πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η εκπομπή NO_x από την καύση φυσικού αερίου είναι εντός της τεχνικής προδιαγραφής επιπέδου TIER III που θέτει η MARPOL για τις μηχανές των πλοίων που θα κατασκευαστούν από το 2016 και μετά και για πλόες εντός των θαλάσσιων Περιοχών Ελέγχου Εκπομπών (ECA).

Σε σχέση με την εκπομπή (καυσ)αερίων του θερμοκηπίου (CO₂) κατά την περίοδο 2001-2010, η χρήση πετρελαίου από την εσωτερική επιβατηγό ναυτιλία ευθύνεται για την παραγωγή 1.2 εκατομ. τον. ετησίως. Σε συνδυασμό με τα δεδομένα της πιο πρόσφατης (2012) εθνικής υποβολής στην UNFCCC, η ποσότητα αυτή αντιπροσωπεύει το 56.1% της μέσης ετήσιας εκπομπής CO₂ από το σύνολο της εσωτερικής ναυτιλίας κατά ίδια περίοδο. Συγκριτικά με το πετρέλαιο, η χρήση του φυσικού αερίου επιφέρει μείωση κατά 34.2%, διαμορφώνοντας το επίπεδο μέσης ετήσιας εκπομπής CO₂ στους 800 χιλ. τον. περίπου.

Το μέσο ετήσιο εξωτερικό κόστος των καυσαερίων εκπομπών λόγω της χρήσης του πετρελαίου από την εσωτερική επιβατηγό ναυτιλία εκτιμήθηκε στα 256.7 εκατ. ευρώ (Σχήμα 2).

Σχήμα 2: Εξωτερικό κόστος καυσαερίων εκπομπών.



Πηγή: Ενέργεια - Ναυτιλία & Θαλάσσιες Μεταφορές, Επιμέλεια: Ν. Φαραντύρης,

Το 92.5% του συνολικού εξωτερικού κόστους αφορά στις ζημίες των καυσαερίων ρύπων και το υπόλοιπο αποτελεί την αποτίμηση των επιπτώσεων στην κλιματική αλλαγή μέσω του CO₂. Αντίθετα, η χρήση του φυσικού αερίου επιφέρει μείωση 85% στο συνολικό εξωτερικό κόστος και 89.2% σε αυτό των καυσαερίων ρύπων. Συνεπώς, η αντικατάσταση του πετρελαίου από το φυσικό αέριο ως καυσίμου για τα πλοία της εσωτερικής επιβατηγού ναυτιλίας οδηγεί στην αποτροπή ζημιών που αποτιμώνται κατά μέσο όρο σε 218.3 εκατ. ευρώ ετησίως.

3.3.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ LNG

Αρχικά, υπάρχουν δύο επιλογές αναφορικά με την προμήθεια LNG, το οποίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία.

- Με την παραγωγή LNG από φυσικό αέριο το οποίο ενδεχομένως να υπάρχει στην Ελλάδα.
- Με την αγορά LNG το οποίο εισάγεται στην Ελλάδα από άλλες χώρες.

Καθώς το LNG δημιουργείται από τη ψύξη του φυσικού αερίου, μακροπρόθεσμα η διαθεσιμότητα του εξαρτάται από το παγκόσμιο απόθεμα φυσικού αερίου. Η κατάσταση των πηγών φυσικού αερίου παγκοσμίως είναι καλύτερη σε σχέση με αυτές του πετρελαίου, όσον αφορά τα αποθέματα που υπάρχουν για παραγωγή καθώς και τη γεωγραφική εξάπλωση.

3.4 ΕΠΙΛΟΓΟΣ: LNG ΚΑΙ ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

Η Παγκόσμια Ναυτιλιακή Βιομηχανία αντιμετωπίζει μια πολύ μεγάλη πρόκληση αναφορικά με τη μείωση των εκπομπών αερίων από τα πλοία. Η πρόκληση αυτή απορρέει από το Παράρτημα VI της MARPOL, το οποίο θέτει αυστηρούς περιορισμούς παγκοσμίως, στις εκπομπές θείου και οξειδίων του αζώτου. Η χρήση του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα πλοία συμμορφώνεται πλήρως με τις απαιτήσεις του ανωτέρω Παραρτήματος της MARPOL και επιπροσθέτως έχει περιβαλλοντικά οφέλη όπως η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις παράκτιες πόλεις. Τέλος, όπως αναφέρει σχετική οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το LNG είναι ένα ελκυστικό εναλλακτικό καύσιμο για τα πλοία, δεδομένου ότι η

χρήση του πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές για μειώσεις στην περιεκτικότητα των θαλάσσιων καυσίμων σε θείο στις περιοχές ελέγχου των εκπομπών θείου. Σύμφωνα με την οδηγία 2012/33/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21ης Νοεμβρίου 2012, για την τροποποίηση της οδηγίας 1999/32/ΕΚ, σχετικά με την περιεκτικότητα των καυσίμων πλοίων σε θείο, οι προδιαγραφές αυτές αφορούν στο ήμισυ των πλοίων που εκτελούν ευρωπαϊκές θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων. Επιπλέον, μέχρι το τέλος του 2020, θα πρέπει να είναι διαθέσιμο ένα βασικό δίκτυο σημείων ανεφοδιασμού με LNG για θαλάσσια σκάφη και σκάφη εσωτερικής ναυσιπλοΐας.

4. Η ΑΚΤΟΠΛΟΙΑ ΩΣ ΜΙΑ ΠΙΘΑΝΗ ΑΓΟΡΑ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟΥ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ

Ο όρος Ακτοπλοΐα χρησιμοποιείται υπό δύο κύριες έννοιες, εκείνης της ακτοπλοϊκής ναυτιλίας (coastal navigation) και εκείνης της παράκτιας συγκοινωνίας, περισσότερο γνωστής, ως ακτοπλοϊκή συγκοινωνία, που αφορά κυρίως συγκοινωνία μεταξύ εγγύς λιμένων της ίδιας Χώρας. Γενικά η ακτοπλοΐα έρχεται σε αντιδιαστολή της ποντοπλοΐας ή θαλασσοπλοΐας ή ωκεανοπλοΐας.

Η συγκοινωνία παράκτιων περιοχών (coasting) ή ακτοπλοϊκή συγκοινωνία διακρίνεται σε:

1. Μεγάλη ακτοπλοΐα ή διεθνή ακτοπλοΐα, που διεξάγεται μεταξύ λιμένων εγγύς κρατών π.χ. Ελλάδα-Ιταλία, Αγγλία-Γαλλία κ.λπ..
2. Μεσαία ακτοπλοΐα, που διεξάγεται μεταξύ λιμένων ηπειρωτικών και λιμένων νήσων της ίδιας Χώρας και σε
3. Μικρή ακτοπλοΐα ή αγκιπλοΐα που διενεργείται μεταξύ λιμένων προασπισμένων περιοχών, συνήθως εντός του αυτού ή μεταξύ εγγύς κόλπων, π.χ. Αργοσαρωνικού.

Η σημασία των παραπάνω διακρίσεων έγκειται στο ότι εφαρμόζονται, κατά περίπτωση, διαφορετικοί κανόνες διεξαγωγής μεταφοράς, κυρίως επιβατών, ειδικότερα σε χώρους ενδιαίτησης, αλλά και φορτίων μεταξύ των λιμένων.

Στην Ελλάδα τα θέματα Ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών καθορίζονται κυρίως από τα άρθρα 164-180 του Κώδικα Δημοσίου Ναυτικού Δικαίου (Κ.Δ.Ν.Δ.), που αφορούν τα ειδικά θέματα Ακτοπλοΐας³¹. Οι σημαντικότερες εξ αυτών διατάξεις προβλέπουν τα ακόλουθα:

1. Δικαίωμα διενέργειας ακτοπλοϊκής συγκοινωνίας μεταξύ ελληνικών λιμένων έχουν τα αναγνωρισμένα Ελληνικά και Κοινοτικά επιβατηγά πλοία. (Επεκτάθηκε σε όλα τα κοινοτικά από το 2003 για εναρμόνιση με τις οδηγίες της ΕΕ).
2. Οι προϋποθέσεις και οι όροι δρομολόγησης των επιβατηγών πλοίων κατά τις χειμερινές και θερινές περιόδους σε συγκεκριμένες ακτοπλοϊκές γραμμές, καθορίζονται από το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου και προσδιορίζονται σε τακτικές, έκτακτες και περιοδικές.
3. Οι διακοπές ακτοπλοϊκών δρομολογίων επιτρέπονται για περιπτώσεις αποκατάστασης ζημιών, μετασκευών, ετήσια επιθεώρηση καθώς και σε έκτακτες ανάγκες.
4. Η επάνδρωση των ακτοπλοϊκών πλοίων καθορίζεται από το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου.
5. Οι ναύλοι των ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών, σήμερα είναι απελευθερωμένοι από το ειδικό ναυλολόγιο που καθόριζε παλαιότερα το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου.
6. Επιπροσθέτως, τα θέματα της εκτέλεσης αγόνων γραμμών προσδιορίζονται από το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου.

Η Ακτοπλοϊκή συγκοινωνία στην Ελλάδα άρχισε να δραστηριοποιείται περί το 1860 με μικτά πλοία τα λεγόμενα "φορτηγοποστάλια" που υποχρεωτικά κάλυπταν και τις ταχυδρομικές ανάγκες των λιμένων προσέγγισης και της ευρύτερης περιοχής αυτών. Πρώτες ακτοπλοϊκές γραμμές ήταν μεταξύ Πειραιά – Κυκλάδων, Πειραιά – Βόλου και Πειραιά περιμετρικά Πελοποννήσου μέχρι Κέρκυρα, ενώ παράλληλα υπήρχαν και οι γραμμές Πειραιά – Θεσσαλονίκης, Κωνσταντινούπολης, Βάρνας Γαλατσίου, Οδησσού, καθώς και Σμύρνης, Αλεξάνδρειας, Κύπρου και λιμένων Ιταλίας.

³¹ Ελένη Γκολογκίνα - Οικονόμου, (2012), Βασική Εμπορική Νομοθεσία, Ναυτικό Δίκαιο, εκδ. Σακκουλάς.

Σε αυτή την ενότητα θα αναπτυχθεί η δυνατότητα χρήσης του LNG ως καυσίμου πρόωσης σε Οχηματαγωγά, Επιβατηγά - Οχηματαγωγά καθώς και σε Επιβατηγά Ταχύπλοα Πλοία.

4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΟΙΩΝ

4.1.1 ΦΟΡΤΗΓΑ - ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΑ ΠΛΟΙΑ (RO-RO)

Οχηματαγωγό (Ο/Γ) (car carrier, car ferry) ονομάζεται ένας ειδικός τύπος πλοίου για μεταφορές οχημάτων.

Υπάρχουν δύο τύποι Ο/Γ πλοίων:

- Ειδικά πλοία με πολλά κλειστά και χαμηλά καταστρώματα που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά άφορτων οχημάτων, τα οποία αποτελούν το κύριο αντικείμενο του φορτίου τους και που συνήθως μεταφέρουν εργοστασιακές παραγωγές οχημάτων στις διάφορες αγορές διάθεσής τους. Αυτά είναι τα λεγόμενα "car carrier ships" και στην ελληνική δημόδη ναυτική γλώσσα "**αυτοκινητάδικα**".
- Ειδικά πλοία που χρησιμοποιούνται ως πορθμεία (ferry boat), για τη μεταφορά έμφορτων αυτοκινήτων (car ferry) από λιμένα σε λιμένα. Αυτά τα πλοία διακρίνονται επιπρόσθετα σε Ο/Γ "**ανοικτού τύπου**", που δρομολογούνται σε μικρές σχετικά αποστάσεις και Ο/Γ "**κλειστού τύπου**" οχηματαγωγά που δρομολογούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε ανοικτή θάλασσα.

4.1.2 ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ - ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΑ ΠΛΟΙΑ (RO-PAX)

Τα Ε/Γ -Ο/Γ πλοία είναι πλοία ειδικά διασκευασμένα έτσι ώστε να μπορούν να μεταφέρουν ένα ικανοποιητικό αριθμό επιβατών αλλά και οχημάτων, είναι συνήθως μέσης χωρητικότητας από 2.000 μέχρι 20.000 τόνους και αναπτύσσουν ταχύτητα από 15-25 κόμβους. Για τη φορτοεκφόρτωση των οχημάτων διαθέτουν ειδικά ανοίγματα (θύρες) εφοδιασμένες με ειδικούς καταπέλτες. Η φόρτωση των οχημάτων σε αυτόν τον τύπο πλοίου υπολογίζεται είτε κατά βάρος ανά τροχό, είτε κατά βάρος ανά άξονα τροχών. Τα δε ενισχυμένα καταστρώματα φέρουν ειδικές υποδοχές για την ασφαλή έχμαση (πρόσδεση) των οχημάτων προς αποτροπή τυχόν μετακίνησής τους.

Τα Ε/Γ - Ο/Γ πλοία γενικά διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες:

- "Ε/Γ - Ο/Γ κλειστού τύπου" των οποίων ο χώρος οχημάτων είναι κλειστός - εσωτερικός, τα οποία είναι και τα επικρατέστερα.
- "Ε/Γ - Ο/Γ ανοικτού τύπου" των οποίων ο αντίστοιχος χώρος είναι ανοικτός, μη προστατευόμενος και τυγχάνουν μικρής συνήθως χωρητικότητας.

Έτσι σήμερα μεγάλα Επιβατηγά - Οχηματαγωγά (Ε/Γ-Ο/Γ) πλοία εξυπηρετούν ιδιαίτερα την τουριστική κίνηση και τις εισαγωγές - εξαγωγές που μεταφέρονται από τις γραμμές Ελλάδας - Ιταλίας, καθώς και το σύνολο των εσωτερικών γραμμών (μεταφορών) Κρήτης, Κυκλάδων και νήσων Ανατολικού Αιγαίου. Επιπλέον, μικρά Ε/Γ - Ο/Γ ανοικτού τύπου εξυπηρετούν μεταφορές επιβατών, οχημάτων και φορτίων σε κοντινές αποστάσεις, όπως στον Αργοσαρωνικό και στις γραμμές Ρίου - Αντιρίου, Ωρωπού - Ερέτριας, Αγίου Κωνσταντίνου - Αιδηψού, Καβάλας - Θάσου και γραμμών Επτανήσου.

4.1.3 ΤΑΧΥΠΛΟΙΑ ΕΠΙΒΑΤΗΓΑ - ΟΧΗΜΑΤΑΓΩΓΑ ΠΛΟΙΑ

Η ανάγκη του ανθρώπου να καλύψει όλες τις κοινωνιακές του ανάγκες, ακόμη και σε μέρη που η γεωφυσική τους εικόνα δεν είναι τόσο ομαλή, σε συνδυασμό με τη διαρκή προσπάθεια για αποδοτικότερη και οικονομικότερη θαλάσσια συγκοινωνία, που να είναι προσιτή και αξιόλογη στον επιβάτη, οδήγησαν σε νέες ιδέες και νέες τεχνολογίες στο χώρο της επιβατηγού ναυτιλίας.

Σε μια προσπάθεια αλλαγής του σκηνικού, φαίνεται να παραμερίζεται η ιδέα του μεγάλου μεγέθους Ε/Γ - Ο/Γ πλοίου και να δίνεται περισσότερη βαρύτητα στη μεγάλη ταχύτητα με τη μικρότερη δυνατή κατανάλωση. Οπότε, όπως ήταν αναμενόμενο, αναζητήθηκαν λύσεις σε νέες μορφές κίνησης και σε νέες κατασκευές.

Έτσι επινοήθηκαν και κατασκευάστηκαν δύο νέοι τύποι επιβατηγού πλοίου, το Αερόστρωμο (HoverCraft) και το Υδροπτερυγο (Hydrofoilcraft) και λίγο αργότερα, προστέθηκε κι ένα ακόμα το Τύπο Σχεδίας (Catamaran).

Αερόστρωμνο (Hovercraft)

Το σκάφος αυτό μοιάζει με έναν μεγάλο κλειστό όχημα και κινείται με τη βοήθεια ειδικών αεροστρόβιλων. Ολόκληρο το σκάφος κάθεται πάνω σε ένα στρώμα αέρα, που βρίσκεται κάτω από όλη την έδρα του σε ένα τεράστιο λαστιχένιο αεροθάλαμο κι έτσι το σκάφος δεν έρχεται σε επαφή με το νερό, με αποτέλεσμα να ελαττώνεται αισθητά η τριβή και η αντίσταση. Ακριβώς σε αυτή την ιδιομορφία της κατασκευής του οφείλει και το όνομα του. Το Αερόστρωμνο είναι ένα μικρό Ε/Γ - Ο/Γ πλοίο, σε σχέση με τα σύγχρονα αμιγή Ε/Γ - Ο/Γ, με χωρητικότητα 250 μέχρι 280 επιβατών και 30 μέχρι 40 οχημάτων.

Υδροπτέρυγο

Το πλοίο αυτό εμφανίστηκε λίγο αργότερα από το Αερόστρωμνο. Η πλευση του στηρίζεται σε υδροδυναμικές δυνάμεις και όχι στην άντωση. Αυτό το πετυχαίνει με τη βοήθεια ειδικών πτερυγίων που έχει προσαρμοσμένα στο σώμα του σκάφους και είναι βυθισμένα στο νερό.

Όταν το πλοίο αναπτύξει μια ορισμένη ταχύτητα, τότε με τη βοήθεια και την υδροδυναμική επενέργεια των πτερυγίων, η γάστρα του βγαίνει σιγά -σιγά από το νερό, οπότε ελαττώνεται αισθητά η τριβή και η αντίσταση και μπορεί έτσι να αναπτύξει μεγάλη ταχύτητα με μικρή ισχύ μηχανών, κατ'επέκταση με μικρή κατανάλωση καυσίμων. Η μόνη επαφή του πλοίου με το νερό είναι πλέον μόνο με τα πτερύγια του.

Το πλοίο αυτού του τύπου έχει, όπως προαναφέρθηκε, το ουσιώδες πλεονέκτημα της μεγάλης ταχύτητας με μικρή σχετικά κατανάλωση καυσίμων, όμως έχει και το σοβαρό μειονέκτημα ότι αποδίδει μόνο σε ευμενείς καιρικές συνθήκες και για αυτό άλλωστε αξιοποιείται καλύτερα σε κλειστές και υπήνεμες θάλασσες.

Το Υδροπτέρυγο είναι κατάλληλο μόνο για τη μεταφορά επιβατών και όχι εμπορευμάτων ή οχημάτων, όπως είναι το Αερόστρωμνο. Η μεταφορική του ικανότητα κυμαίνεται σε περίπου 180 επιβάτες.

Πλοίο Τύπου Σχεδίας (Catamaran)

Είναι ένα μικρού μεγέθους Ε/Γ - Ο/Γ πλοίο. Η κατασκευή του στηρίζεται στη σύνδεση δύο ίδιων σκαφών, ώστε να αποτελούν τελικά ένα ενιαίο σκάφος (δύο γάστρες, δηλαδή, συνδεδεμένες δίπλα και παράλληλα η μία στην άλλη)

Πάνω σε αυτή τη βάση χτίζονται οι υπερκατασκευές του και οι ενδιαιτήσεις για τους επιβάτες. Χάρη σε αυτή την ειδική κατασκευή της διπλής γάστρας, περιορίζεται αρκετά η αντίσταση με το νερό και έτσι, τελικά, επιτυγχάνεται αυξημένη ταχύτητα, σε σύγκριση με άλλο σκάφος του ίδιου μεγέθους και των ίδιων χαρακτηριστικών. (30-42 κόμβοι)

Ο μέσος τύπος ενός τέτοιου πλοίου έχει μεταφορική ικανότητα τουλάχιστον 600 επιβατών και 100 μικρών και μεγάλων οχημάτων.

Πέρα από αυτά, κάποια πλεονεκτήματα ή ιδιομορφίες αυτού του πλοίου είναι:

- Σχετικά μεγάλα καταστρώματα για τους επιβάτες και τα οχήματα, σε σχέση με τα άλλα μικρού μεγέθους ταχύπλοα.
- Πολύ καλή ευστάθεια επειδή, κατά κύριο λόγο, έχει μεγάλο πλάτος.
- Η πρόωση γίνεται με δέσμη νερού που εκτοξεύεται με μεγάλη πίεση (water jet) και όχι με την κλασική έλικα.
- Πολύ καλές ελκτικές ιδιότητες.
- Διαθέτει τουλάχιστον 3 ή 4 μηχανές, οι οποίες λειτουργούν μεμονωμένα και βρίσκονται σε χωριστό χώρο η καθεμία.
- Δυνατότητα εύκολου σαβουρώματος.
- Ο πλήρης έλεγχος μηχανοστασίου και διακυβέρνησης γίνεται από τη Γέφυρα.
- Υποδιαίρεση των γαστρών σε τουλάχιστον έξι στεγανά διαμερίσματα η καθεμία, ώστε να μπορεί το πλοίο να αντιμετωπίζει τυχούσα κατάκλιση από ρήγμα, διατηρώντας την ευστάθεια του σε ικανοποιητικό βαθμό.

Τα πλοία καταμαράν έχουν μεγάλο πλάτος σε σχέση με το μήκος των κλασικών πλοίων και εξ αυτού μεγαλύτερη ευστάθεια καθώς επίσης και μεγαλύτερη ταχύτητα

(συγκριτικά με το πλάτος) παρουσιάζοντας έτσι μικρότερες αντιστάσεις. Σχεδόν όλα τα μεγάλα ταχύπλοα πλοία (εκτός των υδροπτερύγων και των αερόστρωμνων) ακολουθούν αυτό το ναυπηγικό τύπο.

4.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ

Γενικεύεται η στροφή προς οικονομικότερα και καθαρότερα καύσιμα στην ευρωπαϊκή ακτοπλοϊκή βιομηχανία και ειδικότερα στη χρήση του LNG ως καυσίμου πρόωσης. Τελευταίο και τρανότερο παράδειγμα η παραγγελία, αξίας 270 εκατομμυρίων ευρώ, της Brittany Ferries, στα γαλλικά ναυπηγεία της STX France για το πρώτο πολύ μεγάλο ακτοπλοϊκό πλοίο που θα χρησιμοποιεί το LNG ως καύσιμο πρόωσης και θα διεξάγει τακτικά δρομολόγια μεταξύ Βρετανίας και Ευρώπης³². Ακτοπλοϊκά επιβατηγά πλοία που έχουν ως κινητήριο δύναμη το φυσικό αέριο υπάρχουν εδώ και καιρό στις βορειότερες θάλασσες, και ειδικά στις σκανδιναβικές χώρες, αλλά πλέον οι στόλοι αυτοί μεγαθύνονται με επιταχυνόμενους ρυθμούς, όπως επίσης και στόλοι με πλοία εμπορικής χρήσης στη Γερμανία, την Ολλανδία και σε άλλες ευρωπαϊκές χώρες.

Αυτό συμβαίνει γιατί το LNG αναδεικνύεται ως η μοναδική βιώσιμη και εξαιρετικά προσιτή λύση στο πρόβλημα της μείωσης της εκπομπής ρύπων από τις μεταφορές, αλλά και στην ανάγκη των ναυτιλιακών επιχειρήσεων να περιορίσουν τα κόστη τους, τα οποία σε μεγάλο βαθμό προέρχονται από τα καύσιμα. Ειδικά στην ακτοπλοΐα, ποσοστό που υπερβαίνει το 50% των λειτουργικών εξόδων αφορά σε δαπάνες καυσίμων. Έτσι, στη Νορβηγία, σημαντικός αριθμός πλοίων χρησιμοποιεί εδώ και καιρό το LNG ως καύσιμο, με τη χώρα να έχει αναπτύξει για αυτό το σκοπό τις απαραίτητες υποδομές τερματικών σταθμών LNG στα λιμάνια, για τον ανεφοδιασμό των παραπάνω πλοίων.

