

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

**ΠΛΟΙΟ ΣΥΜΒΑΤΙΚΗΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ LNG ΚΑΙ ΠΛΟΙΟ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗΣ
ΑΛΥΣΙΔΑΣ LNG ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ.ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ.**

Παπαγγέλου Ευφροσύνη

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

Οκτώβριος 2018

Δήλωση αυθεντικότητας

Η Παπαγγέλου Ευφροσύνη,

δηλώνω υπεύθυνα ότι: 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

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Κ. Γεώργιος Π. Βλάχος(Επιβλέπων)
- Κ. Ευστρατιος Παπαδημητρίου
- Κ. Διονύσιος Πολέμης

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

Δήλωση Αυθεντικότητας.....	Σελ.2
Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή.....	Σελ.3
Πίνακας Περιεχομένων.....	Σελ.4
Κατάλογοι Πινάκων & Εικόνων	Σελ.7
Abstract.....	Σελ.9
Εισαγωγή.....	Σελ.10

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 : Η ΣΥΜΒΑΤΙΚΗ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΟΥ LNG

- 1.1 Τα στάδια της εφοδιαστική αλυσίδας του LNG
- 1.2 Η προσφορά LNG
- 1.3 Η ζήτηση του LNG
- 1.4 Η τιμολόγηση
- 1.5 Τα συμβόλαια αγοραπωλησίας
- 1.6 Η φορτωτική και τα λοιπά συνοδευτικά έγγραφα
- 1.7 Τα πλοία
 - 1.7.1 Η Ιδιοκτησία και ο έλεγχος των πλοίων LNG
 - 1.7.2 Το boil off gas
 - 1.7.3 Η ναύλωση των πλοίων LNG
 - 1.7.4 Η Ταχύτητα του πλοίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΟΙ ΔΑΠΑΝΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- 2.1 Η ναυπήγηση του πλοίου
 - 2.1.1 Οι δεξαμενές του πλοίου.
 - 2.1.2 Τα συστήματα πρόωσης .
 - 2.1.3 Λοιπός εξοπλισμός
- 2.2 Η χρηματοδότηση του πλοίου
- 2.3 Οι αποσβέσεις

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ

- 3.1 Κόστος επάνδρωσης
- 3.2 Κόστος επισκευών- συντήρησης
- 3.3 Κόστος ασφάλισης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΑΠΑΝΕΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ

- 4.1 Κόστος καυσίμου

4.2 Τέλη Διέλευσης

4.3 Τέλη λιμένων

4.4 Παραδειγμα υπολογισμού κόστους ταξιδιού Sabine Pass – Shanghai για πλοίο 174.000 m³

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΛΩΤΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ & ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ (FSRUS)

5.1 Γενικά περι FSRU

5.2 Η Φορτηγίδα εισαγωγής και επαναεριοποίησης (floating storage & regasification barge).

5.3 Το πλοίο εισαγωγής και επαναεριοποίησης (FSRU Vessel)

5.3.1. Η διαχείριση της εξάτμισης

5.3.2. Οι δεξαμενές αποθήκευσης

5.3.3. Τα συστήματα πρόωσης

5.3.4. Τα συστήματα φόρτωσης

5.3.5. Τα συστήματα επαναεριοποίησης

5.3.6 . Οι υποδομές σύνδεσης με την ξηρά

5.3.7 Τα κόστη

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΟΥ LNG

6.1 Οι Λογοι για την ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας μικρής κλίμακας

6.2 Τα χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας μικρής κλίμακας

6.3 Τα μέλη

6.4 Η τιμολόγηση

6.5 Η Μεταφορά

6.6. Τα πλοία μικρής κλίμακας

6.6.1 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν από τα συμβατικού μεγέθους

6.6.2 Το λειτουργικό κόστος

6.6.3 Το κόστος ταξιδιού

6.7 Η εφαρμογή των εργασιών μικρης κλίμακας στην Νορβηγία

6.8. Η δυνατότητα εφαρμογής των εργασιών μικρής κλίμακας στην Ελλάδα.

Συμπεράσματα.....	Σελ.136
Βιβλιογραφία – πηγες	Σελ.142

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 4.1.1 : Κατανάλωση καυσίμου πλοίου 147600 m ³ με μηχανες dfde.....	Σελ.75
Πίνακας 4.1.2. : Όγκος ανα ημέρα φυσικής εξατμησης πλοίου 147600 m ³ με μηχανές dfde και rate 0,15%.....	Σελ.76
Πίνακας 4.1.3: Κατανάλωση καυσίμου πλοίου 145100 m ³ με τουρμπίνες ατμού.Σελ.	78
Πίνακας 4.1.4 : Όγκος ανα ημέρα φυσικής εξατμησης πλοίου 145100 m ³ με τουρμπίνες ατμού και rate 0,15%.....	Σελ.79
Πίνακας4.1.5: Συνολικός όγκος εξατμησης πλοίου 145100 m ³ με τουρμπίνες ατμού.....	Σελ.81
Πίνακας 4.2.1 Τέλη διελεύσεως από Παναμα ,πλοίου χωρητικότητας 174,000 m ³ (MARAN GAS ACHILLES).....	Σελ.83
Πίνακας 4.2.1 Τέλη διελεύσεως από Σουέζ για πλοίο χωρητικότητας 174.000 m ³ με δεξαμενές τύπου μεμβράνης.....	Σελ.84

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1.1.1: Η μεγάλη κλίμακας εφοδιαστική αλυσίδα του LNG.....	Σελ. 15
Εικόνα 1.1.2 :Εκτιμώμενες τιμές lng μετά την εκφόρτωση ανα τον κόσμο (Ιούλιος 2018).....	Σελ. 16
Εικόνα.1.2.1 Τα θερματικά υγροποίησης της Αυστραλίας	Σελ. 19
Εικόνα .1.7.2.1 Το φαινόμενο sloshing.....	Σελ. 35
Εικόνα 2.1.1 .Αξίες νεότευκτων πλοίων ανα χωρητικότητα σε κυβικά 2000-2017.Σελ.	44
Εικόνα 2.1.1.1 Δεξαμενή τύπου μεμβράνης –Mark iii.....	Σελ. 48
Εικόνα 2.1.1.2. Πρισματική δεξαμενή σε τομή	Σελ.49
Εικόνα 2.1.1.3 Σφαιρική δεξαμενή τύπου Moss σε τομή.....	Σελ.50
Εικόνα 2.1.2.1 Vessel emissions for various propulsion systems based on 200k class LNGCs of constant displacement, round trip with port to-port distance of 10,000 nm, service speed 19.5 kn	Σελ.54
Εικόνα 2.1.3.1 cofferdam heating system.....	Σελ.58
Εικόνα 4.1.1 .Απόσταση Sabine Pass – Rotterdam.....	Σελ.77
Εικόνα 4.4.1 : Απόσταση Sabine Pass – Shanghai.....	Σελ.90
Εικόνα 5.3.4.1 ship to ship transfer with flexible hoses.....	Σελ.98

Εικόνα 5.3.4.2 μεταφορά φορτίου μέσω αποβάθρας (unloading jetty).....	Σελ.98
Εικόνα .5.3.6.1 πρόσδεση υποθαλάσσια με πυργίσκο και σημαδουρα.....	Σελ.100
Εικόνα 5.3.6.2 πρόσδεση σε εξωτερικό πυργίσκο.....	Σελ.100
Εικόνα 6.2.1 συγκριση κόστους κεφαλαίου υποδομών πρόσδεσης μεταξύ χερσαίων τερματικών συμβατικής και μικρής κλίμακας.....	Σελ. 107
Εικόνα 6.2.2 .Μεταφορά LNG με φορτηγά , τρένα και ISO containers.....	Σελ.109
Εικόνα 6.2.3 Διακλάδωση της συμβατικού μεγέθους εφοδιαστικής αλυσίδας LNG στη μεσαία και μικρή κλίμακα.....	Σελ.110
Εικόνα 6.6.1.1 Δεξαμενές τύπου C.....	Σελ.117
Εικόνα 6.6.1.2 : πλοίο μικρής κλίμακας που φέρει στόμια σε δυο διαφορετικά ύψη ώστε να φορτώνει από συμβατικού μεγέθους τερματικά και να εκφορτώνει σε τερματικά μικρής κλίμακας.....	Σελ.119
Εικόνα 6.7.1 Χάρτης της Νορβηγίας με τις κυριότερες εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας.....	Σελ.128
Εικόνα.6.8.1 Ελληνικό σύστημα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου.....	Σελ. 131
Εικόνα 6.8.2. Σχεδιαζόμενοι αγωγοί φυσικού αερίου επι ελληνικού εδάφους ...	Σελ.133
Εικόνα 6.8.3 Οικοπεδα προς αδειοδότηση ερευνών και εκμετάλλευσης	Σελ.135

ABSTRACT

Transportation of natural gas by sea, requires its conversion into liquid by cooling it down below its boiling point at -163 degrees Celsius . The liquefied cargo is then transported by highly specialized vessels that are facing the difficult challenge of preserving it from the vaporization phenomenon while making a compromise between the option to use some part as fuel and its obligation to deliver the agreed volume to the consignee. Furthermore, cost effective operation must be ensured for charterers and owners alike.

The purpose of this dissertation is to analyze the conventional supply chain of LNG from the vessel's perspective, its construction, operating & voyage expenses. We are particularly interested to examine how the nature of the cargo influences the way the vessel is built, financed and operated and how the voyage costs are determined. Furthermore, in what way smaller scale operations are incorporated in today's LNG world trade and what is the role of the floating storage and regasification units (FSRUS). How is a country able to implement a cost effective smaller scale supply chain? Norway's example and the Greek potential.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανεξάρτητα από το είδος του φορτίου και της αγοράς στην οποία δραστηριοποιείται, ή το μέγεθος του στόλου της, ο σκοπός της ναυτιλιακής επιχείρησης παραμένει η μεγιστοποίηση της καθαρής προσόδου με την αύξηση του έργου που παράγει, δηλαδή την επίτευξη άριστου επίπεδου παραγωγής για την οποία είναι απαραίτητη η εκτίμηση του κόστους λειτουργίας της.¹

Εφόσον μιλάμε για άριστο επίπεδο παραγωγής, ως επί το πλείστον αναφερόμαστε στην απόδοση του κύριου παραγωγικού συντελεστή της επιχείρησης δηλ. του πλοίου. Συνεπώς, επιτυχία, άρα μεγιστοποίηση του κέρδους, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα του συντελεστή αυτού. Οι Veenstra & Ludema² συνδέουν τη λειτουργική απόδοση και κατ'επέκταση τα έσοδα με τρεις παράγοντες: **χωρητικότητα, ταχύτητα και ευελιξία**. Όσον αφορά στη χωρητικότητα, θεωρούμε αξίωμα την σχέση μεταξύ οικονομικών κλίμακας, μείωσης του ανά μονάδα κόστους και αυξημένης παραγωγικότητας. Ιδανικά, μεγαλύτερη χωρητικότητα στην ίδια κατανάλωση καυσίμων. Εκτός από την χωρητικότητα, η λειτουργική απόδοση έχει να κάνει και με συγκεκριμένα τεχνικά χαρακτηριστικά για τα οποία οι πλοιοκτήτες αποφασίζουν κατά το στάδιο σχεδιασμού και τα οποία συνθέτουν το κόστος ναυπήγησης και κατ'επέκταση την δαπάνη του κεφαλαίου.

Η ταχύτητα, είναι επίσης συνάρτηση της εγκατεστημένης υποδύναμης, του σχεδιασμού του κύτους (ναυπήγηση, δαπάνη κεφαλαίου), αλλά και πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου. Γενικά μεγαλύτερη ταχύτητα σημαίνει και περισσότερα ταξίδια μέσα σε δεδομένη χρονική περίοδο άρα και συνολικά περισσότερο μεταφερόμενο φορτίο. Σημαίνει όμως και μεγαλύτερο κόστος καυσίμου. Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, έχουν την ιδιαιτερότητα να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το ίδιο το φορτίο (boil off gas) για τις ενεργειακές τους ανάγκες. Συνεπώς σε αντίθεση με τα άλλα είδη εμπορικών πλοίων, το πλοίο μεταφοράς LNG πρέπει να εξισορροπήσει μεταξύ της δυνατότητας να μειώσει σημαντικά το κόστος των υγρών καυσίμων του εφόσον μπορεί να κάψει μέρος του φορτίου του και της οικονομικής απώλειας που υφίσταται λόγω του ότι τελικά θα παραδώσει λιγότερο φορτίο.

Εάν ταυτίσουμε την μεγιστοποίηση της καθαρής προσόδου με την χρηματοοικονομική απόδοση, σύμφωνα με τον Stopford³, οι πλοιοκτήτες θα πρέπει να συνεκτιμήσουν τα έσοδα από τη ναύλωση, το κόστος λειτουργίας του πλοίου και τη μέθοδο χρηματοδότησης της επιχειρηματικής δραστηριότητας. Το κόστος λειτουργίας σε ένα

¹ Γ.Π Βλάχος, Ναυτιλιακή Οικονομία (2011)

² Albert W. Veenstra & Marcel W. Ludema (2006) The relationship between design and economic performance of ships, Maritime Policy & Management, 33:2, 159-171, DOI: [10.1080/03088830600612880](https://doi.org/10.1080/03088830600612880)

³ Martin Stopford, Maritime Economics, 2009 κεφ.6

πρώτο επίπεδο περιλαμβάνει δαπάνες όπως αυτή της επάνδρωσης και τροφοδοσίας, συντήρησης και επισκευών, προμήθειας ανταλλακτικών ασφάλειας, νηολόγηση κλάση κλπ.

Το είδος της ναύλωσης, εκτός από το ύψος του εσόδου, καθορίζει και θέματα όπως το κόστος καυσίμων και ποιος το επιβαρύνεται. Η ευελιξία σημαίνει την δυνατότητα ενός πλοίου στο να δραστηριοποιείται σε διαφορετικές αγορές. Η έννοια της αγοράς πρωτίστως αφορά το είδος του φορτίου, θα μπορούσε όμως στην περίπτωση ενός πλοίου LNG να σημαίνει την μετατόπιση από την μια γεωγραφική περιοχή στην άλλη, την δυνατότητα να απασχοληθεί στην αγορά spot μετά από μακροχρόνια ναύλωση ή να παρατείνει την λειτουργική του ζωή ως πλωτή μονάδα αποθήκευσης ή και να μετατραπεί σε πλωτή μονάδα αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (floating storage and regasification unit- FSRU).

Ο σκοπός της εργασίας είναι :

1) Να αναλυθούν οι σημαντικότεροι παράγοντες που συνθέτουν το κόστος κεφαλαίου, το κόστος λειτουργίας και το κόστος ταξιδιού ενός συμβατικού πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, στο πλαίσιο των συνθηκών που επικρατούν σήμερα στην παγκόσμια εφοδιαστική του αλυσίδα, αλλά και των εξελίξεων της ναυπηγικής και τεχνολογίας. Πιο συγκεκριμένα, πως η κατασκευή του πλοίου LNG και ειδικότερα η επιλογή διαχείρισης του Boil off gas (τυποι πρόωσης και δεξαμενών) επηρεάζει το κόστος, τη λειτουργική του απόδοση και εν τέλει το κόστος μεταφοράς του αγαθού.

2) Να αναλυθεί η έννοια της εφοδιαστικής αλυσίδας LNG μικρότερης κλίμακας και οι λόγοι για τους οποίους υπάρχει ενδιαφέρον για την επέκταση των εργασιών της παγκόσμια. Σε ποία σημεία διαφέρουν τα πλοία μικρότερης κλίμακας από τα συμβατικά και ποιό παράγοντες καθορίζουν τα αντίστοιχα κόστη και την ανταγωνιστικότητά τους.

3) Να παρουσιαστεί η έννοια της πλωτής μονάδας εισαγωγής και επαναεριοποίησης ως μέσου επέκτασης της χρήσης του LNG σε νέες αγορές αλλά και διαφοροποίησης των πηγών προμηθειάς του. Να διερευνηθεί αν θα ήταν οικονομικά ανταγωνιστική η τροφοδοσία ενός τερματικού βρισκόμενου στην Ελλάδα (Αλεξανδρούπολη) με LNG προερχόμενο για παράδειγμα από τις ΗΠΑ υπο το πρίσμα του κόστους μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου από ένα συμβατικό πλοίο.

Στο πρώτο κεφάλαιο θα εξεταστούν οι βασικές παράμετροι της συμβατικής εφοδιαστικής αλυσίδας του υγροποιημένου φυσικού αερίου και πως συνδέονται τα μέλη της και ο ρόλος των πλοίων σε αυτή.

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα αναλυθούν οι επιμέρους δαπάνες που συνθέτουν το κόστος κεφαλαίου. Θα γίνει λεπτομερής αναφορά στο πώς και γιατί οι ιδιότητες του

φορτίου επηρεάζουν το κόστος ναυπήγησης και πώς η δομή του κλάδου καθορίζει τα ζητήματα της χρηματοδότησης.

Στο τρίτο κεφάλαιο , θα εξεταστούν οι λειτουργικές δαπάνες ενός πλοίου LNG , ενώ στο τέταρτο κεφάλαιο θα αναλυθούν οι δαπάνες ταξιδιού με έμφαση στο κόστος καυσίμων ενώ θα γίνουν και ανάλογα παραδείγματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση της έννοιας του πλωτού τερματικού αποθήκευσης και απενεργοποίησης και θα εξεταστεί η χρησιμότητα τους στην επέκταση του LNG σε νέες αγορές.

Τέλος στο έκτο κεφάλαιο θα εξεταστούν οι παράγοντες που ευνοούν την επέκταση της συμβατικού μεγέθους εφοδιαστικής αλυσίδας σε εργασίες μικρότερης κλίμακας. Που και γιατί διαφέρουν τα μικρότερα πλοία και πως είναι εφικτή η αποδοτική λειτουργία τους. Θα παρουσιαστεί το ανάλογο παράδειγμα της Νορβηγίας και στη συνέχεια θα αναλυθούν οι δυνατότητες για εφαρμογή στον ελληνικό χώρο.

Η μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί είναι η επισκόπηση διεθνούς βιβλιογραφίας, πηγών από το διαδίκτυο και παραδείγματα υπολογισμού για τα κόστη καυσίμου και το κόστος ταξιδιού.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 . Η ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΟΥ LNG

1.1 Τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας του LNG

Η εφοδιαστική αλυσίδα του υγροποιημένου φυσικού αερίου αποτελείται από 4 αλληλοεξαρτώμενα τμήματα : εξόρυξη/παραγωγή, υγροποίηση ,μεταφορά ,αποθήκευση/ επαναεριοποίηση. Καθένα από αυτά, έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά , διαδικασίες , κανόνες και συμμετέχοντες. Επιπλέον η εφοδιαστική αλυσίδα διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος της σε: Μεγάλης κλίμακας (συμβατικό μέγεθος), μεσαίας κλίμακας , και μικρής κλίμακας ⁴

Εξόρυξη –παραγωγή. Αφού έχουν προηγηθεί οι απαραίτητες γεωλογικές έρευνες ,σεισμικές αναλύσεις , δοκιμαστικές εξορύξεις και οικονομοτεχνικές μελέτες που επιβεβαιώνουν την ύπαρξη οικονομικά εκμεταλλεύσιμων κοιτασμάτων φυσικού αερίου , ξεκινάει η εξόρυξη και η παραγωγή φυσικού αερίου. Η ανάπτυξη/εκμετάλλευση των σταδίων προ της υγροποίησης ονομάζεται upstream ή “ προς τα πάνω” και για να είναι οικονομικά αποδοτική πρέπει να συντρέχουν συγκεκριμένοι φυσικές και οικονομικές προϋποθέσεις. Κατ’ αρχήν τα κοιτάσματα του φυσικού αερίου πρέπει να είναι μεγάλης τάξης μεγέθους και να έχουν την προοπτική μέγιστης παραγωγής για τουλάχιστον 20 χρόνια . Η ποιότητα επίσης του αερίου είναι σημαντική και επίσης αν στο κοίτασμα περιέχονται και άλλοι οικονομικά εκμεταλλεύσιμοι πόροι (πχ πετρέλαιο).Η τοποθεσία του κοιτάσματος , αν είναι χερσαίο ή υποθαλάσσιο και η απόσταση από τις εγκαταστάσεις υγροποίησης , διότι τα κόστη μεταφοράς πρέπει να είναι χαμηλά ώστε η όλη παραγωγή να είναι οικονομικά βιώσιμη ⁵

Υγροποίηση .Μετά την εξόρυξη , το αέριο φιλτράρεται και απομακρύνονται από αυτό διάφορες ουσίες όπως νερό , διοξείδιο του άνθρακα και υδρόθειο και μετατρέπεται σε υγρό. Η διαδικασία αυτή γίνεται για να ανταποκρίνεται το προϊόν στις απαιτήσεις των εισαγωγέων και συνήθως το τελικό μίγμα έχει περιεκτικότητα σε μεθάνιο κοντά στο 100%. Η υγροποίηση μειώνει τον όγκο του αερίου σε αναλογία 1 προς 600. Αυτό σημαίνει ότι 1 κυβικό μέτρο στους -163 βαθμούς κελσίου, έχει την ίδια θερμική απόδοση με 600 κυβικά αερίου σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και ατμοσφαιρικής πίεσης . Η πυκνότητα του LNG είναι περίπου το 45% της πυκνότητας του νερού. Ένα μεγάλης κλίμακας τερματικό υγροποίησης απαρτίζεται από πολλαπλά τρένα το καθένα από τα οποία μπορεί να παράγει από 1 μέχρι 6 εκατομμύρια τόνους το χρόνο(ΜΤΡΑ).Τα τερματικά αυτά συνήθως βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές έτσι

⁴ Kenneth Engblom, LNG to Power in remote locations- the optimal way, Researchgate 09/07/2016

⁵ Jeanette Christine Erichsen, Lars Dybsjord Røstad, Investments in the LNG Value Chain, Norwegian University of Science and Technology, June 2012

ώστε να μπορούν να φορτώνονται τα πλοία που αποτελούν το μοναδικό μέσο μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Μεταφορά . Η μεταφορά του γίνεται σε πλοία που φέρουν ειδικές δεξαμενές (συνήθως 4 ή 5) που διατηρούν το υγρό φορτίο στους -163 βαθμούς και σε ατμοσφαιρική πίεση.

Αποθήκευση και επαναεριοποίηση. Μετά την εκφόρτωση και παραλαβή το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποθηκεύεται κρυογονικές δεξαμενές μέχρι την επαναεριοποίηση του. Η επαναεριοποίηση είναι ουσιαστικά η διαδικασία θέρμανσης του αερίου ώστε να φτάσει θερμοκρασία άνω των 0 βαθμών, εφαρμόζοντας υψηλές πιέσεις από 60 έως 100 bar σε ειδικούς εναλλάκτες θερμότητας στους οποίους εισέρχεται θαλασσινό νερό. Η τεχνική αυτή είναι η πιο οικονομική και ενεργειακά αποδοτική, εφόσον η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού είναι κατάλληλη. Σε αντίθετη περίπτωση (πχ πολύ ψυχρά κλίματα) καίγεται ένα μέρος του αερίου ώστε να παραχθεί η κατάλληλη θερμότητα για την μετατροπή του υγρού σε αέριο. Μετά την διαδικασία αυτή το αέριο διοχετεύεται στο δίκτυο ώστε να φτάσει στον τελικό καταναλωτή. Το μέγεθος του τερματικού και η χωρητικότητά του, καθορίζεται από το μέγεθος του πλοίου και τη συχνότητα των φορτώσεων. Το μέγεθος του πλοίου επίσης καθορίζει το μέγεθος των υποδομών πρόσδεσης.⁶

Οι δυνατότητες αποθήκευσης που έχουν τα μεγάλα τερματικά κυμαίνονται από 120000 μέχρι 200.000 m³ ώστε να μπορούν να δέχονται τουλάχιστον ένα πλήρες φορτίο ενός συμβατικού πλοίου μεταφοράς LNG. Όσον αφορά στα μεσαίου μεγέθους τερματικά επαναεριοποίησης η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 40.000 m³ μέχρι και 120000 m³ ώστε να μπορούν να εξυπηρετούν και μικρότερα πλοία-από μικρής κλίμακας πλοία lng χωρητικότητας 1000m³, έως και πλοία χωρητικότητας 40000m³. Τα μεγαλύτερα Q Max και Q-flex (217000-266000 m³) απαιτούν λιμάνια με συγκεκριμένο μήκος αποβάθρας και ανάλογα βάθη. Προς το παρόν, μόνο 41 από τα 114 τερματικά επαναεριοποίησης μπορούν να εξυπηρετήσουν τέτοια πλοία.

⁶ Tusiani Searer, Lng, A Non Technical Guide page 201

Εικόνα 1.1.1: Η μεγάλη κλίμακας εφοδιαστική αλυσίδα του LNG



Πηγή :www.wartsila.com

Τα κόστη που εμπεριέχονται στα διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας συνθέτουν το τελικό κόστος του LNG και την τιμή του στον προορισμό του. Το κάθε στάδιο έχει διαφορετικές παραμέτρους, όπως το κόστος στην εξόρυξη, η απόσταση μεταξύ τερματικού υγροποίησης και τερματικού επαναεριοποίησης, το μέγεθος του πλοίου, το είδος του ναυλοσυμφώνου και το φαινόμενο της φυσικής εξάτμισης του φορτίου (boil off gas). Λόγω των μεγάλων επενδύσεων που απαιτούνται σε όλα τα ενδιάμεσα στάδια και του υψηλού κόστους κεφαλαίου, υψηλής σημασίας είναι η χρηματοδότηση, οι διακανονισμοί που αφορούν στην κυριότητα των συντελεστών παραγωγής και ο χρόνος αποπληρωμής των ξένων κεφαλαίων.

Αρχικά, υπάρχει το κόστος αγοράς και μεταφοράς του φυσικού αερίου στο τερματικό υγροποίησής του. Σε αυτό προστίθεται το κόστος επένδυσης και λειτουργίας του τερματικού όπως και τα κόστη αποθήκευσης του LNG πριν από την μεταφορά του. Η μεταφορά του φορτίου, επιβαρύνεται με έξοδα λιμένων και με πιθανά έξοδα διελεύσεων από τη Διώρυγα του Παναμά ή του Σουέζ. Το μεγαλύτερο μέρος του κόστους μεταφοράς προκύπτει από την κατανάλωση των καυσίμων του πλοίου και το κόστος της ναύλωσης του.⁷ Στο σύνολο, το κόστος μεταφοράς εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου και τη διάρκεια του ταξιδιού. Με την άφιξη στον προορισμό υπάρχουν τα ανάλογα λιμενικά τέλη, καθώς και το κόστος επένδυσης και λειτουργίας του τερματικού. Επιπρόσθετα, υπολογίζονται τα τέλη επαναεριοποίησης και τα τέλη αγωγών μέχρι το αέριο να φτάσει στον τελικό καταναλωτή. Η τιμή για το lng στην εισαγωγή ορίζεται είτε με την παράδοση στο τερματικό (landed price) είτε μετά την επαναεριοποίηση (tailgate price). Συνεπώς, υπάρχει διαφοροποίηση των τιμών ανάλογα με το σημείο εισόδου και τις χρεώσεις των υπηρεσιών επαναεριοποίησης αποθήκευσης κλπ.⁸

⁷ <https://timera-energy.com/deconstructing-lng-shipping-costs/> accessed June 2018

⁸ https://www.eia.gov/dnav/ng/TblDefs/ng_move_state_tbldef2.asp accessed June 2018

Εικόνα 1.1.2 εκτιμώμενες τιμές μετά την εκφόρτωση

National Natural Gas Market Overview: World LNG Landed Prices

Federal Energy Regulatory Commission • Market Oversight • www.ferc.gov/oversight

World LNG Estimated Landed Prices: Jul-18



Source: Waterborne Energy, Inc. Data in \$US/MMBtu.

Note: Includes information and Data supplied by IHS Global Inc. and its affiliates ("IHS"). Copyright (publication year) all rights reserved. Prices are the monthly average of the weekly landed prices for the listed month. Landed prices are based on a netback calculation.

Updated: Aug-18

Τα επενδυτικά σχέδια στον κλάδο του υδρογονοποιημένου φυσικού αερίου χωρίζονται σε αυτά τα οποία χαρακτηρίζονται ολοκληρωμένα (integrated) και σε αυτά που είναι μη ολοκληρωμένα (segmented ή merchant /tolling)⁹

Ολοκληρωμένο (integrated) είναι ένα σχέδιο όταν μέσω συμβολαίων διαμοιρασμού της παραγωγής οι μέτοχοι ή οι εταιρείες έχουν κοινή ιδιοκτησία των κοιτασμάτων, των εγκαταστάσεων υδροποίησης και συνήθως και των πλοίων. Η πώληση του lng γίνεται στο τερματικό υδροποίησης σε όρους CIF ή FOB ή στο τερματικό προορισμού σε όρους DAP. Το πλεονέκτημα αυτής της δομής των επενδύσεων είναι η ταύτιση των συμφερόντων και η αποφυγή διαπραγμάτευσης της τιμής από το ένα στάδιο στο άλλο όπως επίσης και η ευκολότερη επέκταση εφόσον το μέγεθος του κοιτάσματος το επιτρέπει.

Μη ολοκληρωμένο ή ανά τομείς (segmented ή merchant). Δεν υπάρχει κοινή ιδιοκτησία ούτε ανάλογα συμβόλαια και οι κάτοχοι των κοιτασμάτων διαφέρουν από

⁹ Thewessem Lei Ino, Explaining the variety in vertical value chain coordination of parties at LNG infrastructure in Northwestern Europe, Delft University of Technology, July, 2016

τους ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων υγροποίησης .Στις περιπτώσεις αυτές υπάρχει ένα συμβόλαιο προμήθειας αερίου στην εταιρεία υγροποίησης η οποία στη συνέχεια πωλεί το LNG σε όρους FOB, CIF, ή DAP είτε σε εταιρεία μέτοχο είτε σε τρίτο αγοραστή.

Υπεργολαβίας (tolling). Η εταιρεία στην οποία ανήκει το τερματικό υγροποίησης δεν έχει ιδιοκτησία του αερίου που προμηθεύεται , ούτε του lng που παράγει, αλλά παρέχει απλώς τις εγκαταστάσεις υγροποίησης έναντι αντιτίμου (tolling fee) για λογαριασμό του παραγωγού φυσικού αερίου ή του τελικού αγοραστή .

1.2 Η προσφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου

Εξαρτάται πρωτίστως από την δυναμικότητα υγροποίησης από πλευράς εξαγωγών.

Η διαδικασία της υγροποίησης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα τμήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας του LNG. Το τερματικό υγροποίησης είναι η εγκατάσταση εκείνη στην οποία το φυσικό αέριο θα ψυχθεί στους -162 βαθμούς , είτε για να μεταφερθεί με πλοία στις χώρες εισαγωγής του , είτε θα αποθηκευθεί σε ειδικά κατασκευασμένες δεξαμενές για να αντιμετωπιστούν μελλοντικές συνθήκες αυξημένης ζήτησης. Ένα τέτοιο τερματικό μπορεί να απαρτίζεται από πολλές παράλληλες μονάδες υγροποίησης που ονομάζονται "τρένα". Ο αριθμός των τρένων και συνεπώς της παραγόμενης υγροποίησης, εξαρτάται από την οικονομική βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων οι οποία έχει άμεση σύνδεση με την ανάπτυξη των αποθεμάτων, εγχώρια παραγωγή και κατανάλωση φυσικού αερίου ,το κόστος υγροποίησης , την ζήτηση για LNG, και τις πολιτικές των κυβερνήσεων. Επίσης εξαρτάται από την τιμή του LNG σε σχέση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα. Αυτό, διότι ιστορικά το αέριο και το πετρέλαιο παράγονταν κατά κύριο λόγο από τους ίδιους εξαγωγείς ,ενω και τα δυο καύσιμα συχνά χρησιμοποιούνταν στις ίδιες βιομηχανίες με συνέπεια το αέριο να συνδέεται με την αγορά του πετρελαίου μέσω μακροπροθέσμων συμβολαίων.

Πρόκειται για κλάδο του οποίου η παραγωγή και η μεταφορά είναι μεγάλης κλίμακας. Παραδοσιακά η μεταφορά του υγροποιημένου αερίου γίνεται κάτω από μακροχρόνια συμβόλαια από μεγάλα πλοία των οποίων η μεταφορική ικανότητα κυμαίνεται από 140000 μέχρι 250000 κυβικά μέτρα. Σε συνδυασμό με τα υψηλά κόστη κεφαλαίου, συνεπάγεται ότι τα πλοία πρέπει να παραδοθούν ακριβώς στην στιγμή που το τερματικό υγροποίησης θα ξεκινήσει παραγωγή. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται τάση διαφοροποίησης της αγοράς λόγω της εισόδου νέων αγοραστών και πωλητών καθώς και λόγω της αύξησης της ζήτησης για φυσικό αέριο ως εναλλακτικού «καθαρού» καυσίμου παγκόσμια. Αναπτύσσεται ο τομέας της διανομής LNG με πλοία μικρότερης κλίμακας που περιλαμβάνει την μεταφορά του

υγροποιημένου φυσικού αερίου από τα κέντρα διανομής ή τερματικά σε μικρότερα περιφερειακά τερματικά και από εκεί στον τελικό καταναλωτή.

Στο τέλος του 2016, το παγκόσμιο εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου ανήλθε συνολικά στους 258 εκατομμύρια τόνους. 18 χώρες ήταν εξαγωγείς. Οι σημαντικότεροι εξαγωγείς είναι:

1) Κατάρ.

Θεωρείται ο μεγαλύτερος εξαγωγέας lng την τελευταία δεκαετία, συνολικό μερίδιο αγοράς 30% και με εξαγωγές για το 2016 που ανήλθαν στους 77,2 εκατ τόνους.

Η μονάδα υγροποίησης Qatargas LNG ανήκει και διαχειρίζεται από την Qatargas , έναν όμιλο που αποτελείται από την Qatar Petroleum (65%),την Total (10%), την Marubeni (7.5%) και την Mitsui (7.5%). Η Qatargas αγοράζει το φυσικό αέριο από την κυβέρνηση και πέραν της επεξεργασίας του σε LNG στόχο έχει τόσο την εξασφάλιση αγορών και πελατών για το υγροποιημένο φυσικό αέριο , όσο και την μεταφορά του όπου αυτή είναι δυνατή .Η Qatargas LNG λειτουργεί συνολικά 14 τρένα , τα οποία τροφοδοτούνται από το φυσικό αέριο του κοιτάσματος North Field, ενός εκ των μεγαλύτερων κοιτασμάτων του κόσμου. Υπάρχει διαφορετικός βαθμός ολοκλήρωσης για κάθε τρένο ανάλογα με τις συμφωνίες των συμμετεχόντων εταιρειών και τα συμβόλαια πώλησης στους τελικούς παραλήπτες. Για παράδειγμα, κάποιες χώρες προμηθεύονται σε όρους fob (πχ Κορέα), ενώ άλλες (πχ Ταιβάν)σε όρους DES ή DAT (delivered ex ship / delivered at terminal) και συνεπώς η ολοκλήρωση περιλαμβάνει και τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Η Qatargas χρονοναυλώνει πλοία που ανήκουν από κοινού σε αυτήν, στην θυγατρική της μεταφορική Nakilat και σε ορισμένες από τις μεγαλύτερες πλοιοκτήτριες και διαχειρίστριες εταιρείες πλοίων του κόσμου .Ο συγκεκριμένος αποκλειστικός (dedicated) στόλος απαρτίζεται από συνολικά 65 πλοία lng ,20 συμβατικά,(145,000-170,000 m³), 31 Q-FLEX(210,000-217,000m³) και 14 Q-MAX (263,000 -266,000 m³)¹⁰

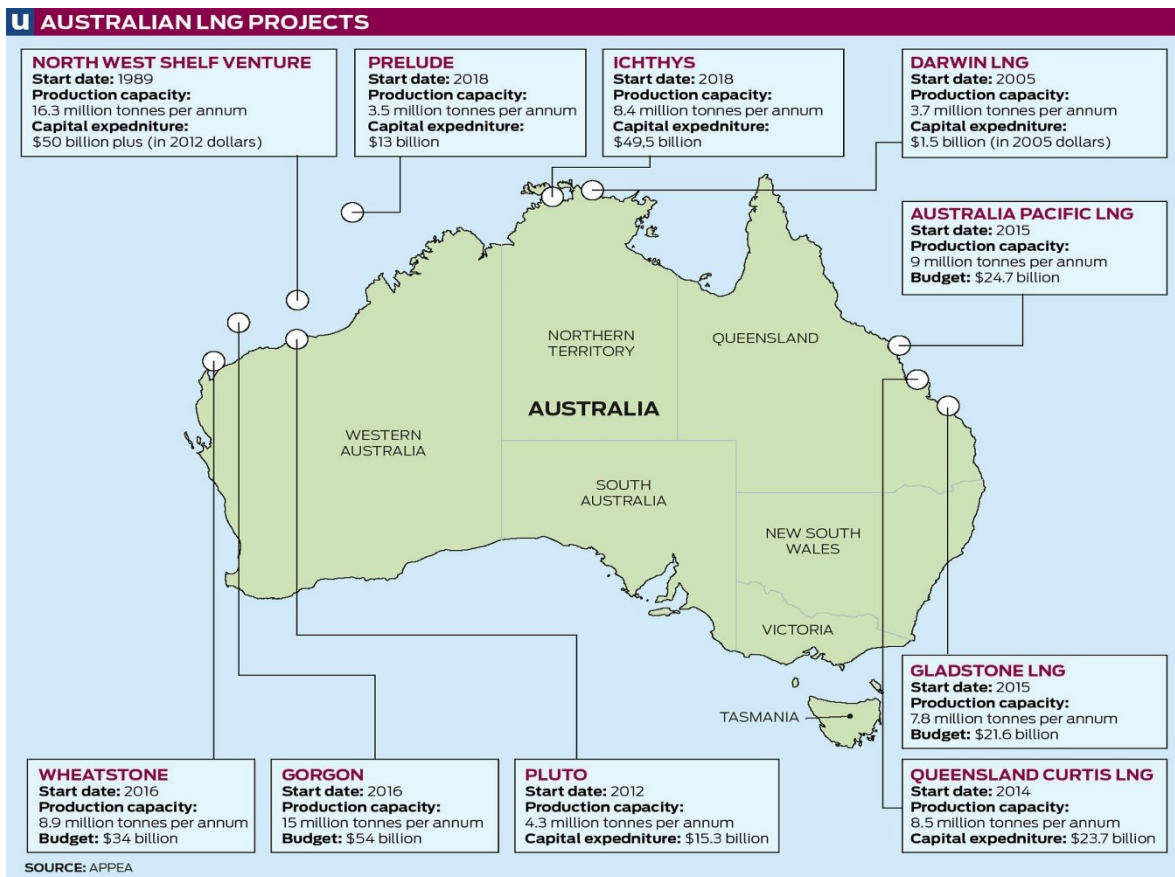
2) Αυστραλία.

Πρόκειται για τον δεύτερο μεγαλύτερο εξαγωγέα lng στον κόσμο , με προοπτική να ξεπεράσει και το Κατάρ , αφού με την ολοκλήρωση των σχετικών επενδύσεων το 2018-2019 και την λειτουργία των συνολικά 10 τερματικών υγροποίησης , η ετήσια παραγωγή αναμένεται να φτάσει τους 80 εκατομμύρια τόνους. Τα φορτία της προορίζονται για τις αγορές της Ασίας και κυρίως για την Ιαπωνία , την Κίνα και τη Νότια Κορεα. Παράλληλα με την αύξηση των εξαγωγών , σημειώνεται και άυξηση της εγχώριας ζήτησης για φυσικό αέριο , γεγονός που έχει υποστηριχθεί και από τις

¹⁰ <https://www.qatargas.com/english/> accessed June 2018

ανάλογες κυβερνητικές πολιτικές .¹¹ Σε συνδυασμό με την διαφερόμενη εξάντληση των παλαιότερων κοιτασμάτων της , ενδέχεται να οδηγήσουν σε αδυναμία κάλυψης των εγχώριων αναγκών μέχρι το 2021

Εικ.1.2.1 Τα τερματικά υδροποίησης της Αυστραλίας



Πηγή : Upstream

Για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα αυτό, ο μεγαλύτερος παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας ανακοίνωσε ότι προτίθεται να ξεκινήσει εισαγωγές lng επενδύοντας σε πλωτό τερματικό αποθήκευσης και επαναεριοποίησης το οποίο θα κοστίζει συνολικά 229 εκ. \$ και αναμένεται να παραλάβει τα πρώτα φορτία μεταξύ 2020 και 2021.

¹¹ <http://www.upstreamonline.com/hardcopy/1321580/lng-landscape-changing-in-australia/>

3) Μαλαισία

Οι εγκαταστάσεις υγροποίησης φυσικού αερίου της Μαλαισίας αποτελούν θυγατρική της εθνικής εταιρείας πετρελαίου Petronas η οποία έχει και την πλειοψηφία στις 4 κοινοπραξίες (MLNG Satu, MLNG Dua, MLNG Tiga και PL9SB) που λειτουργούν τα συνολικά 9 τρένα υγροποίησης. Οι υπόλοιπες εταιρείες που συμμετέχουν μειοψηφικά είναι η Shell, η Mitsubishi και η Nippon Oil . Το τερματικό υγροποίησης βρίσκεται στην περιοχή Bintulu τις εγκαταστάσεις του οποίου χρησιμοποιούν από κοινού οι παραπάνω κοινοπραξίες. Η συνολική παραγωγή είναι 26,85 mpta , ενώ οι δεξαμενές αποθήκευσης έχουν συνολική χωρητικότητα 445.000 m³

4) Νιγηρία

Στη Νιγηρία υπάρχουν αποδεδειγμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου της τάξεως των 5,1 τρις κυβικών μέτρων. Η χώρα έχει τα μεγαλύτερα αποθέματα στην Αφρική αλλά μόνο το 25% των αποθεμάτων αυτών είναι αυτή τη στιγμή σε εκμετάλλευση. Η εγκατάσταση υγροποίησης βρίσκεται στην περιοχή Finima , στο Bonny Island , αποτελείται από 6 τρένα συνολικής παραγωγής 22mpta. Επιπλέον υπάρχουν 4 δεξαμενές αποθήκευσης , χωρητικότητας 84.200 m³ και 2 αποβάθρες από όπου εξυπηρετείται ο αποκλειστικό στόλος των 23 πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το τερματικό το διαχειρίζεται η εταιρεία Nigeria LNG Limited η οποία είναι κοινοπραξία μεταξύ της κρατικής Nigerian National Petroleum Corporation (NNPC) με 49%, της Shell με 25.6%, της Total LNG Nigeria ltd με 15% και της Eni International με 10.4%. Η εταιρεία έχει συνάψει 16 μακροπρόθεσμες συμφωνίες αγοραπωλησίας με 10 αγοραστές σε όρους DES σε Ισπανία,Γαλλία, Πορτογαλία, Τουρκία Μεξικό και ΗΠΑ . Επιπλέον, έχει πραγματοποιήσει μέχρι στιγμής 51 αγοραπωλησίες σποτ σε όρους Fob με διάφορους άλλους αγοραστές στην Νοτιοανατολική Ασία, Μέση Ανατολή, Νότια Αμερική και Ηνωμένο Βασίλειο.¹²

5) Ινδονησία

Στη χώρα αναλογεί το 1,5% των συνολικών παγκόσμιων κοιτασμάτων και είναι η τρίτη σε ποσότητα αποθεμάτων στην περιοχή ειρηνικού και νοτιοανατολικής Ασίας μετά την Αυστραλία και την Κίνα. Τα περισσότερα κέντρα παραγωγής βρίσκονται στη θάλασσα, τα μεγαλύτερα των οποίων είναι τα Arun, Bontang, Tangguh και η Natura Island. Η Ινδονησία παράγει περίπου διπλάσιο φυσικό αέριο από ότι καταναλώνει , όχι επειδή η παραγωγή υπερκαλύπτει την ζήτηση αλλά λόγω της έλλειψης σχετικών υποδομών και επενδύσεων αλλά και της γεωγραφίας (νησιωτικό κράτος), ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού δεν έχει πρόσβαση στα δίκτυα διανομής. Η ίδια η διανομή γίνεται ως επί το πλείστον με πλοία παρά με αγωγούς . Η Ινδονησία είναι ανάμεσα στους μεγαλύτερους εξαγωγείς LNG παγκόσμια αν και παρατηρείται φθίνουσα τάση στις εξαγωγές της, λόγω του ότι η κυβέρνηση προσπαθεί να αυξήσει την εγχώρια

¹² <http://www.nlng.com/Media-Center/Publications/2018%20FACTS%20AND%20FIGURES%20ON%20NLNG.pdf>

κατανάλωση αλλά και λόγω του ότι δεν υπάρχουν ικανοποιητικές επενδύσεις για την ανάπτυξη μελλοντικών κοιτασμάτων . Οι χώρες στις οποίες εξάγεται LNG είναι η Ιαπωνία , η Νότια Κορέα και η Ταιβάν .¹³

6) Αλγερία

Πρόκειται για την χώρα που πρώτη εξήγαγε LNG .Το πρώτο φορτίο υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλγερία ,παραδόθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1964 . Λειτουργούν 4 εγκαταστάσεις υγροποίησης σε 3 διαφορετικές περιοχές (Arzew, Bethioua, & Skikda) . Τα 2 μεγαλύτερα GL1Z και GL2Z βρίσκονται στην Bethioua , το GL4Z στην Arzew και το αρχικό και μικρότερο GL1K στη Skikda. Συνολικά λειτουργούν 19 τρένα υγροποίησης¹⁴ . Η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων και η τροφοδοσία των τερματικών γίνεται κατά 100% από την εταιρεία Sonatrach η οποία μέσω της θυγατρικής της Hyproc Shipping Company διαχειρίζεται 8 πλοία μεταφοράς με το μεγαλύτερο να είναι 165,000m³.¹⁵ Η πλειοψηφία των φορτίων προορίζεται για την Ευρώπη και πωλείται σε όρους fob.Στο παρελθόν κάποιες ποσότητες πωλήθηκαν στην Ασία και τις ΗΠΑ.

7) ΗΠΑ

Η ανάπτυξη της μεθόδου του fracking έδωσε την δυνατότητα αξιοποίησης των κοιτασμάτων σχιστολιθικού αερίου στις Ηνωμένες Πολιτείες , αύξησης του ενεργειακού τους χαρτοφυλακίου και μεταβολής της παραγωγής και κατανάλωσης ενέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο .Το μοναδικό μέχρι στιγμής εν λειτουργία τερματικό εξαγωγής στο Sabine Pass της Λουιζιάνα ,ανήκει στη Cheniere Energy και αποτελείται από 6 τρένα , δυναμικότητας 27 mtpa¹⁶. Επιπλέον σχεδιάζονται άλλα 5 τερματικά τα οποία θα προσθέσουν σταδιακά μέχρι 2019 , 48,6 mtpa και θα σταθεροποιήσουν τις ΗΠΑ ανάμεσα στους 3 μεγαλύτερους εξαγωγείς του κόσμου. Ένας επιπλέον παράγοντας προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η διεύρυνση της Διώρυγας του Παναμά η οποία επιτρέπει την διέλευση πλοίων μέχρι και 180.000 m³ και δίνει την δυνατότητα στους πελάτες των τερματικών της ανατολικής ακτής των ΗΠΑ να έχουν πρόσβαση στις αγορές της Ασίας σε μόλις 22 μέρες αντί των 35 ημερών που απαιτούνται μέσω Σουέζ ή Ακρωτηρίου Καλής Ελπίδας.

¹³ <https://www.nrgedge.net/article/1509944866-the-tight-balance-of-lng-in-indonesia> accessed June 2018

¹⁴ <https://www.woodmac.com/reports/lng-algeria-lng-overall-project-summary-8456967>

¹⁵ <http://www.hyproc.dz/en/potent.htm> accessed June 2018

¹⁶ <https://www.cheniere.com/terminals/sabine-pass/trains-1-6/> accessed June 2018

1.3 Η Ζήτηση για υγροποιημένο φυσικό αέριο

Στο άλλο άκρο της εφοδιαστικής αλυσίδας , η ζήτηση εξαρτάται πρωτίστως από την δυναμικότητα επαναεριοποίησης των εισαγωγών,¹⁷ την εγχώρια ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια (οικιακή κατανάλωση και βιομηχανική παραγωγή), την ύπαρξη ή μη αγωγών φυσικού αερίου και την τιμή του lng σε σχέση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα.

A. Η δυνατότητα των εισαγωγών για επαναεριοποίηση.

Τα τερματικά υποδοχής των πλοίων LNG ,αποθηκεύουν το υγροποιημένο φορτίο, το μετατρέπουν σε αέριο και το προωθούν στο τοπικό δίκτυο. Οι εγκαταστάσεις τους περιλαμβάνουν αποβάθρες εκφόρτωσης, δεξαμενές αποθήκευσης ,εξοπλισμό μετατροπής σε αέριο (varorizers) και αγωγούς σύνδεσης .Υπάρχουν 3 τύποι τέτοιων τερματικών

- Τερματικό επαναεριοποίησης και αποθήκευσης στη ξηρά
- Πλωτό τερματικό επαναεριοποίησης και αποθήκευσης (FSRU)
- Πλωτή εγκατάσταση αποθήκευσης (FSU) και παράκτια αποβάθρα επαναεριοποίησης (FSU/Offshore Terminal)

B. Η κατανάλωση του φυσικού αερίου μέσω της ηλεκτροδότησης.

Παρόλο που ο άνθρακας παραμένει το φθηνότερο καύσιμο για τις ανάγκες ηλεκτροδότησης κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες , η κατανάλωσης του αναμένεται να αντικατασταθεί από το φυσικό αέριο , κυρίως για περιβαλλοντικούς λόγους μέχρι το 2040

Γ. Η διασύνδεση με αγωγούς.

Χώρες που δεν έχουν σύνδεση με αγωγούς φυσικού αερίου , βασίζονται στις εισαγωγές υγροποιημένων φορτίων για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Οι αγωγοί είναι πιο ανταγωνιστικοί από πλευράς κόστους στις μικρές και μεσαίες αποστάσεις, υφίστανται όμως γεωλογικούς και γεωπολιτικούς περιορισμούς. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο έρχεται να υποκαταστήσει τους αγωγούς σε περιπτώσεις χωρών όπως η Ιαπωνία, αλλά μπορεί και να αποτελέσει επιλογή διαφοροποίησης προμήθειας των ενεργειακών πόρων.

Δ. Η τιμή του LNG σε σχέση με το πετρέλαιο και τον άνθρακα. Λόγω της σχέσης υποκατάστασης που προαναφέρθηκε.

¹⁷ Tusiani Searer, Lng,A Non Technical Guide page210-212

Η μεγαλύτερη εισαγωγική δραστηριότητα παρατηρείται στις αγορές της Ασίας και Ασίας –Ειρηνικού με τις εξής χώρες να αντιπροσωπεύουν το 78% περίπου των παγκόσμιων εισαγωγών.

1) Ιαπωνία .

Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 2000, για την παραγωγή ηλεκτρισμού, χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν ισόποσα φυσικό αέριο, άνθρακας , πετρέλαιο και πυρηνική ενέργεια. Η ενεργειακή πολιτική της χώρας από 2011 και μετά υφίσταται τις συνέπειες του ατυχήματος της Φουκουσίμα και της κυβερνητικής απόφασης για κλείσιμο των πυρηνικών εργοστασίων γεγονός που σήμανε αυξημένες εισαγωγές LNG και πετρελαίου ως αντιστάθμισμα. Λόγω των κλιματολογικών συνθηκών η εποχιακή ζήτηση για αέριο εμφανίζει αύξηση συνήθως τον Φεβρουάριο (οικιακές ανάγκες για θέρμανση) και το καλοκαίρι (αντίστοιχες ανάγκες για κλιματισμό). Η χώρα αντιμετωπίζει τις εποχικές αυτές διακυμάνσεις ζήτησης με το να μεταβάλλει τον όγκο του αποθηκευμένου LNG στα τερματικά εισαγωγής και με το να αυξάνει την συχνότητα των παραδιδόμενων φορτίων. Η μελλοντική ζήτηση για LNG θα εξαρτηθεί από το ρυθμό της επανέναρξης του πυρηνικού της προγράμματος.¹⁸

2) Κίνα

Για πάνω από δέκα χρόνια η Κίνα υπήρξε πηγή ζήτησης για ένα εύρος εισαγόμενων αγαθών συμπεριλαμβανομένων του πετρελαίου, φυσικού αερίου και άνθρακα στον οποίο και βασίστηκε συντριπτικά η οικονομική της ανάπτυξη από το 1995 έως και το 2014. Ακόμα και με την ελάχιστη παρουσία του , το φυσικό αέριο παρουσίασε μέση αύξηση στην χρήση του 13,5% μεταξύ των ετών 2010 και 2014. Το 2014 το μερίδιο του φυσικού αερίου στην ενεργειακή κατανάλωση ήταν 5,6% σε σχέση με το 65,7% του άνθρακα, 17,9% του πετρελαίου και 8% της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Παράλληλα η China National Petroleum Corporation (CNPC) , προέβη σε σημαντικές επενδύσεις τόσο στην ανάπτυξη των ενεργειακών πηγών όσο και σε υποδομές αγωγών ώστε να τροφοδοτηθεί από βορειοδυτικά με φυσικό αέριο από Τουρκμενιστάν, Καζακιστάν και Ουζμπεκιστάν, ενώ από τα νοτιοανατολικά από την Μιανμάρ . Επίσης ανάλογες συζητήσεις έγιναν με την Ρωσία για εισαγωγές από την Ανατολική Σιβηρία, στα βορειοανατολικά. Αυτές οι εισαγωγές αναμένονταν να ξεκινήσουν από το 2020. Παρόλα αυτά η χαμηλότερη ανάπτυξη που παρατηρήθηκε από το 2015 και μετά, τα υψηλά τέλη διέλευσης που απαιτήθηκαν από την gazprom συγκρινόμενα με τις χαμηλότερες τιμές του LNG τόσο στην σποτ αγορά όσο και στα μακροχρόνια συμβόλαια, είχαν ως συνέπεια οι συμφωνίες με τη Ρωσία να μην προχωρήσουν.¹⁹

Οι κύριοι προμηθευτές της Κίνας σε υδροποιημένο φυσικό αέριο είναι η Αυστραλία , το Κατάρ , η Ινδονησία και η Μαλαισία. Για πρώτη φορά το 2017 εισήχθη LNG από τις

¹⁸ Ken Koyama, Japan's LNG Demand in FY2018 , Impact of Economic Growth and Nuclear Plants' demand, IEEJ August 2017

¹⁹ Howard V Rogers, Asian LNG Demand: Key Drivers and Outlook, Oxford Institute for Energy Studies, 2016

Ηνωμένες Πολιτείες. Γενικότερα αναμένεται αύξηση της ζήτησης από πλευράς Κίνας ,φαινόμενο που εξηγείται από την αυξανόμενη αστικοποίηση, την δέσμευση για απεξάρτηση από τον άνθρακα και την μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων.

3) Νότια Κορέα

Η προμήθεια σε φυσικό αέριο γίνεται ως επί το πλείστον από εισαγωγές LNG. Μετά από έτη συνεχούς ανάπτυξης του τομέα, οι εισαγωγές μειώθηκαν το 2014 και το 2015. Λόγω της επιβράδυνσης της οικονομίας σε ΗΠΑ ,Κίνα και Ευρώπη ,μειώθηκαν οι εξαγωγές της χώρας και η οικονομία στράφηκε στην εγχώρια αγορά τόσο για προϊόντα όσο και υπηρεσίες. Επιπλέον παράγοντες που επηρέασαν αρνητικά τη ζήτηση για LNG, είναι η γήρανση του πληθυσμού, η μη ευέλικτη αγορά εργασίας και η κυριαρχία των μεγάλων εταιρειών όπως η KOGAS , η μεγαλύτερη εταιρεία αγοραστής lng παγκόσμια. Ο κύριος όγκος των εισαγωγών προέρχεται από το Κατάρ και ακολουθούν η Ινδονησία, η Μαλαισία, το Ομάν και η Νιγηρία.²⁰

4) Ταιβάν

Παρόλη την εγχώρια παραγωγή περίπου 0,4 εκατ.κυβικών μέτρων το χρόνο από 9 χερσαία οικόπεδα στα δυτικά και τρεις θαλάσσιες πλατφόρμες , το μεγαλύτερο ποσοστό της προμήθειας του LNG προέρχεται από εισαγωγές με κυριότερους προμηθευτές ιστορικά την Ινδονησία και τη Μαλαισία .Από το 2010 προστέθηκαν το Κατάρ, η Νιγηρία, το Ομάν και η Αυστραλία. Από το 2014 το Κατάρ αντιπροσωπεύει το 45% των συνολικών εισαγωγών. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η χώρα προέρχονται από την αμφίσημη σχέση της με την Κίνα που έχει ως συνέπεια τις περιορισμένες διπλωματικές σχέσεις διεθνώς. Σε συνδυασμό με τους αναξιοποίητους ενεργειακούς πόρους θα μπορούσε στο μέλλον να έχει προβλήματα με την ενεργειακή της ασφάλεια.²¹

5) Ευρώπη

Η ζήτηση για φυσικό αέριο στην Ευρώπη ανήλθε το 2017 στα 550 δις κυβικά μέτρα . Η μεγαλύτερη ποσότητα παραλαμβάνεται μέσω αγωγών από την Ρωσία και τη Νορβηγία αλλά και με εισαγωγές LNG από το Κατάρ και την Αλγερία. Υπάρχει διακύμανση στη χρήση LNG η οποία εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες , το επίπεδο της βιομηχανικής παραγωγής και την τιμή του σε σχέση με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τον άνθρακα. Παρόλα αυτά , η Ευρώπη είναι σταθερά προσανατολισμένη στην μείωση της εξάρτησης από το ρωσικό αέριο και στις πολιτικές προστασίας του περιβάλλοντος που επιτάσσουν την αντικατάσταση του άνθρακα , το κλείσιμο των πυρηνικών εργοστασίων και την αντικατάσταση των

²⁰ Howard V Rogers, Asian LNG Demand: Key Drivers and Outlook, Oxford Institute for Energy Studies, 2016

²¹ Howard V Rogers, Asian LNG Demand: Key Drivers and Outlook, Oxford Institute for Energy Studies, 2016

υγρών καυσίμων όπου αυτό είναι εφικτό. Πέραν των παραδοσιακών προμηθευτών LNG οι ευρωπαίοι αγοραστές εξετάζουν την πιθανότητα εισαγωγών από τις ΗΠΑ. Ένας λόγος είναι και οι σημαντικές αυξήσεις της τιμή του Brent, βάση του οποίου τιμολογούνται οι περισσότερες εισαγωγές υδροποιημένου φυσικού αερίου αλλά και των εισαγωγών από Ρωσία. Αντίθετα το σχιστολιθικό αέριο από ΗΠΑ έχει χαμηλότερο κόστος παραγωγής και τιμολογείται με τον δείκτη Henry Hub. Τα κόστη εισαγωγής όμως είναι μεγαλύτερα σε σχέση με το αέριο που παρέχεται μέσω αγωγών και επιπλέον απαιτούνται επιπλέον τερματικά εισαγωγής.

1.4 Η Τιμολόγηση του υδροποιημένου φυσικού αερίου

Σε αντίθεση με το αργό πετρέλαιο, για το υδροποιημένο φυσικό αέριο δεν υπάρχει εναρμονισμένη διεθνής τιμή. Αντίθετα, υπάρχουν περιφερειακές αγορές σύμφωνα με τις οποίες καταρτίζονται τα συμβόλαια αγοραπωλησίας (Sale & Purchase Agreements). Χρησιμοποιούνται κυρίως 2 τρόποι/ μηχανισμοί προσδιορισμού της τιμής.

1) Τιμή συνδεδεμένη με την τιμή του πετρελαίου-(Oil Price Escalation-OPE).²² Η τιμή συνδέεται με μία τιμή βάσης και μια ρήτρα κλιμάκωσης, μεταξύ ανταγωνιστικών (υποκατάστατων) καυσίμων. Αυτά είναι συνήθως το αργό πετρέλαιο και το diesel. Επίσης μπορεί να ληφθούν υπόψη ο άνθρακας ή ακόμα και οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος. Ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή και αγορά διαμορφώνονται τιμές:

A. Τιμή αργού πετρελαίου εκτελωνισμένου στην Ιαπωνία (Japanese Custom Cleared crude- JCC). Είναι η μέση τιμή του αργού που εισάγεται στην Ιαπωνία και δημοσιοποιείται από το Ιαπωνικό Υπουργείο Ενέργειας κάθε μήνα. Ο δείκτης JCC υιοθετείται στα μακροπρόθεσμα συμβόλαια LNG με την Ιαπωνία, την Κορέα και την Ταϊβάν.²³ Επίσης με κάποιες εκπτώσεις στα συμβόλαια της Κίνας και της Ινδίας. Η ιστορική σύνδεση της αγοράς του LNG της Ασίας-Ειρηνικού με την τιμή του αργού έχει να κάνει με το γεγονός ότι η έναρξη του εμπορίου του lng συνέπεσε με την εποχή που η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ιαπωνία εξαρτιόταν σε μεγάλο βαθμό από το πετρέλαιο. Με την χρήση του JCC μειώνονταν ο κίνδυνος ανταγωνισμού της τιμής μεταξύ 2 υποκατάστατων αγαθών.

B. Μέση τιμή του αργού πετρελαίου της Ινδονησίας (Indonesian Crude Price- ICP). Ορίζεται από τον κρατικό οργανισμό πετρελαίου και φυσικού αερίου της χώρας και χρησιμοποιείται για το lng που παράγεται στα τερματικά του Bontang και του Arun.

²² International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey, 2017 Edition

²³ Hyukdong Kwon & Hong Chong Cho (2018): The effect of international oil price on LNG price in South Korea and Japan, Geosystem Engineering, DOI: 10.1080/12269328.2017.1422992

Γ. Χρονολογημένο Brent (Dated Brent Crude). Με τον όρο αυτό περιγράφονται συγκεκριμένα φορτία ελαφρού πετρελαίου της Βόρειας Θάλασσας τα οποία έχουν καθορισμένες ημερομηνίες παράδοσης. Για κάθε τέτοιο φορτίο μπορεί να υπάρξουν παραπάνω από μια αγοραπωλησίες καθώς αυτό προωθείται στα διυλιστήρια και μετατρέπεται σε βενζίνη, diesel, καύσιμο αεροπλάνων κλπ. Οι τιμές για συμβόλαια lng που αφορούν χώρες όπως Κουβέιτ, Πακιστάν άλλα και πολλές ευρωπαϊκές χώρες, βασίζονται στο brent.

Δ. τιμή συνδεδεμένη με τον άνθρακα. Εξαιτίας της σχέσης υποκατάστασης που υπάρχει σε ορισμένες χώρες κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Υπήρχε σε παλαιότερα συμβόλαια πώλησης νορβηγικού αερίου στην Ολλανδία και σε πωλήσεις lng από τη Νιγηρία στην Ιταλία.

2) Τιμή που προσδιορίζεται από την προσφορά και τη ζήτηση²⁴ (Gas on gas competition-GOG) και τις συνδιαλλαγές σε διάφορες περιόδους (ημερήσιες, μηνιαίες, ετήσιες κλπ). Η εμπορική διαπραγμάτευση πραγματοποιείται σε πραγματικά κεντρικά σημεία-hubs (πχ Henry Hub) ή και εικονικά (National Balancing Point-NBP σε Ηνωμένο Βασίλειο). Επίσης υπάρχει και η δυνατότητα ανάπτυξης αγοράς μελλοντικών συμβολαίων (NYMEX ή ICE). Στο μηχανισμό αυτόν εντάσσονται:

- οι αγοραπωλησίες με βάση τιμή καθορισμένη βραχυπρόθεσμα,
- μακροπρόθεσμα συμβόλαια τα οποία μπορεί πχ να χρησιμοποιούν την μηνιαία τιμή
- επίσης η spot αγορά του LNG και οι διμερείς συμφωνίες στις οποίες η τιμή καθορίζεται μεταξύ πωλητή και αγοραστή για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, συνήθως έτος.

Εκτός από τους παραπάνω δυο τρόπους, η τιμή μπορεί να καθορίζεται μετά από διμερείς διαπραγματεύσεις μεταξύ ενός μεγάλου πωλητή και ενός αντίστοιχα μεγάλου αγοραστή. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε ένα διμερές μονοπώλιο (bilateral monopoly –BIM). Επίσης μπορεί να καθορίζεται από την τιμή του τελικού προϊόντος για την παραγωγή του οποίου αγοράζεται το LNG (netback from final product.) και εφαρμόζεται κυρίως όταν το LNG χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη σε χημικά εργοστάσια για την παραγωγή αμμωνίας ή μεθανόλης. Τέλος, η τιμή μπορεί να καθορίζεται από μια ρυθμιστική αρχή ή ένα υπουργείο, με βάση ορισμένα κριτήρια όπως την απόσβεση συγκεκριμένων επενδύσεων ή αν για κοινωνικούς και πολιτικούς λόγους θα πρέπει να είναι πάνω ή και κάτω από το κόστος παραγωγής και μεταφοράς δηλαδή αν θα πρέπει να υπάρξουν επιδοτήσεις της τιμής του.

²⁴ International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey, 2017 Edition

1.5 Τα συμβόλαια αγοραπωλησίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου

Ιστορικά, η αγορά και η πώληση του υγροποιημένου φυσικού αερίου γίνεται με την κατάρτιση μακροχρόνιων συμφωνιών (Sale & Purchase Agreement) συνήθους διάρκειας 20 με 25 ετών. Πωλητές και αγοραστές επωφελούνται της μακροχρόνιας αυτής δέσμευσης, διότι εξασφαλίζεται η χρηματοδότηση και η απόσβεση των μεγάλων επενδύσεων που απαιτεί η εφοδιαστική αλυσίδα του lng τόσο από πλευράς τερματικών υγροποίησης όσο και από πλευράς μεταφοράς (πλοία), τερματικών υποδοχής, αποθήκευσης, επαναεριοποίησης και υποδομών μέχρι τον τελικό καταναλωτή.²⁵

Με την πάροδο του χρόνου, την ανακάλυψη νέων κοιτασμάτων και την ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών (fracking) που επιτρέπουν πιο αποδοτική εκμετάλλευση, υπήρξε αύξηση της διαθεσιμότητας υγροποιημένου φυσικού αερίου γεγονός που ευνόησε την είσοδο στην αγορά νέων εξαγωγέων.

Η ανάδειξη νέων παικτών στην εφοδιαστική αλυσίδα του LNG έκανε περισσότερο εμφανή την πολυπλοκότητα της αγοράς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ αγοραστών και πωλητών.

Η έλλειψη εγχώριας παραγωγής ή σύνδεσης με αγωγούς στην Κορέα, Ιαπωνία και Ταιβάν ώθησε τις χώρες αυτές να βασίζονται ένα μέρος των εισαγωγών τους σε συμβόλαια μικρότερης διάρκειας ή και σποτ. Ειδικότερα η Ιαπωνία αντιμετώπισε και έκτακτα γεγονότα (σεισμός & πυρηνικό ατύχημα στη Φουκουσίμα) που την οδήγησε σε διακοπή του πυρηνικού της προγράμματος και συνέβαλλε στην αύξηση της ζήτησης για LNG. Άλλοι λόγοι για διαπραγμάτευση μη μακροχρόνιων συμβολαίων ήταν:

Η ανάδειξη των ΗΠΑ σε σημαντικό παραγωγό φυσικού αερίου και η μείωση της ανταγωνιστικότητας του LNG σε σχέση με το σχιστολιθικό αέριο αλλά και τον άνθρακα στην Ευρώπη, απελευθέρωσαν όγκους φορτίων που πλέον μπορούσαν να πωληθούν αλλού.

Η μεγάλη διαφορά στις τιμές πώλησης ανάμεσα σε διάφορες περιοχές του πλανήτη την περίοδο 2010 με 2014 ευνόησε την πρακτική της μεταπώλησης ως επικερδή επιχειρηματική δραστηριότητα (Arbitrage).

Η γρηγορότερη ανάπτυξη και τα χαμηλότερα κόστη κεφαλαίου των πλωτών τερματικών αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (floating storage and regasification units –FSRU) σε σχέση με την χερσαία δυναμικότητα, επέτρεψαν σε νέες χώρες εισαγωγείς να εισέλθουν στην αγορά.

²⁵ Tusiani, Searer Tusiani Searer, Lng, A Non Technical Guide page 200

Τέλος η μεγάλη ανάπτυξη του στόλου μεταφορέων του υγροποιημένου φυσικού αερίου και την ναυπήγηση πλοίων που δεν ήταν συνδεδεμένα με μακροχρόνια χρονοαύλωση, επέτρεψε την μείωση του μεταφορικού κόστους και την διαθάλασσης μεταφορά μεγαλύτερων όγκων φορτίων σε πιο απομακρυσμένες περιφερειακές αγορές. Αυτό συνέβη διότι η αύξηση του μεγέθους του στόλου, είχε ως αποτέλεσμα την υπερπροσφορά μεταφορικής ικανότητας και την μείωση των τιμών των ναύλων, επιτρέποντας στους αγοραστές να αποκτήσουν μεγαλύτερη διαπραγματευτική δύναμη²⁶. Σε μια συμφωνία αγοραπωλησίας διευκρινίζονται :

- Τα συμβαλλόμενα μέρη δηλαδή ο αγοραστής και ο πωλητής. Παραδοσιακά οι πωλητές είναι συνήθως κοινοπραξίες εθνικών εταιρειών πετρελαίου με άλλες ιδιωτικές εταιρείες. Έχουν την ιδιοκτησία των εγκαταστάσεων υγροποίησης και σε πολλές περιπτώσεις και τα δικαιώματα παραγωγής και εκμετάλλευσης των κοιτασμάτων. Ο αγοραστής είναι η εκάστοτε εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή διανομής του φυσικού αερίου για οικιακή και βιομηχανική χρήση. Ο αγοραστής συνήθως λειτουργεί και το εργοστάσιο επαναεριοποίησης.
- Ο όγκος που ο πωλητής υποχρεούται να παραδώσει και ο όγκος που ο αγοραστής πρέπει να παραλάβει σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, συνήθως χρόνο. Σε όλες τις συμφωνίες υπάρχει ένας βαθμός δέσμευσης όσον αφορά τις ποσότητες φορτίου που πρέπει να παραδοθούν ή να παραληφθούν. Στα συμβόλαια τα οποία αναφέρουν σταθερή δέσμευση, τυχόν αποτυχία των μερών να την τηρήσουν, αναγνωρίζει ζημιές στα συμβαλλόμενα μέρη. Υπάρχει και η περίπτωση ο βαθμός της δέσμευσης να μην είναι τόσο αυστηρά καθορισμένος, αλλά αντίθετα να γίνεται λόγος για «εύλογες προσπάθειες» και τότε δεν τίθεται θέμα ζημιών.

Το συμβόλαιο αγοραπωλησίας επιτρέπει μειώσεις στον συμφωνημένο όγκο σε περιπτώσεις ανωτέρας βίας (force majeure) και σε περιπτώσεις φορτίου που απορρίπτει ο αγοραστής λόγω προδιαγραφών. Με τον όρο force majeure περιγράφονται συνθήκες πέρα από τον έλεγχο των συμβαλλομένων, όπως ακραίες καιρικές καταστάσεις, πόλεμος, αλλά και τρομοκρατικές ενέργειες, απεργίες κλπ. Συνήθως μια τέτοια ρήτρα, επιβάλλει στο μέρος το οποίο πλήττεται από ένα γεγονός ανωτέρας βίας, να ενημερώσει τον έτερο συμβαλλόμενο για την εκτιμώμενη διάρκεια του γεγονότος και να λάβει μέτρα για την όσο το δυνατόν ταχύτερη αποκατάσταση της ομαλότητας. Στην περίπτωση που για παράδειγμα ένα τερματικό υγροποίησης λόγω ανωτέρας βίας, δεν μπορεί να παρέχει τις συμφωνημένες ποσότητες σε έναν αγοραστή,

²⁶ IGU World Gas LNG Report – 2018 Edition

τότε εκείνος μπορεί να αγοράσει από τρίτα μέρη ώστε να μετριάσει τις οικονομικές επιπτώσεις που θα υποστεί.²⁷

- Οι ανακατευθύνσεις του φορτίου .Σε πιο πρόσφατα συμβόλαια περιέχεται το δικαίωμα είτε από τον αγοραστή είτε από τον πωλητή να αλλάξει ο προορισμός του φορτίου και να κατευθυνθεί σε άλλη αγορά με σκοπό την επίτευξη μεγαλύτερης τιμής. Η ανακατεύθυνση του φορτίου προνοεί όρους βάση των οποίων τα δυο μέρη θα μοιραστούν τα έξοδα και τα κέρδη που θα προκύψουν.
- Οι τεχνικές προδιαγραφές του φορτίου. Αφορούν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υγροποιημένου φυσικού αερίου, συνήθως την θερμική αξία και το ποσοστό των αερίων εκτός μεθανίου. Επίσης αναφέρουν τον τρόπο μέτρησης της ποσότητας και της ποιότητας του LNG , τα απαιτούμενα τεχνικά χαρακτηριστικά των πλοίων και των τερματικών υποδοχής . Ο τρόπος μέτρησης του φορτίου γίνεται με κοινώς αποδεκτή και τυποποιημένη μέθοδο που αποτελείται από 2 μέρη. Πρώτον, μετριέται η ποσότητα στις δεξαμενές του πλοίου πρίν και μετά τη φόρτωση στο τερματικό υγροποίησης και μετά την εκφόρτωση στο τερματικό υποδοχής. Δεύτερον, μέσω δειγματοληψιών πιστοποιείται η σύνθεση του φορτίου στην φόρτωση και εκφόρτωση με την αποτίμηση της πυκνότητας και των επί μέρους όγκων των αερίων που το απαρτίζουν. Από τον υπολογισμό του όγκου σε συνδυασμό με το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας προκύπτει η ενεργειακή αξία του φορτίου η οποία θα πρέπει να επιβεβαιώνει ότι η ποιοτική σύσταση της ποσότητας προς παράδοση ανταποκρίνεται στους όρους του συμβολαίου. Η παραπάνω διαδικασία γίνεται διότι στις περισσότερες περιπτώσεις το φυσικό αέριο πωλείται με κριτήριο την θερμική του απόδοση και όχι τον όγκο. Η ενέργεια που αποδίδει όταν καίγεται 1 μονάδα όγκου αερίου σχετίζεται με την αναλογία του ελαφρύτερου μεθανίου σε σχέση με τα υπόλοιπα αέρια όπως αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο τα οποία είναι βαρύτερα. Η ακριβής ενεργειακή αξία του φορτίου εξαρτάται από το κοίτασμα και την διαδικασία υγροποίησης και μετριέται σε mmbtu (million British Thermal Units (BTU)). Σύμφωνα με τα παραπάνω 1 κυβικό lng κυμαίνεται από 21 μέχρι 24 mmbtu. Η τιμολόγηση του είναι συνήθως σε δολάρια ανα mmbtu.²⁸
- Η τιμή πώλησης .Όπως προαναφέρθηκε , η τιμολόγηση μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους : με χρήση δεικτών πετρελαίου , με τιμή που καθορίζεται από την προσφορά και τη ζήτηση του φυσικού αερίου, με αγορά futures κλπ. Βάση της τιμολόγησης αποτελεί ο καθορισμός της καθαρής αρχικής τιμής του lng (netback price). Η τιμή αυτή είναι μια ισοτιμία εξαγωγής που αντιπροσωπεύει το κόστος ευκαιρίας που έχει ο εγχώριος προμηθευτής όταν

²⁷ Trafigura, Master Lng Sale & Purchase Agreement , παρ 12

²⁸ Trafigura, Master Lng Sale & Purchase Agreement , παρ 11

εφοδιάζει με φυσικό αέριο την εγχώρια αγορά αντί να το εξάγει ως LNG. Υπολογίζεται δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη την τιμή αγοράς για μια συγκεκριμένη ποσότητα LNG και αφαιρώντας τα κόστη που ανέλαβε ο προμηθευτής για υγροποίηση και μεταφορά στο σημείο παράδοσης. Εφόσον με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη του κλάδου διεθνώς, υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία στον τόπο διαπραγματεύσεως και τιμολόγησής και καθώς οι αγοραστές αποκτούν μεγαλύτερη διαπραγματευτική δύναμη, υπάρχει και καλύτερη πληροφόρηση σχετικά με την τιμή αυτή και πώς διαμορφώνεται, γεγονός που βελτιώνει και τον ανταγωνισμό.

- Ο επιμερισμός μεταξύ των συμβαλλόντων, των δαπανών και της ευθύνης για την μεταφορά του φορτίου : Α) Συμφωνία αγοραπωλησίας σε όρους FOB (free on board sale & purchase agreement). Ο αγοραστής έχει την υποχρέωση να παραλάβει την συμφωνημένη ποσότητα φορτίου από το τερματικό υγροποίησης και είναι υπεύθυνος για την μεταφορά της στο τερματικό υποδοχής. Η ευθύνη της μεταφοράς σημαίνει ότι ο αγοραστής είτε είναι ο ιδιοκτήτης των πλοίων, είτε τα ναυλώνει από άλλους πλοιοκτήτες. Σε ένα τέτοιο συμβόλαιο πρέπει να υπάρχει η γραπτή διαβεβαίωση/ συμφωνία ότι ο αγοραστής θα παραλάβει όλες τις προσυμφωνημένες ποσότητες για τις οποίες η τιμή έχει επίσης προσυμφωνηθεί- η λεγόμενη off take agreement ή take or pay. Ο αγοραστής πληρώνει το συμφωνηθέν φορτίο ακόμα και αν δεν μπορεί να το παραλάβει ενώ ο προμηθευτής είναι υποχρεωμένος να παραδώσει συμφωνηθέν φορτίο σε μεταγενέστερο χρόνο. Οι συμφωνίες αυτές καταρτίζονται για να διασφαλίσουν εγγυημένες αποδόσεις για τις επενδύσεις των πωλητών (εγκαταστάσεις υγροποίησης, τερματικά κλπ) και χρηματοδότηση για την επέκταση των δραστηριοτήτων τους. Από την πλευρά τους οι αγοραστές προστατεύονται από μελλοντική αύξηση στις τιμές σε περίπτωση που η ζήτηση ξεπεράσει την προσφορά. Σε μία αγοραπωλησία με όρους fob, η κυριότητα αλλά και οι κίνδυνοι που σχετίζονται με το φορτίο, μεταφέρονται στον αγοραστή στο σημείο που βρίσκεται το στόμιο εισαγωγής του πλοίου όπου συνδέονται οι βραχίονες φορτώσεως.²⁹ Β) Συμφωνία αγοραπωλησίας σε όρους DES ή DAT ή DAP (Delivered Ex Ship, Delivered at Terminal, Delivered at Place Sale & Purchase agreement). Ο πωλητής έχει την υποχρέωση να παραδώσει το φορτίο πάνω στο πλοίο στο τερματικό υποδοχής και φέρει όλα τα κόστη και τους κινδύνους για την μεταφορά. Ο όρος Des αφορούσε τις γενικά τις περιπτώσεις όπου ο πωλητής ήταν και ιδιοκτήτης του πλοίου. Ο αγοραστής αποκτά κυριότητα του φορτίου με την εκφόρτωση από το πλοίο. Από το 2010 έχει αντικατασταθεί από τους όρους DAT ή DAP. Σε DAT όρους η τιμή πώλησης περιλαμβάνει την μεταφορά και την εκφόρτωση σε συγκεκριμένο τερματικό αλλά όχι και τους εισαγωγικούς δασμούς και τέλη. Σε

²⁹ Trafigura, Master Lng Sale & Purchase Agreement, παρ.9.4

όρους DAP η τιμή περιλαμβάνει την μεταφορά σε συγκεκριμένο μέρος αλλά όχι την εκφόρτωση και τους δασμούς. Γ) Συμφωνία αγοραπωλησίας σε όρους CIF. Ο πωλητής φέρει την ευθύνη του φορτίου, της μεταφοράς στον προορισμό και της ασφάλισής του ενώ μεταφέρει τα σχετικά κόστη στην τιμή στην οποία πωλεί στον αγοραστή. Η μεταφορά της κυριότητας του φορτίου καθώς και του κινδύνου, μπορεί να διαφοροποιείται ανάλογα με την εκάστοτε συμφωνία και τις ανάγκες των συμβαλλόμενων μερών. Για παράδειγμα, για να αποφευχθεί τυχόν φορολόγηση ή αστική ευθύνη, μπορεί να γίνεται στην ανοικτή θάλασσα, πέρα από τα χωρικά ύδατα τόσο του αγοραστή όσο και του πωλητή.

1.6 Η φορτωτική και λοιπά συνοδευτικά έγγραφα³⁰

Πρόκειται για το πιο σημαντικό έγγραφο διότι αποτελεί την απόδειξη ότι το φορτίο παραλήφθηκε από το πλοίο και υπογράφεται από τον πλοίαρχο ο οποίος αντιπροσωπεύει τον πλοιοκτήτη ή τον χρονοναυλωτή. Δηλώνει την ποσότητα του φορτίου και ότι παρελήφθη σε καλή κατάσταση. Επίσης δηλώνει τους όρους και συνθήκες μεταφοράς (fob, cif κλπ). Εκδίδεται σε 3 αντίτυπα, ένα για τον φορτωτή (πλοιοκτήτη ή ναυλωτή) ένα για τον παραλήπτη και ένα παραμένει στο πλοίο.

Πιστοποιητικά Ποσότητας και Ποιότητας : εκδίδονται από το τερματικό φόρτωσης και υπογράφονται από ανεξάρτητο επιθεωρητή. Το πιστοποιητικό ποιότητας αναφέρει τα φυσικά χαρακτηριστικά του φορτίου και την αναλογία των επί μέρους αερίων.

Πιστοποιητικό Προέλευσης : Δηλώνει την χώρα προέλευσης του φορτίου εκδίδεται από το τερματικό υγροποίησης και σφραγίζεται από τις εκεί τελωνειακές αρχές.

Ημερολόγιο : Καταγράφει χρονικά όλες τις κινήσεις του πλοίου και τις διαδικασίες από την είσοδο μέχρι και την αναχώρηση από το λιμάνι. Προετοιμάζεται από τους πράκτορες του πλοίου και υπογράφεται από τον πλοίαρχο. Σκοπό έχει να καταγράψει τη σειρά των γεγονότων και τυχόν καθυστερήσεις.

Δηλωτικό του Φορτίου: Αναγράφει το φορτίο σύμφωνα με την φορτωτική και την κατανομή του μέσα στις δεξαμενές ώστε να χρησιμοποιηθεί από το τελωνείο στο λιμάνι εκφόρτωσης. Εκδίδεται από τους πράκτορες του πλοίου κατά τη φόρτωση.

Πιστοποιητικό καταλληλότητας των δεξαμενών. Εκδίδεται από ανεξαρτήτους χημικούς ή επιθεωρητές εφόσον απαιτούνται συγκεκριμένες συνθήκες πριν από την φόρτωση

³⁰ <http://www.liquefiedgascarrier.com/cargo-information.html> accessed May 2018

1.7 Τα πλοία μεταφοράς LNG

Πρόκειται για υπερσύγχρονα πλοία που φέρουν εξειδικευμένες δεξαμενές αποθήκευσης στις οποίες το υγροποιημένο φορτίο διατηρείται και μεταφέρεται σε θερμοκρασία $-163\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε αντίθεση με τα άλλα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (Irg κλπ), το φορτίο στα πλοία LNG δεν χρειάζεται να συμπιεστεί πολύ πάνω από την ατμοσφαιρική πίεση διότι παραμένει στην υγρή του μορφή εφόσον διατηρείται στην παραπάνω θερμοκρασία.

Το πρώτο πλοίο που μετέφερε υγροποιημένο φυσικό αέριο ήταν το Methane Pioneer, το οποίο το 1959 μετέφερε 5000 m^3 από το τερματικό Trunkline της Λουιζιάνα στο Canvey του Ηνωμένου Βασιλείου. Το συγκεκριμένο πλοίο είχε υποστεί μετατροπή ώστε να έχει 5 δεξαμενές με μόνωση από ξύλο μπάλα και υαλοβάμβακα και η επιτυχής μεταφορά του φορτίου αποτέλεσε την αφετηρία της εποχής του LNG. Τα επόμενα δύο εμπορικά βιώσιμα πλοία ήταν το Methane Progress και το Methane Princess χωρητικότητας το καθένα $27,400\text{ m}^3$ και τα οποία ξεκίνησαν την υπηρεσία τους το 1964. Το 1969 η γαλλική Gaz Transport of France εισήγαγε το σύστημα δεξαμενών μεμβράνης ενώ 2 χρόνια αργότερα η νορβηγική Kvaerner, τις σφαιρικές δεξαμενές Moss. Από τότε μέχρι σήμερα, τα πλοία του κλάδου έχουν αυξήσει τόσο το μέγεθος όσο και τις δυνατότητες τους. Σύμφωνα με το IGU World LNG Report 2017, το μέσο μέγεθος ενός πλοίου που παραδόθηκε το 2015 ήταν 144.000 m^3 και 153.000 m^3 το 2016, χωρίς να έχουν συμπεριληφθεί τα Q-Max και Q-Flex στα οποία έγινε αναφορά σε προηγούμενη παράγραφο. Το μέγεθος δηλαδή σε σχέση με το 1964 σχεδόν εξαπλασιάστηκε.

1.7.1 Η ιδιοκτησία και ο έλεγχος των πλοίων LNG

Εφόσον, η ζήτηση για μεταφορικές υπηρεσίες είναι παράγωγος ζήτηση, η αύξηση του στόλου των πλοίων μεταφοράς LNG συνδέεται άμεσα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω δηλαδή την ανάπτυξη και επέκταση της βιομηχανίας του υγροποιημένου φυσικού αερίου και των αντίστοιχων τερματικών υγροποίησης και επανααεριοποίησης. Άλλος παράγοντας υπήρξε η ανάδειξη της Κορέας ως σημαντικής ναυπηγικής δύναμης με παράλληλη μείωση του κόστους ναυπήγησης και άρα και των τιμών των νεότευκτων πλοίων. Οι ΗΠΑ, αρχικά ως εισαγωγείς παρουσίασαν αυξημένη ζήτηση για Ing στις αρχές της δεκαετίας του 2000^{31, 32}. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι ως τότε εξαγωγείς να αναζητήσουν επιπλέον χωρητικότητα για να καλύψουν την μεγαλύτερη απόσταση. Η ζήτηση για πλοία γρήγορα οδήγησε σε αύξηση των τιμών τους αλλά και

³¹ Howard V Rogers, Jonathan Stern, Challenges to JCC Pricing in Asian LNG Markets. Oxford Institute for Energy Studies, February 2014

³² Michelle Michot Foss, Ph.D. An overview on liquefied natural gas (LNG), its properties, the LNG industry, and safety considerations

σε μεγάλη αντίστοιχη αύξηση των ναύλων τόσο στις βραχυπρόθεσμες χρονοναυλώσεις και στις ναυλώσεις ανά ταξίδι. Η αύξηση των τιμών με τη σειρά της οδήγησε σε νέες παραγγελίες ακόμα και από πλοιοκτήτες οι οποίοι παραδοσιακά δεν ασχολούνταν με τον συγκεκριμένο κλάδο και απλά υπολόγισαν ότι θα μπορούσαν να επωφεληθούν της θετικής συγκυρίας³³. Αλλά και οι μεγάλες εταιρείες πετρελαίου, οι οποίες έλεγχαν τις πηγές εξόρυξης και τα τερματικά υγροποίησης, θέλησαν να εξασφαλίσουν την πρόσβασή τους στις νέες αγορές και την ευελιξία που απαιτούσαν οι νέες συνθήκες και θώρησαν ότι η παραγγελία νέων πλοίων θα εξυπηρετούσε καλύτερα τις δραστηριότητές τους³⁴. Επομένως, ο έλεγχος της μεταφοράς και του πλοίου γίνεται ακόμα πιο σημαντικός και οι παραγγελίες δεν συνδέονται πλέον αποκλειστικά μόνο με συγκεκριμένα επιχειρηματικά σχέδια και διαδρομές, αλλά τα πλοία θεωρούνται σημαντικό περιουσιακό στοιχείο το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί ανάλογα με την μελλοντική συγκυρία και να αποφέρει μεγάλα κέρδη³⁵.

Παραδοσιακά, υπάρχουν τρεις μορφές³⁶ ιδιοκτησίας των πλοίων μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

1) Τα πλοία ανήκουν σε μια ανεξάρτητη πλοιοκτήτρια εταιρεία η οποία τα μισθώνει στον πωλητή ή αγοραστή του υγροποιημένου φυσικού αερίου, μέσω σύμβασης μακροχρόνιας χρονοναύλωσης. Όπως και στους άλλους κλάδους της διεθνούς ναυτιλίας έτσι και στον τομέα των πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου μπορεί να υπάρχει σαφής διαχωρισμός ανάμεσα στην ιδιοκτησία του πλοίου και στον έλεγχο ή την λειτουργική του διαχείριση. Πολλές φορές ως ιδιοκτήτες εμφανίζονται γνωστές ναυτιλιακές εταιρείες ή όμιλοι οι οποίοι ναυλώνουν τα πλοία τους στους αγοραστές ή στους πωλητές του lng ανάλογα με τους όρους πώλησης (fob, cif κλπ). Συνεπάγεται ότι τον έλεγχο του πλοίου δεν τον έχει ο ιδιοκτήτης αλλά ο πωλητής ή αγοραστής εφόσον είναι εκείνος ο οποίος χρονοναυλώνει το πλοίο. Ομοίως και η διαχείριση μπορεί να γίνεται από τους ίδιους τους ναυλωτές ή να εκχωρηθεί σε μια άλλη ανεξάρτητη εταιρεία που μπορεί να παρέχει εξειδικευμένο προσωπικό και εμπειρία. Πολλοί ανεξάρτητοι πλοιοκτήτες επένδυσαν στην μεγάλη αύξηση του στόλου τους κυρίως μετά το πυρηνικό ατύχημα της Φουκουσίμα. Το κίνητρο για κάποιους ήταν καθαρά κερδοσκοπικό, αποσκοπούσαν δηλαδή στα κέρδη από την σποτ αγορά που αναμένονταν από την αύξηση των ναύλων, ενώ για άλλους οι παραγγελίες βασίστηκαν στην σύναψη μακροχρόνιων συμβολαίων ναύλωσης με διεθνείς πετρελαϊκές εταιρείες.

2) Τα πλοία βρίσκονται είτε στην άμεση ιδιοκτησία του πωλητή του υγροποιημένου φυσικού αερίου είτε του ανήκουν εμμέσως μέσω μιας ξεχωριστής νομικής οντότητας

³³ Tusiani, Searer Tusiani Searer, Lng, A Non Technical Guide page 22

³⁴ Tusiani Searer, Lng, A Non Technical Guide page 210-212

³⁵ Tusiani Searer, Lng, A Non Technical Guide page 210-212

³⁶ Tusiani Searer, LNG: Fuel For A Changing World: A Nontechnical Guide, page 257

που έχει συσταθεί για τον σκοπό αυτό και ονομάζεται Εταιρεία Ειδικού Σκοπού (Special Purpose Vehicle)

3)Τα πλοία ανήκουν στον αγοραστή του LNG ή στην αντίστοιχη δική του εταιρεία ειδικού σκοπού.

Ενδέχεται όμως ,κυρίως σε περιπτώσεις ολοκληρωμένων επιχειρηματικών σχεδίων, να υπάρχει κοινή ιδιοκτησία των στόλων , τα πλοία να κατανέμονται σε συνεργαζόμενες εταιρείες και τα ναυλοσύμφωνα να καταρτίζονται κανονικά μεταξύ των μερών σαν να επρόκειτο για ανεξάρτητες νομικές οντότητες. Οι λόγοι για αυτήν την πρακτική είναι προφανώς για να επωφεληθούν οι συμβαλλόμενοι από τα ευνοϊκά καθεστάτα φορολογίας που διέπουν τον κλάδο της ναυτιλίας και να προστατέψουν τις υπόλοιπες επενδύσεις τους από την αστική ευθύνη που θα προέκυπτε από ενδεχόμενο ατύχημα ενός πλοίου.

Στο τέλος του 2017 , περίπου το 81% των νέων παραγγελιών πλοίων lng ήταν συνδεδεμένα με συγκεκριμένο επιχειρηματικό σχέδιο ή ναυλωτή και μόνο 20 πλοία ήταν διαθέσιμα για την αγορά σπότε³⁷

1.7.2 το boil off gas

Η κυριότερη ίσως πρόκληση που πρέπει να αντιμετωπιστεί κατά τη διάρκεια της θαλάσσιας μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου , είναι η διαχείριση της κατάστασης του ίδιου του φορτίου.

Όπως αναφέρθηκε , για να μπορέσει να γίνει η φόρτωση και η μεταφορά του μίγματος μεθανίου με πλοίο πρέπει να προηγηθεί η ψύξη του κάτω από το σημείο βρασμού του στους -162 βαθμούς Κελσίου και η αποθήκευση του σε ατμοσφαιρική πίεση στις δεξαμενές του πλοίου, οι οποίες είναι ειδικά κατασκευασμένες και φέρουν ειδικές μονώσεις ώστε να διατηρούν την θερμοκρασία αυτή. Καμία μόνωση όμως δεν μπορεί να είναι απολύτως αποτελεσματική, συνεπώς λόγω των συνθηκών που αναλύονται παρακάτω, ένα μέρος του υγρού θερμαίνεται πάνω από το σημείο βρασμού του και μετατρέπεται σε αέριο. Το αέριο αυτό ονομάζεται boil off gas (BOG) και είναι απαραίτητο να αφαιρείται ώστε να μην αυξάνεται η πίεση της δεξαμενής.