Παράλληλα, η ευρύτερη σκανδιναβική ακτοπλοϊκή αγορά προσανατολίζεται παρομοίως, ενώ τερματικοί σταθμοί ανεφοδιασμού πλοίων με LNG αναπτύσσονται παράλληλα με τους νέους αυτούς στόλους ανά την Ευρώπη, όπως η κοινοπραξία Aktien-Gesellschaft EMS και Bomin Linde LNG στη Γερμανία. Σημειώνεται ότι σε φιλανδικά ναυπηγεία ήδη κατασκευάζονται τα πρώτα επιβατηγά πλοία που θα χρησιμοποιούν ως

³² Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogue.eu>

καύσιμο πρόωσης το LNG. Παράλληλα, στις ΗΠΑ στοιχεία ναυλομεσιτικών οίκων δείχνουν πως υπάρχουν 42 τέτοια πλοία διαφόρων χρήσεων υπό παραγγελία.

Επιπλέον, η γαλλική παραγγελία για τον νεότευκτο πλοίο που θα παραδοθεί την άνοιξη του 2017, το οποίο θα έχει 200 μέτρα μήκος, χωρητικότητα 52.000 τόνους και επιχειρησιακή ταχύτητα 24,5 κόμβων, σηματοδοτεί την είσοδο του LNG στην «πρώτη κατηγορία» της ακτοπλοΐας.

Μια εξέλιξη που κυοφορείται και στην Ελλάδα, δεδομένης της επιτακτικής ανάγκης για μείωση του κόστους των καυσίμων, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος. Κάτι που σύμφωνα με παράγοντες της αγοράς κρίνεται εφικτό χάρη στην ύπαρξη διαθέσιμων επιδοτήσεων από την Ευρωπαϊκή Ένωση για τη μετατροπή ή ναυπήγηση τέτοιων πλοίων. Ένα από αυτά τα εργαλεία είναι το πρόγραμμα «Leadership 2020», το οποίο προβλέπει χρηματοδοτήσεις περιβαλλοντικά φιλικών ναυπηγικών προγραμμάτων με κεφάλαια από την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων αλλά και τα κοινοτικά ταμεία. Επιπλέον, προτείνεται να δοθούν πρόσθετοι πόροι εκ των εσόδων από την εμπορία ρύπων (emissions-trading schemes) με στόχο τη μείωση των εκπομπών ρύπων, την τόνωση της ευρωπαϊκής ακτοπλοΐας και την ενίσχυση των χειμαζόμενων ευρωπαϊκών ναυπηγείων.

Σημειώνεται πως η ποντοπόρος ναυτιλία, συγκεκριμένα από το 2016 και μετά, θα πρέπει να συμμορφώνεται με τους νέους πολύ αυστηρούς Κανονισμούς και προδιαγραφές εκπομπής ρύπων του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), γεγονός που οδήγησε στη χρηματοδότηση ευρύτατων ερευνών για την ανάπτυξη συστημάτων πρόωσης με καύσιμο το LNG. Μάλιστα, σημαντικός αριθμός Ελλήνων εφοπλιστών και ακόμα μεγαλύτερος Σκανδιναβών αλλά και άλλων εθνικοτήτων, έχουν ήδη προχωρήσει στην παραγγελία τέτοιων πλοίων, ήτοι πλοία που θα διαθέτουν χαρακτηριστικά σχεδιασμού, πλεύσης και κατανάλωσης καυσίμων, τα οποία θα είναι φιλικότερα προς το περιβάλλον, αλλά και οικονομικότερα στη λειτουργία τους.

Η Brittany Ferries και η STX France συνεργάστηκαν για δύο χρόνια σε μια μελέτη σχετικά με τη σκοπιμότητα της τροφοδοσίας ενός κρουαζιερόπλοιου με LNG. Το project είχε την κωδική ονομασία «PEGASIS» (Power Efficient GAS Innovative Ship) με την οποία αναμένεται να βαπτιστεί και το νεότευκτο πλοίο. Το «PEGASIS», που θα ναυπηγηθεί στα ναυπηγεία της STX France στο St Nazaire, θα αντικαταστήσει τη μέχρι

τώρα ναυαρχίδα της Brittany Ferries. Το προαναφερθέν πλοίο αναμένεται να είναι ένα από τα μεγαλύτερα LNG πλοία στον κόσμο και σίγουρα το καθαρότερο και φιλικότερο προς το περιβάλλον στα στενά της Μάγχης, καθώς το LNG ελευθερώνει από 25% έως 30% λιγότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι το πετρέλαιο, ενώ η μείωση των εκπομπών λεπτών σωματιδίων φτάνει έως και το 99%. Επιπλέον, το LNG δεν περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα και με την καύση του δεν παράγεται διοξείδιο του θείου, το οποίο ευθύνεται για το φαινόμενο της όξινης βροχής, καθώς ουσιαστικά από την καύση αυτού εκπέμπονται μόνο υδρατμοί.

4.3 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ

Στην Ελλάδα, το Υπουργείο Ναυτιλίας και Αιγαίου επιδιώκει ήδη την άμεση εισαγωγή του φυσικού αέριου και ειδικότερα της υγροποιημένης μορφής του (LNG) στην ακτοπλοΐα το συντομότερο δυνατό, έστω και με ένα συμβολικό αριθμό πλοίων.

Διέξοδο στο ζήτημα της βιωσιμότητας του συνόλου του ελληνικού ακτοπλοϊκού κλάδου φιλοδοξεί να αποτελέσει η προσπάθεια δραστικής αποκλιμάκωσης του κόστους των καυσίμων, που μπορεί να επιφέρει η αντικατάσταση των μηχανών των ακτοπλοϊκών πλοίων με νέες που καταναλώνουν LNG. Πόσο μάλλον καθώς έχει ήδη δρομολογηθεί η εφαρμογή αυστηρότερων κανόνων στις εκπομπές ρύπων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, η οποία αναμένεται να τεθεί σε ισχύ έως το 2020. Με τον τουρισμό στην Ελλάδα να αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο της οικονομίας, και δεδομένου του νησιωτικού χαρακτήρα της χώρας, η στροφή προς αυτή την κατεύθυνση κρίνεται ως μια ώριμη και αποτελεσματική λύση. Εκεί καταλήγει κανείς, ειδικά εάν αναλογιστεί ότι ποσοστό άνω του 50% του λειτουργικού κόστους των ακτοπλοϊκών αναλώνεται στα καύσιμα και ότι οι πέντε μεγαλύτερες ακτοπλοϊκές επιχειρήσεις της χώρας έκλεισαν το οικονομικό έτος του 2012 με μεγάλο ύψος δανεισμού. Έτσι, το LNG μπορεί να αποτελέσει σημαντική «ανάσα» για την ελληνική ακτοπλοΐα, καθώς από τη χρησιμοποίησή του ως καύσιμο για την κίνηση των πλοίων τους, οι ελληνικές ναυτιλιακές εταιρίες μπορούν να επιτύχουν σημαντική μείωση των συνολικών εξόδων τους.

Σε αυτό το πλαίσιο, η Περιφέρεια Νοτίου Αιγαίου³³, ανέλαβε πρωτοβουλία να υποβάλλει πρόταση προς χρηματοδότηση στο Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα TENT-T 2014, με τίτλο «Σχέδιο Ανάπτυξης Καυσίμου LNG στην Ανατολική Μεσόγειο». Το σχέδιο της πρότασης αφορά την ανάπτυξη, με χρηματοδότηση του Ευρωπαϊκού Προγράμματος TENT-T, νέων τεχνολογιών και μεθόδων για τη χρησιμοποίηση του LNG στη λειτουργία των θαλάσσιων μεταφορών μεταξύ των λιμένων της ηπειρωτικής περιοχής και των νησιών.

Ήδη, η Ναυπηγοεπισκευαστική μονάδα του Νεωρίου της Σύρου, ακτοποϊκές εταιρείες, εταιρείες προμήθειες LNG και σύμβουλοι έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον για συνεργασία. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα από την πρόταση αυτή είναι :

- Αντιμετώπιση των σημαντικότερων προβλημάτων ακτοποϊκής σύνδεσης των νησιών με την ηπειρωτική χώρα και μεταξύ τους, απόρροια του υψηλού κόστους των καυσίμων τα τελευταία χρόνια.
- Μείωση «περιβαλλοντικού αποτυπώματος» σε ό,τι αφορά τις εκπομπές ρύπων από τα πλοία που αποτελεί πλέον απαίτηση σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Πολιτικής,
- Βελτίωση της ανταγωνιστικότητας της Περιφέρειας σε τοπικό, εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο

Για την υλοποίηση του σχεδίου θα πρέπει να γίνουν μελέτες ως προς τη λειτουργία τερματικών σταθμών LNG στα λιμάνια Πύλες και στη Νησιωτική Ελλάδα καθώς και Πιλοτικά Προγράμματα τα οποία θα αφορούν τη μετατροπή πλοίων σε διπλού καυσίμου (Double Fuel, δηλαδή LNG/Diesel) και την Ίδρυση Σταθμού Προμήθειας.

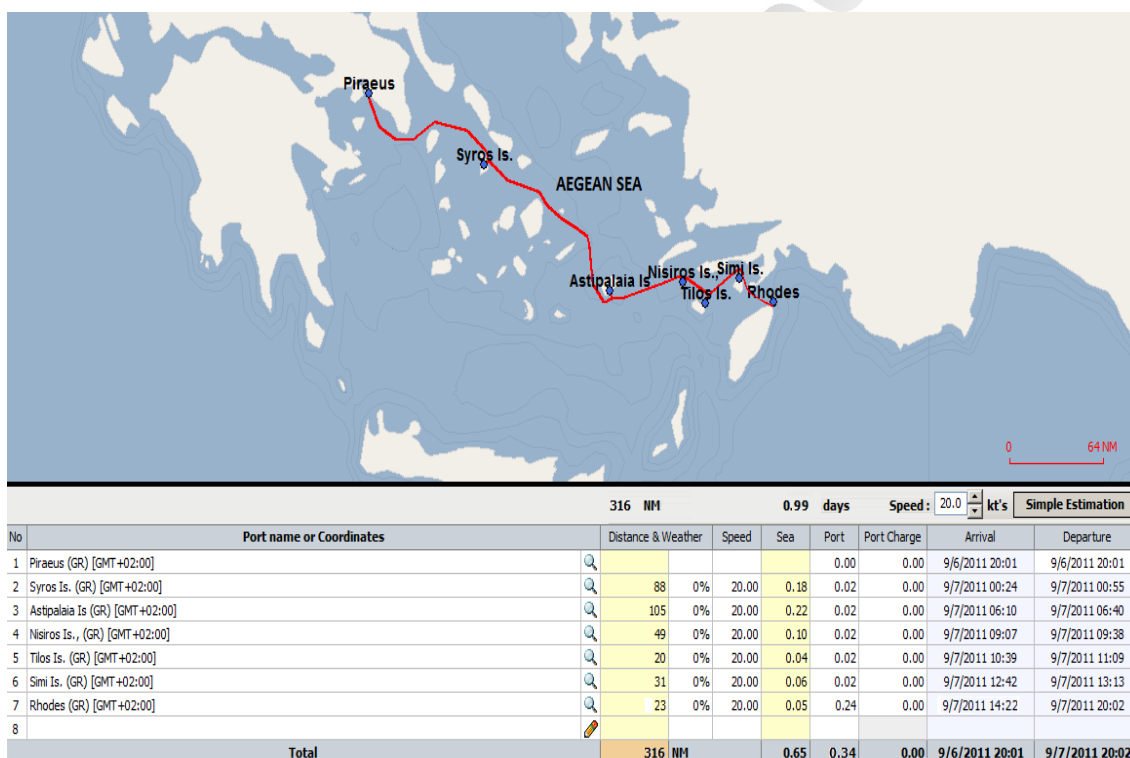
4.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ LNG ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ

Μια Ακτοποϊκή υπηρεσία στην Ελλάδα περιλαμβάνει τη σύνδεση, με Ε/Γ - Ο/Γ πλοία που κινούνται με την υπηρεσιακή ταχύτητα των 20 κόμβων, του Πειραιά με τη νήσο Ρόδο, μέσω των νησιών της Σύρου, Αστυπάλαιας, Νισύρου, Τήλου και Σύμης. Η διάρκεια του συνολικού ταξιδιού είναι 18,3 ώρες, διαιρεμένη σε 15,8 ώρες στη θάλασσα και 2,5 ώρες στα λιμάνια, ισοδύναμα κατανεμημένες (σε 30 λεπτά) μεταξύ των πέντε ενδιάμεσων λιμένων των νησιών (Σχήμα 3). Με μια διακοπή περίπου 5,7 ωρών σε κάθε άκρο της

³³ <http://www.newmoney.gr/article/42836/shedio-lng-gia-tin-elliniki-aktoploia>

γραμμής (δηλαδή στα κύρια λιμάνια του Πειραιά και της Ρόδου), το πλοίο κάνει καθημερινά ένα ταξίδι προς κάθε κατεύθυνση³⁴. Επομένως, αφαιρώντας τις 30 ημέρες που διαρκεί ο ετήσιος δεξαμενισμός, το εν λόγω Ε/Γ-Ο/Γ πλοίο εκτελεί 335 ταξίδια σε ένα χρόνο. Το μέγεθος του προαναφερθέντος πλοίου είναι περίπου 10.000 gt, το ολικό μήκος του είναι ίσο με 140 m, με βασική απαίτηση ισχύος (πρόωσης) 12.000 kW, η οποία κατανέμεται εξίσου σε δύο κύριες μηχανές. Οι απαιτήσεις βοηθητικής ισχύος είναι 3500 kW και παρέχονται από τέσσερις γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος.

Σχήμα 3: Απεικόνιση της Ακτοπλοικής Υπηρεσίας Πειραιά - Ρόδου.



Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

Οι συντελεστές φορτίου (LF) και το μέρος του χρόνου λειτουργίας των κύριων μηχανών και των γεννητριών ηλεκτρικής ενέργειας στη θάλασσα και στο λιμάνι, για τη

³⁴ International Journal of Sustainable Transportation (Taylor & Francis) A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou and Ioannis Koliouis

συγκεκριμένη Ακτοπλοϊκή υπηρεσία, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Βασίζονται σε στοιχεία που αναφέρθηκαν από τους Whall et al (2007) και περιλαμβάνουν μερικές ειδικές προσαρμογές, όπως εξηγείται παρακάτω. Ο συνδυασμός των συντελεστών φορτίου της μηχανής και του τμήματος της λειτουργίας αυτής, σε κάθε φάση της δραστηριότητας της, ορίζει τον αποτελεσματικό συντελεστή φορτίου (ELF). Όταν βρίσκονται στη θάλασσα, οι κύριες μηχανές και γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας λειτουργούν συνεχώς στο 80% και 30% του φορτίου, αντίστοιχα. Οι συντελεστές φορτίου καθώς και οι χρόνοι που εφαρμόζονται στη λειτουργία των γεννητριών ηλεκτρικού ρεύματος, σχετίζονται με τις απαιτήσεις ισχύος για τη διανυκτέρευση τού εν λόγω πλοίου στους λιμένες καθώς και στη λειτουργία της βοηθητικής προπέλας πλώρης (bow thruster) κατά τη διάρκεια των ελιγμών. Επιπροσθέτως, οι κύριες μηχανές είναι απενεργοποιημένες, κατά το 80% της παραμονής του πλοίου στα κύρια λιμάνια καθώς μόνο ένα μέρος της βοηθητικής ισχύος (20%) είναι απαραίτητο για τη λειτουργία του άφορτου πλοίου. Αντιθέτως, στα μικρότερα λιμάνια η ανάγκη για ηλεκτρική ενέργεια είναι μεγαλύτερη λόγω της παρουσίας επιβατών και καλύπτεται από τον αυξημένο (60%) συντελεστή φορτίου των γεννητριών ηλεκτρικής ενέργειας.

Πίνακας 3: Αποτελεσματικός Συντελεστής Φορτίου της μηχανής του Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου εν πλω και στα λιμάνια.

Engine	At Sea			In Main Ports			In Small Ports		
	LF (%)	Time (%)	ELF	LF (%)	Time (%)	ELF	LF (%)	Time (%)	ELF
Main (Propulsion)	80	100	0.8	0	80	0.04	20	100	0.20
				20	20				
Electricity Generator (Auxiliary)	30	100	0.3	20	80	0.28	60	100	0.60
				60	20				

Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

4.3.2 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΟΥ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟΚΙΝΗΤΟΥ Ε/Γ-Ο/Γ ΠΛΟΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ

Σε αυτή την παράγραφο θα συγκρίνουμε τα κόστη ενός πετρελαιοκίνητου και ενός αεριοκίνητου Ε/Γ-ΟΓ πλοίου. Όσον αφορά τις ιδιωτικές δαπάνες, το κόστος καυσίμου της μηχανής καθώς και τα τεχνικά κόστη αποτελούν συγκρίσιμα στοιχεία, ενώ τα κόστη των επιβλαβών καυσαερίων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα αποτελούν τις σχετικές εξωτερικότητες, τα κόστη ανά μονάδα των οποίων συνοψίζονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Κόστη Ε/Γ-Ο/Γ Πλοίου (Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, Καυσίμου, Τεχνικά)

Air Pollution Costs (euro/ton)				Fuel Costs (euro/ton)			Technical Costs (euro/kW)	
Location	SO ₂	PM	NO _x	LSFO	Oil Distillate	LNG	Fuel Oil Power	LNG Power
At Sea & in Small Ports	5494	10452	8040					
In Main Ports	13534	54672	8040	505	722	365	400	700

Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

Τα ετήσια κόστη καυσίμου της κύριας και των βοηθητικών μηχανών υπολογίζονται σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση:

- Συνολικά Κόστη Καυσίμου, $F_T(\text{euro/year}) = F_S + F_P$

όπου,

- F_S = Κόστη Καυσίμου στη θάλασσα(euro/year)

και

- F_P = Κόστη Καυσίμου στο λιμάνι(euro/year)

τα οποία προσδιορίζονται ως κάτωθι:

- $F_S = n \times [(D/V) \times [(ME \times ELF_{ME-S} \times SFC_{ME-S} \times f_{ME}) + (AE \times ELF_{AE-S} \times SFC_{AE} \times f_{AE})] \times 10^{-6}$
- $F_P = n \times \{[T_{MP} \times [(ME \times ELF_{ME-MP} \times SFC_{ME-P} \times f_{ME}) + (AE \times ELF_{AE-MP} \times SFC_{AE} \times f_{AE})] + [T_{SP} \times [(ME \times ELF_{ME-SP} \times SFC_{ME-P} \times f_{ME}) + (AE \times ELF_{AE-SP} \times SFC_{AE} \times f_{AE})]]\} \times 10^{-6}$

όπου,

- n = αριθμός των ταξιδιών ανά έτος (= 335)
- D = απόσταση σε ναυτικά μίλια ανά ταξίδι (= 316 nautical miles)
- V = ταχύτητα στη θάλασσα (= 20 knots)
- T_{MP} = συνολικός χρόνος σε μεγάλα λιμάνια ανά ταξίδι (= 5.7 hours)
- T_{SP} = συνολικός χρόνος σε μικρά λιμάνια ανά ταξίδι (= 2.5 hours)
- ME = ισχύς της κύριας μηχανής, MCR (= $2 \times 6000 = 12000$ kW)
- ELF_{ME-S} = αποτελεσματικός συντελεστής φορτίου της κύριας μηχανής στη θάλασσα (= 0.80)
- ELF_{ME-MP} = αποτελεσματικός συντελεστής φορτίου της κύριας μηχανής στα κύρια λιμάνια (= 0.04)
- ELF_{ME-SP} = αποτελεσματικός συντελεστής φορτίου της κύριας μηχανής στα μικρά λιμάνια (= 0.20)
- SFC_{ME-S} and SFC_{ME-P} = ειδικά κατανάλωση καυσίμου τα κύριας μηχανής στη θάλασσα και στο λιμάνι (πετρέλαιο: 213 g/kWh στη θάλασσα and 234 g/kWh στο λιμάνι, LNG στη θάλασσα και στο λιμάνι = 165 g/kWh)
- AE = auxiliary engine power, MCR (= 1×500 and $3 \times 1000 = 3500$ kW)
- ELF_{AE-S} = αποτελεσματικός συντελεστής φορτίου των βοηθητικών μηχανών στη θάλασσα (= 0.30)
- ELF_{AE-MP} = αποτελεσματικός συντελεστής φορτίου των βοηθητικών μηχανών στα κύρια λιμάνια (= 0.28)
- ELF_{AE-SP} = συντελεστής φορτίου των βοηθητικών μηχανών στα μικρά λιμάνια (= 0.60)
- SFC_{AE} = ειδική κατανάλωση καυσίμου των βοηθητικών μηχανών (= 217 g/kWh για

τις γεννήτριες πετρελαίου and 165 g/kWh για τις γεννήτριες αερίου, στη θάλασσα και στο λιμάνι)

- f_{ME} and f_{AE} = κόστη του καυσίμου που χρησιμοποιείται στην κύρια και στις βοηθητικές μηχανές, αντίστοιχα (=505 euro/ton για πετρέλαιο χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, 722 euro/ton για αποστάγματα and 365 euro/ton για LNG).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το προφίλ λειτουργίας των βασικών και βοηθητικών κινητήρων στα κύρια (Πειραιάς και Ρόδος) και στα μικρότερα λιμάνια (νησιά) διαφέρει λόγω των διαφορετικών χρόνων παραμονής του πλοίου, με αποτέλεσμα να υπάρχει ανάγκη ξεχωριστής προσέγγισης του κόστους.

Παράλληλα, προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της μεταβλητότητας των τιμών του πετρελαίου και του LNG σε σύγκριση με τα κόστη των καυσίμων μεταξύ ενός πετρελαιοκίνητου και ενός αεριοκίνητου Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου, κρίθηκε απαραίτητο να εφαρμοστούν διάφορα σενάρια τιμών, πέρα από τις πρόσφατες τιμές των LSFO (Low Sulphur Fuel Oil) , MDO (Marine Diesel Oil) και LNG (σενάριο D), όπως υποδεικνύεται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Σενάρια τιμών καυσίμων ανεφοδιασμού

Price Scenario	LSFO (euro/ton)	MDO (euro/ton)	LNG (euro/ton)	Price Ratio	
				LNG/MDO	LNG/LSFO
A	200	417	365	0.88	1.83
B	300	517	365	0.71	1.22
C	400	617	365	0.59	0.91
D (current)	505	722	365	0.51	0.72
E	600	817	365	0.45	0.61

Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

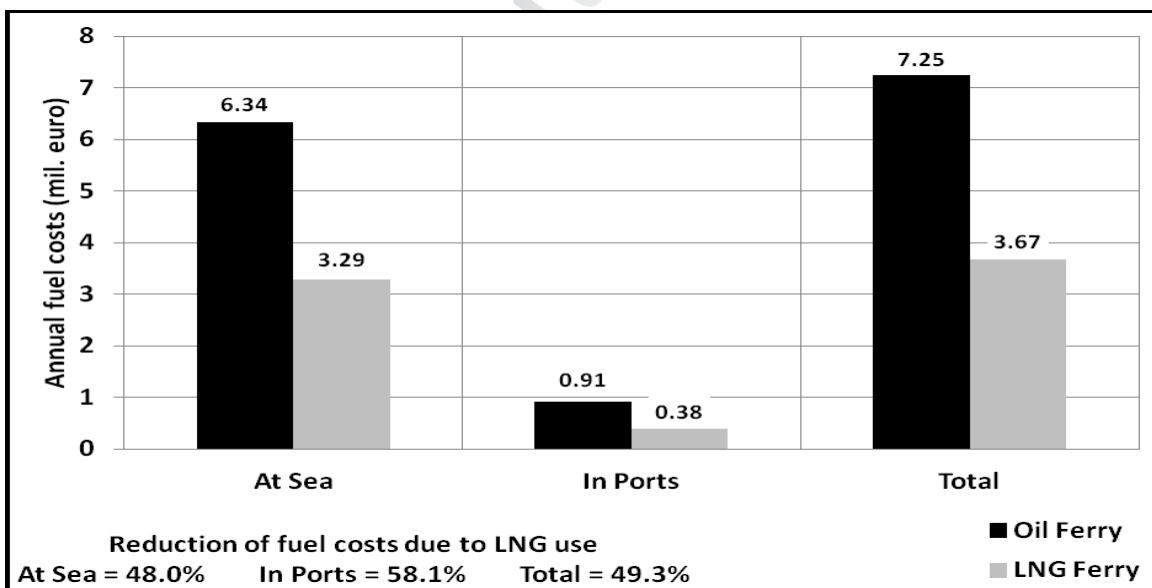
Τα παραπάνω σενάρια υποθέτουν ότι η προσφάτως παρατηρούμενη διαφορά των 217 ευρώ/τόνο στην τιμή μεταξύ του MDO και του LSFO διατηρείται ολοκληρωτικά, ήτοι από τις χαμηλότερες έως και τις υψηλότερες τιμές LSFO (σενάρια A έως E, αντίστοιχα). Η συγκεκριμένη διαφορά τιμής των 200-250 ευρώ/τόνο μεταξύ αυτών των δύο κατηγοριών

καυσίμου, παρατηρείται διαχρονικά. Επιπλέον, η τιμή ανεφοδιασμού LNG υπολογίζεται να είναι ίση, για όλα τα πιθανά σενάρια, με την πρόσφατη παρατηρούμενη τιμή των 365 ευρώ/τόνο. Η υπόθεση αυτή αποτελεί μια επουσιώδη λεπτομέρεια για τη διευκόλυνση της συγκριτικής ανάλυσης κόστους καυσίμου μεταξύ των δύο Ακτοπλοϊκών υπηρεσιών, έχοντας κατά νου ότι οι τιμές ανεφοδιασμού LNG είναι πολύ πιθανό να ακολουθήσουν μια πτώση των τιμών του πετρελαίου-καυσίμου.