BOG προκαλείται επίσης τόσο στην φόρτωση όσο και στη εκφόρτωση, στο έμφορτο αλλά και άφορτο μέρος του ταξιδιού.

Κατά την διάρκεια του ταξιδιού, BOG προκαλείται κυρίως από την εισροή θερμότητας³⁸ η οποία προκαλείται:

³⁷ IGU World LNG Report — 2017 Edition

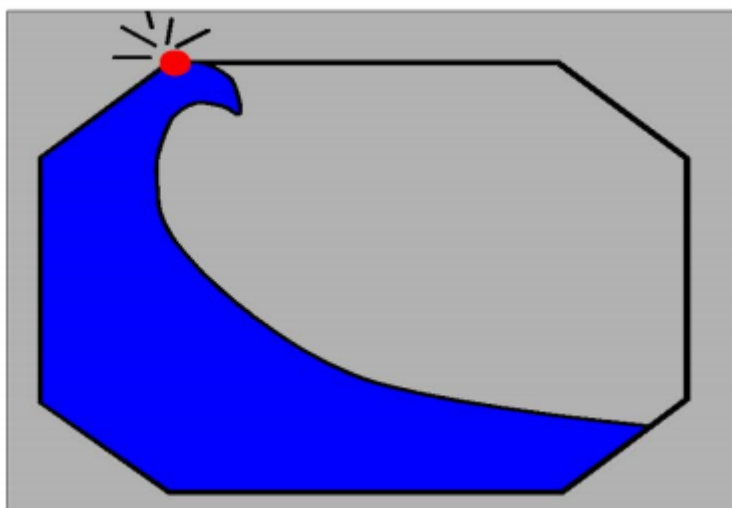
³⁸ Đorđe Dobrota, Branko Lalić, Ivan Komar, Problem of Boil - off in LNG Supply Chain , Transactions on Maritime Science. 2013; 02: 91 - 100

1) Λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ δεξαμενών και εξωτερικού περιβάλλοντος.

2) Λόγω της ψύξεως των δεξαμενών κατά την διάρκεια του άφορτου ταξιδιού. Η ψύξη επιτυγχάνεται με τον σποραδικό ψεκασμό με υγροποιημένο φυσικό αέριο στο ανώτερο μέρος της δεξαμενής.

3) Λόγω του κυματισμού που προκαλεί την ανάδευση και πρόσκρουση του υγρού πάνω στην επιφάνεια των δεξαμενών όταν αυτές δεν είναι πλήρως γεμάτες. Η τριβή που δημιουργείται στα εσωτερικά τοιχώματα των δεξαμενών από το φαινόμενο της ανάδευσης (sloshing) του φορτίου, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας. Το sloshing συμβαίνει λόγω του συγχρονισμού της κίνησης του πλοίου με την κίνηση του υγρού στις δεξαμενές. Η ανάδευση εντείνεται λόγω συχνότητας και όχι λόγω του εύρους της κίνησης.

Εικ.1.7.2.1 φαινόμενο sloshing



Πηγή : gia.org

4) Από την ίδια την σύνθεση και την ποιότητα του φορτίου και κυρίως την περιεκτικότητά του σε άζωτο. Όσο υψηλότερη περιεκτικότητα σε άζωτο, τόσο μεγαλύτερη η εξάτμιση.

Συνεπώς η ποσότητα του BOG που παράγεται σε ένα ταξίδι, εξαρτάται από τις αλλαγές στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος, την θερμοκρασία της θάλασσας, τον κυματισμό και το περιεχόμενο των δεξαμενών.

Ο όγκος του υγρού που εξατμίζεται από ένα φορτίο λόγω της θερμότητας και εκφράζεται σε ποσοστό στο συνολικό όγκο υγρού ανά μονάδα χρόνου, ονομάζεται ρυθμός εξάτμισης ή boil off rate (BOR). Αποδεκτό boil off rate στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου θεωρείται το 0,15% και κάτω ανά ημέρα ταξιδιού όταν το πλοίο είναι έμφορτο, ενώ στο άφορτο ταξίδι, υπολογίζεται μεταξύ 0.06 με 0,10%.

Η επίπτωση του φαινομένου της εξάτμισης στο μεταφερόμενο φορτίο είναι ποσοτική και ποιοτική. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελείται από μίγμα αερίων το κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετικό σημείο βρασμού και θερμική αξία. Δεν μεταβάλλονται όλα ταυτόχρονα ούτε και στη ίδια ποσότητα, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ποιότητα του φορτίου και συνεπώς και η τιμή του.

Όσον αφορά στην ποσότητα, συνεπάγεται ότι λόγω του φαινομένου υπάρχει μείωση του φορτίου. Η οικονομική επίπτωση μπορεί να αποτιμηθεί ακολούθως:

Πρώτον υπολογίζουμε τον όγκο της εξάτμισης από την σχέση³⁹:

$$V = BOR \times C \times ML,$$

όπου BOR θα θεωρήσουμε 0,15%, για ένα πλοίο ονομαστικής χωρητικότητας C σε κυβικά 145000, ML (maximum loading), το ανώτατο επιτρεπόμενο από τον IMO όριο φόρτωσης, στην περίπτωση μας 98%

Αρα έχουμε $V = 0.15\% \times 145000 \times 98\% = 213,15$ κυβικά μέτρα συνολικού αερίου ανα ημέρα.

Θεωρώντας ότι 1 κυβικό μέτρο φυσικού αερίου αποδίδει 23 mmbtu, τα 213,15 κυβικά είναι $213,15 \times 23 = 4.902,45$ mmbtu. Αν η τιμή του στο τερματικό πώλησης είναι πχ 11\$/MMBTU τότε η αξία του φορτίου που εξατμίζεται ανα ημέρα είναι $4.902,45 \times 11\$/mmbtu = 53.926,95$ \$

Συμπεραίνεται, λοιπόν ότι η διαχείριση του ζητήματος της εξάτμισης είναι ζωτικής σημασίας διότι:

Στο συμβόλαιο ναυπήγησης τα συμβαλλόμενα μέρη συμφωνούν για τα επίπεδα της εξάτμισης και πάντα σε συνάρτηση με τις προδιαγραφές των δεξαμενών. Αυτό συμβαίνει διότι το boil off έχει οικονομική επίπτωση στον παραλήπτη του φορτίου, στους όρους της ναύλωσης και στην εγγύηση ποιότητας του κατασκευαστή. Το επίπεδο της εξάτμισης και το πόσο θα αξιοποιηθεί στην πρόωση του πλοίου επηρεάζει την επιλογή των μηχανών άρα και το μέγεθος της επένδυσης και το ύψος της δαπάνης του κεφαλαίου. Ανάλογα με τα συστήματα πρόωσης και την υπηρεσιακή ταχύτητα του πλοίου, η φυσική εξάτμιση (natural boil off) μπορεί να μην

³⁹ Walid M Bahgat, Proposed Method for Dealing with Boil-off Gas on board LNG Carriers during Loaded Passage, International Journal of Multidisciplinary and Current Research, May/June 2015

επαρκεί και να απαιτείται η πρόκληση επιπλέον ποσότητας (forced boil off) ή η χρησιμοποίηση υγρών καυσίμων.

Επίσης θα πρέπει να αξιολογηθεί το είδος των δεξαμενών του πλοίου. Η τεχνολογική εξέλιξη έχει βελτιώσει τα συστήματα συγκράτησης του lng , με αποτέλεσμα την μείωση του ρυθμού εξάτμισης αλλά οι νέες δεξαμενές έχουν επίσης μεγαλύτερο κόστος εγκατάστασης.

Το φαινόμενο του boil off δεν περιορίζεται μόνο κατά την διάρκεια του ταξιδιού, αλλά υπάρχει και κατά τις εργασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης του πλοίου κατά τη διάρκεια των οποίων το πλοίο βρίσκεται στην αποβάθρα του τερματικού και είναι συνδεδεμένο με τις χερσαίες δεξαμενές αποθήκευσης μέσω φορτωτικών και εκφορτωτικών βραχιόνων και σωληνώσεων που φέρουν ανάλογη μόνωση. Το μήκος των σωληνώσεων αυτών επιδρά ανάλογα στο φαινόμενο των απωλειών του προς φόρτωση ή εκφόρτωση φορτίου, όσο μακρύτερα βρίσκονται δηλαδή οι δεξαμενές του χερσαίου τερματικού τόσο μεγαλύτερες είναι οι απώλειες. Ο όγκος της εξάτμισης σε συνθήκες φόρτωσης και εκφόρτωσης είναι πολύ μεγαλύτερος αναλογικά με εκείνο του ταξιδιού, υπάρχει όμως για συντομότερο χρονικό διάστημα , όσο δηλαδή διαρκεί η φόρτωση ή η εκφόρτωση (8-12 ώρες ανάλογα με το μέγεθος του πλοίου). Αυτό συμβαίνει διότι κατά τις εργασίες αυτές υπάρχει συνήθως διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ των δεξαμενών του πλοίου και του τερματικού ενώ μεγάλος όγκος φορτίου αντλείται από ή προς το πλοίο σε λίγες ώρες, με συνέπεια να παρατηρείται ραγδαία αύξηση της πίεσης. Επίσης ένα μέρος της ενέργειας που απαιτείται για την φόρτωση/ εκφόρτωση (αντλίες κλπ) , μετατρέπεται σε θερμότητα η οποία απορροφάται από το υγροποιημένο φυσικό αέριο , με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του. ⁴⁰

1.7.3 Η ναύλωση των πλοίων μεταφοράς LNG

Όπως αναφέρθηκε, σύμφωνα με τους όρους στο συμβόλαιο αγοράς και πώλησης προκύπτει και η ευθύνη μεταφοράς του φορτίου από τον ένα συμβαλλόμενο στον άλλο

Όταν ένα συμβόλαιο αγοραπωλησίας σε έχει καταρτιστεί σε όρους FOB, ο αγοραστής του LNG πρέπει να έχει στη διάθεση του επαρκή χωρητικότητα και διαθεσιμότητα μεταφορικού μέσου ώστε να εκπληρώσει την υποχρέωση να φορτώσει

⁴⁰ Đorđe Dobrota, Branko Lalić, Ivan Komar, Problem of Boil - off in LNG Supply Chain , Transactions on Maritime Science. 2013; 02: 91 - 100

την συμφωνημένη ποσότητα στο λιμάνι φόρτωσης. Αντίθετα , όταν η συμφωνία περιέχει τους όρους DAP ή DAT, είναι ευθύνη του πωλητή η εύρεση του κατάλληλου πλοίου ή πλοίων ώστε να μπορέσει να παραδώσει εγκαίρως στο τερματικό προορισμού. Η οργάνωση της μεταφοράς γίνεται είτε έχοντας οι ίδιοι συμβαλλόμενοι την κυριότητα των πλοίων είτε μισθώνοντας τα από τρίτους μέσω ναυλοσυμφώνων.

Οι ναυλώσεις των πλοίων LNG διακρίνονται :

- Στην χρονοναύλωση. Μακροχρόνια (long term) διάρκειας άνω των 5 ετών και στην βραχυχρόνια (short term), συνήθως από 2 έως 5 έτη.
- Στην ναύλωση ταξιδιού ή συνεχόμενων ταξιδιών (voyage charter)
- Συμβόλαια εργολαβικής μεταφοράς (contracts of affreightment -coa)

Μακροχρόνια χρονοναύλωση. Ο ναυλωτής μισθώνει το πλοίο από τον ιδιοκτήτη για συγκεκριμένη χρονική περίοδο η οποία μπορεί να κυμαίνεται από 5 έως 20 χρόνια. Η χρονοναύλωση είναι η κυριότερη και συχνότερη μορφή ναύλωσης στη θαλάσσια μεταφορά του LNG . Σε σύγκριση με ένα παραδοσιακό δεξαμενόπλοιο VLCC , το κόστος ναυπήγησης ενός πλοίου μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι διπλάσιο. Ο μόνος τρόπος για να εξασφαλιστεί τόσο η χρηματοδότησή του όσο και η απόσβεση της επένδυσης από τον πλοιοκτήτη είναι να συνδεθεί η ναυπήγηση με συμβόλαιο μακροχρόνιας χρονοναύλωσης , από συγκεκριμένο ναυλωτή και για διάρκεια που μπορεί να αφορά και όλη τη λειτουργική ζωή του πλοίου. Το σύνηθες ήταν για 20 χρόνια με επιλογή στους ναυλωτές να παρατείνουν μέχρι και τα 30 χρόνια ή και να αγοράσουν το πλοίο κατά τη λήξη του ναυλοσυμφώνου. Η μακροχρόνια χρονοναύλωση παρείχε διαχρονικά το πλεονέκτημα στους προμηθευτές φυσικού αερίου να ελέγχουν την δια θαλάσσης μεταφορά του, διότι το κομμάτι αυτό της εφοδιαστικής αλυσίδας φέρει τα μεγαλύτερα κόστη κεφαλαίου ενώ δεν έχει εναλλακτικές σε περίπτωση ανεπάρκειας ή ακαταλληλότητας των πλοίων . Συνεπώς ο ναυλωτής ο οποίος τις περισσότερες φορές είναι ο πωλητής του φορτίου έχει πολύ μεγάλο συμφέρον το πλοίο να είναι κατάλληλο και διαθέσιμο εγκαίρως και φέρει όλους τους εμπορικούς και φυσικούς κινδύνους (πχ καθυστέρηση λόγω κακοκαιρίας) . Ο πλοιοκτήτης διατηρεί τον έλεγχο του πλοίου του καθ' όλη την διάρκεια της μίσθωσης και είναι υπεύθυνος για την διατήρηση της αξιοπλοΐας του και την συμμόρφωση στους διεθνείς κανονισμούς. Πρέπει να διασφαλίζει ικανό και έμπειρο πλήρωμα , να αναλαμβάνει τους κινδύνους της διαχείρισης και να επιβαρύνεται με όλα τα κόστη λειτουργίας (εκτός από αυτά τα οποία αναφέρονται στο ναυλοσύμφωνο ως ευθύνη του ναυλωτή). Ο πλοιοκτήτης εισπράττει το συμφωνηθέν αντίτιμο το οποίο ονομάζεται μίσθωμα ή hire και το οποίο υπολογίζεται σε ημερήσια βάση και καταβάλλεται με το μήνα συνήθως προκαταβολικά. Το μίσθωμα καλύπτει τα έξοδα κεφαλαίου (capex) δηλαδή το κόστος κεφαλαίου που κατέβαλλε ο πλοιοκτήτης τα λειτουργικά έξοδα (opex) δηλ. κόστος πληρώματος διαχείρισης, ασφάλειας και λοιπών συμφωνημένων εξόδων καθώς και τα κόστη ταξιδιού. Γενικά,

θεωρείται ότι τα κόστη κεφαλαίου είναι σταθερά καθορισμένα κατά τη διάρκεια του ναυλοσύμφωνου, υπάρχει όμως και η περίπτωση να γίνει επαναπροσδιορισμός, όπως αν απαιτηθεί να γίνουν τροποποιήσεις λόγω αλλαγής τερματικών φόρτωσης εκφόρτωσης ή επιβολής νέων κανονισμών. Τα λειτουργικά έξοδα επίσης μεταβάλλονται λόγω πληθωρισμού, ανατιμητικών τάσεων, αλλά και λόγω ηλικίας του πλοίου το οποίο με την πάροδο του χρόνου γίνεται λιγότερο αποδοτικό. Τέλος τα κόστη ταξιδιού μεταβάλλονται κυρίως λόγω των μεταβολών των καυσίμων και του LNG, των τελών διέλευσης καναλιών, των λιμενικών τελών κλπ. Το συνηθέστερο ναυλοσύμφωνο που διέπει την χρονοαύλωση του lng είναι από το 2005 το ShellLNGtime1. Όσον αφορά το ζήτημα των καυσίμων και του boil off, οι ναυλωτές επιβαρύνονται με το κόστος όλων των καυσίμων (hfo, diesel, mgo) καθώς και το απόθεμα (heel) που υπάρχει κατά την παράδοση, ενώ οι πλοιοκτήτες στην επαναπαράδοση πληρώνουν στους ναυλωτές τις αντίστοιχες ποσότητες εφόσον υπάρχουν. Η ποσότητα του αποθέματος τόσο στην παράδοση όσο και στην επαναπαράδοση προσδιορίζονται επακριβώς. Θεωρώντας ότι η μηχανή του πλοίου μπορεί να κάψει και boil off και συμβατικά καύσιμα οι ναυλωτές θα ελέγξουν ποιες ποσότητες και από ποιο καύσιμο θα χρησιμοποιηθεί και η επιλογή θα γίνει με οικονομικά κριτήρια. Υπάρχουν εγγυήσεις, ώστε οι πλοιοκτήτες να προστατευτούν από απαιτήσεις των ναυλωτών για υπέρβαση του boil off και κακή διαχείριση του φορτίου, κάνοντας τήρηση λεπτομερών κριτηρίων απόδοσης. Τα κριτήρια αυτά βασίζονται στη εξάερση, την θερμική αποδοτικότητα, την αποδοτικότητα του καυσίμου και την ταχύτητα. Σε περίπτωση καθυστέρησης, η επίπτωση για ένα πλοίο που καίει boil off, θα είναι η περεταίρω απώλεια φορτίου εφόσον θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο. Εάν η καθυστέρηση είναι υπαιτιότητα του πλοιοκτήτη, ο ναυλωτής θα αποζημιωθεί για την απώλεια του χρόνου και του φορτίου λόγω του μεγαλύτερου όγκου εξάτμισης που θα προκληθεί. Σε αντίθετη περίπτωση ο ναυλωτής αποδέχεται το κίνδυνο και την επιβάρυνση με επιπλέον καύσιμα για την περίοδο της καθυστέρησης.

Τα παλαιότερα πλοία που έχουν τουρμπίνες ατμού αποτελούν το 60% του ενεργού στόλου και βρίσκονται είτε σε μακροχρόνιες είτε σε βραχυχρόνιες χρονοναυλώσεις. Με την λήξη των συμβολαίων αυτών οι ναυλωτές συνάπτουν ναυλοσύμφωνα με πλοία τα οποία έχουν τις πιο αποδοτικές μηχανές διπλού καυσίμου⁴¹

Στην περιγραφή των συμφωνιών αγοραπωλησίας αναφέρθηκαν οι αιτίες για την μετατόπιση ενός μέρους της αγοράς του LNG από τα μακροχρόνια συμβόλαια σε συμβόλαια μικρότερης διάρκειας. Επιπλέον λόγοι που οδήγησαν στην αλλαγή αυτή έχουν να κάνουν με τα ίδια τα πλοία. Οι σωστές πρακτικές συντήρησης είχαν ως

⁴¹ Howard Rogers, The LNG Shipping Forecast: costs rebounding, outlook uncertain, The Oxford Institute for Energy Studies, March 2018

αποτέλεσμα να εμπεδωθεί η αξιοπιστία και να αμφισβητηθεί η άποψη ότι ο έλεγχος από πλευράς προμηθευτών εγγυάται την αξιοπιστία της μεταφοράς. Υπάρχει πλέον διάθεση από τους αγοραστές να ελέγξουν την μεταφορά διότι έτσι :

Επιτυγχάνουν καλύτερο έλεγχο των εξόδων και των υπολειμματικών αξιών. Η τεχνολογική εξέλιξη δημιούργησε περισσότερες δυνατότητες στη επιλογή συστημάτων πρόωσης, δεξαμενών και αξιοποίησης της εξαέρωσης με συνέπεια περεταίρω μείωση του μεταφορικού κόστους και μεγαλύτερη ευελιξία στην λειτουργική διαχείριση.

Ναύλωση ταξιδιού (voyage charter). Κατά τη ναύλωση ταξιδιού , το πλοίο μισθώνεται για σύντομη χρονική περίοδο , συνήθως ενός ταξιδιού αλλά και για ένα μικρό αριθμό συνεχόμενων ταξιδιών . Ο ναυλωτής θα μισθώσει το πλοίο και το πλήρωμα για ένα μόνο ταξίδι με επιστροφή (single round voyage) το οποίο θα περιλαμβάνει το λιμάνι φόρτωσης , τη θαλάσσια διαδρομή μέχρι τον προορισμό και την επιστροφή στο λιμάνι φόρτωσης. Ο ναύλος υπολογίζεται κατ'αποκοπή (lump sum),προκαταβάλλεται κατά ένα ποσοστό 80% στο τερματικό φόρτωσης ενώ το υπόλοιπο μετά την εκφόρτωση και εφόσον έχει μετρηθεί η παραδοτέα ποσότητα και έχει αφαιρεθεί η ποσότητα του αποθέματος (heel)⁴² Ο ναύλος υπολογίζεται ανα ημέρα ταξιδιού και πρέπει να καλύπτει το κόστος κεφαλαίου κα το λειτουργικό κόστος ενώ τα κόστη ταξιδιού βαρύνουν τον πλοιοκτήτη. Συνήθως ο ναυλωτής ευθύνεται για τα κόστη που αφορούν στο φορτίο (εκφόρτωση κλπ). Τα συμβαλλόμενα μέρη συμφωνούν για τον χρόνο φόρτωσης και εκφόρτωσης του πλοίου (laytime) και καθορίζουν τις ημερομηνίες μέσα στις οποίες πρέπει το πλοίο να παρουσιαστεί στο λιμάνι φόρτωσης και πέραν των οποίων, ο ναυλωτής έχει δικαίωμα να ακυρώσει τη φόρτωση (layday / laycan).Αν ο ναυλωτής δεν καταφέρει να φορτώσει και να εκφορτώσει στον προβλεπόμενο χρόνο είναι υποχρεωμένος να πληρώσει στον πλοιοκτήτη επιπλέον χρήματα τις σταλίες (demurrage). Αντίθετα αν ολοκληρώσει τις διαδικασίες νωρίτερα , ο πλοιοκτήτης του οφείλει αποζημίωση (dispatch).

Κατά τη διάρκεια της ναύλωσης ο πλοιοκτήτης διατηρεί τον πλήρη έλεγχο του πλοίου και βαρύνεται με όλα τα σχετικά έξοδα διαχείρισης και λειτουργίας (running and operating costs).

Σημαντικό ζήτημα αποτελεί το ποιος πληρώνει τα καύσιμα. Όπως και στην χρονοναύλωση , ο πλοιοκτήτης μπορεί να κάνει χρήση του boil off, εφόσον μπορούν να το κάψουν οι μηχανές του, χωρίς να το επιβαρυνθεί. Σε περίπτωση που το ταξίδι απαιτεί μόνο boil off,θα υπάρξει ένα μικρό τμήμα του ναύλου που θα αφορά στα συμβατικά καύσιμα που θα καταναλωθούν όταν πχ το πλοίο μπει στο λιμάνι. Εάν όμως ο συμφωνημένος χρόνος παράδοσης του φορτίου απαιτεί το πλοίο να αναπτύξει μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτήν που μπορεί να επιτευχθεί μόνο με το

⁴² Bimco. LNGVOY ,Clause 20

φυσικό boil off gas , τότε θα πρέπει να προκληθεί περεταίρω εξάτμιση ή να καεί συμβατικό καύσιμο.⁴³ Οι σχετικοί όροι των ναυλοσυμφώνων προβλέπουν ότι ο πλοιοκτήτης πληρώνει για το επιπλέον συμβατικό καύσιμο και είναι λογικό ότι ο ναυλωτής δεν θα επιθυμεί την μείωση του φορτίου του με περεταίρω εξάτμιση. Μπορεί όμως σε περιπτώσεις που το συμβατικό καύσιμο είναι ακριβότερο να επιτραπεί από τον ναυλωτή η πρόκληση boil off gas με αντάλλαγμα χαμηλότερο ναύλο.⁴⁴

1.7.4 Η Ταχύτητα του πλοίου

Είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον βαθμό χρησιμοποίησης του πλοίου. Ο βαθμός χρήσης του πλοίου εξαρτάται από το πόσα ταξίδια πραγματοποιεί το πλοίο καθώς και την απόσταση που διανύει. Ένας άλλος παράγοντας είναι το πόσα από αυτά τα ταξίδια είναι υπο έρμα. Λόγω της φύσης του εμπορίου του LNG, τα πλοία μεταφοράς του σχεδόν πάντα επιστρέφουν στο σημείο φόρτωσης κενά φορτίου. Επίσης εξαρτάται από τον χρόνο παραμονής στα τερματικά για φόρτωση και εκφόρτωση. Στα πλοία LNG ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το είδος των δεξαμενών , αν είναι στην κατάλληλη θερμοκρασία για φόρτωση και σε περίπτωση που δεν είναι , το χρόνο που απαιτείται για να φτάσουν στην θερμοκρασία αυτή. Στην εκφόρτωση , η πίεση των δεξαμενών, το είδος του εξοπλισμού αν πχ είναι σωλήνες ή βραχίονες εκφορτώσεως κλπ. Ο συνήθης ρυθμός εκφόρτωσης είναι 11000 m³ με 12000m³ ανα ώρα , αλλά εξαρτάται και από το τερματικό, τους όρους του συμβολαίου αγοραπωλησίας αλλά και τους όρους της ναύλωσης . Για παράδειγμα , ο παραλήπτης μπορεί να απαιτήσει να παραλάβει το φορτίο σε ομογενοποιημένη σύνθεση έτσι ώστε η δειγματοληψία από το φορτίο να είναι ακριβής και να ανταποκρίνεται σε ολόκληρο τον όγκο καθόλη την διάρκεια της εκφόρτωσης . Η σύνθεση του φορτίου όπως προκύπτει από την δειγματοληψία καθορίζει την τιμή που θα πληρωθεί για το lng που παραλαμβάνεται. Για το λόγο αυτό ο υπεύθυνος αξιωματικός θα πρέπει να σχεδιάσει και να προσαρμόσει τους ρυθμούς εκφόρτωσης της κάθε δεξαμενής για να πετύχει ομοιογενές μίγμα στους οχετούς εξαγωγής του πλοίου.⁴⁵

Η ταχύτητα με την οποία κινείται το πλοίο συνδέεται με το πόσο χρησιμοποιείται το πλοίο. Μεγαλύτερη ταχύτητα επιτυγχάνεται συνήθως με διάφορες τεχνικές βελτιώσεις (πχ σχήμα κύτους , βολβοειδής πλώρη κλπ) αλλά κυρίως με την αύξηση της υποδύναμης των μηχανών του πλοίου. Αύξηση της ταχύτητας σημαίνει και μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων. Στη περίπτωση ενός πλοίου LNG εκτός από το

⁴³ Bimco, GIINGL, Liquefied Natural Gas Voyage Charter Party, Explanatory notes <https://www.bimco.org/contracts-and-clauses/bimco-contracts/lngvoy> accessed June 2018

⁴⁴ Bimco, GIINGL, Liquefied Natural Gas Voyage Charter Party, Explanatory notes <https://www.bimco.org/contracts-and-clauses/bimco-contracts/lngvoy> accessed June 2018

⁴⁵ UK P & I Club “Carefully to Carry: The essential guide to the safe carriage, loading and storage of cargo” page 250

υγρό καύσιμο, υπάρχει και η κατανάλωση του boil off gas εφόσον το επιτρέπει το είδος της μηχανής. Το είδος της μηχανής ορίζει και το επίπεδο θερμικής αποδοτικότητας. Για παράδειγμα η τουρμπινα ατμού λόγω της χαμηλής θερμικής αποδοτικότητας, απαιτεί μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων αλλά κυρίως του boil off gas. Όταν μειώνεται η ταχύτητα, μειώνεται η απαιτούμενη κατανάλωση σε boil off gas. Αυτό σημαίνει ότι ένα πλοίο με τουρμπίνες ατμού παρόλο που η κατασκευαστικές του προδιαγραφές είναι για ταχύτητα μέχρι και 19,5 κόμβους το πιθανότερο είναι η ταχύτητα του ταξιδιού να μην υπερβαίνει τους 14 κόμβους ώστε να αποφύγει την ανάγκη να προκαλέσει περισσότερο boil off gas ή μεγαλύτερη κατανάλωση συμβατικού καυσίμου.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε ότι ο κλάδος μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου παρουσιάζει σημαντικές διαφοροποιήσεις σε σχέση με την μεταφορά αργού πετρελαίου. Ο Stopford θεωρεί τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, ως πλοία εξειδικευμένης ναυτιλίας η οποία φέρει χαρακτηριστικά τόσο της ναυτιλίας γραμμών όσο και της ναυτιλίας χύδην φορτίων χωρίς ο διαχωρισμός να είναι ιδιαίτερα ευκρινής⁴⁶. Βάσει, όσων έχουν αναφερθεί παραπάνω βασικά στοιχεία που συνηγορούν υπέρ του χαρακτηρισμού του κλάδου ως ναυτιλίας γραμμών είναι⁴⁷:

- η μεγάλης διάρκειας χρονοαύλωση του πλοίου. Ακόμα και αν ένα μέρος της ζήτησης για μεταφορικές υπηρεσίες καλύπτεται πλέον και από την σποτ αγορά, η μεγάλη πλειοψηφία των πλοίων αυτών μισθώνεται σε ναυλώσεις από 15 μέχρι 20 τουλάχιστον έτη.
- εξειδικευμένο πλοίο για φορτίο με ειδικές απαιτήσεις διαχείρισης και αποθήκευσης. Το πλοίο είναι σχεδιασμένο για να βελτιώσει την μεταφορική απόδοση του φορτίου και μπορεί να αναπτύσσει ταχύτητες υψηλότερες σε σχέση με άλλα πλοία της εμπορικής ναυτιλίας. Το μεγάλο κόστος κατασκευής του πλοίου αλλά και των εξειδικευμένων τερματικών στα οποία το φορτίο αποθηκεύεται σε συγκεκριμένες συνθήκες, χαρακτηρίζουν τον κλάδο από επενδύσεις εντάσεως κεφαλαίου και υψηλά σταθερά κόστη λειτουργίας.
- Συχνότητα και κανονικότητα των δρομολογίων, λόγω των απαιτήσεων του φορτίου και των απαιτήσεων φορτωτών και παραληπτών όπως αυτές διατυπώνονται στο συμβόλαιο αγοραπωλησίας.

⁴⁶ Martin Stopford, Maritime Economics, 2009 κεφ.2

⁴⁷ Γ.Π Βλάχος, Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική, 2015 κεφ.4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 : ΔΑΠΑΝΕΣ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

2.1 κόστος ναυπήγησης

Η τιμή ενός πλοίου LNG εξαρτάται από το μέγεθος του πλοίου τις λειτουργικές απαιτήσεις που προαναφέρθηκαν και του εγκατεστημένου εξοπλισμού. Ο παράγοντας που επηρεάζει το κόστος ναυπήγησης είναι το κόστος της πρώτης ύλης και της παραγωγής. Η επιλογή των πρώτων υλών επηρεάζει το βάρος του πλοίου το οποίο με τη σειρά του επηρεάζει την αποδοτικότητα. Τα πλοία Ing είναι ως επί το πλείστον κατασκευασμένα από διάφορα κράματα χάλυβα υψηλής αντοχής⁴⁸. Τα μέταλλα αυτά είναι ανθεκτικότερα στις πιέσεις και στις μεγάλες διαφορές της θερμοκρασίας αλλά απαιτούν μεγαλύτερη προσοχή στην κατασκευή του πλοίου και τις συγκολλήσεις. Το συνολικό βάρος του χάλυβα που απαιτείται για την κατασκευή είναι μικρότερο. Η επιλογή όμως αυτή συνεπάγεται μεγαλύτερο αρχικό κόστος ανά τόνο και αυξημένο κόστος συντήρησης επειδή το συγκεκριμένο υλικό είναι πιο επιρρεπές στην διάβρωση. Το κόστος της μεταλλικής κατασκευής είναι συνάρτηση του βάρους της και το σχήματος του κύτους, το οποίο εκτός από το κόστος ναυπήγησης επηρεάζει και το λειτουργικό κόστος. Γενικά όσο ο συντελεστής γάστρας αυξάνεται, μειώνεται το κόστος ναυπήγησης αλλά αυξάνονται οι απαιτήσεις για ισχύ. Δηλαδή ένα πλοίο μικρότερου μήκους και μεγαλύτερου φάρδους, δίνει ένα ελαφρύτερο κύτος το οποίο κοστίζει φθηνότερα αλλά έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις για πρόωση και συνεπώς για καύσιμα. Τα πλοία μεταφοράς Ing ναυπηγούνται με διπλό κύτος με τις δεξαμενές του φορτίου να βρίσκονται στο εσωτερικό κύτος και να έχουν κατάλληλη μόνωση ώστε να προστατεύονται τα μέταλλα του πλοίου από τις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες. Το διπλό κύτος συμβάλλει επίσης στην ακεραιότητα της δομής του πλοίου και προστατεύει τις δεξαμενές σε περιπτώσεις σύγκρουσης, προσάραξης ή άλλου έκτακτου γεγονότος.

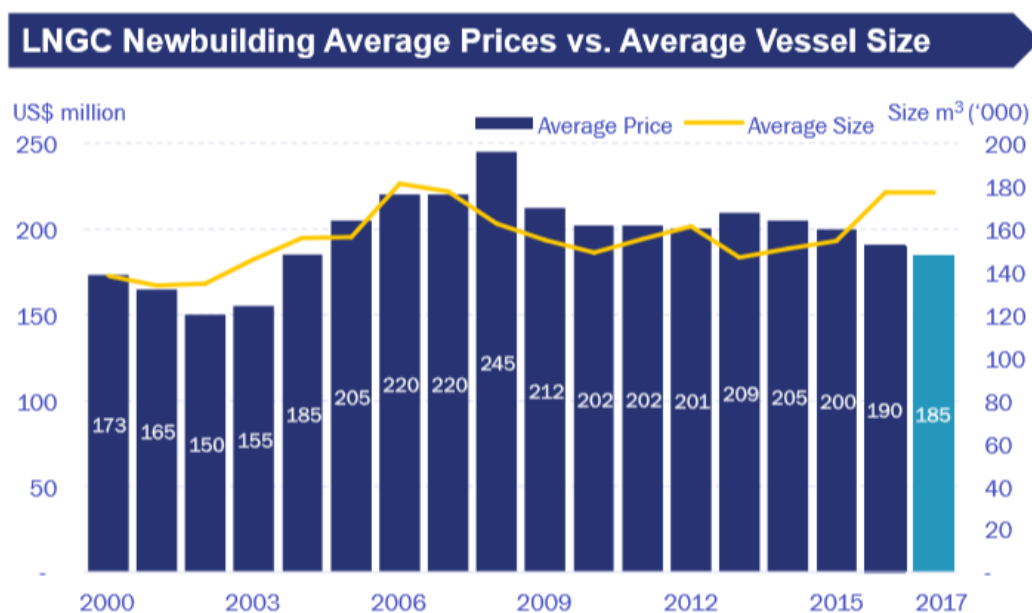
Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το κόστος της πρώτης ύλης είναι η πρόσβαση και η απόσταση από αυτήν. Για παράδειγμα τα ναυπηγεία της Κορέας έχουν άμεση πρόσβαση σε ποιοτικό χάλυβα και η εγγύτητα πχ στις μεγαλύτερες μονάδες διάλυσης τους επιτρέπει να τον προμηθεύονται σε ανταγωνιστικές τιμές και με μειωμένο μεταφορικό κόστος.

Πέραν του κόστους των πρώτων υλών, υπάρχουν και οι δαπάνες του προσωπικού και τα υπόλοιπα έξοδα του ναυπηγείου όπως είναι το κόστος της σχεδίασης, οι αμοιβές των μεσιτών κλπ. Οι δαπάνες του προσωπικού αφορούν το εργατικό κόστος το οποίο υπολογίζεται σε εργατοώρες. Λόγω του ότι τα μικρότερα σκάφη έχουν περισσότερες απαιτήσεις κατασκευής σε σχέση με τα μεγαλύτερα, αύξηση του μεγέθους του πλοίου συνεπάγεται μείωση του συνόλου των απαιτούμενων εργατοωρών ανά τόνο

⁴⁸ Liane Smith, Properties of Metallic Materials for LNG Service, Paper 57, MECC Bahrain February 12-14th 2001

μεταλλικής κατασκευής. Η παραπάνω μείωση ισχύει και για την περίπτωση ναυπήγησης περισσότερων όμοιων πλοίων⁴⁹

Εικόνα 2.1.1 .Αξίες νεότευκτων πλοίων ανα χωρητικότητα σε κυβικά 2000-2017



Πηγή: FLEX LNG / Marine Money Week : The Next Generation of LNG Carriers, June 2017

Η μέση τιμή ανα κυβικό μέτρο για νεότευκτα πλοία lng έχει παρουσιάσει μείωση τα τελευταία 10 χρόνια κατά 15% ενώ το μέγεθος του μέσου πλοίου που ναυπηγείται έχει αυξηθεί κατά περίπου 13% από το 2000.

2.1.1 Οι δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου

Ως σύστημα διατήρησης φορτίου θεωρείται η συνολική διάταξη στην οποία περιέχεται το φορτίο κατά τη διάρκεια της μεταφοράς. Περιλαμβάνει το πρωταρχικό στοιχείο (την δεξαμενή φορτίου) , ένα μερικό ή δευτερεύοντα φραγμό αν αυτός απαιτείται , θερμομόνωση και τις επαπτόμενες δομές στήριξης αν είναι απαραίτητες. Ο κυριότερος ρόλος του συστήματος είναι να εξασφαλίζει ότι⁵⁰:

A) δεν θα υπάρξει εισροή θερμότητας μέσα στο φορτίο και άρα θα υπάρξει όσο το δυνατόν μεγαλύτερος περιορισμός της εξάτμισης (boil off) και συνεπώς του σχετικού κόστους από την απώλεια του φορτίου .

B) οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες του φορτίου δεν θα επηρεάσουν την αντοχή του κύτους.

⁴⁹ Γ.Π Βλαχος , Οικονομική & Ναυπηγική

⁵⁰ Norberg Andreas, Interrelationships of LNG cargo containment systems and machinery configurations on LNG carrier - design and operational factors with economic assessment. Norwegian University of Science and Technology, June 2012

Τα παραπάνω εξασφαλίζονται με την χρήση των υλικών μόνωσης , τα οποία πρέπει να έχουν χαμηλή θερμική αγωγιμότητα , να είναι άφλεκτα ,ανθεκτικά στο βάρος και η σύστασή τους να μην αλλοιώνεται από το φορτίο ή από την εξάτμιση. Το πάχος της μόνωσης και συνεπώς το κόστος της είναι συνάρτηση :

- της ελάχιστης επιτρεπόμενης θερμοκρασίας του κύτους(minimum allowable service temperature) όπως αυτή ορίζεται α)από το βαθμό του χάλυβα που χρησιμοποιήθηκε, β) από την θερμοκρασία των δεξαμενών εν λειτουργία και γ) όταν το εξωτερικό περιβάλλον έχει 5 βαθμούς κελσίου και το θαλασσινό νερό 0 βαθμούς.⁵¹
- του αποδεκτού ρυθμού εξάτμισης
- Του εξοπλισμού επαναυγροποίησης αν υπάρχει
- Της κατανάλωσης καυσίμου αν ως καύσιμο χρησιμοποιείται η εξάτμιση.

Για ένα πλοίο το οποίο έχει λίγο ως πολύ συνεχή κατανάλωση αερίου με σχετικά σύντομες περιόδους χαμηλής ή καθόλου ζήτησης για συμβατικά καύσιμα, θα χρησιμοποιηθούν ως μονώσεις για τις δεξαμενές, πιο οικονομικές λύσεις όπως ή συμβατική μόνωση με αφρούς. Ο λόγος είναι ότι η χρησιμοποίηση του boil off στις μηχανές ως καύσιμο θα διατηρήσει χαμηλή την πίεση των δεξαμενών. Ένα πλοίο όμως με διαφορετικό λειτουργικό πλάνο , το οποίο πχ χρησιμοποιεί ως επί το πλείστον συμβατικό καύσιμο και περιορίζει την χρήση boil off μόνο σε περιοχές ελέγχου εκπομπών, πιθανόν θα πρέπει να έχει βελτιωμένα επίπεδα μόνωσης στις δεξαμενές του προκειμένου διατηρείται η πίεση χαμηλά.

Η χωρητικότητα των δεξαμενών καθορίζεται από την ποσότητα του φορτίου που προορίζεται για μεταφορά. Κάθε πλοίο φέρει δεξαμενές περίπου ισοδύναμης χωρητικότητας έτσι ώστε μέσω των αντλιών η εκφόρτωση να ξεκινά και να ολοκληρώνεται ταυτόχρονα και να μειώνεται ο χρόνος παραμονής στο λιμάνι . Υπάρχουν όμως και περιορισμοί όσον αφορά στο μέγεθος των δεξαμενών .Όσο μεγαλύτερη είναι η δεξαμενή, τόσο μεγαλύτερη είναι ελεύθερη επιφάνεια υγρού γεγονός που αυξάνει το φαινόμενο της ανάδευσης ή κυματισμού του (sloshing). Επομένως πρέπει να υπάρχει ανάλογος περιορισμός του μήκους ή και του φάρδους των δεξαμενών ή να υπάρχουν εγκάρσια ή διαμήκη στεγανά διαφράγματα μέσα σε αυτές . Για τον ίδιο λόγο (sloshing) δεν μπορεί να υπάρξει μερική φόρτωση της δεξαμενής εκτός αν είναι ειδικά κατασκευασμένη για το σκοπό αυτό. Συνήθως η δεξαμενή είναι ή σχεδόν άδεια ή σχεδόν πλήρης. Ένα άλλο πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ψύξη των δεξαμενών πριν την φόρτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου, όταν έχει προηγηθεί μεγάλης διάρκειας άφορτο ταξίδι. Η απαιτούμενη θερμοκρασία πριν τη φόρτωση αναφέρεται

⁵¹ International Association of Classification Societies , Requirements concerning Gas Tankers

είτε στο εγχειρίδιο λειτουργίας είτε δίνεται από τον κατασκευαστή μέσω ειδικών πινάκων οι οποίοι αφορούν την συγκεκριμένη δεξαμενή και πιστοποιούνται από ανεξάρτητο επιθεωρητή κατά την παράδοση του πλοίου. Η ψύξη των δεξαμενών είναι απαραίτητη για να ελαχιστοποιηθεί η εξάτμιση του φορτίου και η θερμική καταπόνηση τους. Συνήθως ένας μικρός όγκος φορτίου αγοράζεται στο τερματικό φόρτωσης ώστε να χρησιμοποιηθεί για την ψύξη των δεξαμενών οι οποίες διατηρούνται στην κατάλληλη θερμοκρασία καθ' όλη την υπηρεσιακή λειτουργία του πλοίου και θερμαίνονται μόνο σε περίπτωση επισκευών ή συντήρησης. Σε κάθε εκφόρτωση ένα μέρος του φορτίου παρακρατείται ως απόθεμα (heel) ώστε να διατηρηθεί η θερμοκρασία τους σταθερή και να αποφευχθεί το κόστος της σχετικής αναμονής στο τερματικό φόρτωσης.

Γενικά για την μεταφορά φορτίων αερίων ο igc code κατηγοριοποιεί τις δεξαμενές ως εξής:

- Ενσωματωμένες δεξαμενές
- Εσωτερικής μόνωσης
- μεμβράνης
- Ημι-μεμβράνης
- Ανεξάρτητες

Από τους παραπάνω τύπους, οι ενσωματωμένες δεξαμενές, και εκείνες με εσωτερική μόνωση αφορούν αποκλειστικά σχεδόν πλοία Ipg.

Τα συμβατικά πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου φέρουν κυρίως δεξαμενές τύπου μεμβράνης ή ανεξάρτητες δεξαμενές.

A. Δεξαμενές τύπου Μεμβράνης

Το σύστημα αυτό αποτελείται από ένα πολύ λεπτό πρωταρχικό χώρο, την μεμβράνη πάχους 0,7 έως 1,5 mm και ένα δευτερεύοντα φραγμό προκειμένου να διασφαλιστεί η ακεραιότητα του συστήματος και να εμποδιστούν τυχόν διαρροές. Η μεμβράνη στηρίζεται σε μόνωση πάχους μέχρι 10 mm μέχρι η οποία με τη σειρά της εφάπτεται στη δομή του κύτους. Συνεπώς αυτές οι δεξαμενές δεν είναι ανεξάρτητες εφόσον το εσωτερικό κύτος υφίσταται τα σχετικά βάρη και δεν αφήνει την μεμβράνη να υπόκειται στις επιβαρύνσεις που προκύπτουν από την διακύμανση της θερμοκρασίας και τις σχετικές συστολές και διαστολές. Οι δεξαμενές αυτές έχουν σχεδιαστεί για να διατηρούν χαμηλές πιέσεις (0,3 -0,7 barg). Η μόνωση ελαχιστοποιεί την εισροή θερμότητας μέσα στην δεξαμενή έτσι ώστε ο ρυθμός εξάτμισης να μην υπερβαίνει το 0,15% ανά ημέρα για πάχος μόνωσης 530 mm. Δύο είναι οι κατασκευαστές τέτοιων δεξαμενών με το μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά, η Technigas και η Gaz Transport (GTT). Η Technigas χρησιμοποιεί ένα σύστημα ανοξείδωτου χάλυβα, τα ελάσματα του οποίου έχουν κυματοειδή μορφή και το καθένα μπορεί να συστέλλεται και να

διαστέλλεται ανεξάρτητα από το άλλο. Η Gaz Transport χρησιμοποιεί ένα κράμα νικελιούχου σιδήρου που ονομάζεται Invar (FeNi36) το οποίο έχει χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής . Κάθε δεξαμενή μπορεί να έχει μέγεθος μέχρι και 45.000 m³.