4.3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ LNG - ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΚΑΥΣΙΜΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ

Βάσει της παραπάνω προσέγγισης και των παραπάνω στοιχείων προκύπτει ότι τα συνολικά ετήσια κόστη καυσίμου ενός πλοίου το οποίο κινείται με πετρέλαιο και του έτερου που κινείται με LNG, είναι ίσα με 7,2 και 3,7 εκατομμύρια ευρώ αντίστοιχα, με αποτέλεσμα να παρατηρείται μείωση σε ποσοστό 48,6% στις δαπάνες καυσίμων για τη λειτουργία ενός πλοίου LNG συγκριτικά με του πετρελαιοκίνητου (Σχήμα 4).

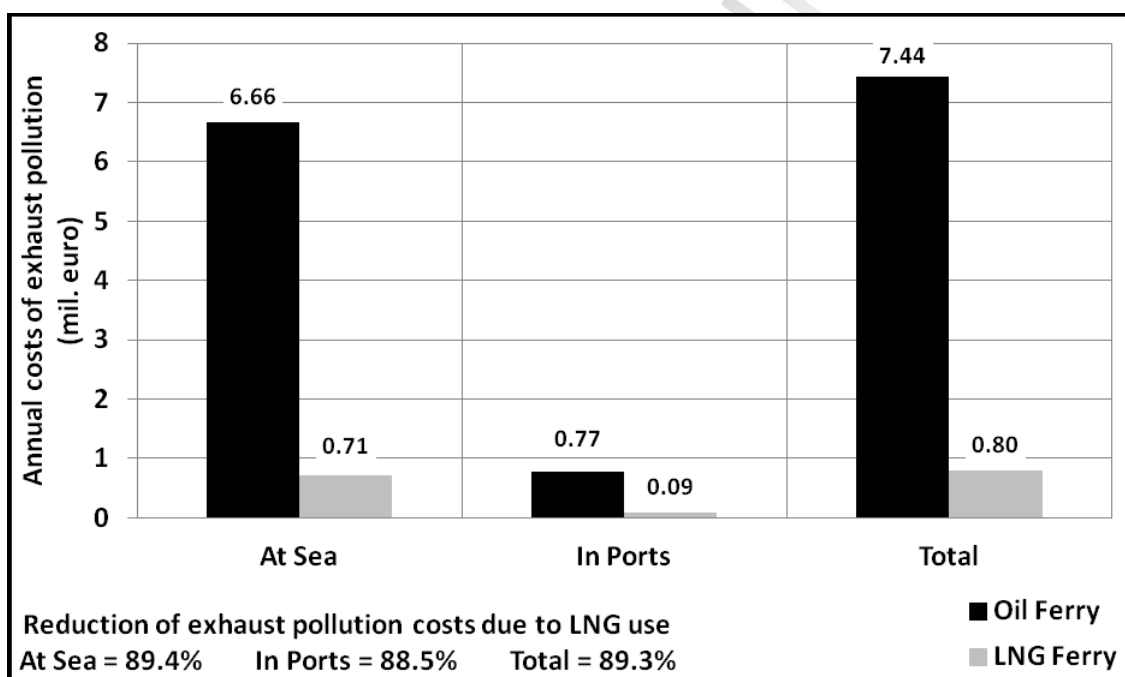
Σχήμα 4: Ετήσια Κόστη Καυσίμου Πετρελαιοκίνητου και Αεριοκίνητου Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου.



Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis

Το συνολικό κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, από τη λειτουργία του πετρελαίου και του LNG ως καύσιμα πρόωσης, είναι ετησίως ίση με 7,5 και 0,8 εκατομμύρια ευρώ αντίστοιχα, αντιπροσωπεύοντας μια μείωση σε ποσοστό 89,2% για την περίπτωση του LNG (Σχήμα 5). Το κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ενός πλοίου που κινείται με LNG είναι επίσης χαμηλότερο στη θάλασσα και στα λιμάνια κατά 89,5% και 87,5%, αντίστοιχα. Είναι σημαντικό να αναφερθεί στο σημείο αυτό ότι μια παροχή ηλεκτρικής ενέργειας κατά μήκος των ακτών θα καταργήσει την ανάγκη για κάθε πλοίο να παράγει ηλεκτρική ενέργεια κατά τη διάρκεια του ελλιμενισμού του.

Σχήμα 5: Ετήσια κόστη ρύπανσης από τα καυσάδια των Πετρελαιοκίνητων και Αεριοκίνητων Ε/Γ - Ο/Γ πλοίων



Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

Επιπροσθέτως, αναφορικά με τις πιθανές αβεβαιότητες ως προς τους συντελεστές εκπομπών των μηχανών LNG, διαπιστώθηκε ότι ακόμα και σημαντικές μεταβολές, έχουν μικρή επίδραση στο συγκριτικό κόστος μεταξύ των δύο παραπάνω συγκρίσιμων υπηρεσιών. Για παράδειγμα, μια αύξηση της τάξεως του 50% των εκπομπών NO_x και PM

του LNG, ως ναυτιλιακού καυσίμου πρόωσης, θέτει το ετήσιο κόστος ρύπανσης από 0,8 σε 1,2 εκατομμύρια ευρώ, μειώνοντας το ποσοστό από 89,2% σε 83,9% συγκριτικά με τα πλοία που κινούνται με πετρέλαιο.

Οι τεχνικές δαπάνες που συνδέονται με την αγορά και την εγκατάσταση των κύριων και των βοηθητικών μηχανών, καθώς και με τις συνθήκες αποθήκευσης καυσίμων και με τον εξοπλισμό επεξεργασίας του πετρελαίου και του LNG ως καύσιμα πρόωσης για τα πλοία, βασίζονται στους ήδη αναφερόμενους συντελεστές κόστους των 400 και 700 ευρώ/kW, αντίστοιχα. Σύμφωνα με αυτό, οι αρχικές δαπάνες για τη τεχνολογία LNG στο πλοίο, εκτιμώνται να είναι 10,9 εκατομμύρια ευρώ, ενώ του πετρελαιοκίνητου πλοίου είναι χαμηλότερες κατά 42,8%. Ως εκ τούτου, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 30 ετών (διάρκεια ζωής ενός Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου) και με επιτόκιο 5%, η ετήσια αποπληρωμή του κόστους κεφαλαίου της εγκατεστημένης τεχνολογίας είναι ίση με 399,4 χιλιάδες ευρώ για το πετρέλαιο και 698,9 χιλιάδες ευρώ για το LNG. Τα πλοία που χρησιμοποιούν το πετρέλαιο ως καύσιμο πρόωσης καταναλώνουν 80,2 τόνους καυσίμου ανά κυκλικό ταξίδι ενώ τα αντίστοιχα που κινούνται με LNG καταναλώνουν 60,1 τόνους καυσίμου. Λόγω της σημαντικής διαφοράς στην πυκνότητα του πετρελαίου και του LNG, τα στοιχεία αυτά της κατανάλωσης αντιπροσωπεύουν τις ελάχιστες απαιτήσεις αποθήκευσης καυσίμων στα πλοία (85 m³ για το πετρέλαιο και 137 m³ για το LNG). Ακολούθως, αυτή η υψηλότερη απαίτηση χωρητικότητας της δεξαμενής LNG, ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία, είναι εν μέρει υπεύθυνη για τα υψηλότερα τεχνικά έξοδά του.

Ο Πίνακας 6 παρέχει μια σύνοψη, ανά έτος, του κόστους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των καυσίμων καθώς και των τεχνικών δαπανών μεταξύ του πετρελαίου και του LNG, ως ναυτιλιακά καύσιμα πλοίου. Μεταξύ όλων των στοιχείων, τα ετήσια κόστη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του πετρελαίου είναι 7,5 εκατομμύρια ευρώ σε σχέση με τα 0,8 εκατ. ευρώ του LNG (χαμηλότερα κατά 89,2%). Η ετήσια δαπάνη καυσίμων για τα πλοία που λειτουργούν με πετρέλαιο και με LNG ανέρχεται στα 7,2 και 3,7 εκατομμύρια ευρώ αντίστοιχα, αντιπροσωπεύοντας τη διαφορά κόστους στο 48,6% μεταξύ των δύο επιλογών.

Τα ετήσια τεχνικά έξοδα των κινητήρων και της τεχνολογίας καυσίμων ευνοούν τα πλοία που κινούνται με πετρέλαιο σε ποσοστό 75%, καθώς παρουσιάζουν ετήσιο κόστος 0,4 εκατομμύρια ευρώ σε αντίθεση με τα 0,7 εκατομμύρια ευρώ των πλοίων που κινούνται με LNG. Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τεχνολογία του LNG ικανοποιεί ήδη τα μελλοντικά αυστηρότερα όρια ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Tier III) ενώ οι κινητήρες πετρελαίου θα πρέπει να τροποποιηθούν προκειμένου να συμμορφωθούν με τα ανωτέρω πρότυπα, γεγονός που θα προκαλέσει αύξηση του αρχικού τους κόστους. Ακολούθως, η επέκταση στην αγορά της τεχνολογίας του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο για τα πλοία, είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε αύξηση του ανταγωνισμού πώλησης και σε περαιτέρω μείωση των αρχικών τεχνικών εξόδων.

Πίνακας 6: Ετήσια αποτελέσματα δαπανών (Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης, Καυσίμου και Τεχνικών)

Ferry	Annual Costs (million euro/year)		
	Air Pollution	Fuel	Technical
Oil fuelled	7.5	7.2	0.4
LNG fuelled	0.8	3.7	0.7
% (LNG vs Oil)	-89.2	-48.6	+75.0

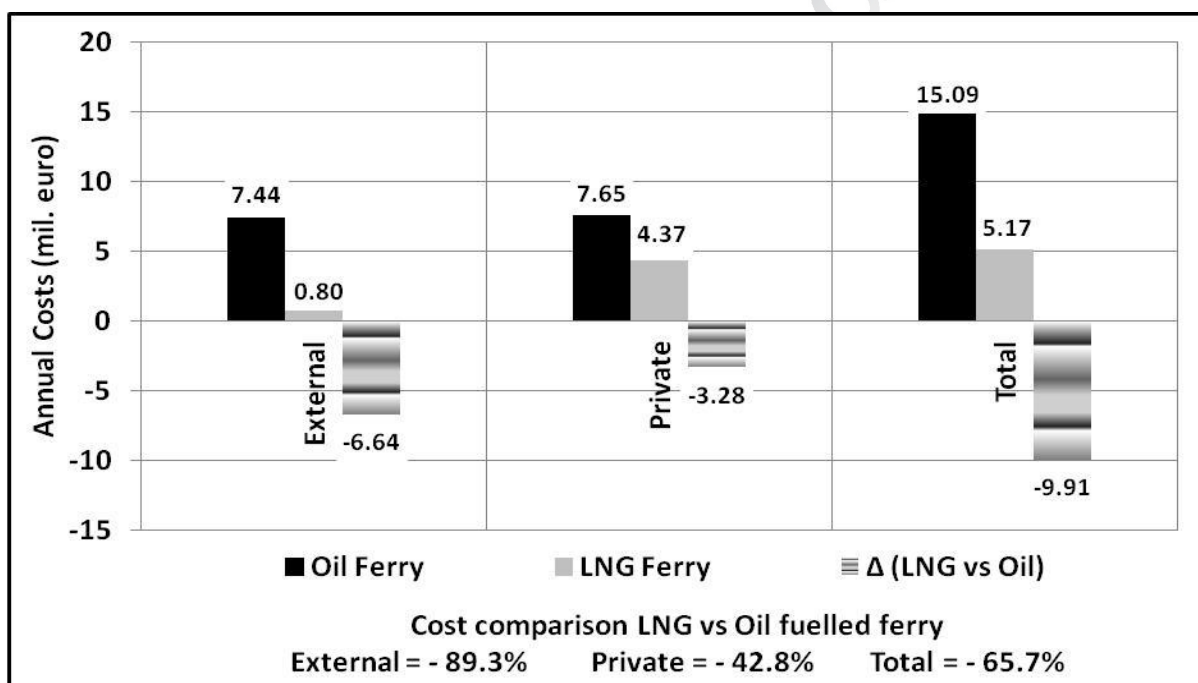
Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

Συμπερασματικά³⁵, οι ιδιωτικές δαπάνες (τεχνικά κόστη και κόστη καυσίμων) του πετρελαίου ως καύσιμο πλοίου είναι ίσα με 7,6 εκατομμύρια ευρώ ενώ του πλοίου που κινείται με LNG ανέρχονται σε 4,4 εκατομμύρια ευρώ, αντιπροσωπεύοντας μια μείωση των ιδιωτικών εξόδων σε ποσοστό 42,8% υπέρ της λειτουργίας πλοίων που κινούνται με LNG. Επιπροσθέτως, το σύνολο των δαπανών (ιδιωτικών και ατμοσφαιρικής ρύπανσης) του πετρελαίου ως καύσιμο πλοίου είναι ίσο με 15,1 εκατομμύρια ευρώ ετησίως ενώ του LNG είναι ίσο με 5,2 εκατ. ευρώ, ήτοι χαμηλότερα κατά 65,6%. Οι δαπάνες του καυσίμου, τα τεχνικά κόστη καθώς και το κόστος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, είναι οι μοναδικές δαπάνες που επηρεάζουν αυτή τη συγκριτική ανάλυση μεταξύ των δύο Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων.

³⁵ International Journal of Sustainable Transportation (Taylor & Francis) A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou and Ioannis Koliouis

Διαπιστώθηκε ότι το συνολικό ετήσιο κόστος του πλοίου που κινείται με LNG είναι χαμηλότερο κατά 65,6% σε σχέση με το έτερο που κινείται με πετρέλαιο, με το ιδιωτικό κόστος να είναι χαμηλότερο κατά 42,8%. Τέλος, συντριπτικό πλεονέκτημα, υπέρ του πλοίου που κινείται με LNG, εμφανίζεται και στα κόστη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης καθώς είναι χαμηλότερα σε ποσοστό περίπου 90% σε σύγκριση με το πετρελαιοκίνητο πλοίο.

Πίνακας 7: Σύγκριση του ιδιωτικού, εξωτερικού και συνολικού κόστους ενός πετρελαιοκίνητου και ενός αεριοκίνητου Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου.



Πηγή: A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou, Ioannis Koliouis.

5. ΚΑΝΟΝΕΣ ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΚΟΣΤΗ ΤΟΥ LNG ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΑΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα περιγραφούν οι αναγκαίες ρυθμίσεις που θα καταστήσουν το LNG διαθέσιμο για εφοδιασμό στα πλοία καθώς επίσης θα περιγραφεί η λειτουργία εφοδιασμού αυτού, από την προέλευση του προϊόντος μέχρι την τελική διάθεση του στα

πλοία, οι δείκτες του κόστους καθώς και στο πως η ανάπτυξη του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα πλοία εξαρτάται από συγκεκριμένες αποφάσεις και συνθήκες³⁶.

5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΜΕ LNG

Οι διαδικασίες εφοδιασμού των πλοίων με καύσιμα που προορίζονται για τις λειτουργικές τους ανάγκες αφορούν σε όλες τις απαραίτητες ενέργειες οι οποίες πρέπει να πραγματοποιηθούν έως ότου μεταφερθεί το LNG στη δεξαμενή καυσίμων του πλοίου, δηλαδή το τελικό στάδιο της διαδικασίας ανεφοδιασμού³⁷. Ο παρακάτω πίνακας παρέχει ενδείξεις, σχετικά με την ποσότητα του LNG που απαιτείται ανά εβδομάδα για διαφορετικούς τύπους πλοίων.

Πίνακας 8: Ενδείξεις σχετικά με τις απαιτήσεις ανά εβδομάδα σε LNG από διαφορετικές κατηγορίες πλοίων.

Τύπος Πλοίου	KW Μηχανής	m ³ LNG ανά εβδομάδα
Οχηματαγωγό	12000	400
Επιβατηγό - Οχηματαγωγό	20000	700
Ταχύπλοο	25000	900

Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

Λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που επικρατούν στο λιμάνι ανεφοδιασμού καυσίμων καθώς και τις προσφερόμενες ποσότητες LNG, υπάρχουν τρεις τρόποι ανεφοδιασμού καυσίμων:

1. Εφοδιασμός των πλοίων με LNG από βυτιοφόρο όχημα.
2. Εφοδιασμός των πλοίων με LNG από φορτηγίδες ή μικρότερα τροφοδοτικά πλοία.
3. Εφοδιασμός των πλοίων με LNG από εγκαταστάσεις ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών.

³⁶ LNG as alternative fuel - status and outlook, (2013), Matthias Ritters. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://www.globalmaritimehub.com>

³⁷ <http://www.gtt.fr/product/bunkering-solutions/>

Ο πρώτος και ο τρίτος τύπος ανεφοδιασμού καυσίμων χρησιμοποιούνται για τα πλοία που κινούνται με LNG στη Νορβηγία³⁸, δίχως για αρκετά χρόνια να έχουν αντιμετωπίσει κάποιο σημαντικό πρόβλημα, αν και έχουν αναγνωριστεί ορισμένες δυσλειτουργίες, οι οποίες χρήζουν βελτίωσης.

5.1.1 ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΑΠΟ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ

Τρία από τα έξι παράκτια πλοία στη Νορβηγία, που έχουν ως καύσιμο πρόωσης το LNG, τροφοδοτούνται τακτικά με καύσιμα από βυτιοφόρα οχήματα, τα οποία είναι σταθμευμένα κατά μήκος των πλοίων. Ο ανεφοδιασμός καυσίμων από βυτιοφόρο όχημα είναι συνήθως πιο χρονοβόρος από τις άλλες εναλλακτικές λύσεις, αλλά έχει το πλεονέκτημα της ευελιξίας, καθώς το βυτιοφόρο όχημα έχει τη δυνατότητα να σταθμεύσει στη προβλήτα δίπλα στο πλοίο και να το εφοδιάζει με LNG μέσω ενός εύκαμπτου σωλήνα, έχοντας αρχικά λάβει όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

Εικόνα 2: Ανεφοδιασμός LNG από βυτιοφόρο όχημα



Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

³⁸ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

5.1.2 ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΑΠΟ ΦΟΡΤΗΓΙΑΕΣ Ή ΜΙΚΡΟΤΕΡΑ ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΑ ΠΛΟΙΑ.

Σε αυτή την περίπτωση ο εφοδιασμός των πλοίων πραγματοποιείται από φορτηγίδα, η οποία είτε είναι αυτοκινούμενη είτε ρυμουλκείται, αλλά επίσης και από μικρότερα τροφοδοτικά πλοία³⁹.

Εικόνα 3: Ανεφοδιασμός LNG από ρυμουλκούμενη Φορτηγίδα



Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

Το πλεονέκτημα αυτής της επιλογής είναι ότι παρέχεται η δυνατότητα αποτελεσματικού ανεφοδιασμού σε πλοία τα οποία βρίσκονται αγκυροβολημένα σε διαφορετικές τοποθεσίες γύρω από την περιοχή του λιμανιού.

5.1.3 ΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΑΠΟ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΞΗΡΑΣ ΜΕΣΩ ΣΤΑΘΕΡΩΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΩΝ ΓΡΑΜΜΩΝ

Εάν υφίσταται η δυνατότητα τα πλοία να ανεφοδιάζονται κατά κύριο λόγο από μια τοποθεσία και παράλληλα υπάρχει διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση μόνιμων δεξαμενών LNG σε κοντινή τοποθεσία, τότε ο ανεφοδιασμός από σταθερές χερσαίες δεξαμενές συνιστά μια κατάλληλη επιλογή. Σε δύο τοποθεσίες στη Νορβηγία, στο λιμάνι του Halhjem και στη Κεντρική Βάση Ακτογραμμής, ο εφοδιασμός των πλοίων με LNG πραγματοποιείται από εγκαταστάσεις ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών.

³⁹ <http://www.safety4sea.com/lng-ship-to-ship-bunkering-procedure-18085>

Στο λιμάνι του Halhjem, τα πλοία ανεφοδιάζονται από σταθερές δεξαμενές, μεγέθους $2 \times 500 \text{m}^3$, μέσω ενός μονωμένου αγωγού LNG μήκους 150 μέτρων. Η σύνδεση του συστήματος σωληνώσεων από την ξηρά και του συστήματος της δεξαμενής καυσίμων του πλοίου πραγματοποιείται μέσω ενός παρεμβύσματος (μιας φλάντζας). Με την ικανότητα άντλησης και τις συνθήκες πίεσης δεξαμενής που εγκαθίσταται στο λιμάνι του Halhjem, ο εφοδιασμός καυσίμων πραγματοποιείται με περίπου 100m^3 ανά ώρα.

Εικόνα 4 : Ανεφοδιασμός LNG από Εγκαταστάσεις Ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών



Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

5.2 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ LNG ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Ο τερματικός σταθμός LNG στο λιμάνι ανεφοδιασμού είναι μια τοπική εγκατάσταση⁴⁰, από την οποία το αποθηκευμένο LNG μπορεί να παρέχεται στα πλοία μέσω βυτιοφόρου οχήματος ή με φορτηγίδα/μικρό τροφοδοτικό πλοίο ή από εγκατάσταση στη ξηρά μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών.

5.2.1 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΕΝΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ LNG ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ

Ένας τερματικός σταθμός LNG πρέπει να παρέχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

⁴⁰ <http://www.emersonprocessxperts.com/wp-content/uploads/2013/03/LNG-Bunkering-Solutions.pdf>

1. Παραλαβή του LNG, πιθανότατα μέσω παράδοσης από πλοία αλλά και με δυνατότητα παράδοσης από βυτιοφόρα οχήματα. Η παράδοση μέσω τρένων μπορεί επίσης να εξεταστεί μελλοντικά, αν κάποιος μεγάλος τερματικός σταθμός εισαγωγής LNG, εγκαταστήσει σιδηροδρομικές εγκαταστάσεις εξαγωγής για LNG (δεν υπάρχει ακόμη κάποια τέτοια περίπτωση).
2. Επαρκής αποθήκευση ποσότητας LNG που θα ανταποκρίνεται στις απαιτούμενες εργασίες ανεφοδιασμού.
3. Σε περίπτωση που ο τερματικός σταθμός παρέχει επίσης φυσικό αέριο σε τοπικές, μη σχετικές με την μεταφορά, υπηρεσίες, τότε θα πρέπει να υφίσταται λειτουργία αεριοποίησης και κατάλληλος, ως προς αυτό το σκοπό, αγωγός.
4. Ο τερματικός σταθμός θα πρέπει να βρίσκεται, να κατασκευάζεται και να συμμορφώνεται πλήρως σύμφωνα με όλους τους ισχύοντες κανονισμούς και πρότυπα ασφάλειας.