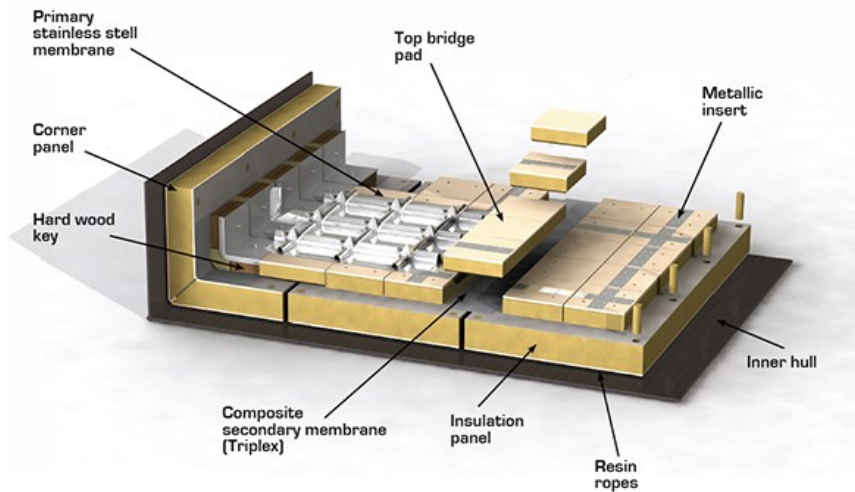
Υπάρχουν 3 υποκατηγορίες τέτοιων δεξαμεμών

- MARK III
- GTT NO 96
- GTT CS1

Ο τύπος των δεξαμεμών αυτών έχει το πλεονέκτημα ότι έχει μικρότερο όγκο και επομένως καταλαμβάνει μικρότερο χώρο στο κύτος για τον ίδιο όγκο φορτίου. Άρα γίνεται καλύτερη αξιοποίηση του χώρου προς όφελος επιπλέον φορτίου. Το συνολικά χαμηλότερο δηλωμένο gross tonnage , σημαίνει χαμηλότερα λιμενικά τέλη, τέλη διελεύσεως από διώρυγες , πιλοτικά και έξοδα πρόσδεσης .Επομένως ως κατασκευή είναι πιο οικονομική ανά κυβικό μεταφερόμενου φορτίου. Χαμηλότερες απαιτήσεις σε ενέργεια άρα και κατανάλωση καυσίμου. Επίσης λόγω του ότι οι δεξαμενές προεξέχουν πολύ λιγότερο από το κατάστρωμα (σε σχέση πχ με τις σφαιρικές), οι συνθήκες ορατότητας από την γέφυρα του πλοίου είναι πολύ καλύτερες, ενώ το πλοίο έχει καλύτερη δυνατότητα ελιγμών. Τέλος τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να ψύχονται πολύ γρηγορότερα , γεγονός που εξοικονομεί χρόνο κατά τον προγραμματισμό της φόρτωσης. Μια τέτοια δεξαμενή χρειάζεται περίπου 10 με 12 ώρες για να ψυχθεί, πριν φορτώσει .Στα μειονεκτήματα τους συγκαταλέγεται το ότι είναι εξειδικευμένες κατασκευές εντάσεως εργασίας και η πιθανότητα ελαττωμάτων είναι αυξημένη. Λόγω του σχεδιασμού τους , είναι δυσκολότερη η πρόσβαση για επιθεώρηση και επισκευές ενώ η κόπωση των υλικών της μεμβράνης είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Έχουν αυξημένη πιθανότητα ρήξης σε περίπτωση σύγκρουσης. Απαιτούν μεγαλύτερη συντήρηση λόγω του φαινομένου του sloshing το οποίο ευνοείται πολύ περισσότερο.

Εικόνα 2.1.1.1 Δεξαμενή τύπου μεμβράνης –Mark iii

Mark III



Πηγή :<https://www.gtt.fr/en/technologies-services/our-technologies/mark-iii>

B. Ανεξάρτητες Δεξαμενές

Πρόκειται για πλήρως αυτό-υποστηριζόμενες δεξαμενές οι οποίες δεν αποτελούν μέρος της δομής του κύτους, ούτε και συμβάλουν στην αντοχή του. Υπάρχουν 3 τύποι : A , B και C.Όσον αφορά στα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου οι ανεξάρτητες δεξαμενές που είναι καταλληλότερες και πιο διαδεδομένες είναι οι τύπου B για τα συμβατικού μεγέθους πλοία και οι τύπου C για τα μικρότερης κλίμακας.

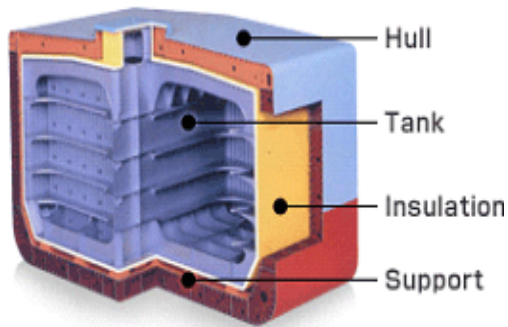
Ανεξάρτητες τύπου B.

Υπάρχουν 2 υποκατηγορίες :

Πρισματικές (IHI SPB). Κατασκευάστηκαν αρχικά από την Ishikawajima –Harima Industries, και αποτελούνται από κράμα αλουμινίου το οποίο είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό και εύκολο να συγκολληθεί ενώ το τραπεζοειδές/πρισματικό σχήμα τους ευνοεί την προσαρμογή στο σχήμα του κύτους, την ορατότητα από τη γέφυρα λόγω του επίπεδου καταστρώματος και την καλύτερη ευελιξία της πλοήγησης. Καλύτερη πρόσβαση τόσο εσωτερικά όσο και εξωτερικά αρα και ευκολότερη συντήρηση των σχετικών σωληνώσεων και εξοπλισμών Μεγαλύτερη ασφάλεια σε περιπτώσεις προσάραξης .Επίσης έχουν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου σε σχέση με τις σφαιρικές ενώ επιτρέπεται μερική πλήρωση διότι λόγω σχήματος ελαχιστοποιούνται τα φαινόμενα του sloshing. Μειονέκτημα αποτελεί ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται

για την ψύξη τους λόγω του μεγάλου βάρους της μόνωσης. Επίσης θεωρείται περισσότερο πολύπλοκη κατασκευή με συγκριτικά αυξημένο κόστος

Εικόνα 2.1.1.2. Πρισματική δεξαμενή σε τομή

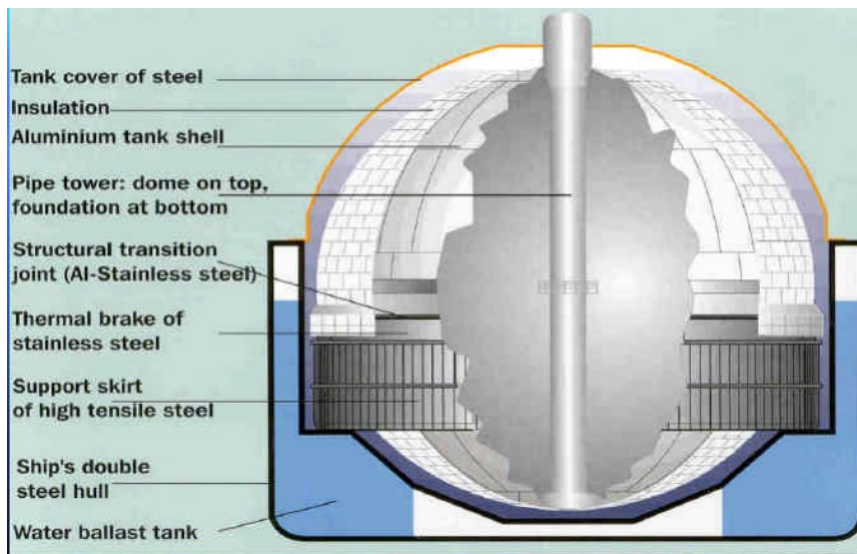


Πηγή: IHI

Σφαιρικές (MOSS type)

Πρόκειται για μεγάλες δεξαμενές σφαιρικού σχήματος κατασκευασμένες αρχικά από ένα κράμα χάλυβα με 9% νικέλιο .Μεταγενέστερα το υλικό αντικαταστάθηκε από αλουμίνιο λόγω καλύτερης αντοχής στις πιέσεις και στις ενδεχόμενες ρωγμές. Οι δεξαμενές αυτές είναι σχεδιασμένες για πιέσεις κάτω των 0,7 barg.Υπάρχει αυξημένη θερμομόνωση από διάφορα στρώματα υλικών όπως υαλοβάμβακας , και αφρώδες πολυστυρένιο πάχους 220 mm που ως στόχο έχει τη μείωση του boil off στο ελάχιστο. Κάθε δεξαμενή καλύπτεται από ένα σφαιρικό χαλύβδινο κάλυμμα για προστασία από τις καιρικές συνθήκες.

Εικόνα 2.1.1.3 Σφαιρική δεξαμενή τύπου Moss σε τομή



Πηγή : Intertanko

Η δεξαμενή στηρίζεται περιφερειακά από έναν δακτύλιο ο οποίος με τη σειρά του στηρίζεται σε μια κυκλική ποδιά (skirt) η οποία μεταφέρει το βάρος της δεξαμενής στο κύτος του πλοίου αλλά και επιτρέπει την συστολή και διαστολή της κατά της εργασίες ψύξης ή και θέρμανσης. Κάθε πλοίο φέρει συνήθως 4 ή 5 τέτοιες δεξαμενές χωρητικότητας η κάθε μία μέχρι και 45000 m^3 . Λόγω του σφαιρικού τους σχήματος απαιτούνται μεγαλύτερα πλοία για ίδιο όγκο φορτίου. Σε σχέση με ένα πλοίο ίδιας χωρητικότητας αλλά με δεξαμενές μεμβράνης, το συνολικό βάρος ενός πλοίου με σφαιρικές δεξαμενές είναι ως και 40% μεγαλύτερο. Αυτό σημαίνει μεγαλύτερο κόστος σε τέλη λιμένων, διέλευσης κλπ, όπως και μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων και κατά συνέπεια αυξημένο μεταφορικό κόστος ανά μονάδα φορτίου. Ο χρόνος ψύξης τους είναι περίπου 20 ώρες. Λόγω του σφαιρικού τους σχήματος, προεξέχουν του καταστρώματος και προκαλούν προβλήματα ορατότητας από την γέφυρα. Τα πλεονεκτήματα των δεξαμενών αυτών είναι η αξιοπιστία και η απουσία φαινομένων sloshing. Εμφανίζουν μεγάλη αντοχή, ακόμα και σε συνθήκες εσφαλμένης λειτουργίας^{52 53}

Δεξαμενές τύπου C

Συνήθως είναι κυλινδρικού σχήματος ή σχήματος 2 λοβών οι οποίες προορίζονται για πλοία Ing μικρότερης κλίμακας μεταξύ 500 m^3 και $20,000$. Ο σχεδιασμός τους στηρίζεται στα κριτήρια των υπόλοιπων πλοίων που μεταφέρουν αέρια υπο πίεση με

⁵² Norberg Andreas, Interrelationships of LNG cargo containment systems and machinery configurations on LNG carrier - design and operational factors with economic assessment. Norwegian University of Science and Technology, June 2012

⁵³ <http://www.liquefiedgascarrier.com/moss-rosenberg-containment-system.html> accessed May 2018

διαφοροποιήσεις που στόχο έχουν την ενίσχυση έναντι στη θραύση και τις ρωγμές. Η κατασκευή τους καθίσταται αντικοινωνική για πλοία μεγαλύτερου μεγέθους διότι το ίδιο επίπεδο αντοχής θα απαιτούσε μεγαλύτερο πάχος μετάλλου συνεπώς μεγαλύτερο gross tonnage κλπ.

2.1.2 Η προωστήρια εγκατάσταση

Κατά την επιλογή του συστήματος πρόωσης ,οι ιδιοκτήτες της ναυτιλιακής επιχείρησης εκτιμούν το λειτουργικό κόστος με βάση τα δεδομένα των τιμών των καυσίμων , της τιμής του φορτίου Ing ,της φυσικής και της εξαέρωσης που προκαλείται τεχνητά, του αρχικού κόστους και του κόστους συντήρησης . Και όλα αυτά στο πλαίσιο συγκεκριμένων μορφών ναύλωσης. Επίσης σημαντική είναι η γενικότερη κατανόηση του εμπορίου του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Τα περισσότερα πλοία δρομολογούνται σε δεδομένες διαδρομές , σε συνεχή λειτουργία χωρίς σημαντικές καθυστερήσεις λόγω του ότι ο χρόνος παραμονής στα τερματικά είναι μικρός και περιορίζεται μόνο στην φόρτωση και εκφόρτωση.

Δύο είναι οι κυριότεροι παράγοντες που συνεκτιμώνται κατά την επιλογή συστήματος πρόωσης. Ο πρώτος είναι η διαχείριση του όγκου της εξάτμισης από τις δεξαμενές του φορτίου. Όπως αναφέρθηκε, το φαινόμενο της εξάτμισης είναι αναπόφευκτο και επιβάλλεται η ασφαλής και αποδοτική διαχείριση του είτε ως καύσιμο στις μηχανές του πλοίου είτε επαναυδροποιώντας το και στέλνοντας το πάλι στις δεξαμενές προς πώληση στον τελικό παραλήπτη. Σε έκτακτες περιπτώσεις το boil off πρέπει να καεί στον ειδικό καυστήρα διότι οι κανονισμοί απαγορεύουν την απελευθέρωση του στην ατμόσφαιρα.

Επιπλέον παράγοντας είναι το EEDI (Energy Efficiency Design Index) Είναι η αναλογία της ενέργειας που απαιτείται και της ενέργειας που παράγεται. Η ενεργειακή αποδοτικότητα στην ναυτιλία ορίζεται ως η κατανάλωση καυσίμου για την παραγωγή μεταφορικού έργου. Εξαρτάται από το είδος του πλοίου του εξοπλισμού , των μηχανών και του καυσίμου.

Τα συστήματα πρόωσης ενός πλοίου LNG είναι :

1) Η πρόωση με τουρμπίνες ατμού (steam turbine)

Είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη και δοκιμασμένη μέθοδος πρόωσης των πλοίων Ing από το 1960. Μέσω της καύσης όγκου του φορτίου που εξατμίζεται σε συνδυασμό με άλλα καύσιμα (hfo ή mdo), 2 λέβητες παράγουν ατμό για τις τουρμπίνες χαμηλής και υψηλής πίεσης οι οποίες μέσω του μειωτήρα (gearbox) κινούν τον ένα και μοναδικό άξονα για την πρόωση του πλοίου .Ο ατμός τροφοδοτεί και τις διάφορες βοηθητικές και άλλες γεννήτριες για την θέρμανση των δεξαμενών καυσίμου τις ανάγκες

κλιματισμού κλπ. Το πλοίο είναι επίσης εξοπλισμένο με μια ή δυο γεννήτριες diesel για τις επιπλέον ανάγκες σε ισχύ που έχει το πλοίο κατά τους ελιγμούς μέσα στο λιμάνι . Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου πέραν της δυνατότητας αξιοποίησης του boil off gas είναι το συγκριτικά χαμηλότερο κόστος αρχικής εγκατάστασης, η δυνατότητα χρησιμοποίησης πετρελαίου χαμηλότερης ποιότητας και συνεπώς φθηνότερου, αλλά και το χαμηλότερο κόστος συντήρησης σε σχέση με τις μηχανές εσωτερικής καύσης καθώς και η μεγαλύτερη ευελιξία προγραμματισμού των επισκευών . Αυτό συμβαίνει διότι δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες φθορές στα εσωτερικά μέρη μηχανής. Για το ίδιο λόγο το κόστος των λιπαντικών είναι πολύ χαμηλό. Τα συστήματα αυτά δεν χρειάζονται επιπλέον εξοπλισμό για να κάψουν τυχόν επιπλέον ποσότητα boil off gas . Τέλος η χρήση του φορτίου ως καυσίμου σημαίνει χαμηλές εκπομπές οξειδίων του αζώτου (NOx) και την εκ των προτέρων συμμόρφωση με τους περιορισμούς εκπομπών SOx.

Τα μειονεκτήματα είναι επίσης σημαντικά. Το κυριότερο, είναι η θερμική απόδοση η οποία ανέρχεται μόλις το 30%. Οι ανάγκες για ισχύ των μεγαλύτερων πλοίων δεν μπορούν να καλυφθούν μόνο από την φυσική εξαέρωση του φορτίου. Αυτό σημαίνει ότι είτε πρέπει να προκληθεί περεταίρω εξάτμιση (forced boil off gas), είτε περισσότερο συμβατικό καύσιμο. Και στις δύο περιπτώσεις το κόστος είναι αυξημένο, ενώ η καύση χαμηλότερης ποιότητας καυσίμων έχει ως αποτέλεσμα τις αυξημένες εκπομπές Sox. Συνεπώς για να πλεύσει το πλοίο σε λιμάνια ή περιοχές ecas , θα πρέπει να αλλάξει σε καλύτερης ποιότητας άρα και ακριβότερο καύσιμο. Επίσης τα συστήματα της πρόωσης με τουρμπίνες ατμού είναι αρκετά ογκώδη με συνέπεια το μηχανοστάσιο να καταλαμβάνει μεγάλο χώρο , παρουσιάζουν σχετική πολυπλοκότητα στην λειτουργία τους, ενώ με την πάροδο του χρόνου γίνεται όλο και δυσκολότερη η επάνδρωση με καταρτισμένα πληρώματα γιατί η συγκεκριμένη τεχνολογία τείνει να απαξιωθεί και δεν υπάρχει ενδιαφέρον για συνέχιση της σχετικής εκπαίδευσης πάνω σε αυτή. Όταν οι ταχύτητες του πλοίου είναι πολύ χαμηλές ή όταν το πλοίο βρίσκεται στο λιμάνι οι ανάγκες για ισχύ είναι χαμηλότερες από την ημερήσια εξάτμιση. Το ποσοστό αυτό του φορτίου αναπόφευκτα χάνεται διότι ο επιπλέον παραγόμενος ατμός ξαναρίχνεται μέσα στον κύριο συμπυκνωτή. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000 οι λέβητες ήταν ο μόνος τρόπος να καταναλωθεί η φυσική εξαέρωση και τουρμπίνες ατμού ήταν το πιο ευρέως διαδεδομένο σύστημα πρόωσης.

2) Μηχανές ηλεκτρικής πρόωσης εσωτερικής καύσης διπλού καυσίμου (Dual Fuel Electric Propulsion-DFDE)

Η εγκατάσταση αυτή αποτελείται από 4 συνήθως κύριες μηχανές ίδιου τύπου που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια τόσο για την πρόωση του πλοίου , όσο και για τις υπόλοιπες ανάγκες όπως για την λειτουργία των thrusters, των αντλιών, των

βοηθητικών συστημάτων και του χώρου του πληρώματος. Οι μηχανές μπορούν να χρησιμοποιήσουν ως καύσιμο τόσο το φυσικό αέριο που προκύπτει από την φυσική εξάτμιση (σε χαμηλή πίεση) συν μια μικρή ποσότητα 1% mdo για την ανάφλεξη (pilot fuel). Σε περίπτωση που δεν επαρκεί η φυσική εξαέρωση , χρησιμοποιείται diesel oil .Η εναλλαγή μεταξύ των καυσίμων γίνεται αυτόματα χωρίς να υπάρχει απώλεια ισχύος ή ταχύτητας.^{54 55}

Στην λειτουργία καύσης του φυσικού αερίου και ταξιδεύοντας στην μέγιστη ταχύτητα (18,5-20 κόμβοι), η φυσική εξάτμιση μπορεί και να μην επαρκεί για τις συνολικές ανάγκες του πλοίου. Σε αυτήν την περίπτωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν υγρά καύσιμα ή να προκληθεί επιπλέον εξάτμιση (forced boil off gas)εφόσον το επιτρέπει ο ναυλωτής . Σε συνθήκες χαμηλότερης ταχύτητας πχ διέλευση Σουέζ , οι απαιτήσεις είναι χαμηλότερες και συνήθως το boil off gas επαρκεί. Σε περίπτωση που το boil off υπερβαίνει τις ανάγκες του πλοίου τότε οι κανονισμοί επιβάλλουν την καύση του στην ειδική μονάδα/καυστήρα (gas combustion unit /GCU).Η εγκατάσταση ενός τέτοιου καυστήρα συνεπάγεται και μεγαλύτερο κόστος.Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των συστημάτων αυτών πέραν της ευελιξίας στη χρήση καυσίμου, είναι η βελτιωμένη θερμική αποδοτικότητά τους που φτάνει και το 42%. Η μείωση της κατανάλωσης του καυσίμου κατά τουλάχιστον 25-30 % έχει σημαντική επίπτωση στο συνολικό κόστος και στην τιμή του υδροποιημένου φυσικού αερίου στην αγορά. Επίσης η σχετική τεχνολογία δεν έχει περιορισμού ως προς το μέγεθος των πλοίων στα οποία μπορεί να εγκατασταθεί. Οι απαιτήσεις σε μεγαλύτερη ισχύ καλύπτονται αυξάνοντας τον αριθμό των κυλίνδρων. Η συνολική διάταξη των μηχανών είναι λιγότερο ογκώδης άρα απαιτείται μικρότερος χώρος στο μηχανοστάσιο σε όφελος περισσότερου χώρου διαθέσιμου για φορτίο.⁵⁶

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι ότι οι εργασίες συντήρησης μπορούν να γίνουν όσο το πλοίο βρίσκεται σε ταξίδι. Αν και η διαδικασία επιβάλλει το κλείσιμο της μηχανής , το πλοίο μπορεί να βασιστεί στις υπόλοιπες τρεις για την λειτουργία του όσο διαρκεί η συντήρηση. Ανεξάρτητα από αυτό όμως , η απαιτούμενη συντήρηση τους είναι περισσότερη σε σύγκριση με τις τουρμπίνες ατμού , καθώς και το απαιτούμενο πλήρωμα διότι υπάρχει και η επιπλέον συντήρηση του συστήματος της ηλεκτροπρόωσης. Επίσης και η κατανάλωση λιπαντικών είναι μεγαλύτερη .Αυτό συμβαίνει διότι σε αντίθεση με τις τουρμπίνες ατμού , οι μηχανές διπλού καυσίμου είναι μηχανές εσωτερικής καύσεως που σημαίνει ανάφλεξη μέσα στους κυλίνδρους. Η χρήση του λιπαντικού επιβάλλεται για την προστασία των μετάλλων από τα κατάλοιπα των καυσίμων . Υπολογίζεται ότι όταν καίει φυσικό αέριο η κατανάλωση

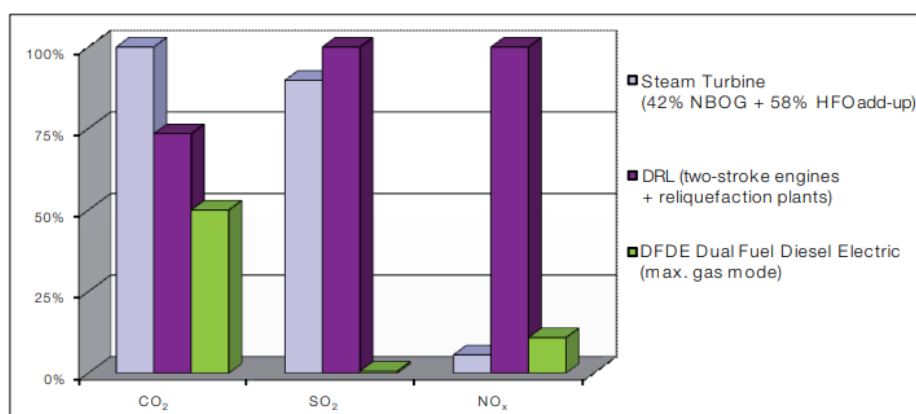
⁵⁴ Joško Dvornik, Srđan Dvornik, Dual-Fuel-Electric Propulsion Machinery Concept on LNG Carriers, Transactions On Maritime Science, 2014; 02: 137-148

⁵⁵ <https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/marine-brochures-pardot-redirects/engines/dual-fuel-engines/wartsila-dual-fuel-engines-brochure> accessed June 2018

⁵⁶ <http://www.liquefiedgascarrier.com/advantages-electrical-propulsion-LNG-carrier.html> accessed June 2018

φτάνει τα 0,5 g/kwh. Σε ετήσια βάση αυτό σημαίνει 100 τόνους λιπαντικού.⁵⁷ Όταν καταναλώνει υγρό καύσιμο, η συνολική κατανάλωση λιπαντικών είναι πολύ υψηλότερη. Τέλος οι μηχανές αυτές πληρούν τους κανονισμούς περί εκπομπών Sox & NOx.

Εικόνα 2.1.2.1 Vessel emissions for various propulsion systems based on 200k class LNGCs of constant displacement, round trip with port to-port distance of 10,000 nm, service speed 19.5 kn



Πηγή : MAN DIESEL <https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/lng-carrier-power.pdf?sfvrsn=6>

3) Μηχανές ηλεκτρικής πρόωσης εσωτερικής καύσης τριπλού καυσίμου (Triple Fuel Electric Propulsion-TFDE). Είναι ίδιας φιλοσοφίας με τις διπλού καυσίμου με την διαφορά ότι έχουν μεγαλύτερη ευελιξία γιατί μπορούν να κάψουν και hfo εκτός από αέριο και mdo, με αποτέλεσμα την βελτιστοποίηση της κατανάλωσης σε ένα εύρος διαφορετικών ταχυτήτων. Ένα περίπου 25% των πλοίων lng φέρει αυτού το είδους τις μηχανές.

4) Δίχρονες εσωτερικής καύσεως με σύστημα επαναυγροποίησης (2 stroke, slow speed diesel engines with re-liquefaction plants). Τα συστήματα αυτά εισήχθησαν στα μέσα της δεκαετίας του 2000, παράλληλα με την ανάπτυξη των τερματικών υγροποίησης του Κατάρ. Πρόκειται για συμβατικές δίχρονες μηχανές με διπλούς άξονες που καίνε hfo ή mdo, ενώ το boil off gas που προκύπτει διοχετεύεται την εγκατάσταση επαναυγροποίησης και επιστρέφει στις δεξαμενές. Επίσης υπάρχει και καυστήρας (GCU) για την καύση του πλεονάζοντος boil off όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο. Τα πλοία κλάσης Qflex και Qmax έχουν τέτοιες μηχανές. Η λογική είναι 1) η μείωση του boil off gas όσο το δυνατόν περισσότερο. Αυτό επιτυγχάνεται με 2 τρόπους. Αρχικά από το μέγεθος των πλοίων αυτών. Το μεγάλο πλοίο, έχει περισσότερες δεξαμενές και συνεπώς μικρότερη αναλογικά ελεύθερη επιφάνεια του

⁵⁷ <http://www.liquefiedgascarrier.com/fuel-cost-for-duel-fuel-electrical-propulsion.html>

φορτίου μέσα στην κάθε δεξαμενή και μικρότερο το ποσοστό της εξάτμισης. Δεύτερον, η θερμοκρασία της δεξαμενής παραμένει σε χαμηλά επίπεδα, διότι στο άφορτο ταξίδι ψεκάζεται με υγροποιημένο φυσικό αέριο από το σύστημα επαναυγροποίησης άρα οι απαιτήσεις για απόθεμα (heel) είναι πολύ μικρότερες. Η διαδικασία αυτή βοηθά στην μείωση της εξάτμισης και στο έμφορτο ταξίδι. 2) το μεγάλο μέγεθος των πλοίων σημαίνει περισσότερο φορτίο σε μεγαλύτερες αποστάσεις και αναλογικά χαμηλότερο κόστος καυσίμου ανα MMBTU.

Οι μηχανές αυτές εμφανίζουν μέχρι και 50% αποδοτικότητα καυσίμων, με συνέπεια η συνολική κατανάλωση να είναι χαμηλότερη και κατά συνέπεια να έχουν και μικρότερο κόστος σε σχέση πχ με τις τουρμπίνες ατμού. Επίσης λόγω του μικρότερου όγκου τους, καταλαμβάνουν μικρότερο χώρο άρα απαιτείται και μικρότερο μηχανοστάσιο προς όφελος μεταφορικής χωρητικότητας. Η εγκατάσταση του συστήματος επαναυγροποίησης σημαίνει ότι περισσότερο φορτίο παραδίδεται στον τελικό παραλήπτη. Ως μειονέκτημα θα μπορούσε να θεωρηθεί ότι δεν έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν το άμεσα διαθέσιμο και καθαρό φυσικό αέριο ως καύσιμο, κυρίως σε περιόδους που οι τιμές των υγρών καυσίμων είναι υψηλές. Η διαδικασία της επαναυγροποίησης απαιτεί επίσης σημαντική ηλεκτρική ενέργεια άρα συμβάλει στην αύξηση της κατανάλωσης καυσίμου. Οι εκπομπές Sox είναι φυσικά αυξημένες και άρα απαιτείται η εφαρμογή των ανάλογων αντιρρυπαντικών τεχνολογιών. Οι μηχανές αυτές απαιτούν μεγαλύτερη συντήρηση και έχουν αυξημένο κόστος λιπαντικών σε σχέση με τις τουρμπίνες ατμού. Επίσης το αρχικό κόστος είναι αυξημένο κυρίως λόγω του διπλού άξονα.

5) Δίχρονες με ηλεκτρονικά ελεγχόμενο ψεκασμό αερίου (M-type Electronically Controlled, Gas Injection / ME-GI)

Είναι μηχανές εσωτερικής καύσης που λειτουργούν είτε με βαρύ πετρέλαιο (hfo) ή diesel (mdo) μαζί με φυσικό αέριο υψηλής πίεσης. Η διαφορά είναι ότι γίνεται απευθείας έγχυση καυσίμου (κύκλος Diesel) ενώ στις dfde τα καύσιμα προαναμιγνύονται (κύκλος Otto). Στην πράξη, 2 με 3 βαλβίδες αερίου ψεκάζουν τον θάλαμο καύσης με αέριο υψηλής πίεσης ταυτόχρονα με μια μικρή ποσότητα υγρού καυσίμου (pilot fuel) από τους αντίστοιχους εγχυτήρες. Το σύστημα αυτό διασφαλίζει βέλτιστο έλεγχο της καύσης.⁵⁸ Πλεονέκτημα αυτής της μηχανής είναι η λειτουργική ευελιξία διότι μπορεί να καίει διαφορετικούς τύπους καυσίμων χωρίς απώλειες στην θερμική αποδοτικότητα στο αποδιδόμενο ηλεκτρικό φορτίο ή στην ταχύτητα.⁵⁹ Ευελιξία αφορά τόσο τους πλοιοκτήτες όσο και τους ναυλωτές διότι μπορούν να

⁵⁸ <https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/me-gi-dual-fuel-man-b-amp-w-engines433833f0bf5969569b45ff0400499204.pdf?sfvrsn=34> accessed July 2018

⁵⁹ <https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/me-gi-dual-fuel-man-b-amp-w-engines433833f0bf5969569b45ff0400499204.pdf?sfvrsn=34> accessed July 2018

έχουν την καλύτερη δυνατή επιλογή καυσίμου σε κάθε μεταβολή των τιμών στην αγορά .Η μηχανή μπορεί να δουλέψει σε τρεις διαφορετικές λειτουργίες: α) λειτουργία μόνο με συμβατικό καύσιμο β)λειτουργία με αέριο και ελάχιστη ποσότητα υγρού καυσίμου (pilot fuel 5%) είτε mdo ή hfo γ) συνδυασμένη λειτουργία με οποιαδήποτε αναλογία μεταξύ αερίου και υγρού καυσίμου. Η ευελιξία αυτή επιτρέπει τον καλύτερο προγραμματισμό ανεφοδιασμού, διότι η κατανάλωση είναι σημαντικά μειωμένη και έτσι δεν απαιτούνται στάσεις με συνέπεια συντομότερο χρόνο ταξιδιού και πιο αποδοτική διαχείριση του πλοίου. Έχει υπολογιστεί ότι ένα πλοίο χωρητικότητας 170.000 cbm πλήρως φορτωμένο σε πλήρη ταχύτητα και σε λειτουργία αερίου θα καταναλώσει περίπου 15 με 20% λιγότερο καύσιμο σε σχέση με το ίδιο πλοίο αλλά με μηχανές dfde.⁶⁰ Στα μειονεκτήματα συγκαταλέγεται ότι το υψηλό αρχικό κόστος λόγω του ότι απαιτούνται επιπλέον συστήματα διαχείρισης του αερίου καυσίμου. Σημαντικό θέμα είναι η διατήρηση του φορτίου κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Επειδή πολύ μικρή ποσότητα boil off χρησιμοποιείται ως καύσιμο, η υπόλοιπη φυσική εξάτμιση πρέπει να επαναυγροποιηθεί.⁶¹ Η χρήση σχετικής εγκατάστασης αφαιρεί σημαντικό ποσοστό από την αποδοτικότητα της μηχανής. Επιπλέον απαιτείται η χρήση τεχνολογίας για την μείωση των εκπομπών Nox (selective catalytic reduction ή exhaust gas recirculation).Αν και δεν υπάρχει πολυετής εμπειρία σχετικά με την απόδοση της μηχανής, πρόκειται για καινοτομία στην οποία η αγορά δείχνει αυξανόμενο ενδιαφέρον. Το 2016 υπήρχαν 10 πλοία με αυτή την μηχανή, ενώ για το 2017 ,2018 και 2019 οι προγραμματισμένες παραδόσεις είναι για 46 πλοία μέση χωρητικότητα των πλοίων για τα οποία προορίζεται είναι τα 174.000 cbm.

2.1.3 Επιπλέον εξοπλισμός που απαιτείται λόγω της φύσης του φορτίου

Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι τεχνολογικά εξειδικευμένα και σε σχέση με ένα απλό δεξαμενόπλοιο φέρουν επιπλέον συστήματα και εξοπλισμό μεγάλης ακριβείας και υψηλού κόστους , ώστε να αντέχουν τις ιδιαίτερα χαμηλές θερμοκρασίες του φορτίου.

High Duty Compressors –συμπιεστές υψηλής παροχής. Πρόκειται για συμπιεστές μονού σταδίου (single stage) που βρίσκονται στο κατάστρωμα και λειτουργούν με την αρχή της στροβιλοσυμπίεσης (turbocompression) με ικανότητα συμπίεσης 36,000 m³ /h. Χρησιμοποιούνται α) κατά τη διάρκεια της εκφόρτωσης για να διαχειρίζονται τα μίγματα αερίων που προκύπτουν, β) κατά τη διάρκεια του ταξιδιού για την διαχείριση

⁶⁰ <http://www.intertanko.com/Documents/ISTEC%20LNG%20WG%202015/Maran%20-%20TRI%20FUEL%20ENGINES.pdf>
accessed July 2018

⁶¹ <https://www.marinemoney.com/system/files/media/mm/pdf/2017/Day%201%201455%20PM%20Session%20-%20Jonathan%20Cook.pdf> accessed July 2018

του boil off gas που προορίζεται ως καύσιμο και γ) για τις εργασίες συντήρησης που απαιτούν την θέρμανση και ξανά την ψύξη των δεξαμενών.

Vaporizer –εξατμιστήρας . είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας που χρησιμοποιείται για να επαναεριοποιήσει το περιεχόμενο των δεξαμενών μέσω της εισαγωγής υγρού υδρογόνου

BOG Heater – cryogenic gas heater. Είναι ένας εναλλάκτης θερμότητας για την θέρμανση του boil off gas πριν την εισαγωγή του στην μονάδα καύσης.

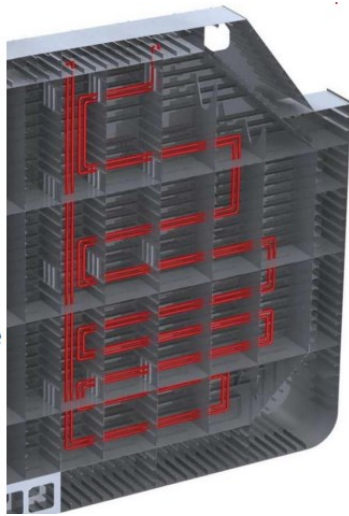
GCU (Gas Combustion Unit) – Μονάδα καύσης BOG. Σε αυτήν διοχετεύεται το boil off gas για να καεί στις περιπτώσεις που υπάρχει βλάβη των συστημάτων επαναυδροποίησης και κατά την πρωταρχική φάση της φόρτωσης όπου τα αέρια που συσσωρεύονται στην δεξαμενή είναι παραπάνω από αυτά που μπορεί να διαχειριστεί το σύστημα συμπύκνωσης . Η μονάδα αυτή, είναι ένας επιπλέον τρόπος να διατηρηθεί η πίεση των δεξαμενών, σε περίπτωση που τα υπόλοιπα συστήματα διαχείρισης των αερίων αποτύχουν.

Σύστημα επαναυδροποίησης . Η εγκατάσταση αυτή έχει ως εργασία την επαναφορά των αερίων της δεξαμενής στην υγρή κατάσταση και κατά συνέπεια την διατήρηση της πίεσης σε σταθερό επίπεδο. Η υδροποίηση γίνεται με ρυθμό 4000 με 6000 kg/hour και ως μέσο ψύξης χρησιμοποιείται υδρογόνο. Το υδρογόνο παράγεται από ένα ανάλογο σύστημα.

Σύστημα θέρμανσης των στεγανών ανάμεσα στις δεξαμενές του φορτίου ώστε να προστατεύεται το ατσάλι από την καταπόνηση που προκαλεί η πολύ χαμηλή θερμοκρασία. Χρησιμοποιούνται σπειροειδή πηνία μέσα στα οποία ρέει ένα θερμό μίγμα γλυκόλης και νερού.⁶²

⁶² Przemysław Rajewski, Paweł Krause, Marek Matyszczak, Requirements for personnel qualifications and training for handling the marine part of LNG transport chain , Maritime University of Szczecin, 2012, 32(104) z. 1 pp. 67–74

Εικ 2.1.3.1 cofferdam heating system



Πηγή : GTT

Σύστημα ανίχνευσης αερίου -μέσω ενός μεγάλου αριθμού αισθητήρων σε συγκεκριμένες περιοχές του πλοίου παρακολουθείται η συγκέντρωση μεθανίου και ανάλογα ενεργοποιούνται συναγερμοί σε περίπτωση που υπάρχει κίνδυνος έκρηξης.

Σύστημα παρακολούθησης της θερμοκρασίας . Χρησιμοποιείται για να καταγράψει την θερμοκρασία των δευτερευόντων στρωμάτων μόνωσης των δεξαμενών και των στεγανών ανάμεσα στις δεξαμενές.

Σύστημα επείγουσας διακοπής εργασιών. Όταν κατά τη διάρκεια φόρτωσης ή εκφόρτωσης μεταξύ πλοίου και τερματικού υπάρχει κίνδυνος για τη ασφάλεια (πχ διαρροή)το σύστημα θα κλείσει μηχανήματα και βαλβίδες που χειρίζονται το φορτίο. Παράλληλα, ένα σύστημα ψεκασμού με νερό θα μειώσει τις επιπτώσεις της χαμηλής θερμοκρασίας του φορτίου που έχει διαφύγει πχ πάνω στο κατάστρωμα ώστε να προστατέψει την δομή του κύτους από την φθορά.

Τα στόμια εισαγωγής /εξαγωγής του φορτίου, στα συμβατικά πλοία , βρίσκονται περίπου στη μέση του καταστρώματος για να διευκολύνεται η σύνδεση πλοίου και τερματικού. Κατά περίπτωση , ενδέχεται να βρίσκονται μπροστά ή πίσω για να εξυπηρετούνται οι ανάγκες φόρτωσης και εκφόρτωσης από συγκεκριμένα τερματικά. Η θέση των στομίων πρέπει να ταυτίζεται με τις προτάσεις του SIGTTO και του OCIMF*, πρέπει να έχουν συγκεκριμένο μέγεθος και διάμετρο καθώς και συγκεκριμένο ύψος πάνω από το κατάστρωμα.

*Oil Companies International Marine Forum

2.2 Το κόστος χρηματοδότησης

2.2.1 Τρόποι χρηματοδότησης

Το κάθε σκέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας του lng μπορεί να χρηματοδοτηθεί είτε αυτόνομα είτε συνδυαστικά με κάποιο άλλο. Παραδοσιακά η παραγωγή του φυσικού αερίου και η υγροποίηση αντιμετωπίζονταν ως ενιαίο επενδυτικό σχέδιο , ενώ η θαλάσσια μεταφορά και η επανεριοποίηση χρηματοδοτούνται ξεχωριστά.

Η επιλογή του τρόπου χρηματοδότησης από τον εκάστοτε πλοιοκτήτη ή επενδυτή γίνεται συνυπολογίζοντας ορισμένες πολύ σημαντικές παραμέτρους.

Η αγορά ενός πλοίου συνήθως χρηματοδοτείται από έναν συνδυασμό ιδίου κεφαλαίου και χρέους⁶³ . Θα πρέπει προφανώς να αποφασίσει ποιος θα είναι αυτός ο συνδυασμός δεδομένου ότι στόχος είναι είναι η διατήρηση ή και βελτίωση της απόδοσης των ιδίων κεφαλαίων δηλ το ποσό των καθαρών παραγόμενων εσόδων ως ποσοστό των ιδίων κεφαλαίων. Επίσης θα πρέπει να υπολογίσει την επίπτωση του κόστους του δανείου στο συνολικό κόστος και το ποσο θα επηρεάσει την ανταγωνιστικότητα του σε σχέση με τους ναύλους που θα εισπράττει..

.Τέλος θα πρέπει να επιδιώκει την μετατόπιση του κινδύνου στους δανειστές.

Οι δανειστές από την μεριά τους θα πρέπει να αξιολογήσουν μια σειρά από παραμέτρους .Ως ποσοτικές παράμετροι, εκτός από την αξία του προς χρηματοδότηση πλοίου, αναφέρονται οι γενικότερες επικρατούσες συνθήκες στο διεθνές εμπόριο όπως η προσφορά και η ζήτηση αλλά και οι μελλοντικές προσδοκίες για τις ναυτιλιακές αγορές και την παγκόσμια οικονομία .Επίσης η χρονική στιγμή σε σχέση με τον ναυτιλιακό κύκλο, και οι οικονομική κατάσταση των συμβαλλομένων δηλ δανειζόμενου , εγγυητή και ναυλωτή όπως και η οικονομική ευρωστία του πλοιοκτήτη και η διαθέσιμη ρευστότητα του.

Τα ποιοτικά στοιχεία που αξιολογούνται είναι η φερεγγυότητα του πλοιοκτήτη , η φήμη του , η σχέση του με άλλους δανειστές αλλά και η συμπεριφορά του σε παλαιότερα δάνεια. Τέλος οι γενικότερες ικανότητές του στην διαχείριση της εταιρείας του.

Υπάρχουν διάφορες κατηγορίες κινδύνου που σχετίζονται με την χρηματοδότηση ενός πλοίου⁶⁴ :

Κίνδυνοι που έχουν να κάνουν με την ναυπήγηση .Οι κίνδυνοι αυτοί είναι κυρίως καθυστερήσεις από την πλευρά του ναυπηγείου, υπέρβαση του προϋπολογισμού και θέματα που αφορούν στο κόστος και την διαθεσιμότητα των υλικών και του

⁶³ Martin Stopford, Maritime Economics,2009

⁶⁴ Ping Lim Financing Larger LNG Vessels, Gastech 2005

εργατικού δυναμικού. Ο χρόνος που μεσολαβεί από την υπογραφή της παραγγελίας και την σύναψη της δανειακής σύμβασης, μέχρι τη ολοκλήρωση της ναυπήγησης του πλοίου είναι συνήθως 2 με 4 χρόνια. Στο διάστημα αυτό ενδέχεται να υπάρξει ραγδαία μεταβολή της τεχνολογίας, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την κερδοφορία του πλοίου. Πιο συγκεκριμένα, βελτίωση της τεχνολογίας μπορεί να υποβαθμίσει την ανταγωνιστικότητα του πλοίου διότι επηρεάζει την ενεργειακή του αποδοτικότητα, την κατανάλωση καυσίμου και τις εκπομπές ρύπων. Ένα πλοίο το οποίο δεν είναι τόσο αποδοτικό σε σχέση με άλλα τα οποία είναι πιο εξελιγμένα τεχνολογικά, δεν μπορεί να ζητήσει το ίδιο επίπεδο ναύλων και συνεπώς ο πλοιοκτήτης/διαχειριστής έχει μικρότερα περιθώρια κέρδους. Το χρονικό διάστημα μέχρι την παράδοση του πλοίου, εμπεριέχει επίσης τον κίνδυνο να υπάρξει μεταβολή των συνθηκών προσφοράς και ζήτησης για τις μεταφορικές υπηρεσίες του συγκεκριμένου πλοίου. Αν οι συνθήκες έχουν ως αποτέλεσμα μια μείωση της ζήτησης, τότε ο ανταγωνισμός θα οδηγήσει σε χαμηλότερους ναύλους γεγονός που επίσης θα επηρεάσει τις μελλοντικές προσόδους του πλοίου. Και στις δυο περιπτώσεις η τρέχουσα αξία του πλοίου την στιγμή που παραδίδεται από το ναυπηγείο είναι χαμηλότερη από την συμφωνημένη αξία βάση της οποίας έγινε και η χρηματοδότηση.

Κίνδυνοι που σχετίζονται με την ναύλωση του πλοίου. Σε περίπτωση που το πλοίο προορίζεται για μακροχρόνια χρονοναύλωση, οι δανειστές θα πρέπει να έχουν εμπιστοσύνη σε όλους τους συμβαλλόμενους καθώς και στην εταιρεία που διαχειρίζεται το πλοίο η οποία θα πρέπει να έχει τις ανάλογες ικανότητες και εμπειρία ώστε να διασφαλίσει ότι το πλοίο θα έχει έσοδα.

Κίνδυνοι που σχετίζονται με την σημαία του πλοίου. Τα πλοία LNG νηολογούνται σχεδόν αποκλειστικά σε μεγάλα και αξιόπιστα νηολόγια. Αντίθετα, η νηολόγηση σε σημαία μη ποιοτική, εξανεμίζει τις πιθανότητες για χρηματοδότηση, ασφάλιση και ναύλο.

Τέλος, πολύ σημαντική είναι η περιορισμένη δυνατότητα που έχουν αυτά τα πλοία να απασχοληθούν αλλού σε περίπτωση που διακοπεί ή λήξει η μακροχρόνια ναύλωση τους. Ο προφανής λόγος είναι η φύση του φορτίου για το οποίο είναι κατασκευασμένα και ότι δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλα φορτία. Ο δεύτερος λόγος είναι, ότι είναι συνδεδεμένα στην πλειοψηφία τους σε συγκεκριμένα projects και συγκεκριμένες διαδρομές. Συνεπώς, είναι εξαιρετικά δύσκολο να βρουν άμεσα νέα μακροχρόνια απασχόληση, ενώ η σποτ αγορά δεν παρουσιάζει την συνέπεια εκείνη που θα έδινε στον πλοιοκτήτη την βεβαιότητα ότι θα εξακολουθήσει να έχει σταθερά έσοδα και επομένως θα μπορεί να αποπληρώνει τις δανειακές του υποχρεώσεις. Όσο μεγαλύτερο είναι δε το πλοίο, τόσο μεγαλύτερη είναι και η δυσκολία εργασίας στην αγορά σποτ, γιατί υπάρχει περιορισμένη συμβατότητα με τα τερματικά σε σύγκριση με τα μεσαίου μεγέθους πλοία.

Όλα τα παραπάνω επηρεάζουν την δυνατότητα αποπληρωμής ενός δανείου. Η αδυναμία αποπληρωμής είναι άμεσα συνδεδεμένη με το νομικό δικαίωμα του δανειστή να αποκτήσει κυριότητα στα περιουσιακά στοιχεία που τέθηκαν ως εγγύηση για την σύναψη του δανείου. Το δικαίωμα αυτό της προσφυγής (recourse) καθορίζει το είδος της χρηματοδότησης σε 2 κύριες κατηγορίες⁶⁵ :

A. Χρηματοδότηση Έργου (project finance).

Λογω της φύσης του φορτίου η κατασκευή των πλοίων α μεταφοράς lng απαιτεί εξειδικευμένη τεχνολογία η οποία με τη σειρά της αυξάνει το κόστος ναυπήγησης και κατά συνέπεια τα συνολικά σταθερά κόστη. Για να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος χρηματοδότησης μια τέτοιας επένδυσης, η ναυπήγηση συνδέεται άμεσα με την υπαρξη μακροχρόνιων συμβολαίων αγοράς και πώλησης LNG (Sale & Purchase agreement). Αυτό σημαίνει ότι η μεγάλη πλειοψηφία των πλοίων που ναυπηγούνται , είναι σχεδιασμένα και προορίζονται εξ' αρχής να υπηρετήσουν σε συγκεκριμένες διαδρομές , για καθορισμένους όγκους φορτίου και όρους που καθορίζονται από συγκεκριμένα συμβόλαια αγοραπωλησίας LNG. Το project financing γενικά είναι μια μορφή μακροχρόνιας χρηματοδότησης, η οποία συνήθως επιλέγεται για μεγάλης κλίμακας έργα υποδομών και των επιμέρους στοιχείων τα οποία τα απαρτίζουν. Οι δανειστές χρηματοδοτούν μια εταιρεία ειδικού σκοπού για την απόκτηση συγκεκριμένου προσοδοφόρου παγίου , στην περίπτωση αυτή του πλοίου lng. Η αποπληρωμή του δανείου συνδέεται αποκλειστικά από τις μελλοντικές προσόδους (cash flows) του πλοίου και συγκεκριμένα από τα ημερήσια μισθώματα της εκάστοτε μακροχρόνιας χρονοναύλωσης και όχι από τα περιουσιακά στοιχεία των επιμέρους συμμετεχόντων στα συμβόλαια αγοράς και πώλησης.⁶⁶

Ο τρόπος αυτός χρηματοδότησης έχει τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα.

Επιτυγχάνει μεγάλη χρηματοδότηση χρέους με ταυτόχρονη μεταβίβαση του κινδύνου στους δανειστές . Ο αποδέκτης της χρηματοδότησης δηλαδή η εταιρεία ειδικού σκοπού απολαμβάνει το πλεονέκτημα της ευελιξίας αποπληρωμής του δανείου και της περιορισμένης προσφυγής (limited recourse). Αυτό σημαίνει ότι σε περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής , οι δανειστές μπορούν να κατάσχουν μόνο το περιουσιακό στοιχείο που αναφέρεται στην δανειακή σύμβαση δηλαδή το συγκεκριμένο πλοίο και όχι άλλα περιουσιακά στοιχεία των μερών που απαρτίζουν την εταιρεία. Ο τρόπος αυτός χρηματοδότησης ελαχιστοποιεί την δέσμευση ιδίων κεφαλαίων και άρα μεγιστοποιείται η απόδοσή τους γιατί μπορούν να επενδυθούν σε άλλα επιχειρηματικά σχέδια. Ένα σημαντικό μέρος των κινδύνων που προαναφέρθηκαν ,

⁶⁵ Ping Lim Ping Lim Financing Larger LNG Vessels, Gastech 2005

⁶⁶ Rod Morrison, The Principles of Project Finance , New York 2012

μεταφέρεται στους δανειστές και γι'αυτό απαιτείται να έχουν την δέουσα επιμέλεια όταν διερευνούν τις παραμέτρους μιας τέτοιας πιθανής χρηματοδότησης.

Μειονέκτημα για τους δανειζόμενους αποτελεί το ότι τα επιτόκια σε αυτού του είδους την χρηματοδότηση είναι υψηλότερα , οι διαδικασίες είναι περισσότερο χρονοβόρες . Λόγω του ύψους των κεφαλαίων που απαιτούνται για μια χρηματοδότηση έργου , κανείς από τους παραδοσιακούς χρηματοδοτικούς φορείς δεν μπορεί να παρέχει κεφάλαια εξολοκλήρου και κατά αποκλειστικότητα. Οι ενδιαφερόμενοι θα πρέπει να συγκεντρώσουν χρήματα από πολλές και διαφορετικές πηγές. Οι κυριότεροι φορείς αυτού του είδους της χρηματοδότησης είναι οι εμπορικές τράπεζες η ισλαμική χρηματοδότηση (ισλαμικές τράπεζες και επενδυτικά σχήματα) και οι ecas (export credit agencies).

B) Εταιρική χρηματοδότηση (corporate finance).

Στην περίπτωση αυτή , δανειστές εξαρτώνται από την οικονομική ευρωστία των επιμέρους αναδόχων του πλοίου (και όχι της ναυτιλιακής εταιρείας) ώστε να διασφαλίσουν την αποπληρωμή του χρέους. Το δάνειο παρέχεται απ'ευθείας σε εκείνους μέσω εγγυήσεων που παρέχουν οι ίδιοι ενώ υπάρχει πλήρης προσφυγή από πλευράς του δανειστή .Η εταιρική χρηματοδότηση δεσμεύει περισσότερα ίδια κεφάλαια περιορίζοντας τις δυνατότητες για άλλες επενδύσεις . Μορφές εταιρικής χρηματοδότησης είναι:

- Ιδιωτικά κεφάλαια και δάνεια
- Τραπεζικά δάνεια τα οποία χωρίζονται σε 4 κατηγορίες : ενυπόθηκα δάνεια με εγγύηση το πλοίο, εταιρικά δάνεια με εγγύηση την εταιρεία , πιστώσεις από τα ναυπηγεία και mezzanine financing
- Δημόσια κεφάλαια τα οποία προσελκύονται με αύξηση του μετοχικού κεφαλαίου ή με την έκδοση εταιρικών ομολόγων

2.2.2 Φορείς χρηματοδότησης

1) Ιδιωτικά επενδυτικά ταμεία (investment funds): Προκειται για αποταμιεύσεις που προέρχονται από διαφορετικές πηγές και μπορεί να είναι ιδιωτικές ή εταιρικές . Ως επι το πλείστον η διαχείριση τους γίνεται από επαγγελματίες του χώρου των ασφαλιστικών εταιρειών, συνταξιοδοτικών ταμείων , διαφόρων επενδυτικών οίκων και τραπεζών. Οι διαχειριστές των ταμείων αυτών επενδύουν ή δανείζουν τα χρήματα που διαχειρίζονται . Στην περίπτωση της επένδυσης το κέρδος για το επενδυτή είναι το προκαθορισμένο μερίδιο από τα κέρδη ενώ εισπράτει το κεφάλαιο του με την πώληση του μεριδίου της συμμετοχής του . Στην περίπτωση του δανεισμού

, ο δανειστής εισπράττει τις δόσεις του δανείου αφού αντιπροσωπεύουν το κεφάλαιο του συν τον τόκο που είναι το κέρδος του. Η επένδυση έχει αβεβαιότητα για το αν θα είναι εφικτή κάποια απόδοση ενώ θεωρητικά δεν υπάρχει όριο στα κέρδη. Αντίστοιχα ο κίνδυνος απώλειας του κεφαλαίου είναι μεγαλύτερος. Αντίθετα οι δανειστές γνωρίζουν εκ των προτέρων το κέρδος που μπορούν να αποκομίσουν το οποίο είναι συνήθως μικρότερο σε σχέση με μια επένδυση, ο κίνδυνος είναι ελεγχόμενος γιατί στην περίπτωση αδυναμίας αποπληρωμής, έχουν την δυνατότητα να διεκδικήσουν από τα περιουσιακά στοιχεία των δανειζομένων.

2) Τράπεζες : Χρηματοδοτούν κυρίως μέσω μακροχρόνιων δανείων τα οποία έχουν συγκεκριμένη διάρκεια και αποπληρώνονται βάσει προσυμφωνημένου προγράμματος καταβολών. Υπάρχει σχετική ευελιξία στο πότε οι πληρωμές αυτές θα ξεκινήσουν, στο αν θα είναι ισόποσες ή όχι καθώς και ποια θα είναι η συχνότητα της καταβολής των τόκων ώστε να υπάρχει συγχρονισμός των αναμενόμενων εσόδων και λειτουργικών εξόδων με τις υποχρεώσεις αποπληρωμής. Οι τράπεζες αποτελούν τον σημαντικότερο πυλώνα ναυτιλιακής χρηματοδότησης σήμερα με πολλές από αυτές να λειτουργούν ξεχωριστά τμήματα αποκλειστικά για την ναυτιλία. Τα δάνεια που χορηγούν οι τράπεζες μπορεί να είναι ενυπόθηκα ή εταιρικά. Κατά την σύναψη ενυπόθηκου δανείου, ως ενέχυρο χρησιμοποιείται το πλοίο. Αυτό συμβαίνει διότι στις περισσότερες των περιπτώσεων, τα περιουσιακά στοιχεία των ναυτιλιακών είναι ιδιωτικά και οι τράπεζες δεν διαθέτουν αξιόπιστα στοιχεία για τα κεφάλαια της εταιρείας σε περίπτωση αδυναμίας πληρωμών. Ο πλοιοκτήτης έχει το πλεονέκτημα της περιορισμένης προσφυγής από πλευράς της τράπεζας, προστατεύοντας τα υπόλοιπα περιουσιακά του στοιχεία. Τα εταιρικά δάνεια συνάπτονται από μεγάλες εταιρείες που διαθέτουν καλά οργανωμένες μορφές χρηματοδότησης, χρησιμοποιώντας ως ενέχυρο τα στοιχεία του εταιρικού τους ισολογισμού. Συνήθως η διάρκεια αποπληρωμής είναι 5 με 8 χρόνια ενώ όταν οι ανάγκες χρηματοδότησης αφορούν σε δάνεια που πρόκειται να υπερβούν τα 12 χρόνια, οι εμπορικές τράπεζες συνήθως δεν χρηματοδοτούν και ο ενδιαφερόμενος θα πρέπει να αποταθεί σε ειδικές ναυτιλιακές τράπεζες οι οποίες θα ενεχυριάσουν το πλοίο ή σε εταιρείες που παρέχουν χρηματοδοτική μίσθωση. Οι τράπεζες δανείζουν με επιτόκιο που κυμαίνεται από 0,5% μέχρι 2% πάνω από το LIBOR. Επειδή όπως προαναφέρθηκε, το κόστος ναυπήγησης ενός πλοίου Ing είναι πολύ πάνω από αυτό των άλλων πλοίων, η χρηματοδότηση γίνεται από περισσότερες της μιας τράπεζας.

3) Export Credit Agencies. Πρόκειται για κυβερνητικούς ή ημί κυβερνητικούς οργανισμούς που στόχο έχουν α) την χρηματοδότηση των εξαγωγών προϊόντων και υπηρεσιών της χώρας τους και β) την υποστήριξη της ανάπτυξης επιχειρηματικών σχεδίων που θα παράγουν επιθυμητές εισαγωγές κυρίως τους τομείς των ενεργειακών πρώτων υλών. Στην περίπτωση χωρών οι οποίες έχουν μεγάλη ναυπηγική βιομηχανία, οι οργανισμοί αυτοί παρέχουν οικονομική στήριξη στους πλοιοκτήτες που αποφασίζουν να ναυπηγήσουν στις χώρες αυτές. Τέτοιου είδους

χρηματοδότηση αφορά μόνο νέες ναυπηγήσεις και απευθύνεται πλοιοκτήτριες εταιρείες μεγάλου μεγέθους, φήμης και αξιοπιστίας. Η χρηματοδότηση γίνεται συνήθως με απευθείας δάνεια από τους οργανισμούς αυτούς. Όταν το πλοίο είναι μέρος ενός ευρύτερου project, η συμμετοχή ενός export credit agency προσελκύει και διασφαλίζει ευκολότερα την συμμετοχή εμπορικών τραπεζών λόγω των κυβερνητικών εγγυήσεων που παρέχονται μέσω αυτού.

4) Αγορές ομολόγων, χρηματιστήριο. Οι αγορές ομολόγων διαπραγματεύονται τοκοφόρα χρεόγραφα με ημερομηνία ωρίμανσης συνήθως 10 ή 15 χρόνια. Τα ομόλογα μπορεί να είναι ενεχυριασμένα ή μη. Τα μη ενεχυριασμένα ομόλογα ονομάζονται debentures εκδίδονται συνήθως για την κάλυψη βραχυπρόθεσμων χρηματοδοτικών αναγκών. Οι ανάγκες αυτές είναι συνήθως η επαναχρηματοδότηση άλλων δανειακών υποχρεώσεων ή η μετατροπή τους σε μετοχές, ο κατοχος δηλαδή των ομολόγων έχει την επιλογή της ανταλλαγής τους με προκαθορισμένο αριθμο μετοχών του εκδότη, συνήθως όταν η αξία των μετοχών υπερβαίνει αυτή του ομολόγου.

Οι ναυτιλιακές εταιρείες τα προτιμούν διότι δεν υφίσταται η υποχρέωση εγγυήσεων ενώ οι επενδυτές επωφελούνται των υψηλότερων αποδόσεων που είναι αποτέλεσμα του μεγαλύτερου κινδύνου που αναλαμβάνουν.

Στις χρηματιστηριακές αγορές γίνεται η διαπραγμάτευση των μετοχών εταιρειών με υψηλή πιστοληπτική αξιολόγηση. Οι εταιρείες συγκεντρώνουν κεφάλαια μέσω δημοσίων εγγραφών

4) Ισλαμική χρηματοδότηση. Πρόκειται για χρηματοδοτικό κλάδο ο οποίος συγκεντρώνει κεφάλαια και παρέχει οικονομικές υπηρεσίες σύμφωνα με τις αρχές του ισλαμικού δικαίου (σαρία) που διέπουν τις οικονομικές συναλλαγές. Ενδεικτικά αυτές είναι:

- Ο επιμερισμός του κέρδους και του κινδύνου ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής τους στην επιχείρηση
- Η απαγόρευση της είσπραξης τόκων
- Η απαγόρευση συμμετοχής σε αμφιλεγόμενες ή αβέβαιες συναλλαγές.

Η χρηματοδότηση γίνεται από Ισλαμικές τράπεζες, και διαφορά επενδυτικά ταμεία κάνοντας χρήση των παρακάτω χρηματοδοτικών εργαλείων:^{67 68}

5α. Χρηματοδοτική μίσθωση. Πρόκειται για διμερή συμφωνία που παρέχει το δικαίωμα στον ένα συμβαλλομενο να χρησιμοποιήσει το περιουσιακό στοιχείο που ανήκει στο άλλο μέρος για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι εκείνος που παραχωρεί το πάγιο προς μίσθωση να έχει και την ιδιοκτησία του. Ο μισθωτής καταβάλλει τις συμφωνημένες πληρωμές και υπόσχεται

⁶⁷ Hussein Elasrag Principals of the Islamic finance: A focus on project finance MPRA Paper No. 30197, posted 18. April 2011

⁶⁸ <http://www.marasinews.com/legal-regulations/ship-finance-structuring-islamic-finance-transactions-maritime-industry>

να αγοράσει το πάγιο –στην συγκεκριμένη περίπτωση το πλοίο- με την λήξη της περιόδου.

5β. Χρηματοδότηση έργου. Η τράπεζα μεσολαβεί μεταξύ του ναυπηγείου και του πλοιοκτήτη. Πληρώνει για την ναυπήγηση και αποκτά κυριότητα με την ολοκλήρωση των εργασιών. Ακολούθως μεταβιβάζει την κυριότητα του πλοίου στον πλοιοκτήτη ο οποίος είτε πληρώνει σε δόσεις είτε εξ'ολοκλήρου κατά την παράδοση.

5γ. Χρηματοδότηση επιπλέον του κόστους (plus-cost financing). Στην περίπτωση αυτή, η τράπεζα αγοράζει το πλοίο για λογαριασμό του πελάτη της και του το μεταβιβάζει σε μια προκαθορισμένη τιμή που εμπεριέχει και το κέρδος της τράπεζας. Ο πελάτης πληρώνει σε δόσεις οι οποίες είναι άτοκες. Η τράπεζα έχει το δικαίωμα να υποθηκεύσει ή να ζητήσει εγγυήσεις, προκειμένου να προστατεύσει την επένδυσή της.

5δ. Ομόλογα. Πρόκειται για μια αποδειξη κυριότητας ενός παγίου το οποίο επιτρέπει στον κάτοχό της να εισπραττει περιοδικές πληρωμές που βασίζονται στην απόδοση του συγκεκριμένου παγίου. Υπάρχει δηλαδή διαφορά με το τυπικό ομόλογο στο οποίο ο κάτοχος εισπραττει τόκο. Σε μια τέτοια συναλλαγή, το μέρος που ενδιαφέρεται να χρηματοδοτηθεί, προσεγγίζει την τράπεζα, η οποία συστήνει μια εταιρεία ειδικού σκοπού η οποία στην συνέχεια εκδίδει για τα μέλη της εταιρείας τα ομόλογα που ουσιαστικά είναι οι τίτλοι κυριότητας για το πλοίο. Ο υπόχρεος μεταβιβάζει την κυριότητα του πλοίου στην εταιρεία με αντάλλαγμα το κεφάλαιο που παρέχουν οι κάτοχοι των ομολόγων. Ακολούθως κάνει χρήση του πλοίου πληρώνοντας προσυμφωνημένα μισθώματα στην εταιρεία και δεσμευόμενος ότι θα αγοράσει το πλοίο στην ημερομηνία λήξης των ομολόγων.

2.3 Αποσβέσεις

Ως απόσβεση ορίζεται η μείωση της αξίας ενός παγίου περιουσιακού στοιχείου, εν προκειμένω του πλοίου, από την φθορά που υπέστη είτε λόγω της παρόδου του χρόνου, είτε λόγω της χρήσεως, είτε λόγω της τεχνολογικής απαξίωσης. Το ποσό της απόσβεσης είναι ο τρόπος να εκφραστεί η απώλεια της αξίας του πλοίου ως έξοδο και ως μείωση της αρχικής του αξίας σε σχέση με την παραγόμενη πρόσοδο.

Η συνηθέστερη μέθοδος υπολογισμού για τα πλοία, είναι αυτή της σταθερής απόσβεσης σύμφωνα με την οποία η ετήσια απόσβεση είναι σταθερή και εξαρτάται από την αξία κτήσης και την διάρκεια ζωής του πλοίου⁶⁹:

⁶⁹ Παζαρζή, Γεωργία Μ. Ναυτιλιακή Λογιστική, Θεωρία & Πρακτική, Αθήνα 2016

Ετήσια απόσβεση = Αξία κτήσης- Υπολειμματική αξία

Ωφέλιμη Ζωή

Η αξία κτήσης περιλαμβάνει το κόστος απόκτησης του πλοίου και όλα τα έξοδα αγοράς τα οποία είναι απαραίτητα για να λειτουργήσει το πάγιο στοιχείο , η υπολειμματική αξία είναι η αξία που έχει το πάγιο στο τέλος της ζωής του και η ωφέλιμη ζωή είναι η εκτιμώμενη περίοδος χρησιμοποίησης του. Η απόσβεση γίνεται γραμμικά σε ισόποσες δόσεις με την διάρκεια ζωής του πλοίου. Όσο η απόσβεση παρατείνεται σε έτη τόσο μικρότερο είναι το ετήσιο αφαιρούμενο ποσό και συνεπώς το έξοδο και η αναλογία του στις δαπάνες κεφαλαίου

Εναλλακτικά , εφαρμόζεται και η μέθοδος της φθίνουσας απόδοσης στην οποία το ποσό της απόσβεσης είναι μεγαλύτερο τα πρώτα χρόνια κατοχής του παγίου και με την πάροδο του χρόνου διενεργούνται όλο και μικρότερες αποσβέσεις

Ετήσια απόσβεση = (Αναπόσβεστη Αξία-Υπολειμματική Αξία)*Συντελεστής απόσβεσης

.

Η αναπόσβεστη αξία είναι η καθαρή αξία του παγίου που προκύπτει αφαιρώντας τις συσσωρευμένες αποσβέσεις από το κόστος κτήσης του παγίου. Η υπολειμματική αξία όπως και παραπάνω , είναι η αξία του παγίου στο τέλος της ζωής ωφέλιμης ζωής του.

Όσον αφορά στο πλοίο μεταφοράς Ing, υπάρχει διαφοροποίηση κατ' αρχήν στην διάρκεια της ωφέλιμης ζωής του. Αυτό οφείλεται στο ότι διαχρονικά ο κλάδος έχει επιδείξει εξαιρετικό επαγγελματισμό και υποδειγματική τήρηση των κανόνων ασφαλείας εφαρμόζοντάς τους στον σχεδιασμό και την κατασκευή του πλοίου αλλά και στην λειτουργία, την επάνδρωση και την συντήρηση. Ειδικότερα η επιμελής συντήρηση αλλά και η συνεχής επένδυση στο πλοίο είναι υπεύθυνες για την παράταση της ωφέλιμης ζωής του πολύ πάνω από την αντίστοιχη των δεξαμενόπλοιων και συγκεκριμένα μέχρι και τα 40 έτη σε αρκετές περιπτώσεις. Εκτός από την συντήρηση , και η ίδια η κατασκευή του πλοίου συντελεί στην εν λόγω παράταση. Ο Storford θεωρεί ότι ένα εξειδικευμένο πλοίο έχει μεγαλύτερη λειτουργική ζωή. Αν θεωρήσουμε ότι το πλοίο Ing είναι ένα εξειδικευμένο πλοίο λόγω των ιδιαιτεροτήτων του φορτίου και της κατασκευής που αναλύθηκαν παραπάνω, τότε η λειτουργική του ζωή μπορεί να παραταθεί και μάλιστα ο ιδιοκτήτης μπορεί να κάνει επισκευές ή και μετατροπές που θα επιτρέψουν στο πλοίο να χρησιμοποιηθεί σε μια άλλη αγορά. Ένα τέτοιο παράδειγμα συναντάται στην δυνατότητα που έχουν τα παλαιότερα πλοία Ing βγαίνοντας από ναυλώσεις 25ετίας , να χρησιμοποιηθούν ως πλωτές μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (FSRUS) Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να συνυπολογιστεί το κόστος μετατροπής.

Η παράταση της ζωής του πλοίου έχει ως αποτέλεσμα την δυσκολία υπολογισμού της υπολειμματικής του αξίας .Γενικότερα , η αρχική αποτίμηση της αξίας ενός πλοίου Ing

δεν είναι απλή διαδικασία γιατί πχ σε αντίθεση με τα δεξαμενόπλοια ή τα πλοία μεταφοράς χύδην ξηρού φορτίου, υπάρχουν πολύ λίγες αγοραπωλησίες μεταξύ πλοιοκτητών και επομένως πολύ λίγα διαθέσιμα στοιχεία αναφορικά με τις αξίες. Χωρίς ενεργές αγοραπωλησίες των υπαρχόντων πλοίων η παρούσα αξία ενός πλοίου βασίζεται στις εκτιμώμενες χρηματικές ροές (cash flows) που θα αποφέρει η ναύλωση του. Μια συνηθισμένη μέθοδος υπολογισμού, είναι η ανάλυση των προεξοφλημένων χρηματικών ροών (discounted cash flow analysis –DCF) με την οποία εκτιμώνται τα κέρδη για την υπόλοιπη ωφέλιμη ζωή του πλοίου (έσοδα από ναυλώσεις μείον τα λειτουργικά έξοδα) και το ποσό που προκύπτει μειώνεται βάση ενός μη μοχλευμένου συντελεστή μεταξύ 7 και 9% .

Η μέθοδος αυτή, παρουσιάζει τις εξής προκλήσεις :

Πρώτον , στα πλοία μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου παρατηρείται η μείωση της διάρκειας των μακροχρόνιων συμβολαίων καθώς πολλά από αυτά αναμένεται να βγουν από τις ναυλώσεις τους τα επόμενα χρόνια. Καθώς ο υπολειπόμενος χρόνος σε ναύλωση μειώνεται , η υπολειμματική αξία καταλαμβάνει μεγαλύτερο μέρος της συνολικής αξίας του πλοίου.⁷⁰

Δεύτερον, υπάρχει η αβεβαιότητα που χαρακτηρίζει την αγορά των ναύλων και η δυσκολία πρόβλεψης των σχετικών εσόδων δεδομένου υπάρχει διαφοροποίηση των τιμών των ναύλων ανάλογα και με το τεχνολογικό επίπεδο του πλοίου.⁷¹

⁷⁰ <http://www.poten.com/wp-content/uploads/2017/05/Poten-Opinion-17.05.22-Assessing-Residual-Value.pdf?submissionGuid=24f546f1-a30d-44cd-8ca1-8e35bb1df0b7>

⁷¹ <http://www.poten.com/wp-content/uploads/2017/05/Poten-Opinion-17.05.30-LNG-Shipping-as-a-Commodity.pdf?submissionGuid=f8aac502-fe2a-4640-9feb-b70a025abb33>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ

3.1 Κόστος επάνδρωσης

Τα έξοδα πληρώματος περιλαμβάνουν όλες τις άμεσες και έμμεσες δαπάνες που αφορούν στο πλήρωμα όπως βασικοί μισοί και ημερομίσθια , εισφορές κοινωνικής ασφάλισης και σύνταξης όπως και δαπάνες ενδιαίτησης ψυχαγωγίας και επαναπατρισμού.

Ένα τυπικό πλοίο LNG φέρει συνολικά 27-30 ναυτικούς από τους οποίους οι 5 είναι αξιωματικοί γέφυρας , 5 αξιωματικοί μηχανοστασίου και 17-20 λοιπά μέλη πληρώματος. Επίσης πρέπει να υπάρχει και ο ανάλογος αριθμός για να καλύπτει τις ανάγκες επάνδρωσης σε περιπτώσεις αδειών , ασθένειας και αντικατάστασης λόγω πχ συνταξιοδότησης ή αστάθμητων παραγόντων. Συνεπώς ,δεδομένου ότι ένα πλοίο πρέπει να είναι πάντα σωστά επανδρωμένο ο συνολικός αριθμός ο οποίος πρέπει να είναι ανά πάσα στιγμή διαθέσιμος είναι από 64 μέχρι 70 άτομα .⁷²

Σε γενικές γραμμές, η μισθοδοσία του πληρώματος είναι άμεσα συνδεδεμένη με το κράτος νηολόγησης του πλοίου αλλά και το είδος του νηολογίου διότι πολλές χώρες έχουν διπλά η παράλληλα νηολόγια. Η σημαία του πλοίου έχει άμεση επίπτωση στο φορολογικό καθεστώς και στους πιθανούς περιορισμούς που μπορούν να επιβληθούν στην εθνικότητα του πληρώματος . Όταν η πλοιοκτησία έχει μεγαλύτερη ελευθερία στη σύνθεση του πληρώματος , έχει την δυνατότητα να μειώσει το κόστος μισθοδοσίας και κατά συνέπεια την συνολική λειτουργική δαπάνη γιατί μπορεί να παρέχει χαμηλότερο επίπεδο μισθών , να έχει χαμηλότερη επιβάρυνση για την κοινωνική ασφάλιση του πληρώματος αλλά και την ενδιαίτηση του. Όμως στην περίπτωση του κλάδου μεταφοράς LNG ο οποίος φέρει όλα τα χαρακτηριστικά της ποιοτικής ναυτιλίας με συνολικά σταθερά κόστη παρά πολύ υψηλά, είναι αναμενόμενο ότι η πλοιοκτησία θα ενδιαφέρεται για την ποιότητα της προσφερόμενης εργασίας εφόσον η ποιότητα έχει άμεση σχέση και με το επίπεδο της ασφάλειας.

Η εκπαίδευση του πληρώματος και των αξιωματικών πρέπει να είναι εκτεταμένη ώστε να συμβαδίζει με τα διεθνή πρότυπα .Υπάρχουν καταρτισμένα σχέδια εκτάκτου ανάγκης για να μπορεί να αντιμετωπιστεί πληθώρα περιστατικών στα οποία το πλήρωμα θα πρέπει να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Επιπλέον το πλήρωμα θα πρέπει να έχει άριστη γνώση των επιμέρους συστημάτων που σχετίζονται με το φορτίο και των διαδικασιών φόρτωσης και εκφόρτωσης . Το σχετικό κόστος εκπαίδευσης είναι πάρα πολύ υψηλό και υπολογίζεται περίπου στις 750.000 \$ ανα πλοίο σύν 100.000\$ το χρόνο για την διατήρηση του επιπέδου υπηρεσίας για κάθε

⁷² [file:///F:/Tanker Opinion 20070215-crewing.pdf](file:///F:/Tanker%20Opinion%20070215-crewing.pdf)

πλοίο. Επιπλέον χρειάζονται 10 με 12 χρόνια για ένα νέο αξιωματικό , να φτάσει σε επίπεδο πλοίαρχου ή αρχιμηχανικού

3.2 Κόστος συντήρησης και επισκευών

Μέχρι την ηλικία των 15 ετών το πλοίο είναι υποχρεωμένο να βγαίνει σε επιθεώρηση σε ναυπηγείο 1 φορά ανα 5 έτη έτσι ώστε να μπορεί να φέρει την πιστοποίηση του νηογνώμονα του σχετικά με τα τεχνικά πρότυπα και την λειτουργία του. Επιπλέον υπάρχει η ετήσια επιθεώρηση και η ενδιάμεση κάθε 30 μήνες . Για τα πλοία LNG , η τεχνολογική τους εξειδίκευση καθώς και η διαφοροποίηση που παρουσιάζουν μεταξύ τους όσον αφορά δεξαμενές και συστήματα πρόωσης, απαιτούν για την συντήρηση και τις επισκευές τους ναυπηγεία με ανάλογες ικανότητες , εμπειρία και εξοπλισμό.

Η συνηθισμένη συντήρηση και επισκευή των δεξαμενών γίνεται για να αντιμετωπιστούν και να προληφθούν προβλήματα που αφορούν στην ακεραιότητα τους από διάβρωση ή αύξηση της πίεσης ,την αντοχή των ηλεκτροσυγκολλήσεων και την αντοχή των υλικών της μόνωσής τους. Οι δεξαμενές τύπου μεμβράνης , έχουν δυσκολότερη πρόσβαση για επιθεώρηση και επισκευές , ενώ είναι πιο ευάλωτες στην κόπωση των υλικών και πιο επιρρεπείς σε ρήξη λόγω πχ ατυχήματος.

Όσον αφορά στα συστήματα πρόωσης οι μηχανές εσωτερικής καύσης (dfde, tfde, Me-gi και οι SSDRL) , απαιτούν μεγαλύτερη συντήρηση και περισσότερο εργατικό δυναμικό για τις σχετικές εργασίες σε σχέση με τις τουρμπίνες ατμού. Αυτό συμβαίνει λόγω της διάβρωσης των εσωτερικών μερών από τα κατάλοιπα των καυσίμων ,αλλά και λόγω των επιπλέον συστημάτων ηλεκτροπρόωσης όπου αυτά υπάρχουν. Αντίθετα οι τουρμπίνες ατμού έχουν λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης .

Επομένως η συνολική δαπάνη διαφοροποιείται βάση των παραπάνω χαρακτηριστικών. Γενικά θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι λόγω του πολύ υψηλού κόστους ναυπήγησης των πλοίων αυτών, των ιδιαιτεροτήτων του φορτίου και της εφοδιαστικής του αλυσίδας εν γένει αλλά και των απαιτήσεων των λοιπών συμμετεχόντων (νηολογίων, νηογνωμόνων, ασφαλιστικών εταιρειών και ναυλωτών) το επίπεδο ασφάλειας και αξιοπλοΐας των πλοίων αυτών είναι πολύ υψηλό αλλά και οι απαιτούμενες συντηρήσεις λόγω κόστους των υλικών είναι εξαιρετικά δαπανηρες. Η ανυπαρξία σοβαρών ατυχημάτων στον κλάδο, επιβεβαιώνει ότι οι συντηρήσεις είναι επιμελείς .Το κίνητρο είναι πρωτίστως οικονομικό. Η προσήλωση στα υψηλά πρότυπα ασφάλειας και ο καλός προγραμματισμός επισκευών, σημαίνει ότι ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος το πλοίο να μην μπορεί λόγω βλάβης να είναι διαθέσιμο για τους ναυλωτές του. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να αποφέρει τεράστια οικονομική ζημιά εφόσον δεν θα μπορούσαν να τηρηθούν οι όροι του συμβολαίου

αγοραπωλησίας, ενώ θα ήταν εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό για τον ναυλωτή να βρεί προσωρινά άλλο πλοίο για να μεταφέρει τα φορτία του. Από πλευράς πλοιοκτητών και διαχειριστών, ο καλός προγραμματισμός επιτυγχάνει καλύτερη συνεννόηση με τα ναυπηγεία πράγμα που σημαίνει καταρχήν καλύτερες προσφορές από μεριάς των και καλύτερο έλεγχο του κόστους ,προτεραιότητα στο κλείσιμο θέσης για το dry-dock και καλύτερη εποπτεία και έλεγχο του αποτελέσματος. Παρόλα αυτά δεν μπορεί να αποφευχθεί η αναγκαστική ακινητοποίηση των πλοίων για την εκτέλεση των αναγκαίων εργασιών συντήρησης και επισκευών και το ανάλογο κόστος από την αδράνεια τους.

Εκτός από την τακτική συντήρηση , το πλοίο μπορεί να παρουσιάσει βλάβες που πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα. Στην περίπτωση που οι συνθήκες το επιτρέπουν, αυτό μπορεί να γίνει και κατά την διάρκεια του ταξιδιού οπότε επιβάλλεται να υπάρχουν και τα σχετικά αναλώσιμα και ανταλλακτικά στην αποθήκη του πλοίου.

3.3 Κόστος ασφάλισης

Υπάρχουν 2 κύριες διακρίσεις ασφάλειας για ένα πλοίο. Η πρώτη αφορά το κύτος και τον μηχανολογικό εξοπλισμό (Hull & Machinery).Μέσω αυτής ο πλοιοκτήτης προστατεύει την αξία του παγίου του από τον κίνδυνο της ολικής απώλειας και η τράπεζα εξασφαλίζεται για την χρηματοδότηση που παρέχει. Εκτός από τους κινδύνους που μπορεί να προκύψουν από σφάλματα ναυσιπλοΐας όπως προσάραξη, πρόσκρουση σε σταθερό αντικείμενο ή σύγκρουση με άλλο πλοίο , υπάρχουν και κίνδυνοι κατά την φόρτωση και εκφόρτωση όπως όπως ζημιά στο κύτος από την διαρροή του φορτίου . Ακόμα, βλάβες στο σύστημα διαχείρισης του φορτίου, τις δεξαμενές , το μηχανοστάσιο η τη γέφυρα , ζημιές από καιρικά φαινόμενα όπως κεραυνοί τυφώνες τσουνάμι και τέλος βλάβες από πειρατεία επίθεση από πυραύλους κλπ.

Γενικότερα , στην ασφάλιση hull and machinery , για τον καθορισμό του ασφαλίστρου λαμβάνεται υπόψη το μέγεθος του πλοίου (χωρητικότητα σε κυβικά) , η αξία του στις τρέχουσες τιμές της αγοράς (επίπεδο ναυλαγοράς, ηλικία και κατάσταση) και ορισμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η σημαία και ο νηογνώμονας, η φήμη του πλοιοκτήτη και αν είχε άλλα περιστατικά στο παρελθόν . Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου αερίου είναι ακριβά στην κατασκευή τους και παρόλο που έχουν άριστο ιστορικό , οι επισκευές που μπορεί να χρειαστούν μπορεί να αποδειχθούν πολύ δαπανηρές λόγω της ιδιαιτερότητας των υλικών κατασκευής τους. Εξαιτίας της δέσμευσης των πλοίων αυτών σε μακροχρόνιες ναυλώσεις , δεν είναι ασυνήθιστο στα συμβόλαια ασφάλισης να αναφέρονται και οι ναυλωτές. Ειδικότερα σε ναυλώσεις

διάρκειας 15 η 20 ετών , ο ναυλωτής αναλαμβάνει ευθύνες για ζημιές που μπορεί να προκληθούν από τον χειρισμό του φορτίου , από μη ασφαλή πρόσδεση και από κακής ποιότητας καύσιμα. ⁷³ Οποιαδήποτε σοβαρή βλάβη μπορεί να καταστήσει το πλοίο μη αξιόπλοο και επομένως να του στερήσει έσοδα για σημαντικό χρονικό διάστημα .Για το ενδεχόμενο αυτό ,ο πλοιοκτήτης μπορεί συμπληρωματικά να ασφαλιστεί για την ενδεχόμενη απώλεια ναύλου (loss of hire) και να εισπράττει ένα σταθερό ημερήσιο ποσό για το διάστημα που το πλοίο βρίσκεται σε επισκευές.

Το δεύτερο είδος ασφάλειας είναι η ασφάλεια αστικής ευθύνης δηλαδή προστασία έναντι της ευθύνης που υπάρχει σε περιπτώσεις ζημιών από πρόσκρουση, ρύπανση,τραυματισμών ή θανάτου μελών του πληρώματος και γενικότερα άλλων περιπτώσεων που δεν μπορούν να καλυφθούν από την ασφαλιστική αγορά. Σε αντίθεση με την ασφάλεια του πλοίου και του εμπορεύματος που παρέχονται από ασφαλιστικές εταιρείες, η ασφάλεια αστικής ευθύνης παρέχεται από τους αλληλοασφαλιστικούς οργανισμούς ή λέσχες στους οποίους συμμετέχουν και συνεισφέρουν συνδρομές οι ίδιοι οι πλοιοκτήτες – οι λεγόμενες P & I clubs. Η διαθάλασσης μεταφορά του φυσικού αερίου θεωρείται λιγότερο επικίνδυνη σε σχέση πχ με του πετρελαίου ,τηρουμένων των αναλογιών, δηλαδή μεγέθους πλοίου και εμπειρίας πλοιοκτήτη. Διαρροή φορτίου μετά από ατύχημα, θα είχε ως συνέπεια την επαφή του με τις θερμοκρασίες περιβάλλοντος και την εξάτμιση του και επομένως οι πιθανότητες μόλυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι μηδαμινές. Οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες του όμως, μπορούν σε περίπτωση διαρροής να προκαλέσουν ασφυξία και εγκαύματα. Κάτω από ορισμένες συνθήκες ,ενδέχεται να υπάρξει ανάφλεξη των ατμών και πυρκαγιά που μπορεί να μεταδοθεί στις λιμενικές εγκαταστάσεις ή σε άλλα πλοία.⁷⁴

Πολλά τερματικά απαιτούν από τους πλοιοκτήτες την σύναψη συμφωνίας (port liability agreement) η οποία επιμερίζει τους κινδύνους και τις ευθύνες που προκύπτουν μεταξύ πλοίου και τερματικού. Βάση της συμφωνίας αυτής, εάν για οποιοδήποτε γεγονός δεν μπορέσει να αποδειχθεί υπαιτιότητα του τερματικού, οι ευθύνη αναλαμβάνεται από το πλοίο. Οι συμφωνίες αυτές γίνονται αποδεκτές από τα p & I clubs και είναι διαφορετικές από τις συμφωνίες για χρήση των τερματικών που εμπεριέχονται στα συμβόλαια αγοραπωλησίας διότι τα συμβόλαια καθορίζουν τις σχέσεις αγοραστή και πωλητή και τις συνεπακόλουθες οικονομικές επιπτώσεις από την καθυστέρηση του πλοίου στο τερματικό, ενώ τα port liabilities αφορούν εξ'ολοκλήρου το πλοίο και τον πλοιοκτήτη.⁷⁵

⁷³ <https://www.westpandi.com/globalassets/about-us/underwriting/underwriting-guides/underwriting-guide---charterers-risks--liabilities.pdf>

⁷⁴ Andrea Galierikova*, Tomáš Kalina, Jarmila Sodesova, Threats and Risks During Transportation of LNG On European Inland Waterways , Transport Problems 2017 Volume 12 Issue 1

⁷⁵ Thaddeus Chidiebere Nwaoha, Advanced Risk and Maintenance Modelling in LNG Carrier Operations . Liverpool Logistics, Offshore and Marine (LOOM) Research Institute School of Engineering, Technology and Maritime Operation, June 2011

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΔΑΠΑΝΕΣ ΤΑΞΙΔΙΟΥ

4.1 Κόστος καυσίμου

Γενικά για όλους τους τύπους πλοίων ο σχεδιασμός της κύριας μηχανής αποτελεί τον κυριότερο παράγοντα που επηρεάζει την κατανάλωση καυσίμου, ενώ όταν το πλοίο είναι σε λειτουργία η κατανάλωση εξαρτάται από την ταχύτητα του πλοίου και την κατάσταση του κύτους δηλαδή τον σχεδιασμό και πόσο λείο είναι . Κάθε τύπος πλοίου ανάλογα και το είδος μηχανών που φέρει , έχει συγκεκριμένη μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορεί να πλεύσει , και συγκεκριμένη κατανάλωση καυσίμου στην ταχύτητα αυτή. Το πλοίο όμως μπορεί να πλεύσει και σε χαμηλότερες ταχύτητες και επομένως να εξοικονομήσει καύσιμο λόγω της μικρότερης αντίστασης του νερού. Η χαμηλότερη κατανάλωση για τις μηχανές diesel προκύπτει από τον κανόνα του κύβου δηλαδή η μείωση της κατανάλωσης καυσίμου θα είναι περίπου ανάλογη με την δύναμη εις την τρίτη της αναλογικής μείωσης της ταχύτητας.⁷⁶

$$F=F*(S/S*)^3 \quad (1)$$

Ενώ για τις τουρμπίνες ατμού θα είναι περίπου ανάλογη με την δύναμη εις την δευτέρα⁷⁷

$$F=F*(S/S*)^2 \quad (2)$$

Οπου:

F η ακριβής κατανάλωση καυσίμου (τόνοι/ημέρα)

S είναι η ταχύτητα

F* είναι η κατανάλωση καυσίμου σύμφωνα με τον κατασκευαστή

S* είναι η βέλτιστη ταχύτητα σύμφωνα με το κατασκευαστή

Θεωρητικά, κάνοντας χρήση του παραπάνω κανόνα θα μπορούσαμε να βρούμε για κάθε ταχύτητα την αντίστοιχη κατανάλωση ξεκινώντας από την βέλτιστη ταχύτητα και μειώνοντας ,έτσι ώστε να προκύψουν οι αντίστοιχες μειωμένες καταναλώσεις . Πρακτικά, το αποτέλεσμα δεν θα ήταν αντιπροσωπευτικό για το σύνολο των πλοίων .Πρώτον , η βέλτιστη κατανάλωση αφορά πολύ συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας της μηχανής , ποσότητας φορτίου και θάλασσας , που δεν μπορεί να είναι ίδιες για όλα τα πλοία του ίδιου τύπου και της ίδιας κατηγορίας. Δεύτερον, με την πάροδο του χρόνου η απόδοση της μηχανής δεν είναι η ίδια αλλά πιθανώς και το επίπεδο συντήρησης και η ποιότητα των ανταλλακτικών να διαφέρει από πλοίο σε πλοίο.

⁷⁶ , ³⁸ Martin Stopford, Maritime Economics,2009

Τρίτον, η κατάσταση της γάστρας διαφέρει από πλοίο σε πλοίο ακόμα και για πλοία της ίδιας εταιρείας ίδιου έτους ναυπήγησης .

Τα παραπάνω ισχύουν γενικά για όλους τους τύπους πλοίων και αφορούν τα συμβατικά υγρά καύσιμα hfo και mdo . Ειδικότερα , για τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου υπάρχει ο επιπλέον παράγοντας της εξάτμισης του φορτίου και της δυνατότητας ανάλογα με τον τύπο την μηχανής να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο.

Η απόφαση για το τι θα χρησιμοποιηθεί βασίζεται καθαρά σε οικονομικά κριτήρια .Υπάρχουν 3 επιλογές βάση και των τύπων των μηχανών που αναλύθηκαν παραπάνω. Η πρώτη επιλογή είναι η αποκλειστική χρήση αερίου επομένως η πίεση στις δεξαμενές διατηρείται όσο το δυνατόν χαμηλότερα αλλά επειδή η φυσική εξάτμιση δεν επαρκεί , προκαλείται περαιτέρω ποσότητα διοχετεύοντας ένα μέρος του lng σε μια ξεχωριστή δεξαμενή και θερμαίνοντας το. Η δεύτερη επιλογή είναι ένας συνδυασμός με περισσότερο αέριο και λιγότερο υγρό καύσιμο. Χρησιμοποιείται όλη η φυσική εξάτμιση και συμπληρωματικά , υγρό καύσιμο. Η τρίτη επιλογή είναι να μην χρησιμοποιηθεί καθόλου αέριο αλλά μόνο υγρό καύσιμο. Στην περίπτωση αυτή ο στόχος είναι να παραδοθεί όσο περισσότερο LNG γίνεται οπότε οι μονώσεις είναι περισσότερο ενισχυμένες ώστε ο ρυθμός εξάτμισης να είναι όσο γίνεται χαμηλός, υπάρχει εξοπλισμός επαναυγροποίησης και φυσικά οι μηχανές καίνε μόνο συμβατικό καύσιμο. Τέτοια πλοία είναι τα Q-Flex και Q-Max.

Όπου χρησιμοποιείται αέριο ,πολύ σημαντικός είναι και ο παράγοντας ισοδύναμου υγρού καυσίμου (fuel oil equivalent factor). Ο παράγοντας αυτός συγκρίνει την ενέργεια που περιέχεται στο αέριο που προκύπτει από 1 κυβικό lng, με την ενέργεια που περιέχεται σε ένα τόνο hfo.⁷⁸ Διευκολύνει πλοιοκτήτες και ναυλωτές στο να προσδιορίσουν αν έχουν τηρηθεί τα συμφωνημένα όσον αφορά την κατανάλωση και την ταχύτητα. Ο παράγοντας μετατροπής ορίζεται στο ναυλοσύμφωνο και συνήθως δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ natural boil off και forced boil off αν λάβουμε υπόψη ότι το δεύτερο είναι ενεργειακά αποδοτικότερο από το πρώτο. Το σύνηθες είναι να θεωρείται ότι 1 κυβικό LNG είναι ισοδύναμο με 0,48 ή 0,484 τόνους υγρού καυσίμου .Αν θέλαμε να δούμε και πιο αναλυτικά⁷⁹ :

$$1 \text{ m}^3 \text{ LNG} = 0.483 \text{ tones HFO}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ LNG} = 0.525 \text{ tones IFO380}$$

$$1 \text{ m}^3 \text{ LNG} = 0.49 \text{ tones MGO}$$

Όσον αφορά στο κόστος , το υγρό καύσιμο τιμολογείται σύμφωνα με τη μάζα του ενώ το lng τιμολογείται ως ενεργειακή απόδοση (mmbtu) οπότε απαιτείται

⁷⁸ <https://www.reedsmith.com/en/perspectives/2014/06/the-difference-with-lng--its-just-about-boiloff-is>

⁷⁹ https://www.ntnu.edu/documents/20587845/1266707380/01_Fuels.pdf/1073c862-2354-4ccf-9732-0906380f601e

μετατροπή . Συνήθως στο ναυλοσύμφωνο συμφωνείται ενιαία τιμή mmbtu ανα κυβικό η οποία κυμαίνεται μεταξύ 21 και 24 mmbtu/κυβικό.