5.2.2 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΗΛΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ LNG

Δύο είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή της τοποθεσίας⁴¹ ενός τερματικού σταθμού LNG, ο οποίος έχει ως σκοπό τον ανεφοδιασμό των πλοίων :

- Η ανάγκη να παρέχονται αποτελεσματικά οι απαιτούμενες λειτουργίες του τερματικού σταθμού.
- Η διαθεσιμότητα κατάλληλων τοποθεσιών σε σχέση με τις απαιτήσεις χώρου, τη ζώνη ασφαλείας, τη προσβασιμότητα, τους κανονισμούς σχεδιασμού της πόλης και τη συμβατότητα με άλλες τοπικές χρήσεις του εν λόγω χώρου.

Ο δεύτερος παράγοντας σε πολλές περιπτώσεις θα επιβάλει περιορισμούς σχετικά με το που μπορούν οι τερματικοί σταθμοί να εγκαθίστανται, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σε τοποθεσίες που δεν είναι τόσο ιδανικές σε σχέση με τον πρώτο παράγοντα.

⁴¹ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogue.eu>

Ωστόσο, υπάρχουν αλληλεξαρτήσεις μεταξύ των περιορισμών για την τοποθεσία ενός τερματικού σταθμού LNG και των απαιτούμενων λειτουργιών που πρέπει να εκτελεστούν με σκοπό τον ανεφοδιασμό των πλοίων με LNG.

Μεταξύ των διαδικασιών ανεφοδιασμού καυσίμων που αναφέρονται παραπάνω, ο ανεφοδιασμός με βυτιοφόρο όχημα εξαρτάται σε μικρότερο βαθμό από την ύπαρξη ενός τοπικού τερματικού σταθμού LNG, καθώς τα ανωτέρω οχήματα μπορούν να εφοδιαστούν με LNG, αρκεί το σημείο εφοδιασμού να βρίσκεται σε ικανοποιητική απόσταση οδήγησης. Η κατάλληλη απόσταση οδήγησης δεν έχει καθοριστεί επακριβώς καθώς εξαρτάται από τις προσφερόμενες ποσότητες ανεφοδιασμού και από τους περαιτέρω κανονισμούς του LNG. Όταν οι προσφερόμενες ποσότητες είναι μεγάλες, η απόσταση οδήγησης πρέπει να είναι μικρή, έτσι ώστε να μην υπάρχουν πρακτικοί περιορισμοί και να μην δημιουργούνται περαιτέρω δυσκολίες.

Ο εφοδιασμός των πλοίων με LNG από φορηγίδα/μικρό τροφοδοτικό πλοίο είναι καταλληλότερος για μεγαλύτερες ποσότητες, ωστόσο εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ύπαρξη ενός κοντινού τερματικού σταθμού σε σχέση με τον ανεφοδιασμό από βυτιοφόρο όχημα. Οι φορηγίδες εκτελούν πλόες εντός ζώνης λιμένα και ως εκ τούτου, πρέπει να λαμβάνουν και να παρέχουν LNG εντός της ζώνης λιμένα, δίχως να έχουν τη δυνατότητα να μετακινούνται στην ανοιχτή θάλασσα.

Ο εφοδιασμός των πλοίων με LNG από εγκαταστάσεις ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών απαιτεί τον τερματικό σταθμό LNG κοντά στο σημείο ανεφοδιασμού (ενδεικτικά έως 250 μέτρα). Εάν δεν υπάρχει η δυνατότητα ο τερματικός σταθμός να εγκατασταθεί αρκετά κοντά στο συνηθισμένο σημείο πρόσδεσης των πλοίων προκειμένου να πραγματοποιηθεί ο ανεφοδιασμός, τότε ο ανεφοδιασμός από εγκαταστάσεις ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών απαιτεί τη μετακίνηση των πλοίων σε άλλο σημείο πρόσδεσης προκειμένου να ανεφοδιαστούν, γεγονός το οποίο πολύ δύσκολα μπορεί να συμβαίνει λόγω του προγραμματισμού των πλοίων.

5.2.3 ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΣΗ LNG ΣΕ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ

Ο τερματικός σταθμός LNG απαιτεί εγκαταστάσεις για τον ελλιμενισμό του πλοίου το οποίο θα τον προμηθεύει με LNG, τη μεταφορά του LNG από το πλοίο στις δεξαμενές αποθήκευσης, καθώς και τη δυνατότητα εκφόρτωσης βυτιοφόρων οχημάτων στον τερματικό σταθμό⁴². Οι ίδιες εγκαταστάσεις θα πρέπει επίσης να μπορούν να χρησιμοποιούνται και για την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή την παροχή LNG στα πλοία μέσω των διαδικασιών που αναλύθηκαν παραπάνω.

Προβλήτα:

Μια αποβάθρα ή προβλήτα είναι απαραίτητη για την παραλαβή του LNG από τα πλοία προκειμένου στη συνέχεια να αποθηκευτεί στις δεξαμενές της εγκατάστασης αλλά επίσης και για την αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή τον ανεφοδιασμό των πλοίων με LNG. Παράλληλα, ο εν λόγω τερματικός σταθμός για να είναι λειτουργικός, θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να υποδεχθεί μεγάλου μεγέθους πλοία, ήτοι πλοία μήκους 200 μέτρων περίπου και μέσο όρο βυθίσματος γύρω στα 7,5 μέτρα.

Σε πολλές περιπτώσεις, μια ήδη υπάρχον προβλήτα μπορεί να εφοδιαστεί με μηχανισμό φόρτωσης και εκφόρτωσης LNG, ο οποίος μπορεί να εγκατασταθεί έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ή να αποφευχθεί κάθε παρεμβολή με άλλες επιμέρους λειτουργίες του λιμένα που ενδεχομένως να προκύψουν με την δημιουργία μίας νέας προβλήτας. Επιπροσθέτως, σε ορισμένες περιπτώσεις και προκειμένου να διατηρείται το επενδυτικό κόστος σε χαμηλά επίπεδα, είναι αποδοτικότερο να εξετάζεται μια απλοποιημένη λύση προβλήτας.

Γραμμές μεταφοράς και σύνδεση πλοίου-ξηράς

Το LNG μεταφέρεται από το πλοίο στη δεξαμενή αποθήκευσης μέσω ενός μονωμένου αγωγού, συνήθως συνοδευόμενου από μία γραμμή επιστροφής ατμού. Ο ίδιος αγωγός μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή με LNG του τερματικού σταθμού από

⁴²http://www.glmri.org/downloads/SNAME/Pace%20Global_SNAME_LNG%20Bunkerin%20Opportunities_02142013.pdf

ένα Φ/Γ πλοίο μεταφοράς LNG καθώς επίσης και για τον εφοδιασμό ενός πλοίου με LNG ως καύσιμο πρόωσης από τον τερματικό σταθμό. Λόγω της μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ του LNG (-161C^0) και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, η απόσταση μεταξύ του τερματικού σταθμού και του σημείου ανεφοδιασμού καυσίμων στην προβλήτα πρέπει να είναι σύντομη, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η θέρμανση του LNG. Ο αγωγός μεταξύ της αποβάθρας και του τερματικού σταθμού είναι προτιμότερο να τοποθετηθεί μέσα σε υπόγειο οχετό, έτσι ώστε να αποφεύγεται η παρεμβολή με άλλες δραστηριότητες.

Η σύνδεση μεταξύ της γραμμής μεταφοράς και του πλοίου μπορεί να επιτευχθεί με εύκαμπτους σωλήνες. Η παραπάνω σύνδεση είναι μια εφικτή λύση για τους σχετικά συγκρατημένους ρυθμούς ροής του LNG οι οποίοι απαιτούνται κατά την διαδικασία ανεφοδιασμού καυσίμων. Οι τερματικοί σταθμοί, οι οποίοι υποδέχονται μεγάλα πλοία LNG χρησιμοποιούν σωλήνες οι οποίες είναι τοποθετημένες πάνω σε βραχίονες φόρτωσης.

Φόρτωση και εκφόρτωση LNG από βυτιοφόρα οχήματα

Ένας τερματικός σταθμός LNG θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει καθώς και να παραδίδει LNG από/σε βυτιοφόρο όχημα. Τέτοιες εγκαταστάσεις έχουν δημιουργηθεί κυρίως σε έναν μικρό αριθμό τερματικών σταθμών LNG στη Νορβηγία, με ευέλικτους σωλήνες να χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά του LNG μεταξύ του βυτιοφόρου οχήματος και του τερματικού σταθμού.

5.2.4 ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Οι δεξαμενές αποθήκευσης LNG τείνουν να είναι το κυρίαρχο χαρακτηριστικό ενός τερματικού σταθμού LNG, τόσο από άποψη φυσικού μεγέθους όσο και κόστους κατασκευής. Οι υψηλές απαιτήσεις για μόνωση της θερμοκρασίας έχουν ως αντίκτυπο το υψηλό κόστος των δεξαμενών LNG σε σύγκριση με τις δεξαμενές για άλλα υγρά. Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος παροχής LNG, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του κατάλληλου μεγέθους χωρητικότητας της δεξαμενής, το οποίο θα πρέπει να είναι σύμφωνο με το μέγεθος και τη συχνότητα εφοδιασμού των πλοίων με LNG, το

μέγεθος και τη συχνότητα των εισερχόμενων φορτίων καθώς και τις σύγχρονες απαιτήσεις ασφάλειας⁴³.

Υπάρχουν δύο εναλλακτικοί τύποι δεξαμενής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ένα τερματικό σταθμό: α) οι δεξαμενές συμπίεσης και β) οι ατμοσφαιρικές δεξαμενές. Η επιλογή πραγματοποιείται συνήθως, ανάλογα με τον όγκο της δεξαμενής που απαιτείται, έτσι ώστε ο τερματικός σταθμός να είναι πιο αποδοτικός.

Δεξαμενές Συμπίεσης

Οι δεξαμενές συμπίεσης έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να διατηρούν την πίεση πέραν της κρυογονικής θερμοκρασίας. Πρόκειται για κυλινδρικές κατασκευές από χάλυβα, που τοποθετούνται είτε οριζόντια είτε κάθετα και προ-κατασκευάζονται πριν αποσταλούν στο σημείο εγκατάστασης. Δεξαμενές συμπίεσης LNG έχουν εγκατασταθεί στη Νορβηγία με όγκους που κυμαίνονται από 20m³ έως 683m³.

Επιπροσθέτως, είναι πιθανό να τοποθετούνται μαζί, περισσότερες της μιας δεξαμενής. Μια εγκατάσταση δεξαμενών μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί σε μέγεθος με την προσθήκη ή την αφαίρεση δεξαμενών συμπίεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις και τους τοπικούς χωροταξικούς περιορισμούς. Οι δεξαμενές συμπίεσης τείνουν να είναι καταλληλότερες για σχετικά μικρούς όγκους αποθήκευσης. Η εγκατάσταση που φαίνεται στην παρακάτω Εικόνα είναι η μεγαλύτερη εγκατάσταση δεξαμενής συμπίεσης LNG που έχει κατασκευαστεί μέχρι σήμερα, με 3415m³ συνολικό όγκο δεξαμενής.

⁴³ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

Εικόνα 5: Τερματικός Σταθμός LNG στο Mosjoen της Νορβηγίας.(5x683m³ δεξαμενές συμπίεσης)



Πηγή:Magalog Final Report Public, 2008

Ατμοσφαιρικές Δεξαμενές

Οι ατμοσφαιρικές δεξαμενές έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν το LNG σε χαμηλότερα επίπεδα από το σημείο βρασμού και την πίεση του περιβάλλοντος. Κατασκευάζονται σε συγκεκριμένες τοποθεσίες και συνήθως δεν μπορούν να αφαιρεθούν έτσι ώστε να εγκατασταθούν εκ νέου σε διαφορετικές τοποθεσίες, όπως συμβαίνει με τις δεξαμενές συμπίεσης. Οι ατμοσφαιρικές δεξαμενές είναι γενικά μεγαλύτερες από τις δεξαμενές συμπίεσης και προτιμούνται από εγκαταστάσεις που επιθυμούν μεγαλύτερους αποθηκευτικούς χώρους.

Τέλος, τόσο στις δεξαμενές συμπίεσης όσο και στις ατμοσφαιρικές δεξαμενές, ο μέγιστος καθαρός όγκος χωρητικότητας της δεξαμενής LNG, ο οποίος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση, είναι μικρότερος από τον συνολικό όγκο χωρητικότητας της δεξαμενής, σε ποσοστό περίπου στο 10%.

Εικόνα 6: Ατμοσφαιρικές Δεξαμενές LNG, χωρητικότητας 4000m³ και 2000 m³ αντίστοιχα, στην πόλη Kollsnes της Νορβηγίας



Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

5.2.5 ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ LNG

Εάν το φυσικό αέριο πρόκειται να παρέχεται και για άλλους τοπικούς σκοπούς πέραν του ανεφοδιασμού LNG, θα πρέπει πιθανότατα να εξαερώνεται έτσι ώστε να εισάγεται σε ένα δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου και να φτάνει στο χρήστη σε κανονική αέρια κατάσταση. Στα συστήματα μικρής κλίμακας LNG^{44,45}, η επαναεριοποίηση συνήθως επιτυγχάνεται ανταλλάσσοντας τη θερμότητα με τον περιβάλλοντα αέρα, αποφεύγοντας έτσι την ανάγκη να χρησιμοποιηθεί παραγόμενη ενέργεια για αυτό το σκοπό. Σε ορισμένες περιπτώσεις, όπου η πλεονάζουσα θερμότητα είναι διαθέσιμη από μια κοντινή κατασκευαστική λειτουργία, είναι αποδοτικό να χρησιμοποιηθεί θερμό νερό από μία τέτοια

⁴⁴http://www.glmri.org/downloads/SNAME/Pace%20Global_SNAME_LNG%20Bunkerin g%20Opportunities_02142013.pdf

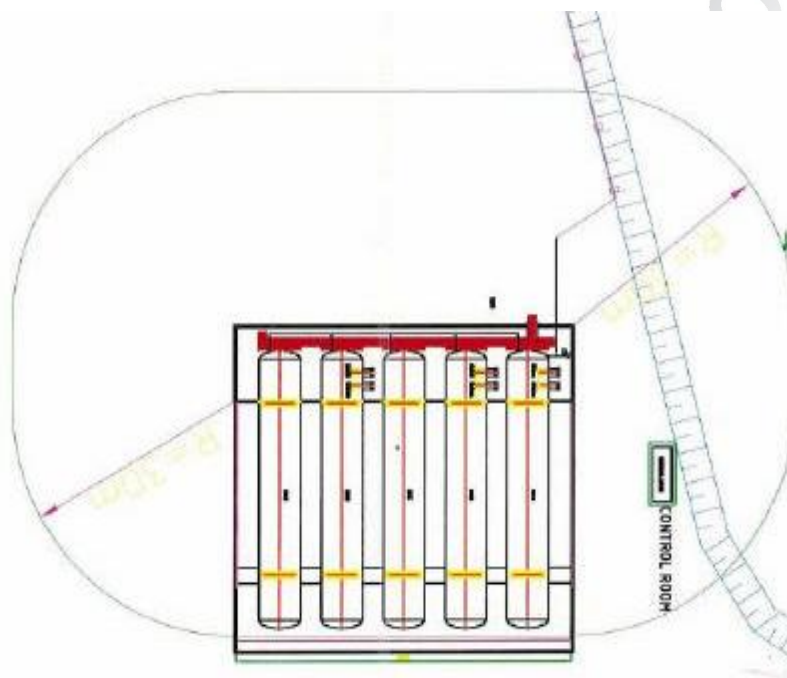
⁴⁵http://www.fkab.com/fileadmin/Files_to_pages/FKAB/Rapporter_Presentationer/FKAB_presentation_-_LNG_fuel_for_shipping.pdf

λειτουργία για επαναεριοποίηση. Επιπλέον, είναι πιθανό να επιτυγχάνεται επαναεριοποίηση του LNG μέσω προστιθέμενης θερμότητας από λέβητες.

5.2.6 ΔΙΑΤΑΞΗ ΤΟΥ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ

Στο παρακάτω Σχήμα περιγράφεται η διάταξη ενός τερματικού σταθμού που αποτελείται από $5 \times 683\text{m}^3$ δεξαμενές συμπίεσης. Το συγκεκριμένο μέγεθος και διάταξη, τα οποία μπορούν να επεκταθούν αν απαιτηθεί, είναι δυνητικά εφαρμόσιμα σε ένα λιμάνι στο οποίο πρόκειται να εφοδιάζονται Ο/Γ και Ε/Γ-Ο/Γ πλοία με LNG, σε τακτική βάση.

Σχήμα 6: Διάταξη Τερματικού Σταθμού με $5 \times 700\text{m}^3$ δεξαμενές αποθήκευσης



Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

Το μέγεθος μιας τέτοιας εγκατάστασης θα είναι περίπου $50\text{m} \times 50\text{m}$, ωστόσο η πρότυπη αυτή διάταξη θα πρέπει να προσαρμόζεται με τις εκάστοτε τοπικές συνθήκες. Ο τερματικός σταθμός είναι κατασκευασμένος με όλες τις συνδέσεις και βαλβίδες στη μια πλευρά, ενώ για λόγους ασφαλείας υπάρχει μια επιπλέον δεξαμενή συσσώρευσης έτσι ώστε σε πιθανότητα διαρροής LNG, το υγρό θα συλλέγεται σε αυτή την δεξαμενή. Ακολούθως, σε αυτό το σημείο και γύρω από τη δεξαμενή συσσώρευσης, θα υπάρχει μια

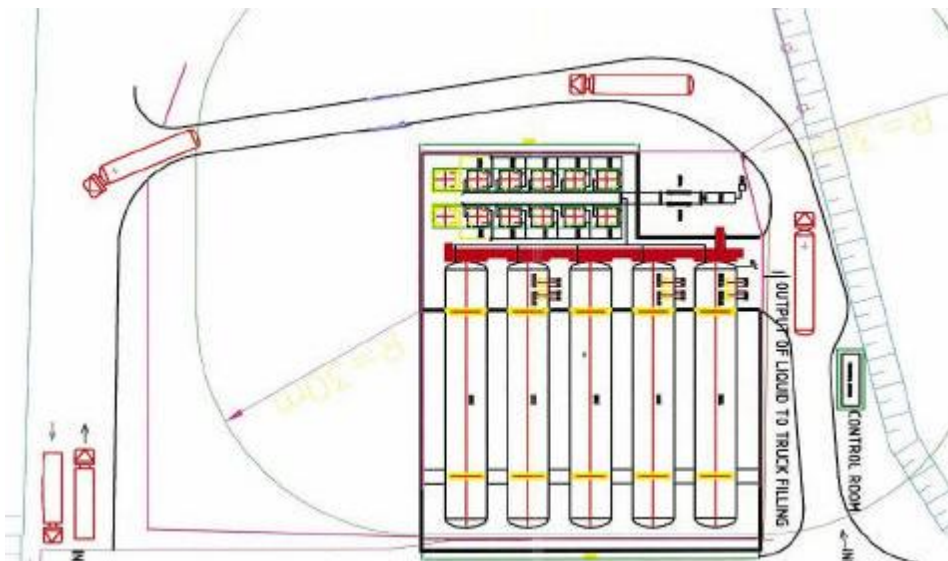
ζώνη ασφαλείας, ακτίνας 30μέτρων. Σε αυτή τη ζώνη θα υπάρχουν περιορισμοί σχετικά με τις άλλες δραστηριότητες που μπορεί να αποτελούν πηγές ανάφλεξης.

Ένας μονωμένος αγωγός LNG, καλυμμένος πιθανότατα από σωλήνα, συνδέει τον τερματικό σταθμό με το πλοίο στην προβλήτα. Παράλληλα, υπάρχει μια μικρή ζώνη ασφαλείας γύρω από το παραπάνω σημείο σύνδεσης καθώς επίσης και μια ζώνη εκκένωσης, 100μέτρων περίπου, γύρω από τον τερματικό σταθμό η οποία είναι έτοιμη να χρησιμοποιηθεί σε περίπτωση που προκληθεί κάποιο ατύχημα στον τερματικό σταθμό.

Το παρακάτω Σχήμα παρουσιάζει ένα τερματικό σταθμό ($5 \times 683\text{m}^3$) με εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού βυτιοφόρων οχημάτων και δυνατότητα επαναεριοποίησης του LNG με σκοπό τη διάθεση φυσικού αερίου μέσω αγωγών για τοπικές χρήσεις.

Παράλληλα, στον εν λόγω τερματικό σταθμό δεν απαιτείται παρουσία προσωπικού προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία, ενώ σπάνιες είναι και οι περιπτώσεις που απαιτούνται άμεσες παρεμβάσεις καθώς είναι εξοπλισμένος για εξ αποστάσεως παρακολούθηση και έλεγχο. Σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις στη Νορβηγία, οι λειτουργίες εκκένωσης και ανεφοδιασμού χειρίζονται κυρίως από το προσωπικό των πλοίων και των βυτιοφόρων οχημάτων. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις και κυρίως για λόγους ασφάλειας είναι χρήσιμο να παρέχονται συγκεκριμένες λειτουργίες, όπως παρακολούθηση της εγκατάστασης μέσω κάμερας, από μια κοντινή βιομηχανική επιχείρηση. Τέλος, οι λειτουργίες ανεφοδιασμού καυσίμων απαιτούν την παρουσία προσωπικού καθώς απαιτούνται άμεσες παρεμβάσεις.

Σχήμα 7: Διάταξη Τερματικού Σταθμού LNG με παράδοση σε βυτιοφόρα οχήματα και τοπικό αγωγό φυσικού αερίου.



Πηγή: Magalog Final Report Public, 2008

5.2.7 ΠΡΟΛΗΠΤΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Οι εγκαταστάσεις LNG πρέπει να κατασκευαστούν και να λειτουργήσουν με τη δέουσα προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη τη φύση του LNG ως μια καύσιμη ουσία με υψηλή ενεργειακή περιεκτικότητα, δηλαδή ως μια επικίνδυνη ουσία. Οι παραπάνω απαιτήσεις είναι κατανοητές στη βιομηχανία με αποτέλεσμα να μην έχει συμβεί κάποιο σοβαρό περιστατικό στους περισσότερους από τους 30 μικρούς τερματικούς σταθμούς LNG που δραστηριοποιούνται στη Νορβηγία.

Οι φυσικές ιδιότητες του LNG επιτρέπουν τη διεξαγωγή καθαρών και ασφαλών λειτουργιών, όταν λαμβάνονται επαρκείς προφυλάξεις. Οι πιθανότητες να συμβεί ανάφλεξη και έκρηξη ή φωτιά του LNG κάτω από φυσικές συνθήκες, είναι μικρότερες σε σχέση με άλλα καύσιμα υδρογονανθράκων. Οι αναθυμιάσεις LNG είναι αρκετά δύσκολο να αναφλεγούν καθώς η ανάφλεξη δημιουργείται από τον συνδυασμό υψηλής θερμοκρασίας και περιορισμένου εύρους αερίου (περιορισμένη συγκέντρωση αέρα). Το LNG είναι άοσμο, μη τοξικό, μη διαβρωτικό και λιγότερο πυκνό από το νερό και σε θερμοκρασίες υψηλότερες από τους -110C^0 , ο ατμός LNG είναι ελαφρύτερος από τον

αέρα. Σε περίπτωση που το LNG χυθεί στο έδαφος ή στο νερό και η εξάτμισή του δεν αποτελέσει πηγή ανάφλεξης, τότε αυτό θα ζεσταθεί, θα ανυψωθεί και τελικά θα διαλυθεί στην ατμόσφαιρα. Οι τερματικοί σταθμοί θα πρέπει να σχεδιάζονται, να κατασκευάζονται και να λειτουργούν σύμφωνα με την Οδηγία 96/82/EK του Συμβουλίου της 9ης Δεκεμβρίου 1996, όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει, η οποία αναφέρεται στην αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων από επικίνδυνες ουσίες και αποσκοπεί στην βελτίωση της ασφάλειας των χώρων που εμπεριέχουν μεγάλες ποσότητες επικίνδυνων ουσιών.