Με βάση τα παραπάνω θα γίνει ενδεικτικός υπολογισμός κόστους καυσίμου για 2 διαφορετικά πλοία στην ίδια διαδρομή. Για τους πίνακες , χρησιμοποιήθηκαν οι αρχικές καταναλώσεις όπως έχουν παρουσιαστεί ανα τύπο πλοίου (Kong, 2002) Για όλες τις έμφορτες καταναλώσεις θεωρούμε ότι οι μηχανές δουλεύουν στο 100% και sea margin 20%.

Για να ορίσουμε το ισοδύναμο υγρό καυσίμου σε φυσικό αέριο (fuel oil equivalent) θα θεωρήσουμε ότι 1 τόνος υγρού καυσίμου ισούται περίπου με 2 κυβικά boil off gas (ή 1 κυβικό lng = 0.50 mt hfo/mdo/mgo). Για λόγους απλοποίησης θεωρούμε ότι τα υγρά καύσιμα έχουν την ίδια θερμική απόδοση.

Ο υπολογισμός του boil off gas γίνεται με τον τρόπο που αναφέρθηκε σε προηγούμενη παράγραφο.

Επίσης θεωρούμε ότι 1 m³ φυσικού αερίου αποδίδει 23 mmbtu (IGU-Natural Gas Conversion Guide)

Παράδειγμα 1

Για ένα πλοίο 147600 m³ με μηχανές διπλού καυσίμου dfde από τερματικό φόρτωσης Sabine Pass στις ΗΠΑ σε λιμάνι προορισμού το Rotterdam . Για τις καταναλώσεις στα τερματικά χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από Kong et al,⁸⁰ οι οποίοι όμως χρησιμοποιούν mdo ως καύσιμο. Για το παράδειγμα, λόγω του ότι τα τερματικά βρίσκονται σε περιοχές ecas αντί για mdo (IFO 180 ή IFO380) θα θεωρήσουμε ότι το πλοίο θα κάψει MGO (0.1%)

Παραμονή στο λιμάνι φόρτωσης : 5 ωρες ελιγμών, κατανάλωση mgo 1,64 tones/hour

Ρυθμός φόρτωσης 12000 m³/h κατανάλωση mgo 0,77 tones/hour

Παραμονή στο λιμάνι εκφόρτωσης : 5 ώρες ελιγμών, κατανάλωση mgo 1,64 tonnes/hour

Ρυθμός εκφόρτωσης 12500 m³/h κατανάλωση mgo 1,14 tones /hour

Τιμή FOB του lng στο λιμάνι φόρτωσης 3.5 \$/ mmbtu

Τιμή αγοράς του MGO στο λιμάνι φόρτωσης 674 \$/tone (πηγή :www.shipandbunker .com, Ιούλιος 2018)

⁸⁰ Dosung Kong, Saweon Kang, Jinmo Kim, Development of Large LNG Carriers with Dual Fuel Diesel Electric Propulsion, Gastech 2002

Το πλοίο φορτώνει στο Sabine Pass κατά 98% δηλαδή συνολικά 144648 m³ . Θα χρειαστεί 5 ώρες ελιγμών και 12,05 ώρες φόρτωσης

$$5 \text{ ώρες} \times 1.64 \text{ tones/hour} \times 674 \text{ \$/tone} = 5.526,80 \text{ \$}$$

$$12.05 \text{ ώρες} \times 0.77 \text{ tones/hour} \times 674 \text{ \$/tone} = \underline{6.253.71 \text{ \$}}$$

Σύνολο κατανάλωσης στο Sabine Pass: **11780.51 \$ (1)**

ο πίνακας με τις καταναλώσεις στη θάλασσα έχει ως εξής:

Πίνακας 4.1.1 : κατανάλωση καυσίμου πλοίου 147600 m³ με μηχανες dfde

laden		ballast		
speed (knots)	Mdo consumption (tones/day)	BOG Consumption m3/day	Mdo	Bog
19	120,9	242	117	226
18	103	206	103	196
17	87	174	92	175
16	73	146	82	156
15	60	120	72	137
14	49	98	65	124

Στο έμφορτο σκέλος χρησιμοποιήθηκε ως δεδομένη η μέγιστη κατανάλωση των 120,9 τόνων ανα ημέρα (Kang et al,2002) και οι υπόλοιπες καταναλώσεις υπολογίστηκαν σύμφωνα με τον κανόνα του κύβου και στρογγυλοποιήθηκαν προς τα πάνω. Στο άφορτο σκέλος οι καταναλώσεις υπολογίστηκαν βάσει των συμπερασμάτων του Haeffele (2013)⁸¹ και θεωρώντας ότι όταν το πλοίο είναι άφορτο οι καταναλώσεις κάτω από τους 18 κόμβους είναι υψηλότερες .

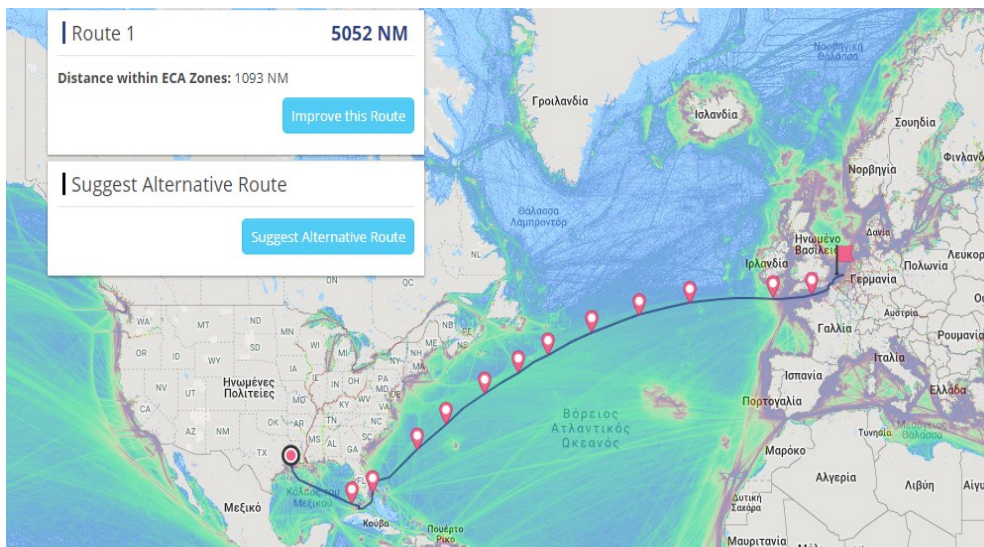
Έστω ότι το boil off rate ανά ημέρα είναι 0,15% .

Ανα ημέρα, το ποσό του φορτίου που χάνεται είναι 144648 m³ x 0.15%= 216.97 m³. Προκύπτει ότι η φυσική εξαέρωση επαρκεί για να διατηρήσει το πλοίο μια ταχύτητα λίγο πιο κάτω από τους 19 κόμβους και χωρίς να χρησιμοποιήσει υγρό καύσιμο . Έστω ότι το πλοίο του παραδείγματος , πλέει με ταχύτητα 18 κόμβων.

Η απόσταση είναι 5052 νμ και η διάρκεια του ταξιδιού 12 ημέρες .Με την άφιξη στο Rotterdam θα έχει κάψει συνολικά 2582,29 m³

⁸¹ Nicolas Jan-Paul Haeffelé, The Feasibility and the Economic Viability of Shipping LNG via the Northern Sea Route, NORWEGIAN SCHOOL OF ECONOMICS Bergen, Spring 2013

εικόνα 4.1.1 .Απόσταση Sabine Pass - Rotterdam



www.marinetraffic.org

Πίνακας 4.1.2. Όγκος ανα ημέρα φυσικής εξατμίσσης πλοίου 147600 m³ με μηχανές dfde και rate 0,15%

ΜΕΡΕΣ	Κυβικά	boil off/ημέρα
1	144648	216,972
2	144431,028	216,65
3	144214,3815	216,32
4	143998,0599	216,00
5	143782,0628	215,67
6	143566,3897	215,35
7	143351,0401	215,03
8	143136,0136	214,70
9	142921,3095	214,38
10	142706,9276	214,06
11	142492,8672	213,74
12	142279,1279	213,42
	Συνολο	2582,29

Το συνολικό κόστος των κυβικών αυτών προκύπτει πολλαπλασιάζοντας με την τιμή αγοράς fob του φορτίου στο Sabine Pass .Ας υποθέσουμε ότι η τιμή αυτή ήταν 3,5 \$/mmbtu. Τότε το κόστος καυσίμου από την αποκλειστική καύση του φυσικού boil off είναι:

$$2582,29 \text{ m}^3 \times 23 \times 3.5 \text{ \$/mmbtu} = \mathbf{207.874,35 \text{ \$}}$$

Θα εκφορτώσει τον τελικό προς εκφόρτωση όγκο στο Ρότερνταμ μείον την ποσότητα του αποθέματος (heel) που θα χρειαστεί για το ταξίδι της επιστροφής. Η ποσότητα

του αποθέματος είναι συνάρτηση της απόστασης, της ταχύτητας και της ανάλογης συμφωνίας που έχει κάνει με το ναυλωτή . Επίσης πρέπει να συνυπολογιστεί ότι το boil off rate είναι χαμηλότερο στο άφορτο ταξίδι (περίπου 0,08%) και η θερμική απόδοση του αποθέματος δεν είναι η ίδια λόγω των φυσικών μεταβολών που έχει υποστεί το φορτίο. Εφόσον η φυσική εξάτμιση είναι μειωμένη, θα προκληθεί επιπλέον μέχρι τον απαιτούμενο για την ταχύτητα όγκο. Ας υποθέσουμε ότι το απόθεμα είναι 2% από τον τελικό προς εκφόρτωση όγκο στο Ρότερνταμ :

$142.065,71 \text{ m}^3 \times 2\% = 2841,32$. Άρα θα εκφορτώσει $139.224,39 \text{ m}^3$.Αν ο ρυθμός εκφόρτωσης στο λιμάνι είναι 12500 κυβικά την ώρα , τότε θα χρειαστεί 5 ώρες ελιγμών και 11.13 ώρες για την εκφόρτωση και η σχετική κατανάλωση θα είναι

5 ώρες x 1.64 tones/hour x 674 \$/tone = 5.526,80 \$

11.13 ώρες x 1.14 tones/hour x 674 \$/tone= 8.551,85 \$

Σύνολο κατανάλωσης στο Rotterdam : **14.078,64 \$ (3)**

Για την ανάληψη της επιστροφής θα θεωρήσουμε ότι η ενέργεια θα καλυφθεί εξολοκλήρου από το απόθεμα εφόσον άφορτο στους 18 κόμβους χρειάζεται 196 m^3 ανα ημέρα .

$2841,32 \text{ m}^3 \times 23 \times 3.5 \text{ $/mmbtu} = \mathbf{228.726,26 \$ (4)}$

Άρα συνολικό κόστος καυσίμων

Κόστος ανάληψης mgo κατά την φόρτωση (1) : 11.780,51 \$

Κόστος ανάληψης boil off για το ταξίδι +την επιστροφή (2)+(4): 436.600,61 \$

Κόστος ανάληψης mgo στην εκφόρτωση (3): 14.078,64 \$

Σύνολο **462.459,76 \$**

Κόστος καυσίμου ανα mmbtu 0.144\$

Ας δούμε το ίδιο παράδειγμα , αυτήν τη φορά με ένα πλοίο 145100 m^3 το οποίο έχει για πρόωση τουρμπίνα ατμού.

Θα θεωρήσουμε ότι οι χρόνοι ελιγμών , και ρυθμοί φόρτωσης και εκφόρτωσης είναι ίδιοι. Το πλοίο και στα 2 τερματικά και στις ζώνες ecas θα χρησιμοποιήσει mgo (0.1%). Αν και τα πλοία αυτά έχουν κατασκευαστεί να καινε mdo/hfo, με τις σχετικές μετατροπές μπορούν να κάψουν και mgo ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις της marpol για πλεύση σε περιοχές ecas)⁸²

Στη θάλασσα , εκτός από φυσικό αέριο , μπορεί να χρησιμοποιήσει και hfo

Κατανάλωση mgo για ελιγμούς στο τερματικό φόρτωσης και εκφόρτωσης 2,84 tones/hour

Κατανάλωση mgo για φόρτωση 1,62 tones/hour

Κατανάλωση mgo για εκφόρτωση 2,25 tones/hour

Στη θάλασσα θα χρησιμοποιήσει ifo380 ,mgo + boil off gas

Τιμή αγοράς του MGO στο λιμάνι φόρτωσης 674 \$/tone

Τιμή αγοράς ifo 380 :435\$/ tone

Στο τερματικό φόρτωσης

5 ώρες x 2.84 tones/hour x 674 \$ = 9.570,80 \$

11.84 ωρες X 1.62 tones/hour x 674 \$= 12.927,86 \$

Σύνολο 22.498,66 \$ (1)

Η κατανάλωση hfo στην ταχύτητα των 19 κόμβων ορίζεται από τον κατασκευαστή στους 162,9 τόνους ανά ημέρα, ενώ ο πίνακας καταναλώσεων είναι ως εξής

Πίνακας 4.1.3 Κατανάλωση καυσίμου πλοίου 145100 m³ με τουρμπίνες ατμού

speed (knots)	Laden		ballast	
	hfo consumption (tonnes/day)	BOG Consumption m3/day	hfo	bog
19	162,90	325,80	148,00	296,00
18	133,00	266,00	118,00	236,00
17	123,00	246,00	108,00	216,00
16	113,00	226,00	98,00	196,00
15	103,00	206,00	88,00	176,00
14	93,00	186,00	78,00	156,00

82

https://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/pdfs/Regulatory/Docs/LowSulphurNote_Boilers

Έστω ότι η φυσική εξατμηση ανά ημέρα για δεξαμενές φορτωμένες κατά 98% είναι $142198 \text{ m}^3 \times 0.15\% = 213,30 \text{ m}^3$. Παρατηρούμε ότι ο όγκος αυτός επαρκεί για υπηρεσιακή ταχύτητα 15 κόμβων έτσι ώστε να μην χρειαστεί περεταίρω εξαέρωση ή επιπλέον συμβατικό καύσιμο. Στους 15 κόμβους, η απόσταση Sabine Pass – Rotterdam θα διανυθεί σε 15 ημέρες. Ο συνολικός όγκος που θα απαιτηθεί θα είναι $3166,06 \text{ m}^3$.

Πίνακας 4.1.4 Όγκος ανα ημέρα φυσικής εξατμησης πλοίου 145100 με steam turbine και rate 0,15%

ΜΕΡΕΣ	Κυβικά	boil off/ημέρα
1	142198	213,297
2	141984,703	212,98
3	141771,7259	212,66
4	141559,0684	212,34
5	141346,7298	212,02
6	141134,7097	211,70
7	140923,0076	211,38
8	140711,6231	211,07
9	140500,5556	210,75
10	140289,8048	210,43
11	140079,3701	210,12
12	139869,2511	209,80
13	139659,4472	209,49
14	139449,958	209,17
15	139240,78	208,86
	Συνολο	3166,06

Το κόστος για το έμφορτο σκέλος του ταξιδιού θα ανέλθει σε $3166,06 \times 23 \times 3.5$ \$/mmbtu = **254.867,83 \$ (2)**

Στο Rotterdam θα εκφορτώσει την ποσότητα του φορτίου που απέμεινε, όχι ολόκληρη αλλά παρακρατώντας στις δεξαμενές του απόθεμα (heel) ως καύσιμο για την επιστροφή και για την διατήρηση της ψύξης των δεξαμενών. Θα θεωρήσουμε το ποσοστό του αποθέματος στο 2% δηλαδή $139031,92 \text{ m}^3 \times 2\% = 2780,63 \text{ m}^3$. Ο προς εκφόρτωση όγκος είναι 136.251,29

Για την εκφόρτωση Θα χρειαστεί 10,91 ώρες

5 ώρες x 2.84 tones/hour x 674 \$ = 9.570,80 \$

10,9 ώρες X 2,25 tones/hour x 674 \$ = 16.529,85\$

Σύνολο 26.100,65 \$ (3)

Για την επιστροφή με ταχύτητα στους 15 κόμβους η απαιτούμενη κατανάλωση σε υγρό καύσιμο είναι χαμηλότερη από την αντίστοιχη κατανάλωση στο έμφορτο σκέλος .Εστω ότι απαιτούνται 88 τόνοι ανά ημέρα hfo ή 176 m³ (γιατί έχουμε θεωρήσει ότι 1 τόνος υγρού καυσίμου ισοδυναμεί με 2 κυβικά αερίου) . Θα θεωρήσουμε ότι ενεργειακά θα καλυφθεί κατά 60% με υγρό καύσιμο και το υπόλοιπο με boil off .Παράλληλα λόγω του ότι από τα 5052 νμ της διαδρομής τα 1093 νμ είναι σε περιοχές έλεγχων εκπομπών, ένα μέρος του καυσίμου θα πρέπει να είναι mgo (0.01%)

Για 1093 νμ χρειάζεται 3,04 ημέρες στους 15 κόμβους και 53 τόνους mgo ανα ημέρα
 : 3.04 x 53 tones x 674 \$/tone = 108 .594.88 \$.

Και 71 m³ boil off ανα ημέρα αρα 3,04 x 71 x 23 x 3.5 \$/mmbtu = 5.715.50 \$

Κοστος πλεύσης σε eca 114.310.38

Για τα υπόλοιπα 3959 νμ χρειάζεται 12 ημέρες στους 15 κόμβους και 53 τόνους ifo 380 ανά ημέρα : 12 x 53 x 435\$/tone = 276.660 \$

Σύν το κόστος του boil off

71 x 12 ημέρες x 23 x 3.5 \$/mmbtu = 68586\$

Συνολο 459.556,38 \$ (4)

Και συνολικό κόστος καυσίμου (1)+(2)+(3)+(4) \$ **763.023,52**

Εφόσον εκφορτώνει 136.251,29 m³ ή 3.133.779,67 mmbtu το κοστος καυσίμου ανα mmbtu είναι 0,24 \$

Έστω τώρα ότι οι όροι της ναύλωσης επιβάλλουν μεγαλύτερες υπηρεσιακές ταχύτητες στο πλοίο και το συγκεκριμένο ταξίδι πρέπει να γίνει με ταχύτητα 19 κόμβων . Η διάρκεια του ταξιδιού θα μειωθεί στις 12 ημέρες

Στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να επιλέξει αν θα προκληθεί περεταίρω εξάτμιση ή αν θα καεί συμβατικό καύσιμο. Το είδος του καυσίμου που θα χρησιμοποιήσει το πλοίο εξαρτάται αποκλειστικά από την τιμή του. Στο κεφάλαιο για την εξάτμιση αναφέραμε ότι κατά ένα ποσοστό είναι αναπόφευκτη και όταν το φυσικό boil off δεν επαρκεί, προκαλείται επιπλέον ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες του πλοίου.

Έστω ότι προάγεται η πρώτη επιλογή. Η ημερήσια απαιτούμενη κατανάλωση αερίου για τους 19 κόμβους, σύμφωνα με τον πίνακα πρέπει να είναι 325,80 m³. Τότε το σύνολο της ανάληψης σε όγκο θα είναι 3909,60 m³

Πίνακας 4.1.5 συνολικός όγκος εξάτμισης πλοίου 145100 m³ steam turbine

ΜΕΡΕΣ	Κυβικά	boil off/ημέρα
1	142198	325,8
2	141872,2	325,8
3	141546,4	325,8
4	141220,6	325,8
5	140894,8	325,8
6	140569	325,8
7	140243,2	325,8
8	139917,4	325,8
9	139591,6	325,8
10	139265,8	325,8
11	138940	325,8
12	138614,20	325,80
	138288,40	
	Σύνολο	3909,6

Το κόστος θα είναι

$$3909,60 \text{ m}^3 \times 23 \times 3.5 \text{ \$/mmbtu} = 314.722,80 \text{ \$}$$

Συν το κόστος ευκαιρίας, η απώλεια δηλαδή των εσόδων από την πώληση της επιπλέον ποσότητας που καταναλώθηκε. Η διαφορά είναι 1371,13 m³ x 23 x 7.90 \$ (τιμή πώλησης στο Rotterdam) = 249.110,7 \$. Υπολογίζω την διαφορά και όχι ολόκληρο τον όγκο διότι θεωρώ ότι ο ναυλωτής θα χάσει τη φυσική εξάτμιση ουτως ή άλλως. Άρα στο σύνολο :

$$314.722,80 + 249.110,7 = \mathbf{563.833,35}$$

Στο Ρότερνταμ θα εκφορτώσει 138.288,40 m³ μείον το απόθεμα 2% (2765,77) άρα 135.522,63 m³ και η ανάληψη της εκφόρτωσης θα είναι

$$5 \text{ ώρες} \times 2.84 \text{ tones/hour} \times 674 \text{ \$} = 9.570,80 \text{ \$}$$

$$10,84 \text{ ώρες} \times 2,25 \text{ tones/hour} \times 674 \text{ \$} = \mathbf{16.441,61 \text{ \$}}$$

$$\text{Σύνολο} = \mathbf{26.012,41}$$

Για το άφορτο σκέλος θεωρούμε ότι θα γυρίσει με χαμηλότερη ταχύτητα 15 κόμβων για να εξοικονομήσει καύσιμα, οπότε η δαπάνη είναι ίδια με τον προηγούμενο υπολογισμό : **459.556,38** .

Συνολικό κόστος καυσίμου 1.071.900,8 \$

Κοστος καυσίμου ανα mmbtu 0.343\$

4.2 Τέλη διελύσεως

Αφορούν τις 2 σημαντικότερες διώρυγες του κόσμου, την διώρυγα του Παναμά και την Διώρυγα του Σουέζ. Από τη διώρυγα του Σουέζ μπορούν να διέλθουν και τα πλοία κλάσεως Qmax , ενώ από τον Παναμά το μεγαλύτερο πλοίο που μπορεί να διέλθει μετά την διεύρυνση, είναι χωρητικότητας 180.000 m³

Στον Παναμά, ο υπολογισμός των τελών διέλευσης γίνεται στο έμφορτο σκέλος επι των κυβικών χωρητικότητας του πλοίου τα οποία πολλαπλασιάζονται κλιμακωτά με ένα συντελεστή που κυμαίνεται από 1, 96 μέχρι 2,50\$. Για ένα πλοίο 174.000 m³ υπολογίζει :

Για τα πρώτα 60,000 m³ x \$2.50 = \$150,000.00

Για τα επόμενα 30,000 m³ x \$2.15 = \$64,500.00

Για τα επόμενα 30,000 m³ x \$2.07 = \$62,100.00

&για τα υπόλοιπα 54,000 m³ x \$1.96 = \$105,840.00 σύνολο 382.440,00 \$⁸³

Επιπλέον του ποσού αυτού υπολογίζονται επιπλέον χρεώσεις που αφορούν πιλοτικά έξοδα , ασφάλιση, έξοδα επιθεωρήσεων, ασφάλειας , αντιρρυπαντικά τέλη κλπ.

Στο άφορτο σκέλος επί της ίδιας κλίμακας υπολογίζεται 10% έκπτωση και τα τέλη διέλευσης διαμορφώνονται ως εξής

60,000 m³ x \$2.23 = \$133,800.00

30,000 m³ x \$1.88 = \$56,400.00

30,000 m³ x \$1.80 = \$54,000.00

54,000 m³ x \$1.71 = \$92,340.00 σύνολο 336.540,00\$

Οι υπόλοιπες χρεώσεις που έγιναν στο έμφορτο σκέλος παραμένουν ίδιες

⁸³ <https://tolls.panama-canal.com/pdf/examples/LNG-n-LPG-Rev20180218.pdf>

Πίνακας 4.2.1 Τέλη διελεύσεως
από Παναμα ,πλοίου
χωρητικότητας 174,000 m³ (MARAN
GAS ACHILLES

LOA 290 m
Breadth 46.4

laden		ballast	
Tolls	\$382,439.00	Tolls	\$336,539.00
Tug Assistance	\$17,000.00	Tug Assistance	\$17,000.00
Linehandlers	\$2,600.00	Linehandlers	\$2,600.00
Canal Inspection	\$118.00	Canal Inspection	\$118.00
Security Surcharge	\$1,000.00	Security Surcharge	\$1,000.00
AIS Rental	\$161.00	AIS Rental	\$161.00
Launch Hire (Estimated - Billed On Actual)	\$525.00	Launch Hire (Estimated - Billed On Actual)	\$525.00
PC Oil Pollution Prevention Fee	\$525.00	PC Oil Pollution Prevention Fee	\$525.00
ADCS Charge (Input / Transfer / Upload)	\$250.00	ADCS Charge (Input / Transfer / Upload)	\$250.00
Bank Commission	\$1,102.13	Bank Commission	\$987.38
Fumigation (Compulsory)	\$385.00	Fumigation (Compulsory)	\$385.00
Vessel Communication (Estimated - Billed On Actual)	\$250.00	Vessel Communication (Estimated - Billed On Actual)	\$250.00
Auto Hire	\$100.00	Auto Hire	\$100.00
Petties & Incidentals	\$125.00	Petties & Incidentals	\$125.00
Transit Booking Fee (Optional)	\$35,000.00	Transit Booking Fee (Optional)	\$35,000.00
Grand Total USD	\$441,955.13	Grand Total USD	\$395,940.38

πηγή : www.wilhelmsen.com/tollcalculators/panama-toll-calculator, accessed May 2018

Ο υπολογισμός των τελών διέλευσης από το Σουέζ είναι περισσότερο περίπλοκος και είναι συνάρτηση των διαστάσεων του πλοίου και του φορτίου, με τις έμφορτες διελεύσεις να είναι πιο ακριβές. Εκτός από τις διαστάσεις και τα κυβικά χωρητικότητας του πλοίου , για τον υπολογισμό λαμβάνεται υπόψη το πιστοποιητικό καθαρής χωρητικότητας για το Σουέζ (Suez Canal Net Tonnage Certificate ή SCNT). Η συγκεκριμένη μέτρηση πραγματοποιείται κάθε φορά που ένα πλοίο διέρχεται από

την διώρυγα ενώ μπορεί να εκδοθεί από οποιονδήποτε νηογνώμονα. Τα πλοία συνήθως αποκτούν το πιστοποιητικό αυτό με την ναυπήγηση τους. Το βάρος αυτό είναι κοντά στο ολικό τονάζ του πλοίου και περίπου το μισό του νεκρού βάρους του πλοίου (dwt) : Για τα πλοία μεταφοράς LNG , το πιστοποιητικό scnt εξαρτάται από τον όγκο του κύτους και όχι την χωρητικότητα άρα και αυτά τα οποία φέρουν δεξαμενές τύπου Moss έχουν ακριβότερες διελεύσεις σε σχέση με αυτά τα οποία έχουν δεξαμενές τύπου μεμβράνης και έχουν την ίδια χωρητικότητα.

Το παραπάνω πλοίο φέρει δεξαμενές τύπου μεμβράνης και το SCNT είναι 104176 άρα αν η εμπορική διέλευση του είναι από βορρά προς νότο τα κόστη θα διαμορφωθούν ως εξής

Πίνακας 4.2.2 Τέλη διελεύσεως από Σουέζ για πλοίο χωρητικότητας 174.000 m³ με δεξαμενές τύπου μεμβράνης

Suez Canal Dues laden southbound		ballast northbound	
pilotage	\$597.83	Pilotage	\$760.95
Suez Canal Dues	\$613,235.46	Suez Canal Dues	\$521,680.75
Total Light Dues		Total Light Dues	
Light Dues: Suez		Light Dues: Suez	
Light Dues: Port Said	\$10,777.60	Light Dues: Port Said	\$10,777.60
Port Dues	\$3,125.28	Port Dues	\$3,125.28
Port Authority Fees	\$700.00	Port Authority Fees	\$700.00
Ministry Fees	\$3,825.00	Ministry Fees	\$3,825.00
Mooring/Unmooring	\$2,309.00	Mooring/Unmooring	\$2,589.00
Garbage Dues (northbound only)	N/A	Garbage Dues (northbound only)	\$100.00
Extra Pilotage	\$1,800.00	Extra Pilotage	\$1,800.00
Escort Tugs	\$27,678.83	Escort Tugs	\$27,678.83
First time canal transit	N/A	First time canal transit	N/A
Grand Total USD	\$664,049.00	Grand Total USD	\$573,037.41

Πηγή <https://www.wilhelmsen.com/tollcalculators/suez-toll-calculator/>

4.3 Λιμενικά Τελη

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι χρήστες των τερματικών εξασφαλίζουν την δυνατότητα εξυπηρέτησης τους δεσμευόμενοι προκαταβολικά για έναν συγκεκριμένο αριθμό θέσεων . Ως θέση (slot) ορίζεται το χρονικό «παράθυρο» κατά τη διάρκεια του οποίου το πλοίο έχει προγραμματιστεί για πρόσδεση, εκφόρτωση και αποχώρηση. Το ίδιο συμβαίνει και για τις εργασίες φόρτωσης. Τα τερματικά εκφόρτωσης συνήθως παρέχουν ομαδοποιημένες υπηρεσίες που στις περισσότερες περιπτώσεις περιλαμβάνουν 3 εργασίες ,εκφόρτωση ,αποθήκευση και επαναεριοποίηση. Η πολιτική των χρεώσεων δεν είναι ίδια για όλα τα τερματικά ούτε για όλους τους πελάτες .Συνήθως το τερματικό εισαγωγής ανήκει την κρατική εταιρεία παροχής φυσικού αερίου ή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας η οποία ως επι το πλείστον έχει μακροχρόνια συμβόλαια με την πηγή του LNG και το πλοίο μεταφοράς έχει μακροχρόνια χρονοναύλωση. Οι σχετικές χρεώσεις είναι πιθανό να καλύπτονται από όρους εμπιστευτικότητας . Παράλληλα το ίδιο τερματικό μπορεί να δέχεται και φορτία από την spot αγορά ή να διαθέτει ένα μέρος των εγκαταστάσεων για την επαναεριοποίηση φορτίων άλλων αγοραστών . Ο συνήθης τρόπος χρέωσης είναι πρώτον η χρέωση του ελλιμενισμού (berthing rate) η οποία επιβάλλεται ανα επίσκεψη. Ενδεικτικά, για τα συμβατικά πλοία lng η χρέωση αυτή μπορεί να κυμαίνεται στην Ευρώπη από 70.000 μέχρι 100.000 ευρώ⁸⁴

Δεύτερον, η χρέωση για την εκφόρτωση η οποία προκύπτει από συγκεκριμένη τιμή επι την συνολική ενεργειακή αξία σε MWh (megawatt/hour) του φορτίου που τελικώς εκφορτώθηκε (1 MMBtu = 0.29329722 MWh). Για παράδειγμα το τερματικό Fos Tonkin στη Γαλλία χρεώνει 1.132 €/MWh ή 0.849 €/MWh για σπότη φορτία.

Τρίτον, χρεώνεται η κατανάλωση αερίου από το τερματικό για τον χειρισμό του φορτίου . Υπολογίζεται στις ποσότητες πρό εκφόρτωσης και είναι πχ 0,20 ή 0,30%

Από τις παραπάνω χρεώσεις , μόνο το δικαίωμα ελλιμενισμού αφορά στο κόστος ταξιδιού του πλοίου. Φυσικά όταν το πλοίο είναι σε μακροχρόνια χρονοναύλωση τα κόστη αυτά έχουν καλύπτονται από το μίσθωμα ,ενώ όταν το πλοίο έχει ναυλωθεί για ένα ταξίδι, βαρύνουν τον πλοιοκτήτη.

Εκτός από τα παραπάνω το πλοίο χρεώνεται και άλλες υπηρεσίες όπως πιλοτικά και έξοδα ρυμουλκών όπως συμβαίνει με όλα τα άλλα πλοία. Επίσης το τερματικό μπορεί να χρεώσει και σταλίες όταν από υπαιτιότητα του πλοίου δεν τηρηθεί ο προγραμματισμένος χρόνος πρόσδεσης ,εκφόρτωσης και αποχώρησης. Πέραν αυτών ,ένα πλοίο LNG μπορεί να έχει ανάγκη και άλλων υπηρεσιών όπως :

⁸⁴ <https://www.elengy.com/en/contracts-and-operations/tariff-conditions/what-are-the-values-of-the-tariff-terms.html>

Υπηρεσία gassing up . Συνήθως , όταν το πλοίο επανέρχεται από επισκευές, οι δεξαμενές του φέρουν ποσότητες αδρανών αερίων ή υδρογόνου. Τα αδρανή αυτά αέρια περιέχουν ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα (περίπου 14%) το οποίο παγώνει στους -60 c και προκαλεί βλάβες σε διάφορα συστήματα του πλοίου. Η αφαίρεσή γίνεται με την εισροή ζεστού ατμού LNG ο οποίος « σπρώχνει» τα άλλα αέρια προς τα πάνω και έξω από την δεξαμενή.⁸⁵

Υπηρεσία ψύξης των δεξαμενών : Όταν τον πλοίο επανέρχεται από επισκευές ή έχει εκφορτώσει ολόκληρο το προηγούμενο φορτίο του (δεν έχει παρακρατήσει δηλαδή απόθεμα), τότε οι δεξαμενές του έχουν θερμοκρασία περιβάλλοντος και επομένως πρέπει πρώτα να ψυχθούν για να δεχθούν νέο φορτίο. Το τερματικό παρέχει μια ποσότητα LNG με την οποία ψεκάζεται το εσωτερικό των δεξαμενών μέχρι να φτάσουν στην κατάλληλη θερμοκρασία. Ο χρόνος που απαιτείται εξαρτάται από το είδος των δεξαμενών. Οι σφαιρικές απαιτούν σχεδόν 20 ώρες ενώ οι τύπου μεμβράνης 10 με 12 ώρες.

Και οι δυο παραπάνω χρεώσεις στα περισσότερα τερματικά επιβάλλονται ανα ώρα⁸⁶

⁸⁵ <http://www.liquefiedgascarrier.com/gassing-up-tanks.htm>

⁸⁶

<https://www.fluxys.com/belgium/en/Services/LNGTerminalling/TerminallingModel/~media/Files/Services/LNG%20Terminalling/ConditionsAndTariffs/20180628%20-%20LNG>

4.4 Παράδειγμα υπολογισμού ταξιδιού πλοίου 174000 m³

Ταξίδι: Sabine Pass USA- Shanghai, China μέσω διώρυγας Παναμά .

Συνολική απόσταση 10.129 νμ

Μέση ταχύτητα πλοίου 19 κόμβοι. Ημέρες ταξιδιού 22,21+ 22,21 για την επιστροφή συν 3 ημέρες στα λιμάνια= 47,42 ημέρες.

Κατανάλωση στους 19 κόμβους : 122 τόνοι hfo/mgo⁸⁷ ή 244 κυβικά αέριο

Τιμή fob lng στο Sabine Pass : 3.5 \$/mmbtu

Τιμή mgo : 674 \$/tone (Ιούλιος 2018)

Τιμή hfo(ifo380) : 435 \$/tone (Ιούλιος 2018)

Έξοδα λιμένων : 100.000 \$/ημέρα

Ναύλος ανα ημέρα 80.000 \$ (Ιούνιος 2018)

Πρακτορειακά /προμήθειες 2%

Ασφάλιση 2.600\$/ημέρα⁸⁸

Στο 98% το πλοίο θα φορτώσει στο Sabine Pass 170.520 m³

Με ρυθμο φόρτωσης 12000 m³/h και 5 ώρες ελιγμών θα καταναλώσει

14,21 ωρες x 0.77 tones/h x 674\$= 7.374,71\$

5 ωρες x 1.64 tones/h x 674 \$ = 5.526.80\$

Σύνολο **12.901,51 \$ (1)**

Με Boil off rate 0.15%/ημέρα στο εμπορτο μέρος του ταξιδιού θα αναλώσει 5786,88 m³ boil off gas X 23 X 3.5 \$/mmbtu = **456.843,84 \$ (2)**

⁸⁷ https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/SNAME/a09ed13c-b8c0-4897-9e87-eb86f500359b/UploadedImages/2015-2016%20TM%20Photos/hatzigrigoris.an_update_on_LNG_pr.2016.SECP.pdf accessed July 2018

⁸⁸ Howard Rogers , The LNG Shipping Forecast: costs rebounding, outlook uncertain, The Oxford Institute for Energy Studies , March 2018

Κατά την εκφόρτωση στη Shanghai θα παραδώσει $170.520-5786,88 \text{ m}^3 = 164.733,12$ μείον 2% απόθεμα 3.294,66 συνολο προς εκφόρτωση $161.438,46 \text{ m}^3$. Αν το τερματικό εκφορτώνει με ρυθμό $12500 \text{ m}^3/\text{h}$ τότε στην εκφόρτωση θα καταναλώσει

$12,91 \text{ ωρες} \times 1.14 \text{ tones/h} \times 674 = 9.919,53\$$

$5 \text{ ώρες} \times 1.64 \text{ tones/h} \times 674 = 5.526,80\$$

Σύνολο στη Shanghai **15.446,33 \$ (3)**

Στην επιστροφή, στους 19 κόμβους καταναλώνει 118 τόνους ανα ημέρα. Θα θεωρήσουμε ότι η ενεργεια καλύπτεται κατά 60% από το υγρό καυσίμο και κατά 40% από το boil off gas. Συνεπώς χρειάζεται 71 τόνους καυσίμου και 94 κυβικά αερίου. Αρα θα καταναλώσει:

Σε περιοχή ελεγχου εκπομπων (301 νμ) : $0,66 \text{ μέρες} \times 71 \text{ tones/day} \times 674 \$ = 31.583,64\$$

Στην υπόλοιπη διαδρομή (9828 νμ): $21,55 \text{ μέρες} \times 71 \text{ tones/day} \times 435\$ = 665.571,75\$$

Συν το κόστος του boil off gas : $22.21 \text{ μέρες} \times 94 \text{ m}^3 \times 23 \times 3.5\$ = 163.068,85\$$.
Συνολο κόστους καυσίμου για την επιστροφή = **860.224,24\$ (4)**

Συνολικό κόστος καυσίμων (1)+(2)+(3)+(4) 1.345.415,92\$

Τελη διελευσης 837.895,51

Έξοδα λιμένων 300.000 \$

Ασφάλιση 123.292

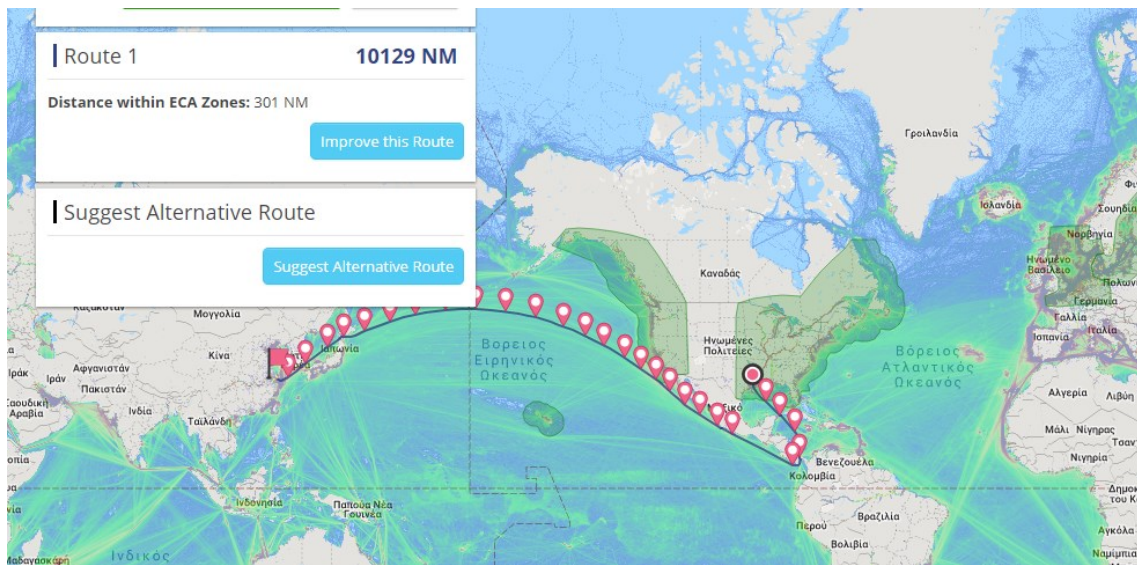
Κόστος ναύλωσης 3.793.600

Προμήθειες 75.872

Σύνολο 6.476.075,43 \$

Εφόσον παρέδωσε $164733,12$ ή $3788.861,76 \text{ mmbtu}$ το κόστος ανα mmbtu είναι $1,71 \$$.

Εικ.4.4.1 : Απόσταση Sabine Pass - Shanghai



Πηγή : www.marinetraffic.com

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 : ΤΟ ΠΛΩΤΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗΣ (Floating Storage and Regasification Unit)

5.1 Γενικά περί FSRU

Αφού ολοκληρωθεί το ταξίδι μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου , στο λιμάνι προορισμού, το φορτίο θα πρέπει να διοχετευθεί στο τερματικό για αποθήκευση και επεξεργασία ώστε να επανέλθει ξανά στην αέρια μορφή του και στη συνέχεια να εφοδιάσει το τοπικό δίκτυο διανομής μέσω του οποίου θα αξιοποιηθεί για την περεταίρω παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ή θα χρησιμοποιηθεί από τους τελικούς καταναλωτές. Η αποθήκευση και η επεξεργασία γίνεται συνήθως σε χερσαία τερματικά που έχουν τόσο τις δεξαμενές αποθήκευσης όσο και την εγκατάσταση επαναεριοποίησης.

Εναλλακτικά υπάρχει η δυνατότητα τα τερματικά ή ένα μέρος αυτών αυτά να είναι πλωτά. Υπάρχουν 2 επιλογές : Η μια επιλογή είναι οι αποθηκευτικές μονάδες να είναι πλωτές (FSU-Floating Storage Units) και να βρίσκονται δίπλα σε εγκαταστάσεις επαναεριοποίησης. Η επαναεριοποίηση γίνεται είτε σε χερσαία εγκατάσταση είτε στην αποβάθρα πάνω στην οποία έχει προσδεθεί η μονάδα είτε σε ξεχωριστή φορηγίδα που έχει ανάλογη εγκατάσταση. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πιο γρήγορα διαθέσιμες και έχουν μεγάλη ευελιξία ως προς την μεταφορά σε άλλη περιοχή, την διαδικασία μίσθωσης και τα ζητήματα αδειοδότησης. Είναι ιδανικές για περιοχές όπου λόγω χωροταξικών περιορισμών δεν μπορούν να λειτουργήσουν αντίστοιχες χερσαίες εγκαταστάσεις.

Η δεύτερη επιλογή είναι εξολοκλήρου πλωτες μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (Floating Storage & Regasification Units- FSRU) , οι οποίες καλύπτουν και τις δυο ανάγκες ενώ ταυτόχρονα εξυπηρετούν και την εκφόρτωση των πλοίων μεταφοράς LNG. Το φυσικό αέριο που παράγουν οι μονάδες αυτές, μεταφέρεται μέσω της ίδιας της αποβάθρας ή μέσω υποθαλάσσιων σωληνώσεων.

Η ιδέα των πλωτών τερματικών αποθήκευσης και επαναεριοποίησης προέκυψε αρχικά ως συμβατικά πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, τα οποία θα επεξεργάζονταν τα φορτία τους μεταξύ φόρτωσης και προορισμού. Για λόγους αποδοτικότητας το κομμάτι του ταξιδιού αντικαταστάθηκε και σήμερα τα πλωτά αυτά τερματικά παραμένουν σταθερά σε τοποθεσίες παράδοσης αερίου. Αποτελούν μονάδες οι οποίες προμηθεύονται περιοδικά LNG από άλλα πλοία και παρέχουν συνεχώς επαναεριοποίηση και όγκους αερίου στα τοπικά δίκτυα.

Το πρώτο FSRU εγκαταστάθηκε από την εταιρεία Exmar στον Κόλπο του Μεξικού το 2005.Απο τότε παρατηρείται σταθερή αύξηση του στόλου.

Περαιτέρω κατηγοριοποίηση των τερματικών αυτών είναι ως εξής:

- Συμβατικά πλοία μεταφοράς LNG τα οποία έχουν εγκατάσταση επαναεριοποίησης .Τα πλοία αυτά έχουν την δυνατότητα να δραστηριοποιούνται στον κλάδο μεταφοράς ή να επιτελούν λειτουργία FSRU.
- Πλωτές μονάδες αποθήκευσης , επαναεριοποίησης και παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (FSRPU).Στην περίπτωση αυτή διοχετεύουν απευθείας ηλεκτρική ενέργεια στο ανάλογο δίκτυο της περιοχής στην οποία είναι εγκατεστημένες
- Μονάδες που συνδυάζουν τον εφοδιασμό LNG ως καύσιμου (bunkering).Είτε εφοδιάζουν απευθείας πλοία που καίνε LNG ή άλλα πλοία εφοδιασμού.
- Μικρής κλίμακας πλωτές μονάδες αποθήκευσης ή και φορτηγίδες. Δραστηριοποιούνται σε δίκτυα μικρής κλίμακας και κυρίως σε εργασίες ανεφοδιασμού καυσίμου⁸⁹

Συνεπώς ως πλωτό τερματικό αποθήκευσης LNG και επαναεριοποίησης, ορίζεται η εγκατάσταση που αποτελείται από ένα εξειδικευμένο πλοίο ή μια πλωτή εγκατάσταση , μόνιμα αγκυροβολημένη σε μια υποδομή πρόσδεσης, σε μια τοποθεσία που δίνει πρόσβαση σε μία αγορά ή ένα δίκτυο φυσικού αερίου. Για την λειτουργία τους , χρησιμοποιείται η ίδια τεχνολογία με εκείνη των χερσαίων τερματικών με την μόνη διαφορά ότι τα συστήματά τους πρέπει να είναι προσαρμοσμένα για λειτουργία στο θαλάσσιο περιβάλλον . Για τα τερματικά που κατηγοριοποιούνται ως πλοία , ο σχεδιασμός και η κατασκευή ακολουθεί τα πρότυπα και τους κανονισμούς που εφαρμόζονται και στα υπόλοιπα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου , ενώ ίδιες είναι και απαιτήσεις που αφορούν στην συχνότητα της συντήρησης το dry docking κλπ.

Εφόσον η κυριότερη εφαρμογή του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι η χρήση του σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας , πολλά μεγάλα ναυπηγεία κυρίως στην Ιαπωνία και Κορέα αναπτύσσουν ένα νέο είδος FSRU το οποίο θα είναι εξοπλισμένο με γεννήτριες ηλεκτρικού ρεύματος που θα λειτουργούν με φυσικό αέριο. Ήδη οι νηογνώμονες έχουν δώσει έγκριση για κάποιες από αυτές τις μονάδες⁹⁰

Το κυριότερο πλεονέκτημα μιας πλωτής εγκατάστασης , σε σχέση με ένα χερσαίο τερματικό είναι ότι η δαπάνη κεφαλαίου που απαιτείται είναι πολύ μικρότερη , ενώ και ο χρόνος παράδοσης πολύ συντομότερος γιατί απαιτεί τον μισό χρόνο από ένα χερσαίο τερματικό (2 αντι 4 χρόνια).Ένα πλωτό τερματικό έχει την δυνατότητα να μετακινηθεί σε άλλες περιοχές και να παρέχει άμεση πρόσβαση σε ένα εναλλακτικό

⁸⁹ Floating Storage and Regasification Units

A report on the commercial and technical aspects of the construction and conversion of floating units for storage and/or regasification , A Lloyd's Register guidance document Version 1.3 / June 2017

⁹⁰ <https://www.gastechevent.com/sites/default/files/20170405%20-%20Myung-Kwan-Song-Samsung-Heavy-Industries-V2.pdf>

φθηνότερο καύσιμο ενώ μπορεί να απασχοληθεί βραχυπρόθεσμα (2-5 χρόνια) αλλά και μακροπρόθεσμα (10-20 χρόνια)⁹¹

Η απόφαση για να τεθεί σε υπηρεσία ένα τέτοιο τερματικό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Ο προγραμματισμός για μια τέτοια εγκατάσταση αρχικά περιλαμβάνει προκαταρκτικές διαβουλεύσεις και σχετικές τεχνικές μελέτες σκοπιμότητας με σκοπό να καθοριστεί αν πρόκειται για βιώσιμο επιχειρηματικό σχέδιο .Οι συζητήσεις γίνονται μεταξύ των διαφόρων εμπλεκόμενων οι οποίοι περιλαμβάνουν τον τελικό πελάτη –αγοραστή του αερίου, τον προμηθευτή του LNG, τον πιθανό ιδιοκτήτη του πλωτού τερματικού , τις τοπικές και λιμενικές αρχές και τους εκπροσώπους των φορέων που θα παρέχουν χρηματοδότηση. Κατά το σχεδιασμό μιας εγκατάστασης fsru ,εξετάζεται η προτεινόμενη τοποθεσία, ο πυθμένας και οι περιβαλλοντικοί παράμετροι όπως θερμοκρασία, αλατότητα, θαλάσσιο επίπεδο, ύψος κυματισμού, ατμοσφαιρική πίεση ,ταχύτητα και κατεύθυνση αέρα και θαλάσσιων ρευμάτων. Για παράδειγμα, για ένα τέτοιο τερματικό σε μια περιοχή της Ινδίας που δέχεται μουσώνες, σημαίνει ότι η λειτουργία του θα είναι σχεδόν αδύνατη για 3-4 μήνες το χρόνο , και ότι θα πρέπει να υπάρξει και ανάλογη επιλογή των συστημάτων πρόσδεσης. Το ακριβές εύρος κάθε απαιτούμενης μελέτης εξαρτάται από το είδος της αποθήκευσης και επαναεριοποίησης που πρόκειται να επιλεγεί.⁹²

Όσον αφορά στο ίδιο το τερματικό ,στόχος είναι να γίνει ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση όλων των κίνδυνων και σημαντικών ζητημάτων που σχετίζονται με το φορτίο.Τα ζητήματα αυτά αφορούν κυρίως την επεξεργασία και την παράδοση –τροφοδοσία του αερίου και έχουν δυνητικές επιπτώσεις στις λιμενικές εγκαταστάσεις , σε εγκαταστάσεις άλλων επιχειρήσεων που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση, στον πληθυσμό και στο περιβάλλον. Παράλληλα θα πρέπει να διασφαλιστεί ότι θα υπάρξει μεγιστοποίηση της λειτουργικής του απόδοσης ώστε να επιτευχθούν οι οικονομικοί στόχοι με ταυτόχρονη συμμόρφωση στους αντίστοιχους διεθνείς κώδικες και πρότυπα.

Όσον αφορά τις απαιτούμενες εγκαταστάσεις θα πρέπει να εξεταστεί η ύπαρξη ή μη κυματοθραύστη, η αναγκαιότητά του και το επιπλέον κόστος. Το κατά πόσο είναι εύκολα προσβάσιμο το τερματικό από τα μεγαλύτερα πλοία LNG και ειδικότερα να προσδιοριστεί ποιο είναι το μεγαλύτερο πλοίο LNG που μπορεί να προσεγγίσει με ασφάλεια το τερματικό και μπορεί να προσδεθεί σε αυτό , όπως επίσης ο αριθμός

^{92, 64} Brian Songhurst, The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs), Oxford Institute for Energy Studies, July 2017

και το μέγεθος των απαιτούμενων ρυμουλκών. Δεύτερον , να αξιολογηθούν οι επιπτώσεις βλάβης ή ατυχήματος που μπορεί να συμβούν στο πλοίο.⁹³

Σε δεύτερο στάδιο γίνονται τα συμβόλαια μεταξύ των μερών , ο τελική απόφαση για την τοποθεσία και το είδος του τερματικού, οι σχετικές αδειοδοτήσεις για την κατασκευή αλλά και την μετέπειτα λειτουργία ενώ στην συνέχεια εγκρίνεται ως επιχειρηματικό σχέδιο και προχωράει η χρηματοδότησή του.

Στο τελικό στάδιο , υπάρχει η κατασκευή που περιλαμβάνει το χρόνο που απαιτείται για να αποκτηθεί το πλοίο , και να ολοκληρωθούν οι υποστηρικτικές υποδομές όπως ο προβλήτας και οι σωληνώσεις. Ο χρόνος απόκτησης του πλοίου εξαρτάται από αν το είναι νεόκτιστο , από μετατροπή , ή πρόκειται για ήδη υπάρχον του οποίου η μίσθωση σε κάποια άλλη περιοχή αναμένεται να ολοκληρωθεί.

Τα επιχειρηματικά μοντέλα ,κατά το πρότυπο του κλάδου του υδροποιημένου φυσικού αερίου , ποικίλλουν ανάλογα με τον αριθμό , την ευρωστία και τις δυνατότητες των συμμετεχόντων.

Στο ολοκληρωμένο μοντέλο ο κάτοχος του αερίου διαχειρίζεται και τις πλωτές εγκαταστάσεις .Συνήθως πρόκειται για τις μεγάλες εταιρείες πετρελαίου ή εταιρείες αναλόγου μεγέθους οι οποίες είναι σε θέση να αναλάβουν τους σχετικούς κινδύνους.

Στο εμπορικό μοντέλο , το μέρος ή τα μέρη τα οποία διαχειρίζονται το τερματικό αποκτούν κυριότητα του υδροποιημένου φυσικού αερίου αγοράζοντάς το συνήθως από την αρχική πηγή της οποίας οι ιδιοκτήτες δεν συμμετέχουν στο fsru. Μετά την επανεριοποίηση , πωλούν το φυσικό αέριο σε διάφορους αγοραστές. Το κέρδος του τερματικού προκύπτει από την διαφορά της τιμή αγοράς του LNG και πώλησης του φυσικού αερίου. Αυτό το είδος διαχείρισης προτιμάται όταν η πηγή του φυσικού αερίου ανήκει σε περισσότερους του ενός ιδιοκτήτες οι οποίοι δεν έχουν την οικονομική δυνατότητα να επενδύσουν σε υποδομές που θα τους επιτρέψουν την προώθηση του αερίου σε περισσότερους αγοραστές. Αντίθετα, προτιμάται από ένα δυνατό αγοραστή ή μεταπωλητή.

Στο μοντέλο υπεργολαβίας (tolling), ο διαχειριστής του τερματικού παρέχει υπηρεσίες επαναεριοποίησης και αποθήκευσης είτε στον προμηθευτή LNG, είτε στον αγοραστή , είτε στην εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Σε οποιαδήποτε από τις παραπάνω περιπτώσεις διαχείριση και λειτουργία του τερματικού προκύπτει είτε από την ιδιοκτησία του είτε από την μίσθωσή του από ένα τρίτο.

Σε περίπτωση που ο διαχειριστής αποφασίσει να επενδύσει σε ένα FSRU, θα πρέπει να επωμιστεί τις σχετικές ευθύνες δηλαδή να επιλέξει ναυπηγείο, και να επιβλέψει την κατασκευή, ενώ υπάρχει πάντα η πιθανότητα καθυστερήσεων πράγμα που τον καθιστά υπεύθυνο για ζημιές που θα υποστούν οι υπόλοιποι συμβαλλόμενοι. Επιπλέον, οι περισσότεροι διαχειριστές δεν έχουν την ανάλογη τεχνογνωσία και εμπειρία, θα πρέπει να επωμιστούν τα κόστη μελετών και επίβλεψης και την ίδια την ευθύνη της λειτουργίας του τερματικού.

Εναλλακτικά, μπορούν να επιλέξουν να μισθώσουν το fsru από μια ναυτιλιακή εταιρεία η οποία μπορεί να αναλάβει και την λειτουργία του. Οι μισθώσεις αυτές είναι μακροχρόνιες από 5 έως 20 έτη χωρίς όμως αυτό να είναι απόλυτο. Συνήθως το χρονικό διάστημα πρέπει να είναι ικανό ώστε να αποπληρωθούν τα κόστη κεφαλαίου του fsru και να υπάρξουν και κέρδη για την ναυτιλιακή. Το ημερήσιο μισθωμα πρέπει να καλύπτει ακριβώς τα κόστη κεφαλαίου συν το μέρος των λειτουργικών εξόδων που έχει συμφωνήσει να επωμιστεί η ναυτιλιακή.

5.2 Η φορτηγίδα (fsrb-floating storage and regasification barge)

Η φορτηγίδα δεν έχει δική της πρόωση και χρειάζεται ρυμούλκηση στο σημείο εγκατάστασης. Οι διαστάσεις και η χωρητικότητα ποικίλλουν ανάλογα με τις ανάγκες και το μέγεθος του τερματικού και κατασκευάζεται βάσει δεδομένων ναυπηγικών σχεδίων και προτύπων. Χρησιμοποιούνται, ώστε μικρότεροι όγκοι υγροποιημένου φυσικού αερίου να μπορούν να παραδοθούν σε περιοχές όπου μια μεγαλύτερη πλωτή εγκατάσταση δεν μπορεί να λειτουργήσει πχ λόγω μικρού βάθους ή για οικονομικούς λόγους δεν μπορεί να κατασκευαστεί ένα χερσαίο τερματικό.

Συνήθως οι φορτηγίδες χρησιμοποιούνται σε μικρής ή μεσαίας κλίμακας τερματικά τα οποία δεν μπορούν να έχουν χερσαία εγκατάσταση λόγω πχ κακής ποιότητας εδάφους ή έλλειψης τοπικών υποδομών, σε περιοχές που η αδειοδότηση μόνιμων εγκαταστάσεων είναι προβληματική. Επίσης, μια φορτηγίδα μπορεί να εγκατασταθεί προσωρινά και να καλύψει ανάγκες προσωρινά μέχρι μια μόνιμη χερσαία εγκατάσταση να είναι έτοιμη. Η χωρητικότητά τους κυμαίνεται από 5000 m³ έως 30000 m³ και μπορούν να εξυπηρετήσουν ανάγκες απομακρυσμένων περιοχών όπως νησιά σε παραμεθόριες περιοχές τα οποία έχουν μικρό πληθυσμό αλλά μπορεί να παρουσιάζουν διακυμάνσεις στη ζήτηση ενέργειας λόγω τουρισμού. Το βύθισμα τους ανάλογα και με το μέγεθος φτάνει τα 5 μέτρα και σε συνδυασμό με τον επίπεδο πυθμένα, τους επιτρέπει να αγκυροβολούν σε περιοχές με ρηγά νερά αλλά οπωσδήποτε σε λιμάνια ή τοποθεσίες που προσφέρουν προστασία από υψηλό

κυματισμό. Επειδή δεν θεωρείται πλοίο, δεν έχει τις ανάλογες απαιτήσεις σε πλήρωμα και το λειτουργικό κόστος παραμένει χαμηλό.⁹⁴

Οι φορτηγίδες έχουν και ευελιξία όσον αφορά στα συστήματα πρόσδεσης τους. Σε περίπτωση που υπάρχει ήδη εγκατάσταση στην οποία μπορεί να προσδεθεί τόσο ή φορτηγίδα όσο και το μικρής κλίμακας πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, αυτό θεωρείται επιπλέον πλεονέκτημα διότι δεν υπάρχει ανάγκη επιπρόσθετων κατασκευών και κόστους. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό κυρίως λόγω μικρού βάθους, τότε συνήθως κατασκευάζεται προβλήτας, το μήκος του οποίου εξαρτάται από τα τοπικά βάθη έτσι ώστε ένα μικρής κλίμακας πλοίο LNG να μπορεί να προσδεθεί και να εκφορτώσει με ασφάλεια.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης είναι ανεξάρτητες τύπου C οι οποίες μπορούν να υποστούν πίεση από το boil off gas μέχρι και 6 bar, γεγονός που τους επιτρέπει να το αποθηκεύουν για πολύ περισσότερο σε σχέση πχ με τις δεξαμενές τύπου μεμβράνης.

5.3 Το πλοίο FSRU

Είναι ένα πλοίο το οποίο, είτε έχει ναυπηγηθεί ειδικά για το σκοπό αυτό είτε πρόκειται για ένα συμβατικό πλοίο μεταφοράς LNG το οποίο έχει υποστεί μετατροπή με την εγκατάσταση των απαιτούμενων εναλλακτών θερμότητας (heat exchangers) ώστε το υγρό φορτίο να μετατρέπεται σε αέριο. Η μετατροπή εννοείται περισσότερο ως τροποποίηση και εγκατάσταση επιπλέον εξοπλισμού, εφόσον το πλοίο παραμένει πλοίο LNG και υπάγεται στις σχετικές κατηγορίες της SOLAS και του Igc. Για την τροποποίηση εφαρμόζονται οδηγίες και κανονισμοί που ορίζονται από τους διεθνείς κανονισμούς που διέπουν την ναυπήγηση πλοίου κάθε τύπου ξεχωριστά, στην συγκεκριμένη περίπτωση των πλοίων μεταφοράς χύδην υγροποιημένων αερίων και τις σχετικές οδηγίες του νηογνώμονα. Η κλάση επίσης παρέχει και το σχετικό πιστοποιητικό μετά την ολοκλήρωση και δοκιμή της νέας εγκατάστασης. Τα πλοία που προτιμώνται για μετατροπή είναι συνήθως παλαιότερα πλοία. Όπως και τα υπόλοιπα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, τα FSRU φέρουν διπλό κύτος από χάλυβα. Τα παλαιότερα είχαν ρυθμό εξαγωγής 200-400 mmscfd (1.7-3.4 mtpa) ενώ τα πιο πρόσφατα έχουν σχεδόν διπλάσια δυνατότητα 600-700 mmscfd (5-6 mtpa). Εκτός της εγκατάστασης επαναεριοποίησης, και των συστημάτων πρόσδεσης τα υπόλοιπα τεχνικά τους χαρακτηριστικά είναι όμοια με των συμβατικών πλοίων. Όπως και τα συμβατικά πλοία LNG, τα FSRU ιφίστανται το φαινόμενο της εξατμίσσης (BOG) του φορτίου που βρίσκεται στις δεξαμενές τους.

⁹⁴ <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/lng/floating-storage-and-regasification-barges-2017.pdf?sfvrsn=2>

5.3.1 Διαχείριση της εξάτμισης

Το ποσοστό του φορτίου που εξαερώνεται ανα ημέρα , όταν η εγκατάσταση είναι στην κανονική της λειτουργία , κυμαίνεται από 0,10 % έως 0,15% ανάλογα και με την ηλικία του πλοίου. Τα νεότερα πλοία φέρουν καλύτερη μόνωση στις δεξαμενές τους, οπότε το ποσοστό είναι πιο κοντά στο 0,10%. Το boil off χρησιμοποιείται στις μηχανές του πλοίου ώστε να παραχθεί η απαιτούμενη ενέργεια για να λειτουργήσει η μονάδα επαναεριοποίησης, οι αντλίες κλπ. Ανάλογα με την μέθοδο επαναεριοποίησης που φέρει το τερματικό είναι δυνατόν να απαιτείται περισσότερη ενέργεια. Σε αυτήν την περίπτωση θα παραχθεί περισσότερο αέριο για τις ηλεκτρογεννήτριες του τερματικού. Όταν το FSRU βρίσκεται σε λειτουργία φόρτωσης οι απώλειες μέσω των σωληνώσεων είναι μεγαλύτερες . Ένα μέρος του αερίου επιστρέφει στις δεξαμενές του πλοίου από το οποίο εκφορτώθηκε. Το υπόλοιπο είτε θα καεί στους λέβητες του FSRU, είτε στην περίπτωση των νεότερων μονάδων θα συμπυκνωθεί ξανά και θα οδηγηθεί στην δεξαμενή αποθήκευσης.

5.3.2 Δεξαμενές αποθήκευσης

Σφαιρικές δεξαμενές (Moss type). Προτιμώνται σε μονάδες μεγάλης κλίμακας . Πρόκειται για δοκιμασμένη και αξιόπιστη τεχνολογία και αφορά κατά κύριο λόγο τα παλαιότερα πλοία που κινούνταν με τουρμπίνες ατμού. Τα μειονεκτήματα μιας τέτοιας επιλογής είναι ο περιορισμένος χώρος στο κατάστρωμα και η μικρή χωρητικότητα διότι τα παλαιότερα αυτά πλοία κυμαίνονται στα 130000 m³. Συνεπώς η μετατροπή ενός τέτοιου πλοίου απαιτεί επιπλέον σχεδιασμό για την εγκατάσταση της μονάδας επαναεριοποίησης η οποία συνήθως εγκαθίσταται ανάμεσα στις δεξαμενές ή στην πλώρη ενώ το πλοίο lng που θα τροφοδοτεί το τερματικό θα πρέπει να είναι ανάλογης χωρητικότητας.

Δεξαμενές τύπου μεμβράνης

Τα τελευταία χρόνια , οι δεξαμενές τύπου μεμβράνης προτιμώνται λόγω του ότι επιτρέπουν μεγαλύτερο όγκο αποθήκευσης για τις ίδιες διαστάσεις πλοίου, ενώ το επίπεδο κατάστρωμα λειτουργεί και ως πλατφόρμα για τον εξοπλισμό της επαναεριοποίησης . Γενικά, τα πλοία που φέρουν αυτό το είδος των δεξαμενών υπόκειται σε περιορισμούς όσον αφορά το όριο πλήρωσης λόγω των κινδύνων από το φαινόμενο του sloshing κατά την διάρκεια του ταξιδιού. Το πλοίο όμως που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί ως fsru δεν υπόκειται σε τέτοιους περιορισμούς εφόσον το επιτρέπει η τοποθεσία πρόσδεσης και οι καιρικές συνθήκες, παρά μόνο σε περίπτωση που λόγω έκτακτων συνθηκών θα πρέπει να αποσυνδεθεί από το τερματικό και να πλεύσει σε ασφαλέστερο σημείο. Συνεπώς όταν επιλέγονται δεξαμενές τύπου μεμβράνης τα επιπλέον στοιχεία που θα πρέπει να αξιολογηθούν είναι η τοποθεσία

του εναλλακτικού ασφαλέστερου αγκυροβολίου, λεπτομερείς περιβαλλοντικές συνθήκες περιλαμβανομένης της πιθανότητας για τσουνάμι και ,χρονοδιαγράμματα για αποσύνδεση και αναχώρηση . Στα πλεονεκτήματα των δεξαμενών αυτών σημειώνεται ότι σε σχέση με τις σφαιρικές έχουν μεγαλύτερη αποθηκευτική ικανότητα και το επίπεδο κατάστρωμα διευκολύνει την τοποθέτηση της εγκατάστασης επαναεριοποίησης.

5.3.3 Συστήματα πρόωσης

Κατά την επιλογή συστήματος πρόωσης λαμβάνονται υπόψιν οι εξής παραγοντες:

Πρώτον, αν η μονάδα πρόκειται να εγκατασταθεί σε περιοχή ελέγχου εκπομπών αερίων και δεύτερον το λειτουργικό προφίλ του πλοίου. Στην πρώτη περίπτωση , ο περιορισμός εκπομπών Sox και NOx , προκρίνει λύσεις ηλεκτροπρόωσης και χρήσης διπλού καυσίμου όπως DFDE η και ME-GI αν πρόκειται για νεότευκτο. Στην δεύτερη περίπτωση απαιτούνται επιπλέον συστήματα διαχείρισης των καυσαερίων (exhaust gas recirculation κλπ).

5.3.4 Συστήματα φόρτωσης

Ένα πλοίο FSRU μπορεί να ανεφοδιαστεί από ένα πλοίο lng είτε απευθείας (ship to ship transfer), είτε μέσω μιας αποβάθρας που παρεμβάλλεται ανάμεσα στο πλοίο και το τερματικό. Και στις περιπτώσεις η μεταφορά του φορτίου γίνεται μέσω εκφορτωτικών βραχιόνων ή εύκαμπτων σωλήνων. Το πλοίο LNG προσδέεται δίπλα στο τερματικό ή και πίσω από αυτό ανάλογα με τον τρόπο που θα γίνει η εκφόρτωση. Για την διαδικασία αυτή θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι κινήσεις και των 2 πλοίων και ο κυματισμός και να υπάρχει έλεγχος όλων των σχετικών συστημάτων που διασφαλίζουν την επιτυχή μεταφορά και για τα 2 πλοία. Όταν ο ανεφοδιασμός γίνεται με σωλήνες , τα στόμια εισαγωγής /εξαγωγής των πλοίων πρέπει να βρίσκονται στο ίδιο περίπου ύψος και να έχουν την ίδια διάμετρο. Το πλεονέκτημα των σωλήνων είναι ότι έχουν πολύ χαμηλότερο κόστος αλλά η εκφόρτωση διάρκει περισσότερο ώρα και παράγει περισσότερο bog.

Εικόνα 5.3.4.1 ship to ship transfer with flexible hoses



Όταν παρεμβάλλεται αποβάθρα , πάνω σε αυτήν υπάρχουν μόνιμα 2 ομάδες βραχιόνων , η μια από την πλευρά που δένει το πλοίο ώστε να γίνεται η εκφόρτωση και η άλλη από την πλευρά που βρίσκεται μόνιμα δεμένο το τερματικό ώστε να γίνεται η φόρτωση και η αποθήκευση του LNG. Η αποβάθρα φέρει σωληνώσεις για την μεταφορά από τη μια πλευρά στην άλλη. Ενδέχεται όμως η ίδια η αποβάθρα να φέρει εγκατάσταση επαναεριοποίησης , οπότε το πλωτό τερματικό αποθηκεύει απλώς το φυσικό αέριο που του παρέχεται , είναι δηλαδή μόνο τερματικό αποθήκευσης (FSU)

Εικόνα 5.3.4.2 μεταφορά φορτίου μέσω αποβάθρας (unloading jetty)



The Experience FSRU : πλωτό τερματικό εισαγωγής και επαναεριοποίησης στη Guanabara Bay Βραζιλία . Έχει χωρητικότητα δεξαμενών 173,400 m³ και δυνατότητα επαναεριοποίησης 22,5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα ανα ημέρα. Καλύπτει το 50% των αναγκών επαναεριοποίησης της χώρας παρέχοντας ενέργεια για τα εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρισμού της περιοχής . Πηγή : Excelebrate Energy

5.3.5 Τα συστήματα επαναεριοποίησης

Κατά την διαδικασία επαναεριοποίησης γίνεται άντληση του υγροποιημένου φορτίου από τις δεξαμενές αποθήκευσης και διοχετεύεται στο χώρο εξάτμισης (εξατμιστήρα /varorizator) σε συγκεκριμένη πίεση. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας μια εξωτερική πηγή θερμότητας ,το υγρό εξαερώνεται, μετριέται και διοχετεύεται στον αγωγό διανομής του δικτύου. Υπάρχουν 3 συστήματα επαναεριοποίησης:

Σύστημα ανοιχτού βρόγχου (open loop system). Ως μέσο θέρμανσης, χρησιμοποιείται το θαλασσινό νερό το οποίο αντλείται κατευθείαν μέσα στον εναλλάκτη θερμότητας, μετατρέπει το lng σε αέριο και επιστρέφει στη θάλασσα περίπου 10 βαθμούς πιο κρύο. Προτιμάται σε περιοχές με θερμότερα υδατα εφόσον η νομοθεσία το επιτρέπει και θεωρείται η οικονομικότερη μέθοδος διότι δεν απαιτεί επιπλέον ενέργεια για την θέρμανση του νερού.

Σύστημα κλειστού βρόγχου (closed loop system). Χρησιμοποιείται ένα μίγμα νερού και γλυκόλης το οποίο προθερμαίνεται για το σκοπό αυτό . Τελος υπάρχει και ένα συνδυασμός των δυο συστημάτων στο οποίο η διαδικασία πραγματοποιείται σε 2 στάδια με χρήση ατμών προπάνιου για την συμπύκνωση και θαλάσσινο νερού για την θέρμανση του lng. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ο εξοπλισμός που απαιτεί είναι μικρότερος και ελαφρύτερος , ενώ το μειονέκτημα είναι ότι χρησιμοποιεί προπάνιο το οποίο είναι εύφλεκτο

5.3.6 υποδομές σύνδεσης με την ξηρά

Ανάλογα με τις συνθήκες και κυρίως τα βάθη της συγκεκριμένης περιοχής , ένα πλωτό τερματικό μπορεί να αγκυροβολημένο εγγύτερα στην ξηρά ή να βρίσκεται σε μεγαλύτερη απόσταση , στην ανοικτή θάλασσα. Στην πρώτη περίπτωση το τερματικό προσδένεται στην αποβάθρα η οποία χρησιμοποιείται και για την εκφόρτωση των πλοίων lng αλλά και για την μεταφορά του παραγόμενου αερίου στο δίκτυο διανομής . Στην δεύτερη περίπτωση το τερματικό είναι αγκυροβολημένο και συνδεδεμένο με το δίκτυο αερίου είτε υποθαλάσσια μέσω ενός πυργίσκου (εικ 5.3.6.1) που αποτελεί μέρος του πλοίου και μιας σημαδούρας με την οποία γίνεται η πρόσδεση αλλά λειτουργεί και ως σύνδεση με τον αγωγό του φυσικού αερίου . Εναλλακτικά ο πυργίσκος μπορεί να είναι κατασκευασμένος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας (εικ,5.3.6.2)

Εικ.5.3.6.1 πρόσδεση υποθαλάσσια με πυργίσκο και σημαδούρα



Πηγή: Exceleerate Energy

Εικόνα 5..3.6.2 πρόσδεση σε εξωτερικό πυργίσκο



Πηγή DNV GL 2015

Τα κόστη των παραπάνω υποδομών βαρύνουν την εταιρεία που μισθώνει το τερματικό, η οποία συνήθως είναι η τοπική εταιρεία παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος ή διανομής φυσικού αερίου. Το ύψος της απαιτούμενης δαπάνης για τις υποδομές αυτές είναι διαφορετικό ανά περίπτωση και εξαρτάται με το αν υπάρχουν ήδη λιμενικές υποδομές ή πρέπει να κατασκευαστούν εξ'αρχής. Επίσης εξαρτώνται από την απόσταση του τερματικού από την ξηρά. Όσο περισσότερα χιλιόμετρα υποθαλάσσιων σωληνώσεων απαιτούνται, τόσο περισσότερο αυξάνει το κόστος διότι είναι ακριβότερες σε σχέση με αυτές που χρησιμοποιούνται στην ξηρά⁹⁵

62,63 Brian Songhurst, The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs), Oxford Institute for Energy Studies, July 2017

5.3.7 Κόστη

Το κόστος ενός νεότευκτου FSRU χωρητικότητας 173.000m³ στο τέλος του 2017 κυμαίνονταν από 240 εκ \$ μέχρι τα 280 εκ.\$ ενώ η μετατροπή ενός παλαιότερου πλοίου κοστίζει περίπου 80 εκ. \$⁹⁶. Εάν ο πλοιοκτήτης χρειαστεί να αγοράσει ένα παλαιότερο πλοίο για μετατροπή, το συνολικό κόστος μπορεί να φτάσει την αξία του νεότευκτου. Το πλεονέκτημα της μετατροπής είναι ότι το πλοίο είναι έτοιμο σε πολύ συντομότερο χρονικό διάστημα, ενώ ένα παλαιότερης τεχνολογίας πλοίο (πχ με τουρμπίνες ατμού) μπορεί να κοστίζει αρκετά λιγότερο. Φυσικά εάν ο πλοιοκτήτης έχει ήδη στην ιδιοκτησία του παλαιότερα πλοία και ειδικότερα πλοία που πρόκειται να βγούν από τις μακροχρόνιες χρονοναυλώσεις τους, η μετατροπή εξοικονομεί τεράστια ποσά, επιμηκύνει τον λειτουργικό χρόνο ζωής του πλοίου και εφόσον το πλοίο μισθωθεί, παρέχει σταθερά έσοδα στον πλοιοκτήτη. Παρόλα αυτά μικρός αριθμός πλοιοκτητών επενδύει στα τερματικά αυτά με σκοπό να κερδίσει από ευνοϊκή μεταβολή της αγοράς. Εφόσον το κάθε fsru έχει τεχνικά χαρακτηριστικά συγκεκριμένα για την περιοχή και τις απαιτήσεις της συνολικής επένδυσης και τα κόστη κεφαλαίου είναι υψηλά, είναι λογικό να επιδιώκεται το μικρότερο δυνατό ρίσκο πολύ περισσότερο όταν πρόκειται για νέα ναυπήγηση. Γι' αυτό και οι πλοιοκτήτες επενδύουν εφόσον υπάρχει η μεγαλύτερη δυνατή εξασφάλιση ήτοι η σύνδεσή του με συγκεκριμένο επιχειρηματικό σχέδιο, με μακροχρόνια ναύλωση από αξιόπιστους συμβαλλομένους. Αυτό με τη σειρά του επιτυγχάνει χρηματοδότηση συνδεδεμένη με την διάρκεια του συγκεκριμένου συμβολαίου.

Πλέον του κόστους απόκτησης ή μετατροπής, το τερματικό έχει κόστη λειτουργίας. Τα λειτουργικά κόστη περιλαμβάνουν τα έξοδα του πληρώματος που συνήθως αποτελείται από 20-30 άτομα, σύν το προσωπικό στην χερσαία υποδομή. Λειτουργικό κόστος αποτελεί το κόστος του καυσίμου για την λειτουργία του τερματικού. Συνήθως το καύσιμο αυτό είναι το ίδιο το LNG μέσα από την διαδικασία της εξάτμισης, ανάλογα όμως με την συμφωνία μπορεί να είναι και συμβατικά καύσιμα. Επιπλέον απαιτείται συντήρηση, επισκευές και επιθεώρηση σε ναυπηγείο ανάλογα με τις απαιτήσεις του νηογνόμωνα συν το κόστος των απαιτούμενων ανταλλακτικών, λιπαντικών και λοιπών χημικών. Τέλος, ο πλοιοκτήτης επιβαρύνεται με ασφάλεια για το ίδιο το πλοίο συν ασφάλεια για αστική ευθύνη.

Το τερματικό επιβαρύνεται με το κόστος των λιμενικών τελών το οποίο περιλαμβάνει και τις απαιτούμενες ρυμουλκήσεις όπως και τον εφοδιασμό με καύσιμα. Τα κόστη αυτά συνήθως επιβαρύνουν την εταιρεία που τροφοδοτεί το LNG.⁹⁷

⁹⁷ Brian Songhurst, The Outlook for Floating Storage and Regasification Units (FSRUs), Oxford Institute for Energy Studies, July 2017

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

6.1 Οι Λογοι για την ανάπτυξη της εφοδιαστικής αλυσίδας μικρής κλίμακας.

Στα προηγούμενα κεφάλαια έγινε αναφορά στην συμβατικού μεγέθους εφοδιαστική αλυσίδα του υγροποιημένου φυσικού αερίου, της οποίας το κυριότερο χαρακτηριστικό τις προηγούμενες δεκαετίες ήταν η ύπαρξη μακροχρόνιων συμβολαίων και ολοκληρωμένων επιχειρηματικών σχεδίων. Τα μεγέθη των πλοίων ακολούθησαν την τάση της αυξανόμενης ζήτησης για lng και η μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου επωφελήθηκε από τις συνεπακόλουθες οικονομίες κλίμακας και την μείωση του ανά mmbtu μεταφορικού κόστους.

Παράλληλα με τα συμβατικά μεγέθη, τα τελευταία χρόνια, πολλές χώρες έχουν στραφεί στην ανάπτυξη δικτύων μικρότερης κλίμακας. Οι κυριότεροι λόγοι είναι οικονομικοί και περιβαλλοντικοί.

Από την πλευρά της προσφοράς, η ανάπτυξη εγκαταστάσεων υγροποίησης μικρότερης κλίμακας επιτρέπει την αξιοποίηση μικρότερων και πιο απομακρυσμένων κοιτασμάτων φυσικού αερίου, τα οποία χωρίς την δυνατότητα σύνδεσης με αγωγούς δεν θα ήταν οικονομικά βιώσιμα.

Από την πλευρά της ζήτησης, έχει ήδη αναφερθεί ότι η υπερπροσφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου βελτίωσε την διαπραγματευτική θέση των αγοραστών, δημιούργησε μεγαλύτερη διαφοροποίηση στις μεθόδους τιμολόγησης και διοχέτευσε ένα σημαντικό όγκο φορτίων στην spot αγορά. Υπήρξε επίσης μεγαλύτερη ευελιξία προορισμού στους όρους των συμβολαίων αγοράς και πώλησης. Ως αποτέλεσμα οι αγοραστές είχαν πλέον την δυνατότητα να ανακατευθύνουν φορτία τα οποία δεν χρειάζονταν, σε αγοραστές spot. Πιθανόν κάποια από τα φορτία αυτά να πρέπει να μεταφερθούν με μικρότερα πλοία είτε γιατί οι όγκοι είναι μικρότεροι, είτε γιατί οι τελικοί αγοραστές έχουν γεωγραφικούς περιορισμούς (περιοχές με πολλά μικρά νησιά) δεν συνδέονται με αγωγούς ή τους λείπουν οι εγκαταστάσεις για να διαχειριστούν μεγαλύτερες ποσότητες. Επιπλέον σε ορισμένες γεωγραφικές περιοχές, οι ενεργειακές ανάγκες παρουσιάζουν σημαντικές διακυμάνσεις μέσα στο χρόνο και είναι πολύ πιθανόν να υπάρξουν περίοδοι αυξημένης ζήτησης για lng. Για να αντιμετωπιστούν οι διακυμάνσεις αυτές υπάρχουν οι λεγόμενες Peak shaving εγκαταστάσεις στις οποίες το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποθηκεύεται στις δεξαμενές, επαναεριοποιείται όταν υπάρχει αυξημένη ζήτηση και διοχετεύεται στο τοπικό δίκτυο διανομής.

οι πολιτικές προστασίας του περιβάλλοντος και περιορισμού των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα έφερε στο προσκήνιο την ανάγκη βελτίωσης της ποιότητας του αέρα, αντικαθιστώντας τα συμβατικά καύσιμα με φυσικό αέριο και ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές.

Παράλληλα ο IMO έφερε σε ισχύ , σταδιακά από το 2005 (παράρτημα 6 της MARPOL), ρυθμίσεις με στόχο να μειωθούν οι εκπομπές θείου (S_{ox}) που προκαλούνται από την λειτουργία του παγκόσμιου στόλου. Από το 2020 δε, η επιτρεπόμενη ποσότητα του θείου στα καύσιμα ενός πλοίου που πλέει εκτός περιοχών ελέγχου εκπομπών δεν πρέπει να υπερβαίνει το 0,5%, προσβλέποντας σε παγκόσμια περιβαλλοντικά οφέλη και κυρίως βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των κατοίκων παράκτιων περιοχών. Προκρίνεται η επέκταση της χρήσης του lng ως ναυτιλιακού καυσίμου διότι επιτρέπει στα πλοία να ικανοποιήσουν τα αντίστοιχα κριτήρια της marpol όταν δραστηριοποιούνται τόσο σε παγκόσμια κλίμακα όσο και σε περιοχές ελέγχου εκπομπών (ecas) . Έχει ήδη αναφερθεί ότι η περιεκτικότητα του lng σε θείο είναι πολύ κάτω από τα όρια της marpol, όπως επίσης και οι σχετικές εκπομπές οξειδίων του αζώτου. Σε ορισμένες αγορές η τιμή του lng είναι χαμηλότερη σε σχέση με τα συμβατικά ναυτιλιακά καύσιμα , ενώ η μετατροπή ή εκ των υστέρων εγκατάσταση χρήσης τέτοιου καυσίμου θεωρείται ως και 50% πιο φθηνή από την μετατροπή για χρήση mdo χαμηλής περιεκτικότητας σε θείο. Η καύση του lng εκπέμπει περίπου 20% λιγότερο CO₂. Τέλος, καθαρότερο καύσιμο σημαίνει λιγότερη συντήρηση και χαμηλότερα σχετικά κόστη.

Οι περιβαλλοντικοί λόγοι είναι ο κύριος λόγος για το ενδιαφέρον πχ στην Ευρώπη όπου το LNG είναι ακριβότερο. Πρωτοπόρος στη θαλάσσια μεταφορά μικρότερων όγκων LNG είναι η Νορβηγία , της οποίας η ιδιαίτερη γεωγραφία καθιστά την μεταφορά δια θαλάσσης προτιμότερη από την οδική.

Ωστόσο η εφαρμογή των παραπάνω παραμένει ως επί το πλείστον περιφερειακή και αφορά πλοία που δραστηριοποιούνται μεταξύ ecas όπως πχ από Βαλτική σε Βόρεια Θάλασσα και Θάλασσα της Μάγχης. Ένας από τους λόγους είναι η και έλλειψη σχετικών υποδομών και εγκαταστάσεων για bunkering καθώς το υψηλό αρχικό κόστος κατασκευής τους και η έλλειψη σαφών και ξεκάθαρων λειτουργικών προτύπων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση παρέχει οικονομική στήριξη με επιδοτήσεις μέσω του προγράμματος TEN-T και συγκεκριμένα του North European LNG Infrastructure Project 2011/2012 με το οποίο χρηματοδοτήθηκαν υποδομές σε πολλές χώρες . Η χρηματοδότηση αυτή είναι ζωτικής σημασίας διότι είναι δύσκολο να υπάρξει εξαρχής επαρκής ζήτηση που να δικαιολογεί τις συγκεκριμένες επενδύσεις οι οποίες όμως πρέπει να είναι ήδη έτοιμες ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν οι πολιτικές που προωθούν την χρήση του LNG σε μικρότερη κλίμακα. Οι επιδοτήσεις ευνόησαν και την συνεργασία μεταξύ των χωρών , λόγω χάρη δυο ή περισσότερες χώρες που δημιουργούσαν ένα κοινό δίκτυο μικρής κλίμακας πετύχαιναν επιδότηση του 20% της συνολικής επένδυσης ,έναντι του 10% που λάμβανε επένδυση που αφορούσε μία και μόνο χώρα . Ο σχεδιασμός της Ευρωπαϊκής ένωσης προβλέπει σταθμούς ανεφοδιασμού με lng σε όλα τα θαλάσσια λιμάνια μέχρι το 2020 και στα μεγαλύτερα εσωτερικά λιμάνια μέχρι το 2025 .Ειδικότερα για την περιοχή της Μεσογείου μέσω του προγράμματος Poseidon-Med” “Poseidon Med II” και “Archipelago-LNG , έχουν

διεξαχθεί μελέτες για την εισαγωγή και χρήση του lng ως ναυτιλιακού καυσίμου, αλλά και η χρήση του ως καύσιμο οδικών μεταφορών

Σε άλλες περιοχές όπως οι ΗΠΑ και η Ασία, οι λόγοι εκτός από περιβαλλοντικοί είναι και οικονομικοί. Στις ΗΠΑ, οι χαμηλές τιμές του lng λόγω της ανάπτυξης των σχιστολιθικών κοιτασμάτων ευνόησαν την κατασκευή μικρών μονάδων υγροποίησης. Επιπλέον ακολουθείται αυστηρή πολιτική και περιορισμοί όσον αφορά την χρήση των υγρών καυσίμων στον ναυτιλιακό κλάδο. Στην Λατινική Αμερική υπήρξε η ανάγκη να αποτιμηθούν μικρότερα και διάσπαρτα κοιτάσματα και να γίνει εφικτή η προμήθεια αερίου σε πελάτες που δεν έχουν σύνδεση με το κεντρικό δίκτυο παροχής.

Στην Κίνα τα αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την χρήση του άνθρακα, προβάλλουν την αναγκαιότητα χρήσης του LNG ως καλύτερης εναλλακτικής, ενώ στην Ινδονησία όπου υπάρχουν περιοχές που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο ηλεκτροδότησης θεωρείται πιο λογικό οι εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρισμού να κατασκευαστούν εξ'αρχής για να χρησιμοποιούν φυσικό αέριο ή διπλό καύσιμο.

Μια ακόμη χρήση του lng είναι ως καύσιμο για βαρέα οχήματα. Μέχρι σήμερα υπάρχουν περίπου 170.000 φορτηγά και λεωφορεία που κινούνται με αυτό σε Ασία, Βορεια Αμερική και Ευρώπη.⁹⁸

Η χρήση του LNG ως καύσιμο για πλοία και βαρέα οχήματα αλλά και στη βιομηχανία, αυξάνει τη ζήτηση για νέα δίκτυα και κέντρα διανομής.

Δημιουργείται η ανάγκη τερματικών υγροποίησης μικρότερου μεγέθους, διότι τα μικρότερα πλοία δεν είναι συμβατά με τα μεγάλα τερματικά. Συγκεκριμένα, πολύ λίγα από αυτά μπορούν να φορτώσουν πλοία κάτω των 40000 m³. Αυτό συμβαίνει διότι οι αποβάθρες από τις οποίες φορτώνουν τα συμβατικά πλοία, δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν μικρότερα πλοία χωρίς τροποποιήσεις στις υποδομές τους. Επίσης η φόρτωση μικρού μεγέθους πλοίων παρεμβάλλεται μέσα στο πρόγραμμά τους και δυνητικά θα μπορούσε να καθυστερήσει τις εργασίες μεγάλης κλίμακας.

6.2 Τα χαρακτηριστικά της εφοδιαστικής αλυσίδας μικρής κλίμακας

Οι παραδόσεις μικρότερων όγκων φορτίων μπορούν να γίνουν με δύο τρόπους.

Ο πρώτος είναι οι διαδοχικές παραδόσεις ή milk run. Στην περίπτωση αυτή, γίνονται διαδοχικές, τμηματικές παραδόσεις του φορτίου, σε περισσότερους του ενός προορισμού. Το σημαντικότερο πλεονέκτημα είναι ότι γίνεται χρήση του υπάρχοντος εξοπλισμού και επομένως και των συμβατικών πλοίων, τα κόστη μεταφοράς

⁹⁸ https://www.wartsila.com/docs/default-source/Power-Plants-documents/lng/small-and-medium-scale-lng-terminals_wartsila.pdf?sfvrsn=2

επιμερίζονται ανάμεσα στις διάφορες τοποθεσίες ενώ υπάρχουν όλα τα οφέλη των οικονομικών κλίμακας που προκύπτουν από τα συμβατικά πλοία και τους μεγαλύτερους όγκους. Στον αντίποδα, η εξάρτηση από το συμβατικό πλοίο μπορεί να επιφέρει προβλήματα , σε περίπτωση πχ βλάβης. Τα μεγάλα πλοία δεν μπορούν να προσεγγίσουν εύκολα σε όλα τα λιμάνια. Άρα πιθανώς να απαιτηθούν επιπλέον δαπάνες στα μικρού μεγέθους τερματικά για βυθοκόρηση και επενδύσεις σε εγκαταστάσεις και εξοπλισμό (ρυμουλκά, μεγαλύτερες θέσεις παραβολής κλπ) καθώς και δεξαμενές αποθήκευσης χωρητικότητας τουλάχιστον 40000-50000 m³.⁹⁹ Συνεπώς απαιτείται να υπάρχει και πρόβλεψη για την μελλοντική ζήτηση από τα τερματικά αυτά, ώστε να αποσβεστούν οι επιπλέον επενδύσεις. Επίσης απαραίτητη κρίνεται η εγγύτητα των μικρότερων τερματικών στις διαδρομές των μεγάλων πλοίων. Όσον αφορά στο ίδιο το πλοίο , ένα εξίσου σημαντικό ζήτημα που προκύπτει είναι και το είδος των δεξαμενών . Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο η τμηματική φόρτωση και επομένως και εκφόρτωση ορισμένων τύπων δεξαμενών αποφεύγεται διότι εντείνεται το φαινόμενο του sloshing. Τα κόστη των διαδοχικών παραδόσεων είναι επίσης υψηλά διότι το πλοίο μπορεί να χρειαστεί να μείνει στο λιμάνι για την εκφόρτωση τμηματικού φορτίου ,όσο σχεδόν θα έμενε και την εκφόρτωση ολόκληρου, ενώ όσο αυξάνονται οι παραδόσεις αυξάνεται και η πιθανότητα συμφορήσεων στα τερματικά.¹⁰⁰

Ο δεύτερος τρόπος είναι με το διαχωρισμός των όγκων (break bulk projects).

Για να φορτωθούν οι μικρότερες ποσότητες LNG , προκύπτει η ανάγκη ενός ενδιάμεσου τερματικού στο οποίο το μεγάλο φορτίο θα σπάει σε πολλά μικρότερα φορτία (break-bulk terminal). Τα τερματικά αυτά (break bulk), υποδέχονται συμβατικά πλοία μεταφοράς LNG, των οποίων τα φορτία θα διαχωριστούν σε μικρότερους όγκους και στη συνέχεια θα μεταφερθούν σε μικρότερης κλίμακας τερματικά με μικρής κλίμακας πλοία .Ο Purohit (2008/2009) κάνει αναφορά στα τερματικά αυτά ως μέρος ενός συστήματος Hub and Spoke όπου στο τερματικό hub, το LNG αποθηκεύεται και μεταφορτώνεται σε μικρότερα πλοία που το μεταφέρουν σε μικρότερα / περιφερειακά (satellite) τερματικά. Θεωρεί δε ότι με αυτόν τον τρόπο επεκτείνεται ολόκληρη η εφοδιαστική αλυσίδα του LNG και αυξάνεται η αξία της γιατί με τα μικρότερα πλοία και τερματικά προωθείται το lng σε πιο απομακρυσμένες περιοχές και επεκτείνεται η χρήση του.

⁹⁹ ERIA (2018), 'LNG Supply Chain Infrastructure Configuration', in Uemura T. and K. Ishigami (eds.), Formulating Policy Options for Promoting Natural Gas Utilization in the East Asia Summit Region Volume II: Supply Side Analysis. ERIA Research Project Report 2016-07b, Jakarta: ERIA, pp.9-22.