5.3 ΜΕΤΑΦΟΡΑ LNG

Το LNG μεταφέρεται κυρίως μέσω Φορτηγών πλοίων ή με βυτιοφόρα οχήματα, ωστόσο υπάρχει η δυνατότητα μεταφοράς μέσω και σιδηροδρομικών γραμμών⁴⁶.

5.3.1 ΜΕΤΑΦΟΡΑ LNG ΜΕΣΩ ΠΛΟΙΟΥ

Η θαλάσσια μεταφορά του LNG είναι μια πολύ εξειδικευμένη βιομηχανία μέσα στην αγορά των χύδην υγρών φορτίων⁴⁷. Το LNG προέρχεται από συγκεκριμένα πεδία εξόρυξης αερίων και λόγω της επικίνδυνης φύσης του καθώς και των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών του φορτίου, απαιτούνται ειδικές λιμενικές και άλλες εγκαταστάσεις, ενώ οι επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με το φορτίο πρέπει να είναι κατασκευασμένες από κράματα μετάλλων που να αντέχουν στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Το φυσικό αέριο μεταφέρεται από το πεδίο εξόρυξης στο χώρο υγροποίησης και στη συνέχεια αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές και μεταφέρεται με εξειδικευμένα πλοία, τα οποία διαθέτουν απομονωμένες δεξαμενές φορτίου, που διατηρούν το φυσικό αέριο σε υγρή μορφή κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Μετά την θαλάσσια μεταφορά του, το LNG επαναεριοποιείται και μέσω αγωγών φτάνει στους χώρους κατανάλωσης.

⁴⁶ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

⁴⁷ http://www.glmri.org/downloads/SNAME/Pace%20Global_SNAME_LNG%20Bunkerin g%20Opportunities_02142013.pdf

5.3.2 ΜΕΤΑΦΟΡΑ LNG ΜΕ ΒΥΤΙΟΦΟΡΟ ΟΧΗΜΑ

Η μεταφορά LNG μέσω βυτιοφόρων οχημάτων στους τερματικούς σταθμούς είναι ένας αξιόπιστος και ευέλικτος τρόπος. Ωστόσο, τείνει να είναι ένας λιγότερο αποδοτικός τρόπος μεταφοράς σε σχέση με τη μεταφορά μέσω πλοίου, ειδικά εάν οι μεταφερόμενοι όγκοι προς παράδοση είναι αρκετά μεγάλοι.

5.4 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΤΗΤΑ LNG

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο αέριο το οποίο αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4). Το LNG είναι φυσικό αέριο που έχει ψυχθεί σε υγρή μορφή, κοντά στους -161C° , με σκοπό τη μεταφορά και/ή την αποθήκευση του⁴⁸. Ακολουθώντας και μέσω της υγροποίησης, το αέριο συμπυκνώνεται στο 1/600 περίπου του αρχικού όγκου του και εξαιτίας αυτής της μείωσης έχει τη δυνατότητα να μεταφέρεται και να αποθηκεύεται.

5.4.1 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ LNG

Το φυσικό αέριο το οποίο διακινείται μέσα στο ευρωπαϊκό σύστημα αγωγών φυσικού αερίου θα πρέπει να πληροί συγκεκριμένες απαιτήσεις ποιότητας. Ακολουθώντας, το αέριο που παράγεται στις υπόγειες δεξαμενές υφίσταται επεξεργασία προκειμένου να εξαλειφθούν ή να μειωθούν τα ανεπιθύμητα συστατικά όπως το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, άλλα αέρια που δεν περιέχουν υδρογονάνθρακες καθώς και υγρά φυσικού αερίου (προπάνιο και βαρύτερα μόρια υδρογονανθράκων).

Επιπροσθέτως, το φυσικό αέριο που πρόκειται να μετατραπεί σε LNG πρέπει αρχικά να υποβάλλεται σε επεξεργασία έτσι ώστε να απομακρύνονται τα παραπάνω ανεπιθύμητα συστατικά αλλά επίσης και σε ακόμα αυστηρότερη επεξεργασία, προκειμένου να είναι συμβατό με την πολύ χαμηλή θερμοκρασία του LNG (-161C^0). Κατά συνέπεια, το LNG έχει παρόμοια σύνθεση με το απλό φυσικό αέριο, αλλά τείνει να έχει λιγότερες προσμίξεις και η σύνθεσή του να έχει μερικές παραλλαγές ανάλογα με την προέλευσή του,

⁴⁸ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogue.eu>

κυρίως στην αναλογία αιθανίου (C_2H_6) σε μεθάνιο (CH_4) και την παρουσία μικρών ποσοτήτων άλλων ουσιών.

Η διαδικασία παραγωγής LNG περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

- Παραλαβή και μέτρηση φυσικού αερίου
- Απομάκρυνση των όξινων αερίων CO_2 , SO_2
- Απομάκρυνση νερού
- Διαχωρισμός των υγρών φυσικού αερίου (C_3 + υδρογονάνθρακες)
- Υγροποίηση μέσω ψύξης
- Αποθήκευση και φόρτωση μεταφορικών οχημάτων

Η διαδικασία ψύξης απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας για τη λειτουργία των συμπιεστών αερίου με αποτέλεσμα το 10-15% του λαμβανόμενου φυσικού αερίου να δαπανείται για αυτό το σκοπό.

5.4.2 LNG ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Προκειμένου οι μεγάλοι τερματικοί σταθμοί να εδραιωθούν ως πηγές εφοδιασμού με σκοπό τον ανεφοδιασμό των πλοίων με LNG, πρέπει να ξεπεράσουν ορισμένες προκλήσεις. Οι ροές LNG μεγάλης κλίμακας⁴⁹ χρησιμεύουν για τη μεταφορά φυσικού αερίου σε μεγάλες αγορές (όπως η Δυτική Ευρώπη) από τοποθεσίες παραγωγής, οι οποίες είναι σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και δεν υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης μέσω αγωγών. Η προμήθεια LNG ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία από μεγάλους τερματικούς σταθμούς συνεπάγεται ορισμένες λειτουργικές προκλήσεις, δεδομένου ότι οι μεγάλοι τερματικοί σταθμοί έχουν ρυθμιστεί ώστε να λαμβάνουν LNG και να αποδεσμεύουν επαναεριοποιημένο φυσικό αέριο, ενώ τώρα θα πρέπει να αποδεσμεύουν LNG.

Ο εφοδιασμός του τερματικού σταθμού με LNG, το οποίο στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία, μπορεί να επιτευχθεί για περιορισμένες

⁴⁹ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogs.eu>

ποσότητες, μέσω επιχειρήσεων οδικών μεταφορών ή μέσω μεταφοράς LNG από πλοίο κατάλληλου μεγέθους. Γίνεται κατανοητό ότι θα χρειαστεί να αναπτυχθούν επιχειρήσεις εκμετάλλευσης πλοίων για αυτό τον σκοπό εκτός εάν η λειτουργία ανεφοδιασμού βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από το μεγάλο τερματικό σταθμό ή απαιτούνται μόνο μικρές ποσότητες, οπότε η μεταφορά θα γίνεται μέσω βυτιοφόρων οχημάτων.

Ανεξάρτητα από τις τεχνικές προϋποθέσεις, υπάρχουν και κάποια διαδικαστικά εμπόδια τα οποία πρέπει να ξεπεραστούν προκειμένου να μπορούν να εφοδιαστούν τα μικρά τροφοδοτικά πλοία με LNG. Σε αρκετούς τερματικούς σταθμούς που υπάρχουν πολλοί χρήστες, οι διαδικασίες για την αξιοποίηση της χωρητικότητας και οι τοποθεσίες ελλιμενισμού έχουν δημιουργηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κατάλληλος για τις τακτικές αφίξεις των μεγάλων πλοίων, δίχως ωστόσο σε πολλές περιπτώσεις να είναι κατάλληλος για τη φόρτωση μικρών πλοίων. Επιπλέον, οι δασμοί για τη χρήση των τερματικών σταθμών είναι σε ορισμένες περιπτώσεις δομημένο με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να είναι δυσανάλογα ακριβό για τα μικρά πλοία.

Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια διαφαίνεται μια τάση συνειδητοποίησης μεταξύ των μεγάλων φορέων εκμετάλλευσης τερματικών σταθμών και των εταιρειών LNG. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η συμφωνία που ανακοινώθηκε το 2008 μεταξύ της ισπανικής εταιρείας ενέργειας Iberdrola (πωλητής) και της Gasnor (αγοραστής), η οποία προβλέπει να παρέχεται LNG από ισπανικούς τερματικούς σταθμούς στο σύστημα της Gasnor από το 2009 και έπειτα.

5.4.3 LNG ΑΠΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

Η διανομή LNG από συστήματα μικρής κλίμακας πραγματοποιείται κατά μήκος σχετικά μικρών αποστάσεων κυρίως στο εσωτερικό μιας χώρας ως εναλλακτική λύση της διανομής φυσικού αερίου μέσω αγωγού.

Η διανομή LNG μικρής κλίμακας⁵⁰ μέσω πλοίων συμβαίνει κυρίως στη Νορβηγία και την Ιαπωνία ενώ μέσω βυτιοφόρων οχημάτων σε πολλές άλλες χώρες. Σε ορισμένες

⁵⁰ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>

χώρες (όπως η Ισπανία, η Τουρκία και η Ιαπωνία), η μικρή κλίμακα LNG είναι η διανομή σε μικρές αποστάσεις του LNG που έχει φτάσει στη χώρα ως μεγάλης κλίμακας LNG από πλοία μεγάλων αποστάσεων, ενώ σε άλλες χώρες (όπως η Νορβηγία και οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής), το LNG παράγεται τοπικά σε μικρή κλίμακα με σκοπό αυτή τη μορφή διανομής.

Τα παράκτια Ο/Γ πλοία και τα εφοδιαστικά πλοία ανοικτής θαλάσσης που λειτουργούν με LNG στη Νορβηγία τροφοδοτούνται από μονάδες LNG μικρής κλίμακας. Οι συγκεκριμένες λειτουργίες ανεφοδιασμού LNG αναπτύχθηκαν κατά καιρούς και σε τοποθεσίες όπου τα συστήματα μεγάλης κλίμακας δεν είχαν καθιερωθεί ως εναλλακτική λύση.

Τα συστήματα LNG μικρής κλίμακας στη Νότια Νορβηγία έχουν ορισμένα χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν τη διάρθρωση του κόστους. Χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη το φυσικό αέριο το οποίο έχει παραχθεί σε παράκτιες τοποθεσίες της Νορβηγίας και το οποίο θα προορίζονταν μέσω αγωγού για τις Ηπειρωτικές αγορές ή τις αγορές του Ηνωμένου Βασιλείου και το χρησιμοποιούν για την παραγωγή LNG. Η παραγωγή LNG σε μια τόσο μικρή κλίμακα συνήθως θεωρείται ότι είναι σε μειονεκτική θέση από άποψη κόστους παραγωγής ανά μονάδα σε σχέση με τις μεγάλες εγκαταστάσεις LNG, οι οποίες συνήθως έχουν πάνω από 3 εκατομμύρια τόνους ετήσιας παραγωγικής ικανότητας σε σύγκριση με τους 80.000 τόνους της μεγαλύτερης παραγωγής μικρής κλίμακας. Ωστόσο, το αποτέλεσμα αυτό μπορεί σε ορισμένες περιπτώσεις να επισκιαστεί από τις μεγάλες διακυμάνσεις στη ζήτηση πετρελαίου και φυσικού αερίου που σχετίζονται με το κόστος κατασκευής κατά τα τελευταία έτη, καθώς και τις υπερβάσεις κόστους που συνδέονται με ορισμένα μεγάλα έργα LNG.

5.5 ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΤΙΜΗ ΤΟΥ LNG

Δεν είναι δυνατόν μέχρι στιγμής να καθοριστεί ακριβώς το κόστος του LNG το οποίο θα χρησιμοποιείται ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία. Το κόστος που θα συμφωνηθεί θα είναι απόρροια της εν εξελίξει ανάπτυξης και των εμπορικών διαδικασιών και θα μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου. Σε αυτή την ενότητα θα εξεταστούν οι

μηχανισμοί και οι συνθήκες, οι οποίες είναι πιθανό να επηρεάσουν τους όρους προσφοράς του LNG και κατά συνέπεια και το κόστος του.

5.5.1 ΜΟΡΦΗ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ: ΜΑΚΡΟΧΡΟΝΙΕΣ ΣΥΜΒΑΣΕΙΣ

Σε γενικές γραμμές, το διεθνές εμπόριο φυσικού αερίου (συμπεριλαμβανομένου και του LNG) τείνει να είναι πολύ πιο μακροπρόθεσμα προσανατολισμένο σε σχέση με το εμπόριο πετρελαίου και των προϊόντων πετρελαίου. Μεγάλο μέρος του διασυνοριακού εμπορίου φυσικού αερίου λαμβάνει χώρα στο πλαίσιο συμφωνιών 20 ετίας ή ακόμα και μεγαλύτερης διάρκειας. Επομένως, η τιμή συμφωνήθηκε ως μια φόρμουλα σε συνάρτηση με άλλες παραμέτρους τιμών, όπως κυρίως του αργού πετρελαίου ή των προϊόντων διύλισης πετρελαίου, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι θα υπάρχει μια ευνοϊκή σχέση μεταξύ του κόστους του φυσικού αερίου και του κόστους των προϊόντων, τα οποία το φυσικό αέριο θα πρέπει να ανταγωνιστεί στις αγορές τελικών χρηστών.

Ένας κύριος λόγος για αυτό το μακροπρόθεσμο προσανατολισμό του εμπορίου φυσικού αερίου, είναι η ανάγκη εγκατάστασης μιας δαπανηρής υποδομής με σκοπό τη μεταφορά του φυσικού αερίου, είτε μέσω αγωγού είτε ως LNG. Οι μακροπρόθεσμες συμφωνίες, έχουν το πλεονέκτημα ότι διαβεβαιώνουν τους πωλητές φυσικού αερίου ότι θα μπορέσουν να αποσβέσουν τέτοιες δαπανηρές επενδύσεις, ενώ επίσης, διαβεβαιώνουν τους αγοραστές και τους χρήστες φυσικού αερίου, οι οποίοι συχνά πρέπει να κάνουν σημαντικές επενδύσεις σε εξοπλισμό για τη χρήση του φυσικού αερίου, ότι θα τροφοδοτούνται με προβλέψιμους όρους.

Οι εξελίξεις του LNG μικρής κλίμακας στη Σκανδιναβία διέπονται σε μεγάλο βαθμό από μια μακροπρόθεσμη προσέγγιση για τη σύναψη συμβάσεων, καθώς πολλές από τις συμφωνίες αυτές είναι διάρκειας άνω των 10 ετών. Η προμήθεια και η χρήση LNG για τη βιομηχανία και την ακτοπλοΐα απαιτεί σημαντικές επενδύσεις ειδικά από τον προμηθευτή του φυσικού αερίου καθώς επίσης και από το χρήστη του φυσικού αερίου. Οι συμφωνίες για την πώληση και την αγορά του φυσικού αερίου γίνονται παράλληλα με τις επενδυτικές αποφάσεις και με χρονικό ορίζοντα που καλύπτει ένα σημαντικό μέρος της οικονομικής ζωής αυτών των επενδύσεων.

Το LNG ως καύσιμο πρόωσης για Ο/Γ και Ε/Γ-Ο/Γ πλοία και ορισμένων άλλων μορφών ναυτιλίας θεωρείται κατάλληλο για σύναψη συμβάσεων με μακροπρόθεσμη προσέγγιση. Απαιτεί την πραγματοποίηση συγκεκριμένων επενδύσεων σε πλοία που πρόκειται να χρησιμοποιούν ως καύσιμο πρόωσης το LNG καθώς και σε εγκαταστάσεις εφοδιασμού που θα εξυπηρετούν τα παραπάνω πλοία, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί απόσβεση των επενδύσεων. Ακολούθως, όσο οι πλοιοκτήτες θα αντιμετωπίζουν μια περιορισμένη επιλογή προμηθευτών οι οποίοι θα προσφέρουν LNG, τόσο οι προμηθευτές φυσικού αερίου θα αντιμετωπίζουν μια περιορισμένη αγορά πλοιοκτητών που θα επενδύουν στη μετατροπή ή την κατασκευή νέων πλοίων που θα κινούνται με LNG. Για αυτό το λόγο, οι μακροπρόθεσμες συμφωνίες για την παροχή LNG μπορούν να αποτελέσουν μια βάση για τις εν λόγω επενδυτικές αποφάσεις και από τα δύο μέρη.

Είναι κατανοητό ότι οι βραχυπρόθεσμες συμβάσεις για LNG μπορεί να αναπτυχθούν και να αποτελέσουν μελλοντικά την κύρια μορφή σύμβασης. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, πρέπει το LNG να καθιερωθεί ευρύτερα ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία και ένα πλήθος προμηθευτών και αγοραστών LNG να είναι παρών στα σημαντικότερα λιμάνια παγκοσμίως. Ωστόσο, είναι κατανοητό ότι θα χρειαστούν αρκετά χρόνια για να πραγματοποιηθεί αυτό.

5.5.2 ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι τιμές της αγοράς για το φυσικό αέριο είναι, σε πολύ λιγότερο βαθμό ομοιόμορφες και ξεκάθαρες από ότι οι τιμές αγοράς του αργού πετρελαίου. Η τιμολόγηση του φυσικού αερίου σε όλο τον κόσμο είναι κατακερματισμένη, δηλαδή υπάρχουν μεγάλες διαφορές στις τιμές μεταξύ διαφόρων τοποθεσιών και συμβάσεων, οι οποίες είναι εν μέρει εύκολα αντιληπτές.

Μερικές βραχυπρόθεσμες εμπορικές τιμές αναφορικά με το Ευρωπαϊκό φυσικό αέριο είναι εύκολα αισθητές, τόσο από την ICE Futures Exchange στο Λονδίνο όσο και από τις εκτιμήσεις των τιμών του φυσικού εμπορίου. Βραχυπρόθεσμες τιμές καθορίζονται για συγκεκριμένες μελλοντικές περιόδους, με έμφαση κυρίως στους δείκτες τιμών κατά τη διάρκεια του επόμενου μήνα.

Οι βραχυπρόθεσμες τιμές φυσικού αερίου έχουν τον περιορισμό ότι δεν αντικατοπτρίζουν την πλειοψηφία του διασυνοριακού εμπορίου φυσικού αερίου στην Ευρώπη, κάτι το οποίο συμβαίνει με τις μακροπρόθεσμες συμβάσεις με τιμαριθμική αναπροσαρμογή στα προϊόντα πετρελαίου. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι μόνο το 5% έως 10% των απαιτήσεων φυσικού αερίου στην Ηπειρωτική Ευρώπη μπορεί να καλυφθεί από βραχυπρόθεσμες εμπορικές συμφωνίες.

Οι μακροπρόθεσμες τιμές συμβάσεων παρουσιάζουν μικρότερη μεταβλητότητα σε σχέση με τις βραχυπρόθεσμες τιμές, όπως αποδεικνύεται ιδιαίτερα κατά τα έτη 2005 με 2006 όταν υπήρξε απότομη εκτίναξη των τιμών του φυσικού αερίου των ΗΠΑ, γεγονός το οποίο προκλήθηκε από τις καταστροφικές θύελλες καθώς και των ευρωπαϊκών τιμών φυσικού αερίου, απόρροια των ανησυχιών για τις ρωσικές εξαγωγές φυσικού αερίου. Παράλληλα, τέτοια γεγονότα που σχετίζονται άμεσα με το φυσικό αέριο, επηρεάζουν σε ελάχιστο βαθμό τις μακροπρόθεσμες τιμές φυσικού αερίου.

Η τυπική μορφή μιας σύγχρονης σύμβασης τιμής φυσικού αερίου⁵¹ έχει ως εξής:

$$P_n = P_0 + c_G w_G (G_m - G_0) + c_F w_F (F_m - F_0)$$

όπου:

- P_n , είναι η τιμή του φυσικού αερίου που πρέπει να καταβληθεί για περίοδο n ,
- P_0 , είναι η τιμή του φυσικού αερίου που συμφωνήθηκε κατά την έναρξη της σύμβασης,
- c_G και c_F , είναι οι συντελεστές μετατροπής σχετικά με τη μετατροπή των μονάδων της προσφερόμενης τιμής του gasoil και του πετρελαίου σε ισοδύναμη φυσικού αερίου λαμβάνοντας υπόψη την ενέργεια,
- w_G και w_F , είναι οι συντελεστές βαρύτητας του gasoil και του πετρελαίου, οι οποίοι ορίζονται ως $w_G + w_F = 1$,

⁵¹ Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogs.eu>

- G_m και F_m , είναι οι αξιολογήσεις των τιμών που παρατηρήθηκαν για το gasoil και το πετρέλαιο για την περίοδο m , η οποία αποτελεί τον μέσο όρο για αρκετούς μήνες πριν από την περίοδο n , έτσι ώστε να παρατηρείται η χρονική καθυστέρηση σε σχέση με το δείκτη τιμών του πετρελαίου,
- G_0 και F_0 , είναι οι τιμές του gasoil και του πετρελαίου που καθορίζονται κατά την έναρξη της σύμβασης.

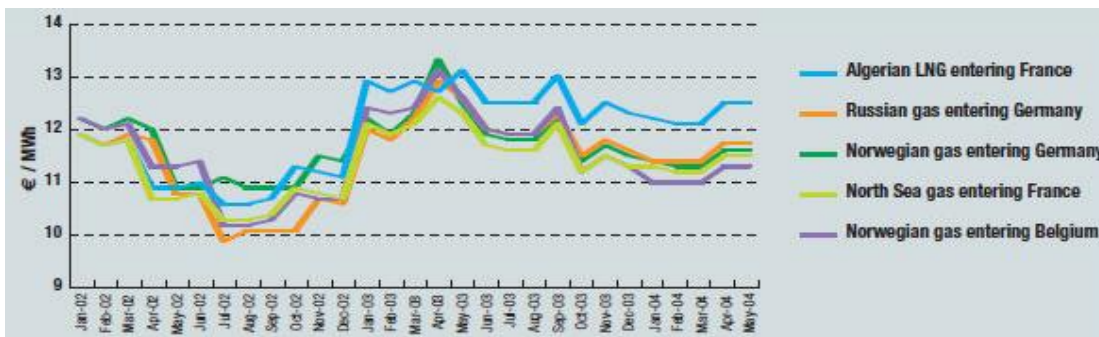
Μια έρευνα από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή - Γενική Διεύθυνση Ανταγωνισμού (2007) διαπίστωσε ότι οι μακροπρόθεσμες συμβάσεις εισαγωγής φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή Ένωση σχετίζονταν το έτος 2004, κατά μέσο όρο όγκου, σε ποσοστό 44,8% με το gasoil, 29,5% με το βαρύ πετρέλαιο, 9,8% με τις βραχυπρόθεσμες τιμές φυσικού αερίου, 7,4% με άλλες ενεργειακές τιμές και 8,5% με σταθερές τιμές ή τιμές που προσαρμόζονται στο γενικό πληθωρισμό.

Η μακροπρόθεσμη προσέγγιση εμπορίου που περιγράφεται παραπάνω για το Ευρωπαϊκό φυσικό αέριο, ισχύει εξίσου και για το παγκόσμιο εμπόριο LNG, συμπεριλαμβανομένων και των ευρωπαϊκών εισαγωγών. Μεταφορές LNG με μεγάλα (> 100.000m³) πλοία λειτουργούν συνήθως με συμβάσεις μεγαλύτερες των 20 ετών. Κατά την τελευταία δεκαετία, έχει υπάρξει ενδιαφέρον για μια στροφή προς ένα πιο βραχυπρόθεσμο εμπόριο LNG, καθώς έχει αυξηθεί η συχνότητα των spot μεταφορών LNG αλλά παρ' όλα αυτά το παγκόσμιο εμπόριο LNG κυριαρχείται κατά κύριο λόγο από μακροπρόθεσμες συμφωνίες. Επιπροσθέτως, οι τιμές των παραπάνω συμβάσεων τείνουν να είναι σε συνάρτηση με τις τιμές του πετρελαίου, περισσότερο δε με αυτές του αργού πετρελαίου και όχι τόσο με αυτές των προϊόντων διύλισης πετρελαίου.

Το παρακάτω σχήμα παρουσιάζει μια σύγκριση των Ευρωπαϊκών τιμών φυσικού αερίου στις διάφορες μακροπρόθεσμες συμβάσεις, η οποία βασίζεται σε διαφορετικές πηγές. Επιπροσθέτως όπως παρατηρείται στο παρακάτω σχήμα, το Αλγερινό LNG βρίσκεται συχνά σε υψηλότερα επίπεδα τιμών σε σχέση με τις συμβάσεις που σχετίζονται με τη μεταφορά μέσω αγωγών. Παρόλο που οι υπηρεσίες πληροφόρησης της αγοράς παραθέτουν τακτικές αναφορές σχετικά με τις παγκόσμιες αγορές LNG, ωστόσο οι spot

συμφωνίες είναι πολύ λίγες και δε μπορούν να παρέχουν μια βάση για τακτική και αξιόπιστη εκτίμηση των τιμών της αγοράς.

Εικόνα 7: Σύγκριση των τιμών των Ευρωπαϊκών μακροπρόθεσμων συμβάσεων αερίου, 2002-2004,



Πηγή: CRE(2004), Heren

Εάν και όταν επικρατήσει, κάποια στιγμή μελλοντικά, το εμπόριο φορτίου με συστήματα μικρής κλίμακας LNG, τότε πιθανόν να προκύψει και μια ξεχωριστή αγορά με αναλύσιμες τιμές για τις συναλλαγές αυτές. Ενδεχομένως τότε, οι τιμές για τα μικρά φορτία LNG στη Βόρεια Ευρώπη να αποκλίνουν σε κάποιο βαθμό από τις τιμές του φυσικού αερίου που μεταφέρεται μέσω αγωγών, τόσο για τις βραχυπρόθεσμες όσο και για τις μακροπρόθεσμες συμβάσεις. Οι τιμές των μικρών φορτίων LNG που μεταφέρεται μέσω θαλάσσης είναι πιθανό τότε να είναι υψηλότερες από τις τιμές του φυσικού αερίου που μεταφέρεται μέσω αγωγών για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Παρόμοιο φαινόμενο διαφορετικών διαμορφώσεων των τιμών ανάλογα με τον τρόπο μεταφοράς και το μέγεθος του φορτίου παρατηρείται στην αγορά του υγροποιημένου αερίου πετρελαίου (LPG) στη Βόρεια Ευρώπη.

5.5.3 Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΠΡΟΣΒΑΣΗ ΤΡΙΤΩΝ ΜΕΡΩΝ

Η Ευρωπαϊκή Ένωση στην Οδηγία της για το φυσικό αέριο απαιτεί οι υποδομές του φυσικού αερίου, δηλαδή οι αγωγοί και οι τερματικοί σταθμοί LNG, να είναι προσβάσιμες από οποιοδήποτε συμβαλλόμενο μέρος με αμερόληπτους όρους. Μικροί τερματικοί σταθμοί LNG, όπως αυτοί που περιγράφονται παραπάνω, δεν απαλλάσσονται από αυτή την απαίτηση, ήτοι της πρόσβασης τρίτων μερών, αν και είναι πολύ πιθανό οι συντάκτες αυτής της Οδηγίας να έλαβαν περισσότερο υπόψη τους μεγάλους τερματικούς σταθμούς.

Η συγκεκριμένη Οδηγία μπορεί να αποτελέσει πρόβλημα, όσον αφορά τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την κατασκευή τέτοιων τερματικών σταθμών, επειδή τείνει να διαχωρίζει τις αποφάσεις που αφορούν τη χωρητικότητα του τερματικού σταθμού σε σχέση με τα άλλα μέρη της αλυσίδας εφοδιασμού, τα οποία αποτελούν αναπόσπαστα μέρη των τερματικών σταθμών. Σε μερικές περιπτώσεις, τα συμβαλλόμενα μέρη, τα οποία έχουν προγραμματίσει την κατασκευή μεγάλων τερματικών σταθμών εισαγωγής LNG, έχουν επιλύσει το συγκεκριμένο πρόβλημα διεξάγοντας διαδικασίες "ανοικτών περιόδων" πριν από τις τελικές επενδυτικές αποφάσεις, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη σύναψη συμφωνιών για τη χρησιμοποίηση της χωρητικότητας των τερματικών καθώς πολλά από τα συμβαλλόμενα μέρη είχαν τη δυνατότητα να εκφράσουν το ενδιαφέρον τους για μακροπρόθεσμες συμφωνίες.

Επιπροσθέτως, κάτι παρόμοιο μπορεί να ισχύσει και για τους μικρούς τερματικούς σταθμούς που προορίζονται για σκοπούς ανεφοδιασμού LNG. Παρόλο αυτά, είναι επίσης εφικτό, ένα συμβαλλόμενο μέρος να αναλάβει την κατασκευή και την αξιοποίηση ενός τέτοιου είδους τερματικού σταθμού αντί να καταβάλει τέλη χρήσης, όπως συμβαίνει με πολλές εγκαταστάσεις αποθήκευσης πετρελαίου και χημικών.

5.5.4 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΤΙΜΗ ΤΟΥ LNG ΠΟΥ ΠΑΡΕΧΕΤΑΙ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΠΡΟΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Στο πλαίσιο μιας μακροπρόθεσμης σύμβασης LNG για ανεφοδιασμό καυσίμων, η τιμή του LNG θα καθορίζεται στην εν λόγω σύμβαση. Η συμφωνηθείσα τιμή πρέπει να είναι εμπορικά βιώσιμη για τον αγοραστή καθώς επίσης και για τον πωλητή, γεγονός που περιλαμβάνει δύο προϋποθέσεις:

- Η χρήση του LNG δεν θα πρέπει να αποδυναμώνει την ανταγωνιστικότητα του πλοιοκτήτη σε σχέση με τη χρήση ενός άλλου καυσίμου,
- Ο πωλητής του LNG θα πρέπει να είναι σε θέση να ανακτήσει το κόστος που προμηθεύει.

Η πρόκληση της ανάπτυξης και της σύναψης συμβάσεων για την προμήθεια LNG, είναι η θέσπιση των κατάλληλων όρων συμβολαίου που θα ικανοποιεί και τις δύο

παραπάνω απαιτήσεις ταυτόχρονα. Συνηθισμένο φαινόμενο στις μακροπρόθεσμες πωλήσεις και συμβάσεις αγοράς είναι να συνδέεται η τιμή της σύμβασης ως μια φόρμουλα σχετιζόμενη με άλλες τιμές που παρατηρούνται και οι οποίες έχουν σημασία για τα συμβαλλόμενα μέρη, όπως για παράδειγμα, οι τιμές του αργού πετρελαίου, του gasoil καθώς και βαρύ πετρελαίου. Οι διασυνδέσεις αυτές των τιμών αποσκοπούν στο να αποτραπεί ο διαχωρισμός της τιμής μιας μακροπρόθεσμης σύμβασης από την πραγματικότητα της αγοράς, γεγονός το οποίο δημιουργεί εντάσεις στη σχέση συμβολαίου.

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να δομηθεί μια φόρμουλα τιμών για μια μακροπρόθεσμη σύμβαση προμήθειας LNG. Σε πολλές περιπτώσεις, ο μακροπρόθεσμος αγοραστής τείνει να ζητά διαβεβαίωση ότι το LNG δε θα παύσει να είναι ανταγωνιστικό έναντι των παραδοσιακών καυσίμων, των οποίων θεωρείται ως εναλλακτική λύση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένας αγοραστής LNG μπορεί να επιθυμήσει μια μακροπρόθεσμη σταθερή τιμή, δηλαδή να αποφύγει μια φόρμουλα που θα προκαλεί την αύξηση ή τη μείωση της τιμής του LNG βάση των τιμών του πετρελαίου.

5.5.5 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΠΡΟΜΗΘΕΙΑΣ LNG:

ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Αν θεωρηθεί ότι οι προμηθευτές LNG οι οποίοι θα ανεφοδιάζουν με καύσιμα τα πλοία, δεν θα παράγουν το φυσικό αέριο αλλά θα προμηθεύονται φυσικό αέριο ή LNG από συγκεκριμένο σημείο προμήθειας και θα αναλαμβάνουν να διαθέσουν αυτό στα πλοία, όπως περιγράφεται παραπάνω, τότε το κόστος προμήθειας του LNG θα έχει δύο κύριες συνιστώσες:

Κόστος προμήθειας LNG = Τιμή φυσικού αερίου στην αγορά + Κόστος των υπηρεσιών Logistics από την παραλαβή έως και τη τελική διάθεση του LNG στο πλοίο.

Οι προμήθειες μπορούν να αποκτηθούν από δύο εναλλακτικές ή συμπληρωματικές πηγές με διαφορετικές δομές κόστους, ήτοι της μεγάλης κλίμακας και της μικρής κλίμακας LNG. Οι δύο κύριες συνιστώσες του κόστους που αναφέρονται παραπάνω θα αναλυθούν περαιτέρω παρακάτω, με βάση κυρίως το σύστημα παροχής μικρής κλίμακας, αλλά επίσης

και με τις πιθανές συνέπειες που θα προκύψουν από τη μετάβαση προς τον εφοδιασμό από συστήματα μεγάλης κλίμακας, γεγονός που αποτελεί μια πιθανή μελλοντική εξέλιξη.

5.5.6 Η ΤΙΜΗ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΟΥ LNG

Οι παραγωγοί μικρής κλίμακας LNG, για παράδειγμα στη Νορβηγία, προμηθεύονται φυσικό αέριο το οποίο έχει παραχθεί από παράκτιες Νορβηγικές τοποθεσίες και στη συνέχεια μεταφέρουν αυτό σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας φυσικού αερίου στη Νορβηγική ακτή. Διαφορετικά, το φυσικό αέριο αυτό θα έπρεπε να μεταφερόταν μέσω αγωγών στην Ευρωπαϊκή ήπειρο προκειμένου να εισέλθει στην Ευρωπαϊκή αγορά φυσικού αερίου. Σε αυτή την περίπτωση η τιμή του φυσικού αερίου το οποίο θα αγοράζόταν για το σκοπό του συστήματος μικρής κλίμακας LNG προκειμένου στη συνέχεια να επεξεργαστεί και να προμηθευτεί στα πλοία, θα σχετιζόταν με τις τιμές της Ευρωπαϊκής αγοράς φυσικού αερίου.

Εάν μελλοντικά το LNG αγοράζεται από μεγάλους Ευρωπαϊκούς τερματικούς σταθμούς για να παρέχεται ως καύσιμο πρόωσης για τα πλοία, τότε είναι επίσης πιθανό η τιμή αγοράς του να σχετίζεται με τις τιμές του φυσικού αερίου στην Ευρωπαϊκή αγορά. Αυτό θα συμβαίνει καθώς το LNG που θα παρέχεται στα πλοία, θα σχετίζεται άμεσα με την Ευρωπαϊκή αγορά φυσικού αερίου το οποίο θα έχει μεταφερθεί μέσω αγωγών.

Σε κάθε περίπτωση, οι μακροπρόθεσμες τιμές είναι περισσότερο σχετικές απ' ό,τι οι βραχυπρόθεσμες τιμές, επειδή τόσο ο ανεφοδιασμός με LNG όσο και τα συστήματα τροφοδοσίας, που έχουν συσταθεί για αυτό το σκοπό, αποτελούν προσπάθειες με μακροπρόθεσμο ορίζοντα, αλλά επίσης αποφεύγονται και οι ακραίες διακυμάνσεις που παρουσιάζονται μερικές φορές στη βραχυπρόθεσμη αγορά.

Οι τιμές που συμφωνούνται σε μακροπρόθεσμο πλαίσιο για το φυσικό αέριο στη Β. Ευρώπη, έχουν την τάση να είναι στο 55% - 60% των τιμών υψηλής ποιότητας gasoil και αυτό αποδεικνύεται από τη διακύμανση του μακροπρόθεσμων μέσου όρου τιμών του φυσικού αερίου, το οποίο αγοράζεται είτε ως πρώτη ύλη από συστήματα μικρής κλίμακας LNG είτε ως LNG από μεγάλους τερματικούς σταθμούς.

5.5.7 ΤΑ LOGISTICS ΩΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ ΚΟΣΤΟΥΣ ΤΟΥ LNG

Τα έξοδα logistics⁵² που καθιστούν το φυσικό αέριο, που έχει αγοραστεί, διαθέσιμο ως LNG για τον ανεφοδιασμό ενός πλοίου, καλύπτουν κυρίως 4 στοιχεία:

- Παραγωγή από συστήματα μικρής κλίμακας LNG, εκτός εάν προέρχεται από μεγάλο τερματικό σταθμό
- Μεταφορά φορτίου σε λιμάνι ανεφοδιασμού καυσίμων
- Τερματικός σταθμός στο λιμάνι ανεφοδιασμού
- Λειτουργία ανεφοδιασμού με LNG από τον τερματικό σταθμό στο πλοίο

Κόστος παραγωγής συστήματος LNG μικρής κλίμακας

Η παραγωγή LNG απαιτεί σημαντικές ποσότητες ενέργειας, συνήθως ηλεκτρικής η οποία μπορεί να παρέχεται από το ηλεκτρικό δίκτυο ή να παράγεται τοπικά από φυσικό αέριο. Εάν παράγεται από φυσικό αέριο, το 10 - 15% της τροφοδοσίας αερίου δαπανάται για αυτό το σκοπό, με αποτέλεσμα να παράγεται πλεονάζουσα θερμότητα η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για άλλους σκοπούς.

Το κόστος παραγωγής LNG μικρής κλίμακας από τις μελλοντικές εγκαταστάσεις μπορεί να προσδιοριστεί σε ένα εύρος από 8€ έως 14€ ανά MWh, το οποίο θα επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως τα κόστη κατασκευής, τα ενεργειακά κόστη, τα κόστη χρήσης, κτλ.

Εάν επιτευχθεί η προμήθεια LNG από μεγάλους τερματικούς σταθμούς, τότε τα κόστη παραγωγής LNG μικρής κλίμακας πρόκειται να αποφευχθούν. Ωστόσο, αναμένεται να υπάρξουν υψηλότερα κόστη μεταφοράς με πλοία λόγω του ότι οι πιο πιθανές πηγές φυσικού αερίου βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από την Ευρώπη.

Ναύλος και κόστη του τερματικού

⁵² Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalogue.eu>

Το LNG θα πρέπει να μεταφερθεί στα λιμάνια ανεφοδιασμού καυσίμων, πιθανότατα από πλοία μεταφοράς LNG και να παραδοθεί σε εγκατάσταση τερματικού σταθμού με ικανότητα αποθήκευσης. Η χωρητικότητα αποθήκευσης της δεξαμενής πρέπει να επιλέγεται προσεκτικά λόγω του υψηλού της κόστους αλλά επίσης πρέπει να έχει τη δυνατότητα αξιοποίησης της μεταφορικής ικανότητας των πλοίων.

Κόστος της λειτουργίας ανεφοδιασμού

Το κόστος της λειτουργίας ανεφοδιασμού, το οποίο περιλαμβάνει την παροχή LNG από ένα τοπικό τερματικό σταθμό στις δεξαμενές καυσίμων ενός πλοίου, μπορεί να διεξαχθεί με φορτηγά, φορτηγίδες ή από εγκατάσταση ξηράς μέσω σταθερών εφοδιαστικών γραμμών. Τα κόστη αυτά θα εξαρτηθούν από τις τοπικές συνθήκες, οι οποίες επικρατούν σε κάθε λιμένα και αναμένονται να είναι συγκριτικά μικρά σε σχέση με τις άλλες συνιστώσες κόστους.

5.6 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟΥ ΠΡΟΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΑ ΠΛΟΙΑ

Προκειμένου το LNG να εδραιωθεί και να χρησιμοποιείται ευρέως ως καύσιμο για τα πλοία, πρέπει να επιλυθούν αρκετά θέματα λίγο-πολύ σε παράλληλο χρόνο, κάθε ένα από τα οποία απαιτεί σημαντικές επενδυτικές αποφάσεις:

- Πρέπει οι πλοιοκτήτες να παραγγείλουν πλοία που θα χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο πρόωσης
- Οι τερματικοί σταθμοί και οι τοπικές επιχειρήσεις ανεφοδιασμού LNG πρέπει να είναι εγκατεστημένοι σε νευραλγικά λιμάνια,
- Θα πρέπει να καθορισθούν οι προμήθειες LNG, τόσο από τα συστήματα μικρής κλίμακας όσο και από μεγάλης κλίμακας.
- Θα πρέπει να καθορισθεί η δυνατότητα μεταφοράς του LNG έως ότου παραδοθεί στις δεξαμενές των τερματικών σταθμών.

Οι παραπάνω εργασίες είναι σε κάποιο βαθμό αλληλεξαρτώμενες, ωστόσο ορισμένες πρέπει να αναπτυχθούν πιο γρήγορα. Προς το παρόν, η τρίτη και η τέταρτη

παραπάνω ενέργεια δεν είναι τόσο κρίσιμες καθώς είναι πιθανό να μεταφέρεται και να παρέχεται το LNG με πλοία που ήδη υπάρχουν. Ωστόσο μελλοντικά και εφόσον εδραιωθεί θα υπάρξει ανάγκη για περισσότερες προμήθειες LNG καθώς επίσης και μεγαλύτερη μεταφορική ικανότητα.

Τα επόμενα κρίσιμα βήματα στη διαδικασία ανάπτυξης του LNG ως καυσίμου πρόωσης, θα είναι η διάταξη των πλοίων, τα οποία θα απασχολούνται σε συγκεκριμένες τακτικές γραμμές καθώς και η δημιουργία εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού που θα εξυπηρετούν τα πλοία αυτά. Μια μακροπρόθεσμη συμφωνία προμήθειας LNG μεταξύ ενός προμηθευτή LNG και ενός διαχειριστή πλοίου θα πρέπει να συνοδεύεται και από άλλες συμφωνίες όπως η κατασκευή των πλοίων, η διαθεσιμότητα χώρου στο λιμάνι προκειμένου να κατασκευαστεί ο τερματικός σταθμός καθώς και οι απαιτούμενες άδειες.

Στα πρώτα στάδια της ανάπτυξης και της εδραίωσης του LNG ως καυσίμου πρόωσης για τα πλοία είναι πιθανόν να απαιτηθεί ένας συνδυασμός των παρακάτω τριών προσεγγίσεων:

- Πρώτον, να βρεθούν εφαρμογές του LNG, οι οποίες θα προσφέρουν συγκεκριμένα κίνητρα ή πλεονεκτήματα από πλευράς κόστους,
- Δεύτερον, να υπάρξει προθυμία από τα εμπλεκόμενα μέρη να επιμείνουν στην μακροπρόθεσμη προοπτική
- Τρίτον, να εκθειαστούν τα δημόσια κίνητρα για την προτίμηση του LNG ως το πλέον περιβαλλοντικά φιλικό καύσιμο για τα πλοία.

6. ΚΟΣΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΕΝΟΣ Ε/Γ-Ο/Γ ΠΛΟΙΟΥ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΚΙΝΗΤΟ ΣΕ LNG

Η μετατροπή ενός Ε/Γ-Ο/Γ πλοίου από πετρελαιοκίνητο σε LNG, θέτει τεχνικές, ρυθμιστικές καθώς και οικονομικές προκλήσεις⁵³. Είναι σημαντικό να μελετήσουμε μια

⁵³ 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Life Cycle Cost Analysis. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://glosten.com/>

τέτοια μετατροπή τόσο από τεχνικής όσο και από οικονομικής φύσεως⁵⁴. Προκειμένου να αξιολογηθεί εάν η επένδυση μετασκευής ή νέας κατασκευής πλοίου με χρήση LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο είναι αποδοτική, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα κόστη μετατροπής ή εγκατάστασης της μηχανής, το κόστος του δοχείου αποθήκευσης, τα λειτουργικά κόστη, το κόστος συντήρησης και τέλος το περιβαλλοντικό κόστος⁵⁵.

Ωστόσο, προκειμένου να καταλήξουμε εάν συμφέρει η μετατροπή ενός Ε/Γ - Ο/Γ πλοίου από πετρελαιοκίνητο σε LNG, το οποίο δραστηριοποιείται στην Ελληνική Ακτοπλοΐα, είναι σημαντικό να μελετήσουμε τα οφέλη και τα κόστη που θα προκύψουν από μια τέτοια επένδυση τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα.

Τα κόστη μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες.

- Κόστη Κεφαλαίου
- Λειτουργικά Κόστη
- Κόστη Κύκλου Ζωής

6.1 ΚΟΣΤΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στα κόστη κεφαλαίου εμπεριέχονται τα κόστη της τοποθέτησης της κύριας μηχανής η οποία θα λειτουργεί με LNG, τα συστήματα μέσω των οποίων το καύσιμο θα καταλήγει στη μηχανή καθώς και ο χώρος αποθήκευσης αυτού, καθώς επίσης και επιπρόσθετες μηχανικές ρυθμίσεις οι οποίες είναι απαραίτητες προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία το πλοίο⁵⁶.

⁵⁴Environmentally Superior LNG-Fuelled Vessels, (June 2013), Takashi Unseki. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://www.mhi-global.com>

⁵⁵ 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Life Cycle Cost Analysis

⁵⁶Case Study: Hamworthy Baltic Design Centre. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.hamworthy.com/PageFiles/2164/LNG%20Fuelled%20RoPax%20Ferry.pdf>

Εικόνα 8: Ε/Γ - Ο/Γ πλοίο που χρησιμοποιεί το LNG ως καύσιμο πρόωσης



Πηγή: Hamworthy Baltic Design Center, 2013

6.1.1. ΚΟΣΤΗ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Χαρακτηριστικά παραθέτουμε μερικά μέρη του εξοπλισμού που θα πρέπει να αγοραστούν:

- Δύο Κύριες Μηχανές με βοηθητικό εξοπλισμό και σιγαστήρα.
- Ένα σύστημα ανεφοδιασμού LNG.
- Δύο δεξαμενές αποθήκευσης LNG.
- Δύο συστήματα εξαερισμού και θέρμανσης.
- Εξοπλισμός προμήθειας του αερίου
- Έλεγχοι για τα συστήματα του κινητήρα και του φυσικού αερίου.
- Σύστημα εντοπισμού αερίου.

6.1.2. ΝΑΥΠΗΓΕΙΟ - ΚΟΣΤΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ

Αποτελεί το κόστος τοποθέτησης του εξοπλισμού LNG και μετατροπής του Επιβατηγού πλοίου από πετρελαιοκίνητο σε LNG. Ο επιπλέον εξοπλισμός, ο οποίος πρόκειται να απαιτηθεί και δεν αποτελεί μέρος του ήδη υπάρχοντος κινητήρα πετρελαίου, αναμένεται να αυξήσει το κόστος μετατροπής.

6.1.3. ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Επιπρόσθετα κόστη πρόκειται να απαιτηθούν για τη σχεδίαση της μηχανικής λειτουργίας του πλοίου, δεδομένου ότι η λειτουργία του κινητήρα πετρελαίου είναι διαφορετική από την αντίστοιχη του κινητήρα LNG. Η μηχανική σχεδίαση του κινητήρα LNG προϋποθέτει την επιλογή ενός προμηθευτή για ολόκληρο τον εξοπλισμό και την ανάπτυξη ενός αποδοτικού σχεδιασμού, ο οποίος θα μπορεί να υποστηριχθεί με ακρίβεια από το Ναυπηγείο. Ακολούθως, αυτή η προσπάθεια προϋποθέτει:

- Αναθεώρηση των σχεδίων του πλοίου προκειμένου να συμπεριλαμβάνεται ο νέος εξοπλισμός.
- Υπολογισμός του συστήματος και του κινητήρα προκειμένου να καθορίζονται οι δευτερεύουσες εξοπλιστικές απαιτήσεις.
- Αναθεώρηση όλων των σχηματικών και ηλεκτρικών διαγραμμάτων του πλοίου, όπου απαιτείται, προκειμένου να ανταποκρίνεται με το σχεδιασμό LNG.

6.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΚΟΣΤΗ

Τα λειτουργικά κόστη εμπεριέχουν τη συντήρηση και την επισκευή του κινητήρα και του συστήματος εξοπλισμού LNG, καθώς επίσης και την κατανάλωση του καυσίμου σε συνδυασμό με την τιμή του.

Αναλυτικότερα έχουμε:

6.2.1. ΚΟΣΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Η συντήρηση του κινητήρα LNG παρουσιάζει πλεονεκτήματα σε σχέση με το κινητήρα πετρελαίου τα οποία παρατίθενται ως κάτωθι :

- Λόγω της καθαρότητας του καυσίμου LNG, δεν υπάρχουν κατάλοιπα καύσης με αποτέλεσμα ο κινητήρας να συντηρείται καλύτερα και κατ'επέκταση να συντηρείται με μικρότερη συχνότητα σε σχέση με το κινητήρα πετρελαίου.
- Δεν σχηματίζονται επικαθίσεις σωματιδίων άνθρακα (κάπνα) στα χιτώνια των κυλίνδρων.
- Η διάρκεια ζωής του κινητήρα με σωστή συμπίεση είναι μεγαλύτερη.
- Ο κινητήρας έχει λιγότερες φθορές, λόγω της καθαρότερης και πιο πλήρους καύσης του LNG, η οποία δεν αφήνει υπολείμματα, με αποτέλεσμα να επιμηκύνεται η αντοχή του.
- Η λειτουργία του κινητήρα είναι πιο ομαλή.

6.2.2. Η ΤΙΜΗ ΤΟΥ LNG ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟ ΚΑΙ Η ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ.

Η ζήτηση για ενέργεια αυξάνεται όταν οι τιμές είναι χαμηλές και υπάρχει πλεόνασμα ενέργειας. Όσο όμως αυξάνεται, οι τιμές οδηγούνται σε υψηλότερα επίπεδα και η διόγκωση της ζήτησης μετριάζεται για να ακολουθήσει μείωση των τιμών και κάμψη της παραγωγής. Μεγάλο ρόλο παίζουν και οι γεωπολιτικές συνθήκες. Το φυσικό αέριο σε υγροποιημένη μορφή (LNG) με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα προσφέρει, σε σύγκριση με το ντίζελ, μια αποδοτικότερη, συγκριτικά με το κόστος, εναλλακτική επιλογή για τις πλωτές δραστηριότητες (μεταφορές, υπηρεσίες ανοικτής θαλάσσης, αλιεία), με χαμηλότερες εκπομπές ρύπων και CO₂ και υψηλότερη ενεργειακή απόδοση⁵⁷.

Το LNG στη ναυτιλία θα μπορούσε να είναι οικονομικά βιώσιμο, με τις τρέχουσες τιμές στην Ευρωπαϊκή Ένωση να είναι σημαντικά χαμηλότερες από εκείνες του βαρύ μαζούτ και του, χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, ντίζελ για θαλάσσιες μεταφορές, με προοπτικές επέκτασης της χρήσης του στο μέλλον. Τονίζετε ότι μέχρι το 2015 το κόστος του πετρελαίου μπορεί να φτάσει και το 80% του ημερήσιου κόστους διαχείρισης των

⁵⁷ 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Life Cycle Cost Analysis.

πλοίων, τη στιγμή που οι τιμές του LNG προβλέπεται ότι θα παραμείνουν χαμηλότερα από τις τιμές του πετρελαίου (περίπου 60% φθηνότερο).

Η μέση παγκόσμια τιμή του LNG είναι ιστορικά χαμηλότερη από εκείνη του ελαφρού πετρελαίου και υψηλότερη από την τιμή του βαριού. Ωστόσο, η πρόσφατη παγκόσμια επέκταση των κοιτασμάτων φυσικού αερίου και η άνοδος των τιμών του αργού πετρελαίου έχει αποσυνδέσει αυτή την ιστορική σχέση μεταξύ της τιμής αργού πετρελαίου και φυσικού αερίου προς όφελος των τελευταίου. Ως αποτέλεσμα, η τιμή «spot» LNG στην Ευρώπη είναι σήμερα περίπου 60% χαμηλότερη από εκείνη του ελαφρού πετρελαίου με περιεκτικότητα σε θείο 0.1% και συγκρίσιμη με αυτή του βαριού πετρελαίου με 1% περιεκτικότητα σε θείο. Συνεπώς, στην παρούσα συγκυρία καθώς και μελλοντικά σύμφωνα με έγκυρες προβλέψεις ενεργειακού κόστους (π.χ. IEA Energy Outlook 2012), η σύγκριση των δαπανών καυσίμου ευνοεί τη χρήση φυσικού αερίου ως ναυτιλιακού καυσίμου και ειδικότερα για την ευρωπαϊκή επιβατηγό ναυτιλία. Ακολούθως, η ενδεχόμενη επένδυση στη χρήση LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες τιμολόγησης φυσικού αερίου φαίνεται να είναι ελκυστική⁵⁸.

Οι θαλάσσιες ενδομεταφορές τακτικών γραμμών εκτελούνται από Ε/Γ - Ο/Γ ή Φ/Γ - Ο/Γ πλοία που δρομολογούνται σε γραμμή ή γραμμές ενταγμένες στο γενικό δίκτυο ακτοπλοϊκών συγκοινωνιών που καλύπτει τους λιμένες όλων ανεξαιρέτως των νησιών. Οι δρομολογιακές γραμμές διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη σημασία τους στις εσωτερικές και διεθνείς μεταφορές της χώρας, στη διοικητική διάρθρωση της, στη διάταξη των λιμένων, τις ειδικές συνθήκες σε αυτούς και την ανάγκη εξασφάλισης τακτικής εξυπηρέτησης τους.

Η δρομολόγηση Ε/Γ - Ο/Γ ή Φ/Γ - Ο/Γ πλοίου γίνεται για περίοδο ενός έτους, που αρχίζει την 1η Νοεμβρίου (τακτική δρομολόγηση). Επιπροσθέτως, μπορεί να επιβάλλονται στους πλοιοκτήτες, που ενδιαφέρονται για τη δρομολόγηση πλοίου σε ορισμένη ή

⁵⁸ 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Design Report. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://glosten.com/>

ορισμένες γραμμές, υποχρεώσεις δημοσίας υπηρεσίας. Οι ανωτέρω υποχρεώσεις επιβάλλονται για την εξυπηρέτηση λόγων δημοσίου συμφέροντος και περιλαμβάνουν, χωρίς να δημιουργούν διακρίσεις, όρους που αφορούν τους λιμένες, την τακτική εξυπηρέτηση, τη συνέχεια, τη συχνότητα και ικανότητα παροχής μεταφορικών υπηρεσιών, το ναύλο και τη στελέχωση των πλοίων.

Κατόπιν όλων των παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι η συχνότητα των διαδρομών των Ε/Γ -Ο/Γ πλοίων είναι μεγάλη, οπότε ο ανεφοδιασμός των ανωτέρω πλοίων με LNG, του οποίου η τιμή είναι χαμηλότερη σε σχέση με το πετρέλαιο, θα είχε όφελος για τους πλοιοκτήτες στο άμεσο μέλλον.

6.3. ΚΟΣΤΗ ΚΥΚΛΟΥ ΖΩΗΣ ΤΟΥ ΠΛΟΙΟΥ

Ο κύκλος ζωής ενός πλοίου καθορίζεται περίπου στα 25 με 30 χρόνια και περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό, την παραγγελία, τη ναυπήγηση, τη λειτουργία και τέλος τη διάλυση του πλοίου. Εν ολίγοις, τα Κόστη Κεφαλαίου μαζί με τα Λειτουργικά Κόστη αποτελούν τα κόστη του κύκλου ζωής ενός πλοίου.

6.4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Προκειμένου να αξιολογηθεί εάν η επένδυση μετασκευής πλοίου ή νέας κατασκευής πλοίου με χρήση LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο είναι αποδοτική, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όλα τα παραπάνω κόστη, έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί το κατά πόσο θα οδηγήσει σε οφέλη και το χρονικό διάστημα αποπληρωμής της επένδυσης.

Σε αντίθεση με τη ναυτική τεχνολογία για την αποθήκευση, επεξεργασία, παροχή και καύση του LNG επί των πλοίων, αυτή του πετρελαίου σε συνδυασμό με την παρουσία των ναυτικών νηξελομηχανών είναι επαρκώς δοκιμασμένη και μέχρι σήμερα οικονομικά συμφέρουσα για την εμπορική ναυτιλία. Με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία και έρευνα, υπό τις παρούσες συνθήκες, το τεχνικό κόστος ενός συστήματος ναυτικής πρόωσης που βασίζεται στην καύση φυσικού αερίου είναι μεγαλύτερο από αυτό του πετρελαίου κατά 30% περίπου. Η απαίτηση κρυογενικής αποθήκευσης και διαχείρισης του φυσικού αερίου επί του πλοίου υπαγορεύει την εφαρμογή ειδικού και πολύπλοκου εξοπλισμού, καθώς και την συνδρομή προσωπικού εξειδικευμένης τεχνογνωσίας. Επιπρόσθετα, το LNG

παρουσιάζει αυξημένες απαιτήσεις χωρητικότητας λόγω της χαμηλής του πυκνότητας σε σχέση με το πετρέλαιο, με άμεση επίπτωση στο κόστος των δεξαμενών αποθήκευσης και στην αξιοποίηση του χώρου επί του πλοίου. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι μολονότι η σύγχρονη τεχνολογία ναυτικών νηξελομηχανών είναι συμβατή με τη χρήση πετρελαίου χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο, η ανάγκη περαιτέρω σχεδιαστικών βελτιώσεων ή εισαγωγής επιπρόσθετου εξοπλισμού (π.χ. φίλτρων) για την αποτελεσματική αντιμετώπιση των μελλοντικών προκλήσεων δραστηρικής μείωσης των εκπομπών από τα πλοία μπορεί να περιορίσει σημαντικά τη διαφορά του συνολικού κόστους εξοπλισμού μεταξύ των δύο συστημάτων. Αντίθετα, η τεχνολογία καύσης φυσικού αερίου σε αεριομηχανές ήδη υπερκαλύπτει όλα τα προβλεπόμενα όρια καυσαερίων εκπομπών από τα πλοία, ενώ η περαιτέρω εξάπλωση της αναπόφευκτα θα οδηγήσει σε μείωση του συνολικού της κόστους.

Τέλος, είναι αξιοσημείωτο ότι εφοπλιστικές Ενώσεις, Νηογνώμονες, Πανεπιστήμια, Φορείς Λιμένων και Επιμελητηρίων προχώρησαν στη δημιουργία Κέντρου Μετασκευών πλοίων από πετρελαιοκίνητα σε LNG, εγκατάσταση Συστημάτων Scrubber, τα οποία καθαρίζουν-φιλτράρουν τα καυσαέρια των πλοίων καθώς και σε Σύστημα Διαχείρισης Θαλασσίου Έρματος στο λιμάνι του Πειραιά.

7. ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ - ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ LNG ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ

Ο Λιμένας του Πειραιά αποτελεί το μεγαλύτερο σε έκταση λιμάνι της Ελλάδας, καταλαμβάνοντας 5.000 στρέμματα περίπου, πέντε τοις εκατό (5%) των οποίων καλύπτονται από κτιριακές εγκαταστάσεις.

Ο «Λιμένας Πειραιώς» αποτελείται από τον Κεντρικό Λιμένα, τον Λιμένα Δραπετσώνας, τον Λιμένα Ηρακλέους, τον Λιμένα Ν. Ικονίου, την ακτή Περάματος και τον όρμο Αμπελακίων Σαλαμίνας μαζί με τα άκρα της Κυνόσουρας Σαλαμίνας.

Ο Λιμένας του Πειραιά⁵⁹ αποτελεί:

⁵⁹ <http://www.olp.gr/el/>

- Τον πρώτο, με τεράστια διαφορά σε μέγεθος και διακίνηση, Λιμένα της χώρας.
- Έναν απόλυτα καθοριστικό παράγοντα για τη διασύνδεση της χώρας με την Ε.Ε. και τον λοιπό κόσμο.
- Τον σπουδαιότερο Λιμένα της χώρας για ανεφοδιασμό σε πρώτες ύλες και τελικά προϊόντα.
- Τον σπουδαιότερο κόμβο της χώρας για τη διοχέτευση των εξαγωγών της προς τον υπόλοιπο κόσμο.
- Τον σπουδαιότερο κόμβο της χώρας για τη διακίνηση του τουριστικού κύματος, είτε του εξωτερικού (κρουαζιερόπλοια), είτε του εσωτερικού (ακτοπλοΐα).
- Τον κυριότερο κόμβο τροφοδοσίας κάθε αγαθού προς την Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου, τα οποία σχεδόν αποκλειστικά εξαρτώνται από τις διακινήσεις ατόμων και αγαθών μέσω αυτού.
- Τη σπουδαιότερη και μεγαλύτερη ναυπηγοεπισκευαστική βάση της χώρας.

Είναι η κύρια θαλάσσια πύλη της Ελλάδος και βρίσκεται στο σταυροδρόμι τριών ηπείρων (Ευρώπη, Αφρική και Ασία). Η γεωγραφική θέση του Λιμένα τον καθιστά κομβικό σημείο επικοινωνίας της νησιωτικής και της ηπειρωτικής Ελλάδας, αλλά και διεθνές κέντρο θαλάσσιου τουρισμού και διαμετακομιστικού εμπορίου. Η θέση του Λιμένα διαδραματίζει βασικό ρόλο στην εξυπηρέτηση του Ελλαδικού χώρου, δεδομένου ότι ο Λιμένας γειτνιάζει με την πόλη των Αθηνών, όπου είναι συγκεντρωμένο το 40% του πληθυσμού και το 60% της οικονομικής δραστηριότητας της χώρας. Ο Λιμένας του Πειραιά βρίσκεται στο κεντρικό σημείο της διασταύρωσης των θαλασσίων οδών, που συνδέουν τη Μεσόγειο με τη Βόρεια Ευρώπη, και η προνομιακή θέση του γίνεται ιδανική για τα πλοία που προέρχονται είτε από το Suez, είτε από το Gibraltar, με προορισμό τους λιμένες των Βαλκανίων, του Ευξείνου Πόντου και αντιστρόφως.

Με δεδομένο δε ότι βρίσκεται νοτιότερα του 38^{ου} παραλλήλου διευκολύνει τα πλοία κυρίων γραμμών να προσεγγίζουν το Λιμένα χωρίς ουσιαστική εκτροπή από την πορεία ελαχίστου κόστους. Η δραστηριότητα του Λιμένα είναι εξαιρετικά σύνθετη, διότι συνδυάζει την εξυπηρέτηση κάθε είδους φορτίου (συμβατικού και μοναδοποιημένου) κάθε προελεύσεως και προορισμού (εισαγωγής – εξαγωγής και υπό διαμετακόμιση) με την

εξυπηρέτηση της επιβατικής κίνησης, τόσο της ακτοπλοΐας όσο και αυτής των κρουαζιερόπλοιων. Η πολυπλοκότητα του χαρακτήρα του τονίζεται περαιτέρω και από την άσκηση ναυπηγοεπισκευαστικών δραστηριοτήτων, καθώς και τη λειτουργία πορθμείων.

Οι εγκαταστάσεις του Λιμένος του Πειραιά διακρίνονται, ανάλογα με το είδος των παρεχομένων υπηρεσιών σε **α)** Λιμάνι Εξυπηρέτησης Επιβατικής Κίνησης (Κεντρικό Λιμάνι και Πορθμειακή Γραμμή Σαλαμίνας – Περάματος), **β)** Λιμάνι Εξυπηρέτησης Εμπορικής Κίνησης και **γ)** Λιμάνι Εξυπηρέτησης ναυπηγοεπισκευαστικής δραστηριότητας. Το Λιμάνι του Πειραιά, είναι ένα λιμάνι μεγάλων μεγεθών και σύμφωνα με τα στοιχεία διακίνησης του 2013, στην ακτοπλοΐα διακινήθηκαν 17.699.772 επιβάτες, εκ των οποίων 2.517.335 επιβάτες κρουαζιέρας, 2.919.500 τροχοφόρα, 500.133 εμπορευματοκιβώτια και 417.659 αυτοκίνητα – εμπορεύματα.

7.1 ΕΠΙΒΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

Ο Πειραιάς είναι το μεγαλύτερο λιμάνι της Ευρώπης και ένα από τα μεγαλύτερα στον κόσμο στην επιβατική κίνηση. Εξυπηρετεί περίπου 20 εκατ. επιβάτες ετησίως (περιλαμβανομένης και της πορθμειακής γραμμής Σαλαμίνας - Περάματος από την οποία διακινούνται περίπου 8 εκατ. επιβάτες ετησίως). Αποτελεί το βασικό συνδετικό κρίκο της ηπειρωτικής Ελλάδας με τα νησιά του Αιγαίου και την Κρήτη αλλά και τη βασική θαλάσσια πύλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο νοτιοανατολικό της άκρο. Το Επιβατικό Λιμάνι διακρίνεται σε χώρους που εξυπηρετούν την Ακτοπλοΐα⁶⁰ και σε χώρους υποδοχής Κρουαζιερόπλοιων.

⁶⁰ <http://www.olp.gr/el/coastal-shipping/passenger-terminals>

Εικόνα 9: Επιβατηγός Σταθμός Λιμένα Πειραιά



Πηγή: www.olp.gr

7.1.1 ΧΩΡΟΣ ΚΡΟΥΑΖΙΕΡΟΠΛΟΙΩΝ

Ο Λιμένας του Πειραιά αποτελεί ένα σημαντικό προορισμό για κρουαζιερόπλοια εντός της Μεσογείου, διαθέτοντας 11 θέσεις ταυτόχρονης πρόσδεσης (παραβολής) πλοίων.

Για την εξυπηρέτηση των επιβατών εξωτερικού λειτουργεί Σταθμός Επιβατών Εξωτερικού, στον οποίο λειτουργούν καταστήματα αφορολογήτων ειδών, Τουριστική Αστυνομία, Τελωνείο και άλλες απαραίτητες υπηρεσίες για τους επιβάτες. Σε παραπλήσιο χώρο λειτουργεί υπαίθριο γκαράζ για τη στάθμευση των τουριστικών λεωφορείων. Η διακίνηση από τους χώρους πρόσδεσης προς το Σταθμό Επιβατών γίνεται με μεταφορικά μέσα. Το λιμάνι του Πειραιά αποτελεί έναν πολύ σημαντικό και ελκυστικό προορισμό κρουαζιερόπλοιων στη Μεσόγειο.⁶¹

⁶¹ <http://www.olp.gr/el/cruise-greece/cruise-passenger-terminals>

7.2. ΣΤΑΘΜΟΣ ΕΜΠΟΡΕΥΜΑΤΟΚΙΒΩΤΙΩΝ (Σ.ΕΜΠΟ)

Ο Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων (Σ.ΕΜΠΟ), του Λιμένος Πειραιώς ξεκίνησε την λειτουργία του τον Ιούνιο του 2010. Με ετήσια προβλεπόμενη δυναμικότητα 1.000.000 TEUs, αποτελεί τον κύριο Προβλήτα των εμπορευματικών δραστηριοτήτων του λιμένα⁶².

Εικόνα 10: Σταθμός Εμπορευματοκιβωτίων Λιμένα Πειραιά



Πηγή: www.olp.gr

7.3 ΣΤΑΘΜΟΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ

Η λειτουργία του σταθμού αυτοκινήτων στον Πειραιά ξεκίνησε αρχικά το 1995, στη Δραπετσώνα παράλληλα με την εισαγωγή λοιπών συμβατικών φορτίων στην αποθήκη της εκεί περιοχής. Με την κατεδάφιση της αποθήκης (2002) όλος ο χώρος 69.000 τ.μ. παραχωρήθηκε για τη διακίνηση – αποθήκευση αυτοκινήτων και μόνο, παρέχοντας δυναμικότητα αποθήκευσης 4.500 αυτοκινήτων⁶³. Παράλληλα από το 1999 στο Ν. Ικόνιο εξυπηρετούνται τα πρώτα Car Carriers και αποθηκεύονται τα πρώτα αυτοκίνητα σε 2.300 θέσεις υποδοχής, σε 17.150 τ.μ.

⁶² <http://www.olp.gr/el/services/sem-po>

⁶³ <http://www.olp.gr/el/services/car-terminal>

Το 2005 προστέθηκε το νέο Car Terminal επιφάνειας 74.000 τ.μ., το οποίο προήλθε από την επιχωμάτωση της λιμενικής περιοχής της Καρβουνόσκαλας. Το 2011, εντός του πρώτου εξαμήνου, με τις σύγχρονες προδιαγραφές που επιβάλλουν τα διεθνή πρότυπα των σταθμών διαχείρισης οχημάτων, προστέθηκε νέος χώρος περίπου 20.000 τ.μ. Το 2011 ο αποθηκευτικός χώρος διαμορφώθηκε στα 47.140 τ.μ., χωρητικότητας 2.300 θέσεων αυτοκινήτων, μετά την παραχώρηση 21.860 τ.μ. για τη διακίνηση των Ο/Γ πλοίων εσωτερικού. Τον Ιούλιο του 2013 ολοκληρώθηκε η κατασκευή του επιλιμενίου εμπορευματικού σταθμού μεταφοράς αυτοκινήτων του ΟΣΕ και η σύνδεση του τρένου με το car terminal.

Εικόνα 11: Σταθμός Διακίνησης Αυτοκινήτων Λιμένα Πειραιά



Πηγή: www.olp.gr

7.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕ LNG ΣΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ

Ως αφετηρία για την προώθηση της χρήσης του LNG στην Ελληνική Ακτοπλοΐα είναι η δημιουργία του πρώτου σταθμού στον Πειραιά μέσω δικτύου εφοδιασμού των πλοίων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να εκπονηθεί ένα ολοκληρωμένο,

λεπτομερές πλάνο σταθμών ανεφοδιασμού πλοίων με LNG, έτσι ώστε το υγροποιημένο αέριο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βασικό καύσιμο στις ναυτιλιακές δραστηριότητες.

Επιπροσθέτως, είναι αναγκαίο να περιλαμβάνεται λεπτομερές σχέδιο για τη μεταφορά, διανομή, προμήθεια και τη δημιουργία υποδομών δικτύου LNG, καθορίζοντας παράλληλα το ρυθμιστικό πλαίσιο για την εύρυθμη λειτουργία και την ανάπτυξη της ζήτησης στη σχετική αγορά.

7.4.1 ΣΤΑΘΜΟΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΡΕΒΥΘΟΥΣΑΣ

Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) Ρεβυθούσας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της χώρας μας⁶⁴. Συγκαταλέγεται στους δεκατρείς (13) αντίστοιχους σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου, που λειτουργούν σήμερα σε όλο το χώρο της Μεσογείου και της Ευρώπης. Ο Σταθμός είναι εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα, 500 μέτρα περίπου από την ακτή της Αγίας Τριάδας, στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45 χλμ. δυτικά της Αθήνας.

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

Στα δέκα χρόνια λειτουργίας του έχουν παραληφθεί πάνω από 300 φορτία LNG, που φθάνουν στη χώρα μας με δεξαμενόπλοια και αποθηκεύονται προσωρινά στις δύο δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας 130.000 κ.μ. ενώ στη συνέχεια, το LNG μετατρέπεται ξανά σε αέριο στις ειδικές εγκαταστάσεις αεριοποίησης του Σταθμού, και τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου.

Ο παραπάνω Τερματικός Σταθμός αποτελεί ένα σπουδαίο ενεργειακό κεφάλαιο για την Ελλάδα, αφού παρέχει ασφάλεια ενεργειακής τροφοδοσίας, λειτουργική ευελιξία στο

⁶⁴ <http://www.desfa.gr/default.asp?pid=304&la=1>

σύστημα μεταφοράς και αποτελεί μια μεγάλη ενεργειακή επένδυση. Τον Οκτώβριο του 2007, αναβαθμίστηκε ο Τερματικός Σταθμός LNG Ρεβυθούσας (1η φάση αναβάθμισης), αυξάνοντας τη δυναμικότητα παραλαβής φορτίων αλλά και τη δυνατότητα αεριοποίησής του.

Ο Σταθμός μπορεί πλέον να υποδέχεται μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια και να παραλαμβάνει γρήγορα και αποτελεσματικά διπλάσιες ποσότητες αερίου. Η αδιάλειπτη δυναμικότητα αεριοποίησης τριπλασιάστηκε από 271 κ.μ. LNG την ώρα, πριν την αναβάθμισή του, σε 1.000 κ.μ παρέχοντας του τη δυνατότητα να επεξεργάζεται τριπλάσιες ποσότητες LNG και να τροφοδοτεί το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς με 5,2 – 5,3 δις. κ.μ. φυσικό αέριο ετησίως.

Τον Απρίλιο του 2009, ο στρατηγικός ρόλος του Σταθμού LNG ενισχύθηκε ακόμη περισσότερο με το πέρας των εργασιών εγκατάστασης και λειτουργίας της Μονάδας Συμπαγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ). Η μονάδα ΣΗΘΥΑ με το φυσικό αέριο ως καύσιμο, εξασφαλίζει ηλεκτρική αυτονομία και επάρκεια 13MW στο παραπάνω Τερματικό Σταθμό. Επιπροσθέτως, η δυνατότητα ανάκτησης θερμικής ενέργειας (14MW) και η χρήση της στη διεργασία αεριοποίησης του LNG αυξάνει το βαθμό απόδοσης της μονάδας περίπου κατά 89%, συμβάλλοντας έτσι στην εξοικονόμηση ενεργειακών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος, παρέχοντας σημαντικά οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη.

Εν όψει της 2ης Φάσης Αναβάθμισης του Σταθμού LNG Ρεβυθούσας, ολοκληρώθηκε η μελέτη σκοπιμότητας για την κατασκευή της 3ης δεξαμενής αποθήκευσης LNG με παράλληλη αύξηση της δυναμικότητας αεριοποίησης. Η τρίτη δεξαμενή θα έχει χωρητικότητα 95.000 κ.μ LNG και θα αυξήσει τη συνολική αποθηκευτική ικανότητα του Σταθμού σε 225.000 κ.μ. LNG από 130.000 κ.μ. LNG που είναι σήμερα. Η δυναμικότητα αεριοποίησης θα αυξηθεί σε 1.400 κ.μ. LNG την ώρα από 1.000 κ.μ. που είναι σήμερα.

Εικόνα 12: Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου Ρεβυθούσας



Πήγη: www.desfa.gr

7.4.2 ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ

Οι εγκαταστάσεις αποθήκευσης του LNG στη Ρεβυθούσα περιλαμβάνουν:

- Δύο Δεξαμενές Αποθήκευσης συνολικής χωρητικότητας 130.000κ.μ(65.000 κ.μ. έκαστη)
- Εγκαταστάσεις Ελλιμενισμού Δεξαμενοπλοίων
- Κρυογενικές Εγκαταστάσεις
- Αεριοποιητές, για την επαναεριοποίηση του LNG και την τροφοδοσία του συστήματος μεταφοράς.
- Δύο αγωγούς διασύνδεσης της Ρεβυθούσας με το σύστημα μεταφοράς.
- Ναυλωμένο δεξαμενόπλοιο χωρητικότητας 29,500 κ.μ. LNG.

Η Ελλάδα μπορεί να εκμεταλλευτεί τη σημαντική γεωστρατηγική θέση της στην ευρύτερη περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, δημιουργώντας μονάδες αποθήκευσης και επεξεργασίας LNG, προκειμένου να αποτελέσει σημείο αναφοράς στη διαρκώς εξελισσόμενη παγκόσμια αγορά LNG.

Σε μια διαρκώς αναπτυσσόμενη, με ιδιαίτερη δυναμική αγορά LNG, οι προκλήσεις σε παγκόσμιο επίπεδο, στις οποίες θα μπορούσε η χώρα μας να απαντήσει το επόμενο διάστημα, είναι πολλές, καθώς η ζήτηση στην Ευρώπη για φυσικό αέριο αφενός ακολουθεί σταθερά ανοδική πορεία, ενώ αφετέρου σε εξέλιξη βρίσκεται η διαδικασία επιλογής του αγωγού που θα μεταφέρει το φυσικό αέριο της Κασπίας στις ευρωπαϊκές αγορές. Η αγορά LNG στην Ευρώπη «βράζει», καθώς εκτιμάται πως έως το 2020 το 30% της κατανάλωσης φυσικού αερίου θα καλύπτεται από την αγορά του LNG.

Στο πλαίσιο αυτό, στόχος θα πρέπει να είναι η περαιτέρω ανάπτυξη των υποδομών LNG, ώστε η ευρωπαϊκή αγορά φυσικού αερίου, η οποία «παραδοσιακά» στηρίζεται στη Ρωσία και στις χώρες της Βόρειας Αφρικής και της Μέσης Ανατολής, να αποκτήσει εναλλακτικές πηγές τροφοδοσίας. Παράλληλα, η ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά LNG, όπως εκτιμάται, αναμένεται να «σπάσει» μέσα στα επόμενα χρόνια τις τιμές του «μαύρου χρυσού» και του φυσικού αερίου, που διοχετεύεται στις αγορές μέσω των διαφορετικών αγωγών και αυτό διότι το LNG προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία από τους αγωγούς, καθώς επιτρέπει τη μεταφορά του φυσικού αερίου όπου υπάρχει αυξημένη ζήτηση, ενώ παράλληλα, ο εμπορικοί όροι είναι σαφώς πιο ανταγωνιστικοί καθώς δεν υπάρχει καμία δέσμευση που να είναι αποτέλεσμα μακροπρόθεσμης σύμβασης.

Την προσφορά καλύπτουν οι χώρες με μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου, όπως η Ρωσία, η Αλγερία, η Αυστραλία, η Ινδονησία, η Λιβύη, η Μαλαισία, η Νιγηρία και το Κατάρ. Σύμφωνα με επίσημα στοιχεία, σε ολόκληρο τον κόσμο υπάρχουν 60 τερματικοί σταθμοί υποδοχής LNG (Ιαπωνία, Νότια Κορέα, ΗΠΑ και Ευρώπη). Ο κύκλος του LNG αποτελείται από τέσσερα αλληλεξαρτώμενα στάδια, την εξόρυξη και παραγωγή, την υγροποίηση, τη μεταφορά από το σημείο υγροποίησης στον τελικό προορισμό και την παραλαβή, αποθήκευση και αεριοποίηση στον τελικό προορισμό.

7.4.3. ΤΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε ότι αφορά στον τομέα του φυσικού αερίου αλλά και στις προοπτικές που δημιουργούνται, ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την Ελλάδα παρουσιάζουν η θαλάσσια περιοχή

νοτίως της Κρήτης καθώς και η περιοχή εντός του πεδίου του Ηροδότου (Ανατολικά της Κρήτης μεταξύ της Ελληνικής ΑΟΖ -όταν αυτή ανακηρυχτεί- και της Κυπριακής ΑΟΖ)⁶⁵. Σύμφωνα με επιστημονική μελέτη (Κονοφάγος, Φώσκολος και Λυγερός, 2012) εκτιμάται ότι τα αποθέματα φυσικού αερίου στην περιοχή νοτίως της Κρήτης ανέρχονται στα 3,5 τρις κυβικά μέτρα και ότι αυτά θα αποδώσουν στο Ελληνικό δημόσιο έσοδα ύψους \$599 δις, σε 25 χρόνια.

Η συγκεκριμένη μελέτη υποστηρίζει ότι οι εν λόγω περιοχές εξαιτίας της ιδιαίτερης γεωφυσικής τους θέσης και ταυτότητας μοιάζουν σε μεγάλο βαθμό με περιοχές που έχει αποδειχθεί ότι είναι πλούσιες σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο όπως είναι ο Περσικός Κόλπος, ο Κόλπος του Μεξικού και η Κασπία θάλασσα. Ομοίως, το United States Geological Survey (Ιωσηφίδης, 2011) εκτιμά ότι υπάρχουν σημαντικές ποσότητες φυσικού αερίου 70 χλμ. νοτίως του Κόλπου της Μεσσάρας στην Κρήτη, ενώ υποστηρίζει ότι το οικόπεδο μεταξύ των περιοχών Πλακιά και Φραγκοκάστελο περιλαμβάνει 1,5 τρις κυβικά μέτρα φυσικού αερίου.

Η Γερμανική τράπεζα Deutsche Bank προχώρησε με τη σειρά της στην αποτίμηση των αποθεμάτων σε υδρογονάνθρακες στην περιοχή της Κρήτης. Τα υποθαλάσσια κοιτάσματα φυσικού αερίου νοτίως της Κρήτης αποτιμώνται σε €427 δις, ενώ το καθαρό όφελος για το Ελληνικό δημόσιο υπολογίζεται σε €214 δις, ποσό που αντιστοιχεί στο 107% του σημερινού ΑΕΠ της χώρας.

Το Ελληνικό τμήμα της Λεκάνης του Ηροδότου, σύμφωνα με τη γαλλική επιστημονική ομάδα της Beicip- Franlab και συμβούλων του ΥΠΕΚΑ, υπολογίζεται ότι μπορεί να έχει έως και 2,5 τρις κυβικά μέτρα φυσικού αερίου, βάσει προσομοίωσής της με αυτή της Λεβαντίνης του Ισραήλ στην οποία βρέθηκαν περίπου 750 δις κυβικά μέτρα. Η Αμερικάνικη Γεωλογική Επιθεώρηση εκτιμά ότι, με πιθανότητα 50%, υπάρχουν επιπλέον 3 τρις κυβικών μέτρων φυσικού αερίου. Όσον αφορά στα ενεργειακά αποθέματα πετρελαίου της Ελλάδας, το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, εκτιμά ότι

⁶⁵http://www.indeepanalysis.gr/sites/default/files/meletes/ellada_os_diakomistiko_kentro.pdf

η περιοχή του Ιονίου και νοτίως της Κρήτης μπορούν να αποδώσουν 20-25 εκατομ. βαρέλια ετησίως για διάστημα 25-30 χρόνων. Η κατανάλωση πετρελαίου της Ελλάδας είναι 120 εκατομ. βαρέλια ετησίως, επομένως ένα ικανό μέρος της ζήτησης μπορεί να καλυφθεί από εγχώριες πηγές.

7.4.4 ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΣ ΜΕ LNG ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΠΟΥ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΑΚΤΟΠΛΟΪΑ ΑΠΟ ΤΟ ΛΙΜΑΝΙ ΤΟΥ ΠΕΙΡΑΙΑ.

Η προώθηση της χρήσης LNG στην Ελληνική Ακτοπλοΐα, μέσω δικτύου εφοδιασμού των πλοίων, είναι η δημιουργία στον Πειραιά εγκαταστάσεων και τερματικού σταθμού εφοδιασμού πλοίων με LNG. Βέβαια αυτή τη στιγμή, δεν υπάρχει κανένα πλοίο της ελληνικής ακτοπλοΐας που να κινείται με υδροποιημένο φυσικό αέριο, αλλά σύντομα η εικόνα αυτή πρόκειται να αλλάξει, καθώς όλες οι μεγάλες ακτοπλοϊκές εταιρείες (ΑΤΤΙΚΑ, ΑΝΕΚ κ.λπ.) έχουν προχωρήσει σε μελέτες για τη μετατροπή των υφιστάμενων πλοίων τους, σε πλοία που θα έχουν ως μέσο πρόωσης το LNG. Επιπροσθέτως, είναι σκόπιμο να αναφερθεί ότι το κόστος της μετατροπής του καυσίμου από πετρέλαιο σε φυσικό αέριο επιδοτείται κατά 50% από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Το κίνητρο των πλοιοκτητών για να προχωρήσουν σε αυτή τη μετατροπή είναι κυρίως ότι το ακριβό σήμερα πετρέλαιο σε συνδυασμό με τα πολύ χαμηλά, λόγω ύφεσης, κέρδη πιέζουν τις ελληνικές ακτοπλοϊκές επιχειρήσεις στην αναζήτηση λύσεων για φθηνότερη ενέργεια. Η καύση του LNG, παρότι ως τεχνολογία είναι νεοεισερχόμενη στο κλάδο της ναυτιλίας, μπορεί να μειώσει σημαντικά το ενεργειακό κόστος ενός πλοίου, που σήμερα οι πλοιοκτήτες των ακτοπλοϊκών πλοίων για να το αντιμετωπίσουν, μειώνουν ολοένα και περισσότερο τις ταχύτητες και αυξάνουν ολοένα και περισσότερο τις τιμές των ναύλων.

Η λύση, η οποία φέρεται ως βιώσιμη, αναφορικά με τον εφοδιασμό των ακτοπλοϊκών πλοίων με LNG, είναι ο εφοδιασμός κατάλληλων μικρών τροφοδοτικών πλοίων με LNG από το Τερματικό Σταθμό της Ρεβυθούσας, τα οποία με τη σειρά τους θα

εφοδιάζουν τα αεριοκίνητα πλοία της ακτοπλοΐας τα οποία πραγματοποιούν τακτικά δρομολόγια από το λιμάνι του Πειραιά σε όλη τη νησιωτική χώρα⁶⁶.

Τον τελευταίο χρονικό διάστημα έντονο είναι το ενδιαφέρον του Κατάρ, του μεγαλύτερου εξαγωγέα LNG στον κόσμο, για τη δημιουργία στον Πειραιά εγκαταστάσεων και σταθμού εφοδιασμού πλοίων με LNG. Φημολογείται ότι φορέας υλοποίησης του σχεδίου είναι εταιρεία QPI (Qatar Petroleum International)⁶⁷, η οποία θα εισάγει LNG στον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας και στη συνέχεια με κατάλληλα μικρά τροφοδοτικά πλοία θα εφοδιάζει τα αεριοκίνητα πλοία της ακτοπλοΐας που έχουν τον Πειραιά ως λιμένα αφετηρίας.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) στο πλαίσιο της Δ.Σ. MARPOL Παράρτημα VI εφαρμόζει μηχανισμούς, με σκοπό να επιτύχει τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που προέρχονται από τη ναυτιλία, ενώ ήδη εφαρμόζονται σταδιακά οι απαιτήσεις για τον περιορισμό εκπομπών από τα πλοία ως προς SO_x (low sulphur fuel) και NO_x (Tier II & III standards). Παράλληλα, η ευρωπαϊκή ναυτιλιακή πολιτική στοχεύει στη σταδιακή μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος των πλοίων για να καταπολεμηθεί η κλιματική αλλαγή που προκαλείται από τις εκπομπές στα καυσάερια των πλοίων.

Επειδή το LNG ως καύσιμο έχει την ιδιότητα να μειώνει τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) περίπου 25-30%, τις εκπομπές οξειδίων του θείου (SO_x) σχεδόν στο μηδέν και τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NO_x) περισσότερο από 80%, είναι φανερό ότι εμφανίζει περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με οποιοδήποτε άλλο ορυκτό καύσιμο. Συνεπώς είναι εξαιρετικά ενδιαφέρον να εξετασθούν οι απαιτήσεις χρήσης του LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο πρόωσης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στο πλοίο.

⁶⁶ <http://www.e-nautilia.gr/lng/>

⁶⁷ <http://www.energypress.gr/news/Stathmo-anevodias moy-ploiwn-me-fysiko-aerio-ftiahnei-to-Katar-ston-Peiraiia>

Η Απόφαση MSC.285(86)/2009 του IMO παρέχει διεθνή τυποποίηση στον τομέα προσωρινών οδηγιών ασφαλείας για την εγκατάσταση μηχανών φυσικού αερίου στα πλοία, ενώ η MSC επεξεργάζεται τον Διεθνή Κώδικα Καυσίμου Φυσικού Αερίου που θα καλύψει την έλλειψη κανονιστικών απαιτήσεων, με χρονοδιάγραμμα υιοθέτησης την επόμενη αναθεώρηση της Δ.Σ. SOLAS (Διεθνή Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα) περί τα τέλη του τρέχοντος έτους.

Όσον αφορά τη διεθνή αγορά φυσικού αερίου, αν και η παραγωγή LNG έχει δείξει αυξητικές τάσεις και νέους παίκτες, αρχής γενομένης από τη δεκαετία του 2000, δηλαδή έχει δώσει ένα ασφαλές μήνυμα διαθεσιμότητας, οι τιμές του φυσικού αερίου προβλέπεται να παραμείνουν εξαρτημένες από τις τιμές του πετρελαίου και αυτό αναμένεται να τις κρατήσει σχετικά υψηλά στο προβλέψιμο μέλλον. Επιπλέον η εξέλιξη του παγκόσμιου δικτύου υφιστάμενων και σχεδιαζόμενων εγκαταστάσεων προμήθειας LNG και η ανάπτυξη του στόλου μεταφοράς LNG παρουσιάζει ενδιαφέρον, διότι για τον ανεφοδιασμό των πλοίων με χρήση LNG διαπιστώθηκε ότι απαιτείται πυκνό δίκτυο, δεδομένης της ευελιξίας ανεφοδιασμού που παρέχεται είτε από τερματικές εγκαταστάσεις υγροποιημένου αερίου είτε από μικρά τροφοδοτικά πλοία.

Η διερεύνηση των τεχνολογικών εξελίξεων στον τομέα των ναυτικών μηχανών, προκειμένου να προσδιορισθεί η μείωση των εκπομπών καυσαερίων σε περίπτωση χρήσης του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου, κατέδειξε ότι Νηογνώμονες και κατασκευαστές ναυτικών μηχανών έχουν ήδη συγκροτήσει ερευνητικές ομάδες και εκπονούν μελέτες σκοπιμότητας (case studies) για διαφορετικούς τύπους πλοίων (Ro-Ro, capsized bulk carrier, feeder container).

Προκειμένου να αξιολογηθεί εάν η επένδυση μετασκευής ή νέας κατασκευής πλοίου που θα χρησιμοποιεί το LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο πρόωσης είναι αποδοτική, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα κόστη μετατροπής ή εγκατάστασης της μηχανής, το κόστος του δοχείου αποθήκευσης, τα λειτουργικά κόστη, το κόστος συντήρησης και τέλος το περιβαλλοντικό κόστος.

Εν κατακλείδι, η ενδεχόμενη επένδυση στη χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου πρόωσης φαίνεται να είναι ελκυστική κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες τιμολόγησης του φυσικού αερίου, ιδιαίτερα όταν τα πλοία δραστηριοποιούνται σε τακτικές γραμμές. Το ερώτημα όμως που προκύπτει είναι εάν η Ελλάδα μπορεί να εκμεταλλευτεί τη σημαντική γεωστρατηγική της θέση στην ευρύτερη περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης, έτσι ώστε να δημιουργηθούν μονάδες αποθήκευσης και επεξεργασίας LNG και να αποτελέσει σημείο αναφοράς στη διαρκώς εξελισσόμενη Παγκόσμια αγορά LNG;

Πανεπιστήμιο Πειραι

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ελένη Γκολογκίνα - Οικονόμου, (2012), Βασική Εμπορική Νομοθεσία, Ναυτικό Δίκαιο, εκδ. Σακκουλάς
2. Μαλέρμπας Μιχαήλ, (2007), Διεθνής Σύμβαση Marpol 73/78, εκδ. Νομική Βιβλιοθήκη.
3. Report from the MAGALOG Project (2008), Maritime Gas Fuel Logistics. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.eu-magalog.eu>
4. Case Study: Hamworthy Baltic Design Centre. Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://www.hamworthy.com/PageFiles/2164/LNG%20Fuelled%20RoPax%20Ferry.pdf>
5. 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Life Cycle Cost Analysis.
Διαθέσιμο στο διαδίκτυο: <http://glosten.com/>
6. 144 - Car LNG Fuel Conversion Feasibility Study (2011), Design Report. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://glosten.com/>
7. Environmentally Superior LNG-Fuelled Vessels, (June 2013), Takashi Unseki. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://www.mhi-global.com>
8. LNG as alternative fuel - status and outlook, (2013), Matthias Ritters. Διαθέσιμο στο Διαδίκτυο: <http://www.globalmaritimehub.com>
9. Κεφάλαιο IV, ΕΝΕΡΓΕΙΑ - Ναυτιλία & Θαλάσσιες Μεταφορές, Επιμέλεια: Ν. Φαραντύρης, Έκδοση: Νομική Βιβλιοθήκη, 2013
10. Tzannatos, E., Technical Reliability of Greek Coastal Passenger Fleet, [2005] Marine Policy, 29:1, 85-92.
11. Ευρωπαϊκή Επιτροπή, EU Transport in Figures, Statistical Pocketbook (Luxembourg 2012): http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2012_en.htm
12. MARPOL 73/78 Annex VI of the Convention and Annex VI Amendments.

13. Directive 2005/33/EC of the European Parliament and of the Council, as regards the sulphur content of marine fuels.
14. International Journal of Sustainable Energy Publication details, including instructions for authors and subscription information: <http://www.tandfonline.com/loi/gsol20>, Natural gas as a fuel alternative for sustainable domestic passenger shipping in Greece, E. Tzannatos & N. Nikitakos.
15. International Journal of Sustainable Transportation (Taylor & Francis), A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou and Ioannis Koliouisis.
16. Whall, C., Stavrakaki, A., Ritchie, A., Green, C., Shialis, T., Minchin, W., Cohen, A. and Stokes, R., CONCAWE: Ship Emissions Inventory-Mediterranean Sea. Final Report, (ENTEC UK Ltd, London April 2007).
17. CAPB, A Critical Review of Ocean-Going Vessel Particulate Matter Emission Factors. Authors Todd Saxand Andrew Alexis, California Air Resources Board 1001 "I" Street, Sacramento, CA, 95814, 2007, "http://www.arb.ca.gov/msei/offroad/pubs/ocean_going_vessels_pm_emfac.pdf."
18. Tefles, Technologies and Scenarios for Low Emissions Shipping. FP7 EU Project, Project Number: SCP0-GA-2010-266126, 2011, WP2: After Treatment and Thermal Energy, D2.1- State of the art and efficiency report. Report date: 22/7/2011: http://tefles.eu/?page_id=355.
19. Magalog, LNG a clean fuel for ships: Maritime Gas Fuel Logistics - Developing LNG as a clean fuel for ships in the Baltic and North Seas. Final Public Report from the MAGALOG project, supported by The Intelligent Energy Executive Agency on behalf of the European Commission, December 2008, <http://www.eu-magalog.eu/index.php?id=20>.

20. International Journal of Sustainable Transportation (Taylor & Francis) A techno-economic analysis of oil vs natural gas operation for Greek island ferries, Ernestos Tzannatos, Stratos Papadimitriou and Ioannis Koliouis

Ιστοσελίδες στο Διαδίκτυο

<http://www.desfa.gr>

<http://www.olp.gr/el/>

http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/coal-and-other-fossil-fuels/how-natural-gas-works.html#enviroimpacts

http://www.gl-group.com/en/snb/lng_benefits.php

http://www.fkab.com/fileadmin/Files_to_pages/FKAB/Rapporter_Presentationer/FKAB_presentation_-_LNG_fuel_for_shipping.pdf

http://www.glmri.org/downloads/SNAME/Pace%20Global_SNAME_LNG%20Bunkering%20Opportunities_02142013.pdf

<http://www.gtt.fr/product/bunkering-solutions/>

<http://www.emersonprocessxperts.com/wp-content/uploads/2013/03/LNG-Bunkering-Solutions.pdf>

<http://www.safety4sea.com/lng-ship-to-ship-bunkering-procedure-18085>

<http://www.imo.org/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Default.aspx>

http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php

<http://www.newmoney.gr/article/42836/shedio-lng-gia-tin-elliniki-aktoploia>

http://www.indepanalysis.gr/sites/default/files/meletes/ellada_os_diakomistiko_kentro.pdf

<http://www.e-nautilia.gr/lng/>

<http://www.energypress.gr/news/Stathmo-anevodiasmoy-ploiwn-me-fysiko-aerio-ftiahnei-to-Katar-ston-Peiraia>

<http://www.olp.gr/el/coastal-shipping/passenger-terminals>

<http://www.olp.gr/el/cruise-greece/cruise-passenger-terminals>

<http://www.olp.gr/el/services/sempo>

<http://www.olp.gr/el/services/car-terminal>

<http://www.desfa.gr/default.asp?pid=304&la=1>

Πανεπιστήμιο Πειραιώς