¹⁰⁰ TEKNA, International conference on small scale LNG in Europe Oslo (Norway) 29-30 Sep 2005

Τερματικό Hub είναι συνήθως ένα μεσαίου μεγέθους τερματικό ανάμεσα στα 20000 και 160000 m³ το οποίο βρίσκεται σε παράκτια τοποθεσία και τροφοδοτεί ευρύτερες περιοχές ή μεγάλες πόλεις. Τα Hubs θεωρούνται τερματικά πολλαπλών λειτουργιών όπως επαναεριοποίηση , τροφοδότηση αγωγών ,εφοδιασμός πλοίων με καύσιμο, επαναφόρτωση και φόρτωση σε φορτηγά και containers προκειμένου να διευκολυνθεί η αναδιανομή του Ing στο μεγαλύτερο δυνατό εύρος βιομηχανιών και καταναλωτών και να αποσβεστούν οι μεγάλες επενδύσεις που απαιτούνται.

Τα μικρότερα περιφερειακά τερματικά είναι μεγέθους 100 έως 2000m³, και βρίσκονται επίσης σε παράκτιες τοποθεσίες ή σε ποτάμια. Συνήθως εγκαθίστανται σε λιμάνια ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση των πλοίων που τα εφοδιάζουν. Κατά κύριο λόγο λειτουργούν ως εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού καυσίμου για τα πλοία που καίνε Ing, αλλά μπορούν επίσης να κάνουν μεταφορτώσεις σε φορτηγά ή containers ή ακόμα και να τροφοδοτούν τοπικούς αγωγούς όταν το μέγεθος τους είναι μεγαλύτερο.

Όσον αφορά την κατηγοριοποίηση των χερσαίων τερματικών επαναεριοποίησης βάση ετήσιας παραγωγής θα μπορούσαμε να τα διαχωρίσουμε ως εξής:

- Συμβατικού μεγέθους : 3-7 mtpa
- Μεσαίου μεγέθους (break bulk ή δευτερεύον ή hub) : από 1 μέχρι 3 mtpa
- Μικρής κλίμακας :από 1 mtpa και κάτω

Συνοψίζοντας, το σύστημα break bulk έχει τα εξής χαρακτηριστικά :

Μικρότερες αποστάσεις και μικρότερα πλοία : στην εφοδιαστική αλυσίδα μικρής κλίμακας, οι αποστάσεις είναι μικρότερες συγκριτικά με τα συμβατικά μεγέθη, διότι υπάρχει η ανάλογη γεωγραφική περιοχή η οποία καλύπτει συγκεκριμένη κλίμακα παραγωγής και διανομής .Τα ίδια τα πλοία έχουν συγκεκριμένη μεταφορική ικανότητα αλλά και κατανάλωση καυσίμου ανα ημέρα ή ναυτικό μίλι, που πρέπει να εξισορροπηθούν. Η μέγιστη ακτίνα δραστηριότητας για ένα πλοίο 7500 m³ κυμαίνεται από 1500 μέχρι 2500 ναυτικά μίλια σε αντίθεση πχ με ένα πλοίο Qmax το οποίο δραστηριοποιείται σε αποστάσεις άνω των 37000 ναυτικών μιλίων. Λόγω του μικρότερου μεγέθους των πλοίων αυτών (από 1000 m³ έως 30000 m³) και των μικρότερων αποστάσεων, ο αριθμός ,η χωρητικότητα και οι διαδρομές θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες ώστε να υπάρχει μεγάλη συχνότητα επισκέψεων του πλοίου στην εγκατάσταση της δεξαμενής. Όσο μικρότερος είναι ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στις εκφορτώσεις τόσο μικρότερη είναι η αντίστοιχη επένδυση που απαιτείται για χωρητικότητα δεξαμενών στα περιφερειακά τερματικά.

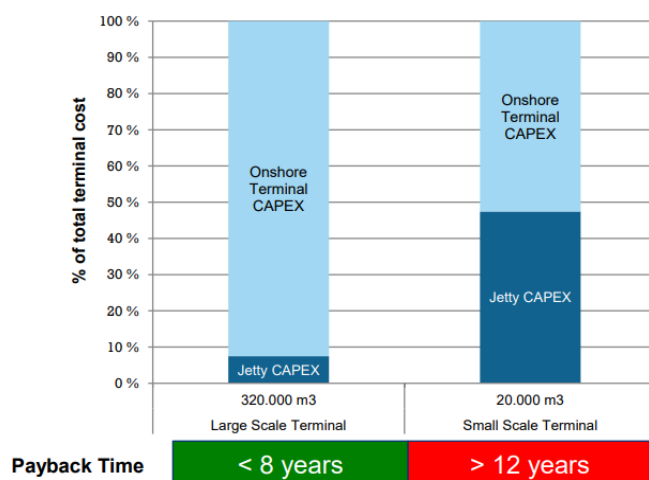
Πρόσφατα πολλά δίκτυα μικρής κλίμακας βασίζονται στην χρήση ακόμα μικρότερων πλοίων από 500 m³ και πάνω. Περιοχές στις οποίες οι αποστάσεις είναι ακόμα μικρότερες όπως αρχιπελάγη με μεγάλο αριθμό νησιών όπου δεν υπάρχουν επαρκή

βάθη για μεγαλύτερα πλοία ή υποδομές για πρόσδεση και ελλιμενισμό , θα μπορούσαν να ωφεληθούν από τα πλοία αυτά.

Μικρότερα τερματικά : ένα τερματικό μικρότερου μεγέθους κατασκευάζεται σε μικρότερο χρόνο και με χαμηλότερο κόστος . Αρχικά , θα πρέπει να αναφερθεί ότι το χαμηλότερο κόστος δεν είναι συνέπεια του μικρότερου μεγέθους . Αντιθέτως η μείωση πχ του μεγέθους των δεξαμενών αυξάνει το ανα κυβικό μέτρο κόστος αποθήκευσης. Παρ'όλα αυτά η χωρητικότητα είναι προσαρμοσμένη στην τοπική κατανάλωση /ζήτηση όπως και στο μέγεθος του πλοίου. Για να επιτευχτεί μικρότερο κόστος, προάγονται κατασκευαστικές και τεχνολογικές διαφοροποιήσεις που αφορούν στο είδος και τα υλικά της μόνωσης αλλά και στην μέθοδο επαναεριοποίησης (χρησιμοποιώντας πχ θερμότητα από το εξωτερικό περιβάλλον όπου αυτό είναι εφικτό).

Το ίδιο παρατηρείται και με τις υποδομές πρόσδεσης των πλοίων. Η μείωση του μεγέθους των πλοίων δεν συνεπάγεται την κατ' αναλογία μείωση της δαπάνης για τις παραπάνω υποδομές.

Εικόνα 6.2.1 σύγκριση κόστους κεφαλαίου υποδομών πρόσδεσης μεταξύ χερσαίων τερματικών συμβατικής και μικρής κλίμακας.



Πηγή: Connecting

Εναλλακτικά του προβλήτα ,ως μέσο πρόσδεσης θα μπορούσε να κατασκευαστεί αποβάθρα ή αγκυροβόλιο. Γενικότερα, ο στόχος είναι ο βέλτιστος χωροταξικός σχεδιασμός , η μεγιστοποίηση του συγχρονισμού και της συνεργασίας τόσο με τα πλοία όσο και με τους καταναλωτές και η αυτοματοποίηση των λειτουργιών που μειώνει στο ελάχιστο την ανάγκη για προσωπικό. Γι' αυτό και τα περισσότερα μικρής κλίμακας τερματικά επαναεριοποίησης χτίζονται με ένα μεγάλο μέρος του εξοπλισμού και των εγκαταστάσεων προκατασκευασμένα και συναρμολογημένα εκ των προτέρων γεγονός που επιτρέπει την ταχύτερη ολοκλήρωση των εργασιών και της

παράδοσης του έργου. Υπάρχει δηλαδή προτυποποιημένος σχεδιασμός τόσο των εγκαταστάσεων υποδοχής όσο και των δεξαμενών ο οποίο επιτρέπει και την επέκταση ή μεγέθυνση τους ανάλογα με τις μελλοντικές ανάγκες .

Πολύ συχνά τα τερματικά αυτά λειτουργούν χωρίς προσωπικό. Στις ελάχιστες περιπτώσεις που απαιτείται η ανθρώπινη επίβλεψη αυτή περιορίζεται στις εργασίες συντήρησης και εκφόρτωσης και σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να συγκριθεί με το προσωπικό μιας συμβατικής εγκατάστασης που μπορεί να φτάσει και τα 200 άτομα.

Τέλος , περιφερειακά τερματικά εκτός από χερσαία μπορεί να είναι και πλωτά. Πρόκειται για μικρότερα πλοία ή και φορηγίδες των οποίων η ικανότητα επαναεριοποίησης κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 0,5 mpta το πολύ, και προορίζονται να προμηθεύσουν μεμονωμένες αγορές και μονάδες παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος μέχρι 300MW. Η αποθηκευτική τους ικανότητα είναι μεταξύ 8000 m³ και 15000 m³.^{101,102} Απο αυτά μπορούν να φορτώσουν πλοία ανεφοδιασμού με LNG (bunkers) ή να ανεφοδιαστούν απευθείας πλοία που καίνε το συγκεκριμένο καύσιμο. Το σημαντικότερο πλεονέκτημά τους είναι ότι μειώνουν σημαντικά την απαιτούμενη δαπάνη κεφαλαίου λόγω του ότι οι απαιτούμενες υποδομές είναι μειωμένες. Επίσης λόγω μεγέθους ,έχουν και μικρότερο βύθισμα σε σχέση με τα συμβατικά FSRU, γεγονός που τους επιτρέπει να είναι εγγύτερα στην ακτή και σε περιοχές με μικρότερο βάθος.

Δυνατότητα επιλογής της ποσότητας (offtake option). Σε αντίθεση με την συμβατικής κλίμακας εφοδιαστική αλυσίδα , στην μικρή κλίμακα δεν έπεται ότι όλη η ποσότητα του φορτίου που θα εκφορτωθεί στο τερματικό υποδοχής θα επανεραιοποιηθεί και θα προωθηθεί στον τελικό προορισμό μέσω του σχετικού αγωγού. Παράλληλα με την τροφοδότηση του τοπικού δικτύου, τα μικρότερα τερματικά έχουν την δυνατότητα να φορτώνουν LNG σε ειδικά φορηγά ή και σε ISO containers τα οποία με τη σειρά τους φορτώνονται σε φορηγά ή ακόμα και βαγόνια και εφοδιάζουν προορισμούς οι οποίοι υπό άλλες συνθήκες δεν θα είχαν πρόσβαση στο υγροποιημένο φυσικό αέριο. Η διανομή αρχίζει με τον εφοδιασμό του φορηγού στο τερματικό. Υπολογίζεται ότι ένα φορηγό χωρητικότητας 50 m³ χρειάζεται περίπου 1 ώρα για να γεμίσει. Μια ανταγωνιστική απόσταση κυμαίνεται από 300 εως 2500 χλμ και εξαρτάται κυρίως από

¹⁰¹ <https://www.maritime-executive.com/corporate/contract-signed-for-one-of-the-world-s-first-small-scale-lng-frus?href=small-lng.com>

¹⁰² http://www.tge-marine.com/files/01_broschuere_tge_bwsc_online.pdf

τους κανονισμούς της κάθε χώρας σχετικά με τον απαιτούμενο αριθμό οδηγών και την δυνατότητα του τελικού χρήστη να πληρώσει το επιπλέον κόστος.¹⁰³

Εικόνα 6.2.2 .Μεταφορά LNG με φορτηγά , τρένα και ISO containers



Πηγή DataFusion Associates

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος break bulk με την χρήση δευτερευόντων και περιφερειακών τερματικών είναι όπως αναφέρθηκε η επέκταση της χρήσης του lng και η δημιουργία νέων αγορών. Στα μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε την πιθανότητα συμφόρησης στο δευτερεύον τερματικό που προκαλείται τόσο από τα μεγαλύτερα (συμβατικά) όσο και από τα μικρότερης κλίμακας πλοία. Λόγο της συμφόρησης η πιθανότητα ατυχήματος είναι αυξημένη άρα και οι απαιτήσεις για ασφάλεια. Τέλος απαιτείται καλός συντονισμός μεταξύ των διαφόρων εμπλεκομένων όπως οι διαχειριστές πλοίων κλπ.

Βάσει όλων των παραπάνω , μπορούμε να πούμε ότι όλα τα συστήματα διαχωρισμού όγκων (break bulk) εμπεριέχουν την έννοια της μικρότερης κλίμακας. Αντίθετα δεν είναι απαραίτητο το κάθε σύστημα μικρής κλίμακας να ενσωματώνει αναγκαστικά όλα τα παραπάνω. Όταν αυτό συμβαίνει τότε έχουμε ένα σύστημα πιο σύνθετο που συνδυάζει τα χαρακτηριστικά του milk run και break bulk, όπου ένα πλοίο μικρής κλίμακας αναλαμβάνει έναν αριθμό τμηματικών εκφορτώσεων και επανα-φορτώσεων

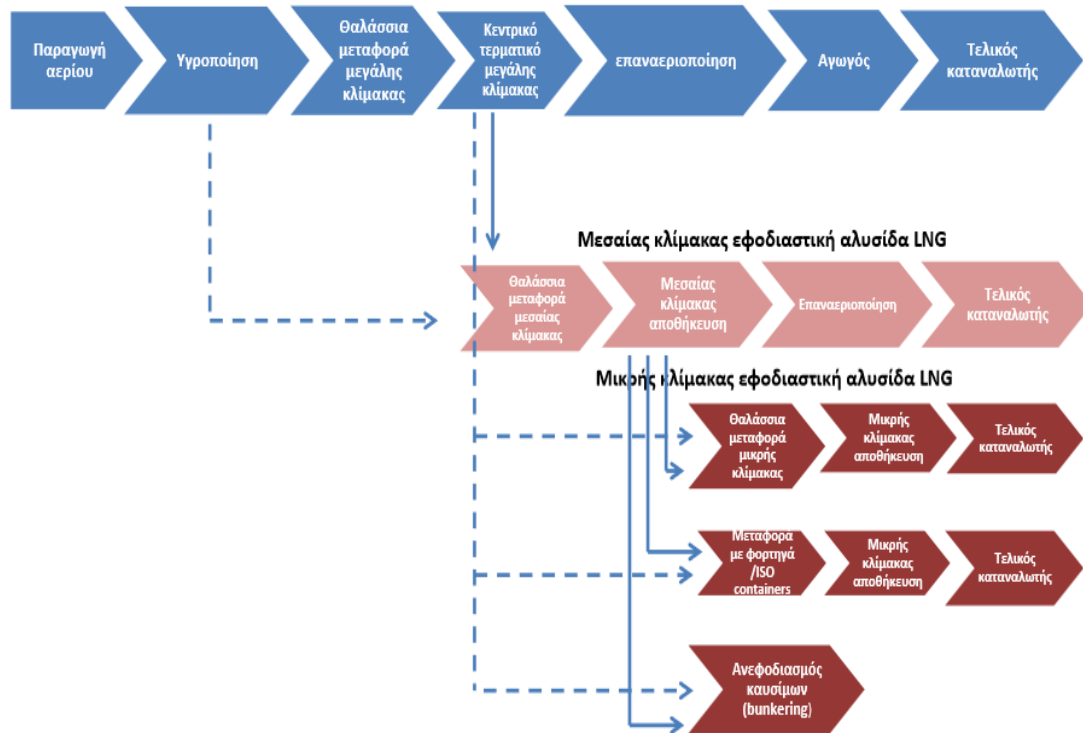
¹⁰³ ERIA (2018), 'LNG Supply Chain Infrastructure Configuration', in Uemura T. and K. Ishigami (eds.), Formulating Policy Options for Promoting Natural Gas Utilization in the East Asia Summit Region Volume II: Supply Side Analysis. ERIA Research Project Report 2016-07b, Jakarta: ERIA, pp.9-22.

από διάφορα μικρότερα τερματικά μιας συγκεκριμένης περιοχής ανάλογα με συγκεκριμένες ενεργειακές ανάγκες .

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η ανάλυση της εφοδιαστικής αλυσίδας ,όπως παρουσιάστηκε στο πρώτο κεφάλαιο, θα μπορούσε να τροποποιηθεί ώστε να περιλάβει και τις μικρότερης κλίμακας αγορές ως εξής

Εικόνα 6.2.3 Διακλάδωση της συμβατικού μεγέθους εφοδιαστικής αλυσίδας LNG στη μεσαία και μικρή κλίμακα

Μεγάλης κλίμακας εφοδιαστική αλυσίδα LNG



Πηγή : Wartsila

Παρατηρούμε ότι, η εφοδιαστική αλυσίδα διακλαδώνεται στην μεσαία κλίμακα, της οποίας τα τερματικά αποθήκευσης θα μπορούσαν να παίξουν το ρόλο των τερματικών hub ή break bulk επιτρέποντας τον εφοδιασμό των τελικών καταναλωτών μέσω ενός δικτύου μικρότερων περιφερειακών τερματικών και με συνδυασμό θαλάσσιας και χερσαίας μεταφοράς.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ένα τερματικό μεσαίας κλίμακας χωρητικότητας πχ 50000 m³ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει περιόδους αυξημένης ζήτησης (peak shaving) ή να αποθηκεύσει LNG για τις ανάγκες πχ μικρών τοπικών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Για παράδειγμα, 12000 m³ LNG μπορούν να ηλεκτροδοτήσουν 4100 νοικοκυριά για πάνω από ένα χρόνο.

Ένα τερματικό μικρής κλίμακας χωρητικότητας μέχρι 10000 m³ μπορεί να έχει ρόλο τοπικής διανομής αλλά και ανεφοδιασμού (bunkering). Για ανεφοδιασμό υπάρχουν και τα ακόμα μικρότερα τερματικά (ultra small) 50-70 m³. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε ότι μια δεξαμενή 50 m³ μπορεί να ανεφοδιάσει με καύσιμα 95 φορτηγά περίπου¹⁰⁴, ενώ ένα τερματικό χωρητικότητας 1000 m³ μπορεί να ανεφοδιάζει μικρού μεγέθους πλοία όπως μικρά φέρρυ, αλιευτικά κλπ. Από 5000 και πάνω έχουμε μεταφορά με πλοία τα οποία είτε κάνουν διανομή σε άλλες περιοχές είτε παρέχουν υπηρεσίες ανεφοδιασμού σε μεγαλύτερα πλοία. Υπάρχει αντιστοιχία των δεξαμενών αποθήκευσης στα τερματικά αυτά με το μέγεθος του πλοίου μικρότερης κλίμακας. Ένα πλοίο χωρητικότητας 8000 m³ χρειάζεται οι δεξαμενές του τερματικού να είναι μεταξύ 10.000 και 20.000 m³.¹⁰⁵

Εναλλακτικά, τόσο τα πλοία μεταφοράς lng μικρής κλίμακας, όσο και τα πλοία που το χρησιμοποιούν ως καύσιμο, θα μπορούσαν να εφοδιαστούν απευθείας από τα τερματικά μεγάλης κλίμακας εφόσον αυτά έχουν τις ανάλογες υποδομές.

Οι επιλογές όσον αφορά τις πηγές απ' όπου προέρχεται το lng είναι:

- Από ένα κεντρικό τερματικό εισαγωγής μεγάλης κλίμακας όπως πχ το Zeebrugge στο Βέλγιο, το Maasvlakte του Rotterdam, το κλπ. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι αποστάσεις θα πρέπει να είναι σε συγκεκριμένο εύρος ώστε τα μικρότερα πλοία να είναι αποδοτικά. Επίσης τα τερματικά αυτά θα πρέπει να έχουν τις επιπλέον υποδομές ώστε να μπορούν να εξυπηρετήσουν μικρότερα πλοία.
- Μέσω ενός περιφερειακού τερματικού με περεταίρω θαλάσσια μεταφορά σε τοπικούς χρήστες. Η αναδιανομή είναι οικονομικά αποδοτική, όταν κοντά στο περιφερειακό τερματικό υπάρχει μεγάλος αριθμός καταναλωτών οι οποίοι μπορεί να απορροφήσει τα επιπλέον κόστη.¹⁰⁶
- Όπου είναι εφικτό, από την εκμετάλλευση τοπικών κοιτασμάτων αερίου (πχ το Snøhvit στη Νορβηγία). Τα κοιτάσματα θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στις μονάδες υγροποίησης ώστε να μειώνονται τα σχετικά κόστη των αγωγών. Η

¹⁰⁴ Grossmann Hans-J The Configuration Of Small Scale LNG Terminals Today And For The Future, Gastech 2017

¹⁰⁵ TEKNA, International conference on small scale LNG in Europe Oslo (Norway) 29-30 Sep 2005

¹⁰⁶ TEKNA, International conference on small scale LNG in Europe Oslo (Norway) 29-30 Sep 2005

τοπική παραγωγή είναι οικονομικά αποδοτική όταν παραγονται μέτριοι ως μεγάλοι όγκοι οι οποίοι μπορούν να απορροφηθούν από βιομηχανικές μονάδες υψηλής δυναμικότητας. Δευτερευόντως , μια περιφερειακή παραγωγή είναι ανταγωνιστική όταν τροφοδοτεί σημαντικά καταναλωτικά κέντρα.

Η κύρια διαφορά της εφοδιαστικής αλυσίδας μικρής κλίμακας είναι ότι κάθε σκέλος της μπορεί να συμπεριφέρεται διαφορετικά λόγω της μεγαλύτερης ευελιξίας του τρόπου διανομής (πλοία, φορτηγά, iso containers), των μικρότερων αποστάσεων και του μεγαλύτερου εύρους των πελατών . Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το έναυσμα είναι η ζήτηση βάση της οποίας πρέπει αξιολογηθούν όλα τα σχετικά κόστη και να προαχθεί το κατάλληλο μέγεθος των υποδομών και του στόλου.

6.3 Τα μέλη

Αναλύοντας τους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα μικρής κλίμακας, αρχικά έχουμε τις πηγές του φυσικού αερίου και τους παραγωγούς του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Όπως και στην συμβατική κλίμακα , το φυσικό αέριο πρέπει να φθάσει στο τερματικό υγροποίησης και να παραχθεί το LNG το οποίο στη συνέχεια προμηθεύεται στους αγοραστές μικρότερων ποσοτήτων (off takers). Εφόσον όπως αναφέρθηκε παραπάνω , η μικρής κλίμακας εφοδιαστική αλυσίδα πηγάζει από την συμβατική, οι μεγάλοι παραγωγοί lng όπως οι διεθνείς πετρελαϊκές εταιρείες , μπορούν να συμμετέχουν και στις εργασίες μικρότερης κλίμακας διότι έχουν την δυνατότητα αξιοποίησης των ήδη υπαρχουσών εγκαταστάσεων .

Οι αγοραστές αυτοί μπορεί να είναι είτε οι τελικοί χρήστες είτε διανομείς οι οποίοι διαχωρίζουν σε περεταιίρω μικρότερες ποσότητες και προμηθεύουν μικρότερους καταναλωτές. Στη Νορβηγία για παράδειγμα, η εταιρεία Skangass αγοράζει το φυσικό αέριο από τους παραγωγούς και το υγροποιεί στο τερματικό της Risavika μέσω μιας συμφωνίας υπεργολαβίας (tolling) με την ιδιοκτήτρια εταιρεία του τερματικού Lyse. Κατόπιν η Skangass πωλεί το LNG τους μικρότερους αγοραστές. Συνήθως το κάθε project δημιουργείται γύρω από την ύπαρξη ενός τουλάχιστον βασικού πελάτη ο οποίος μπορεί να απορροφήσει μεγαλύτερες ποσότητες. Τέτοιοι πελάτες συνήθως είναι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας , ορυχεία, εργοστάσια λιπασμάτων , επεξεργασίας μετάλλων κλπ. Γύρω από αυτούς τους πελάτες διερευνείται το ενδεχόμενο και άλλων πελατών όπως κατασκευαστικές βιομηχανίες που απαιτούν μεγάλες ποσότητες ατμού ή θερμότητας και τέλος όσοι χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο για πλοία αλλά και βαριά οχήματα.¹⁰⁷ Οι πιθανοί πελάτες θα πρέπει από την πλευρά τους να υπολογίσουν τα κόστη μετατροπής του LNG σε αέριο, τις απαιτούμενες επενδύσεις και να αποφασίσουν για την ακριβή ποσότητα για την οποία θα δεσμευτούν. Η ποσότητα συνήθως είναι εγγυημένη μέσω των συμφωνιών

¹⁰⁷ https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/white-papers/comparing_various_lng_to_power_solutions_for_myanmar.pdf?sfvrsn=c4559d45_2 accessed August 2018

take or pay. Αυτό σημαίνει ότι οι πελάτες δεσμεύονται και πληρώνουν για συγκεκριμένο όγκο, ανεξάρτητα αν τελικά τον καταναλώσουν ή όχι. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί στον ελάχιστο όγκο βάσει του οποίου η επένδυση κρίνεται βιώσιμη. Η διάρκεια των συμβολαίων καθορίζεται όπως και στην συμβατική κλίμακα από τις ανάγκες χρηματοδότησης των συμβαλλομένων, εφόσον οι φορείς χρηματοδότησης απαιτούν συγκεκριμένες εγγυήσεις. Η διαφορά είναι ότι ενώ μεν στην συμβατική κλίμακα η τάση είναι για μικρότερα συμβόλαια, σποτ παραδόσεις και μεγαλύτερη ευελιξία, στην μικρή κλίμακα είναι απαραίτητη η εγγύηση για μακροπρόθεσμο εφοδιασμό υγροποιημένου φυσικού αερίου. Ο λόγος είναι ότι οι πηγές προμήθειας είναι λιγότερες, άρα και η ανάγκη εξασφάλισης των συγκεκριμένων ποσοτήτων βάσει των οποίων θα αποσβεστούν οι σχετικές επενδύσεις των αγοραστών μεγαλύτερη. Όσο διευρύνονται οι πηγές και επομένως οι εναλλακτικές προμήθειας, τόσο οι πελάτες έχουν την δυνατότητα να διαπραγματεύονται με καλύτερους όρους και πιθανόν και μικρότερη χρονική διάρκεια στα συμβόλαιά τους.

Πλοιοκτήτες, διαχειριστές πλοίων, μεσίτες. Το μικρής κλίμακας πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου ανήκει σε μια εταιρεία η οποία συνήθως παραχωρεί την διαχείρισή του μέσω συμβολαίου, σε μία εταιρεία διαχείρισης.

Ιδιοκτήτες / διαχειριστές τερματικών οι οποίοι έχουν αντίστοιχες συμφωνίες για επεξεργασία συγκεκριμένων ποσοτήτων είτε με τους παραγωγούς φυσικού αερίου είτε με τους ενδιάμεσους αγοραστές.

Κυβερνήσεις και λοιποί οργανισμοί οι οποίοι έχουν ρυθμιστικό ρόλο και επηρεάζουν μέρος ή το σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας μικρής κλίμακας lng προάγοντας την ενεργειακή ασφάλεια μιας χώρας, θεσπίζοντας τους κανόνες πρόσβασης και επιβάλλοντας δασμούς στην εισαγωγή από άλλες χώρες.¹⁰⁸

Όσον αφορά τα επιχειρηματικά μοντέλα όπως και στην συμβατική κλίμακα και εδώ υπάρχουν αυτά τα οποία θεωρούνται πλήρως ολοκληρωμένα (fully integrated). Στην περίπτωση αυτή η εταιρεία που αναπτύσσει την παροχή του αερίου έχει και όλες τις σχετικές εγκαταστάσεις για παραγωγή και διανομή στους τελικούς προορισμούς. Ενδέχεται η εταιρεία στην οποία ανήκουν οι εγκαταστάσεις να αγοράζει το αέριο από μια άλλη εταιρεία οπότε έχουμε το εμπορικό μοντέλο (merchant), ενώ υπάρχει και η περίπτωση της υπερβολαβίας (tolling), όπου οι ιδιοκτήτες των εγκαταστάσεων δεν έχουν κυριότητα του αερίου και απλά παρέχουν υπηρεσίες σε τρίτους. Ένα τέτοιο παράδειγμα όπως αναφέρθηκε παραπάνω είναι το τερματικό υγροποίησης της Risavika αλλά και η περίπτωση πλοιοκτήτη που διαχειρίζεται και λειτουργεί το μικρής κλίμακας πλοίο για λογαριασμό του ναυλωτή.

¹⁰⁸ IGU 2012 – 2015 Triennium Work Report, Small Scale LNG, June 2015

6.4 Η τιμολόγηση

Στο προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκε ότι η τιμολόγηση του LNG στην συμβατική εφοδιαστική αλυσίδα, ακολουθεί διαφορετικούς δείκτες ανάλογα με τη γεωγραφική περιοχή. Υπάρχει ανάλογη αντιστοιχία και στην μικρή κλίμακα όπου για παράδειγμα στην νοτιοανατολική Ασία οι τιμές συνδέονται με το αργό πετρέλαιο μπρεντ , στη Βόρεια Ευρώπη με τον δείκτη TTF, και στην Αμερική με τον δείκτη Henry Hub. Η σύνδεση του τρόπου τιμολόγησης των συμβολαίων μικρής κλίμακας με τους δείκτες της συμβατικής , είναι εύλογη , διότι τα μέρη που αγοράζουν LNG από τα μεγάλα τερματικά και τιμολογούνται με συγκεκριμένο τρόπο , δεν επιθυμούν να μεταπωλήσουν τους μικρότερους όγκους τιμολογώντας με διαφορετικό δείκτη γιατί αυτό εμπεριέχει κίνδυνο από τυχόν διακύμανση της τιμής. Από την άλλη μεριά, ένας τελικός αγοραστής ο οποίος πχ αγοράζει LNG προκειμένου να λειτουργήσει ένα εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή μια οποιαδήποτε άλλη βιομηχανική μονάδα , ως μέτρο σύγκρισης έχει κάποιον ανταγωνιστή του και επομένως επιθυμεί τα κόστη του να είναι χαμηλότερα . Αν ο ανταγωνιστής του χρησιμοποιεί συμβατικά καύσιμα , τότε ο δείκτης τιμολόγησης ιδανικά θα είναι πχ το βαρύ πετρέλαιο. Ομοίως, αν ο τελικός πελάτης είναι ένα τερματικό που προσφέρει υπηρεσίες bunkering σε πλοία , ο ιδανικός τρόπος τιμολόγησης για τον πελάτη θα ήταν συνδεδεμένος με τα εναλλακτικά ναυτιλιακά καύσιμα MFO, IFO, MDO, MGO.¹⁰⁹

Εν τέλει, το τι θα συμφωνηθεί ,εξαρτάται από τα διαφορετικά χαρακτηριστικά κάθε περίπτωσης και επί μέρους εφοδιαστικής αλυσίδας και από την διαπραγματευτική δύναμη των αγοραστών . Η τιμή θα μπορούσε να προσδιοριστεί με διάφορους τρόπους . Ενας τρόπος είναι με την πρόσθεση του κόστους σε κάθε στάδιο :εξόρυξη, υγροποίηση μεταφορά συν τα κόστη της μικρής κλίμακας . Εναλλακτικά θα μπορούσε να είναι συνδυασμός της αρχικής καθαρής τιμής (net back) συν τα κόστη.

6.5 Η μεταφορά

Η δια θαλάσσης μεταφορά του LNG από το κεντρικό τερματικό εισαγωγής σε ένα νέο τερματικό μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους :

Με πλοία τα οποία ανήκουν στον αγοραστή ή τα ναυλώνει ο ίδιος από την αγορά για τις ανάγκες της μεταφοράς των φορτίων του. (αγορά σε όρους fob)

Με πλοία τα οποία ανήκουν στον πωλητή του lng ή τα ναυλώνει ο ίδιος από την αγορά για τις ανάγκες της μεταφοράς των φορτίων του. (πώληση σε όρους DES).

¹⁰⁹ https://www.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/brochures/developers-guide-to-small-scale-lng-terminal.pdf?utm_source=Web&utm_medium=Form&utm_content=Brochure accessed August 2018

Για την πρώτη περίπτωση , οι απαιτούμενοι όγκοι πρέπει να είναι μεγάλοι ώστε να είναι βιώσιμη και οικονομικά συμφέρουσα η διαχείριση των πλοίων αυτών. Αυτό συμβαίνει διότι η πώληση σε όρους FOB απαιτεί από τον αγοραστή να αναλάβει την ευθύνη και το κόστος για την ναύλωση του πλοίου την ασφάλιση, το boil off gas και τα λιμενικά έξοδα.¹¹⁰ Η δεύτερη περίπτωση είναι η πιο συνηθισμένη , όταν πρόκειται για μεσαίο ή μικρό όγκο φορτίων, οπότε και οι σχετικοί κίνδυνοι μεταφέρονται ως μέρος της συνολικής συμφωνίας στον προμηθευτή του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Η πώληση σε όρους DES αντικατοπτρίζει τις περιορισμένες επιλογές όσον αφορά την πηγή προμήθειας του lng κυρίως λόγω του αναπτυσσόμενου ακόμα χαρακτήρα του κλάδου μικρής κλίμακας αλλά και γιατί οι μικρές αποστάσεις επιβάλλουν αναγκαστικά συγκεκριμένες πηγές και το LNG δεν μπορεί να μεταφερθεί οικονομικά σε μεγάλες αποστάσεις με πλοία μικρότερης κλίμακας. Ο πωλητής επίσης έχει περιορισμένες εναλλακτικές όσον αφορά τους πελάτες/αγοραστές. Η πώληση σε όρους DES δίνει το πλεονέκτημα στον πωλητή να χρησιμοποιήσει το ίδιο πλοίο για διαφορετικούς παραλήπτες, διαφορετικές εργασίες (πχ bunkering), αλλά ακόμα και να το λειτουργήσει σε διαφορετικές αγορές (multigas carriers). Η πλειοψηφία των πλοίων μικρής κλίμακας απασχολείται σε μακροχρόνιες ναυλώσεις διάρκειας 15 με 20 έτων. Πολλά πλοία ναυλώνονται με συμβόλαια εργολαβικής μεταφοράς κυρίως όταν το πλοίο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για μια με δυο εβδομάδες το μήνα¹¹¹

6.6 Τα πλοία μικρής κλίμακας

6.6.1 Τα τεχνικά χαρακτηριστικά που τα διαφοροποιούν από τα συμβατικού μεγέθους

Παρόλο που δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός ορισμός για το τι πλοίο θεωρείται μικρής κλίμακας, τα πλοία που περιγράφονται ως τέτοια ,έχουν ως μέγιστη χωρητικότητα τα 30.000 με 40.000 m³. Συγκρινόμενο ένα τέτοιο πλοίο με ένα αντιστοιχο συμβατικό χωρητικότητας 160.000 με 170.000 m³ , συμπεραίνουμε ότι οι όγκοι που μεταφέρει ένα μικρότερο πλοίο είναι το ένα πέμπτο ή το ένα έκτο ενός συμβατικού. Παρ'όλα αυτά το μέγεθος και οι διαστάσεις των πλοίων αυτών ποικίλλουν ανάλογα με την ζήτηση της συγκεκριμένης αγοράς στην οποία δραστηριοποιούνται, τα βάθη και τους λοιπούς περιορισμούς που μπορεί να υπάρχουν στις περιοχές που προσεγγίζουν ή ανεφοδιάζουν. Η πιο συνηθισμένη χωρητικότητα κυμαίνεται από 7000 μέχρι 20.000 m³. Τα χαρακτηριστικά που κάνουν τα πλοία αυτά ελκυστικά είναι ότι μπορούν να ταιριάξουν με τις υπάρχουσες λιμενικές εγκαταστάσεις ή απαιτούν ελάχιστες νέες υποδομές. Αυτό συμβαίνει διότι το βύθισμα τους δεν ξεπερνά τα 7 μέτρα και το ολικό μήκος τα 140.

¹¹⁰ <https://www.wartsila.com/twentyfour7/in-detail/lng-value-chain-optimisation-case-aruba> accessed August 2018

¹¹¹ IGU 2012 – 2015 Triennium Work Report , Small Scale LNG , June 2015

Τα πλοία αυτά υπόκεινται στους ίδιους κανονισμούς για την κατασκευή και την λειτουργία τους με τα συμβατικά . Τόσο τα πλοία που μεταφέρουν lng όσο και αυτά που κάνουν ανεφοδιασμούς πρέπει να είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα σύμφωνα με τους κανονισμούς του IMO (the IGC Code83) όσο και με τις υποδείξεις των νηογνωμόνων. Ο IGC Code έχει στόχο να διασφαλίσει ότι τα πλοία μεταφοράς αερίων θα έχουν τα ίδια επίπεδα ασφαλείας με τα άλλα πλοία και δεν θα αποτελούν κίνδυνο για την ναυσιπλοΐα τόσο στην ανοιχτή θάλασσα όσο και στα λιμάνια, προτρέποντας τις εθνικές νομοθεσίες να εφαρμόσουν τους ίδιους κανόνες

Τα πρώτα μικρότερης κλίμακας πλοία που ναυπηγήθηκαν ήταν τύπου μεμβράνης ,19000 m³ και προορίζονταν για την διαδρομή Bintulu Ιαπωνία. Η φιλοσοφία του σχεδιασμού και της κατασκευής τους ήταν να έχουν τα χαρακτηριστικά ενός συμβατικού πλοίου μεταφοράς lng αλλά σε μικρότερο μέγεθος. Ως αποτέλεσμα του σχεδιασμού αυτού το κόστος ναυπήγησης κάθε πλοίου έφτασε τα 77 εκ\$ με συνέπεια τον τριπλασιασμό του ανα μονάδα μεταφερόμενου φορτίου κόστους. Επιπλέον και τα λειτουργικά εξοδα ανα m³ παρουσίασαν κάθετη άύξηση. Οι κατασκευαστές συνειδητοποίησαν ότι μείωση του μεγέθους χωρίς τεχνολογική καινοτομία δεν θα μπορούσε να είναι βιώσιμη και σύντομα μια νέα γενιά πλοίων κατασκευάστηκε με βασικούς άξονες πρώτον τη μείωση του κόστους κεφαλαίου και δεύτερον την μεγιστοποίηση της λειτουργικής ευελιξίας.

Όσον αφορά το κόστος κεφαλαίου και βασει όσων έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο για τα συμβατικά πλοία , βασικό στοιχείο που επηρεάζει τη συνολικής δαπάνη για ένα οποιοδήποτε πλοίο μεταφοράς είναι το boil off gas λόγω του ότι αφορά τόσο το είδος των δεξαμενών αλλά και το είδος των μηχανών του πλοίου.

Η βασικότερη διαφοροποίηση των πλοίων αυτών είναι οι δεξαμενές τους οι οποίες είναι οι τύπου C. Η διαφορά τους με τις υπόλοιπες δεξαμενές (σφαιρικές ή μεμβράνης), είναι ότι το φορτίο μεταφέρεται υπο την πίεση που αναπόφευκτα δημιουργεί το boil off gas. Είναι κυλινδρικού ή σφαιρικού σχήματος και είναι σχεδιασμένες για να ιφίστανται πιέσεις άνω των 4 barg. Η τεχνογνωσία των δεξαμενών αυτών προέρχεται από τον κλάδο μεταφοράς άλλων υγροποιημένων αερίων όπως του lpg τα οποία πρέπει να μεταφερθούν κάτω από ορισμένες συνθήκες. Συνεπώς τα μικρής κλίμακας πλοία που φέρουν τέτοιες δεξαμενές θεωρούνται μερικώς συμπιεσμένα (semi –pressurized). Η αύξηση της πίεσης στο εσωτερικό των δεξαμενών αυτών δεν επηρεάζει την αντοχή τους αλλά επιτρέπει στο πλοίο να πραγματοποιήσει ταξίδια λίγων ημερών και μικρών αποστάσεων χωρίς να υπάρχει η ανάγκη να επαναυγροποιήσει το boil off gas.

Οι δεξαμενές αυτές κατασκευάζονται από 9% νικελιούχο χάλυβα ενώ το πάχος του μετάλλου δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 40mm . Ο έλεγχος του boil off gas γίνεται με μονώσεις πολυουρεθάνης .Δεν υπάρχει ανάγκη για δευτερεύον όριο μόνωσης

γεγονός που μειώνει σημαντικά το κόστος κατασκευής τους. Επίσης επιτρέπουν την μερική πλήρωση με φορτίο.

Χωρίζονται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το σχήμα τους. Για πλοία χωρητικότητας μικρότερης των 20.000 m³ οι δεξαμενές έχουν κυλινδρικό σχήμα . Τα πλοία αυτά φέρουν 2 ή τρεις τέτοιες δεξαμενές. Για πλοία χωρητικότητας άνω των 20,000 m³ έχουν σχήμα 2 λοβών και είναι συνήθως 3 ή 4 τον αριθμό.



Εικ.6.6.1.1 δεξαμενές τύπου c

Άλλα πλεονεκτήματα των δεξαμενών αυτών είναι η απλή εγκατάσταση και ευκολη συντήρηση αλλά και το μικρότερο βάρος τους το οποίο διευκολύνει προκειμένου τα πλοία αυτά να έχουν μικρότερο βύθισμα και μεγαλύτερη ευχέρεια ελιγμών. Επίσης υπάρχει συμβατότητα με τις αντίστοιχες δεξαμενές των τερματικών μικρής κλίμακας. Στα μειονεκτήματα τους συμπεριλαμβάνεται το ότι οι κυλινδρικές δεν αξιοποιούν πλήρως το κυτος του πλοίου . Αυτές των 2 λοβών έχουν καλύτερη προσαρμογή στο σχήμα του πλοίου , μεγιστοποιούν τον όγκο που μπορεί να μεταφερθεί αλλά έχουν και μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με τις κυλινδρικές.¹¹²

Όσον αφορά στη διαχείριση του boil off , λόγω του μεγέθους των δεξαμενών και ανεξαρτήτως από το είδος της μόνωσης , οι αναμενόμενοι ρυθμοί εξαέρωσης είναι γύρω στο 0,25% ανα ημέρα . Η επαναυγροποίηση δεν θεωρείται οικονομικά αποδοτική για πλόες μικρών αποστάσεων. Στην περίπτωση αυτή η αύξηση της πίεσης του φορτίου θα πρέπει να γίνει αποδεκτή από το τερματικό υποδοχής.

☒ Όπως και με τα συμβατικού μεγέθους πλοία , το αέριο αυτό χρησιμοποιείται στις μηχανές του πλοίου ή καίγεται στους ειδικούς καυστήρες.

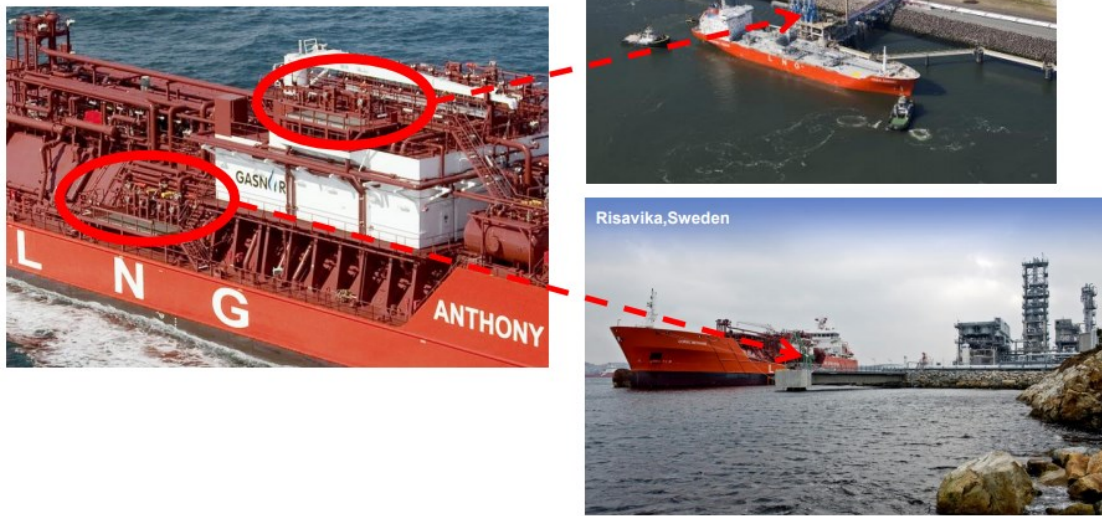
¹¹² http://www.tge-marine.com/files/lng_carriers_conference_october_2011_seoul.pdf

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας του bog σε μεθάνιο, ένα πλοίο χωρητικότητας 10.000-20.000 m³ μπορεί να το αξιοποιήσει ως καύσιμο χωρίς να χρειαστεί να αυξήσει την πίεση . Επιπλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες θέρμανσης , ηλεκτρισμού , αλλά και για τις ενεργειακές ανάγκες του πλοίου κατά τις εργασίες του στο τερματικό.

Για τις μηχανές ενός τέτοιου πλοίου αξιοποιείται η ίδια τεχνολογία με αυτήν των συμβατικών. Ενώ αρχικά τα πλοία είχαν τις κλασσικές τουρμπίνες ατμού , στη συνέχεια κρίθηκε πιο συμφερούσα η τεχνολογία των μηχανών εσωτερικής καυσης χρησιμοποιώντας είτε αποκλειστικά φυσικό αέριο είτε διπλό καύσιμο. Επίσης η επιλογή αμιγούς προωστήριας εγκατάστασης ή ηλεκτροπρόωσης είναι καθαρά θέμα των λειτουργικών απαιτήσεων του πλοίου και παραγόντων όπως ο διαθέσιμος χώρος, η υπηρεσιακή ταχύτητα και η ευχέρεια ελιγμών. Για τα μικρής κλίμακας πλοία συνήθως επιλέγονται τετράχρονα μηχανές . Επιπλέον η τεχνολογία του διπλού καυσίμου επιτρέπει στα πλοία αυτά την συμμόρφωση με τους κανονισμούς περιεκτομπών NOx (Tier III) όταν καίνε αέριο με pilot fuel, ενώ εκτός περιοχών ελέγχου NOx , όταν καίνε υγρό καύσιμο τηρούν και τις οδηγίες που αφορούν τις εκπομπές Sox (Tier II).

Άλλες σημαντικές τεχνολογικές καινοτομίες αφορούν στην συμβατότητα των πλοίων αυτών με τα τερματικά . Η πιο σημαντική είναι η θέση των στομίων (manifests) εισαγωγής εξαγωγής όπου προσαρμόζονται οι βραχίονες φόρτωσης εκφόρτωσης ή οι ευκαμπτοι σωλήνες. Σε ένα τέτοιο πλοίο, τα στόμια βρίσκονται ψηλότερα έτσι ώστε το πλοίο να μπορεί να φορτώνει σε μεγάλα τερματικά αλλά και όταν χρειάζεται , να λειτουργεί ως πλοίο ανεφοδιασμού για μεγαλύτερα πλοία. Επιπλέον, κάποια από αυτά μπορεί να έχουν στόμια σε 2 διαφορετικά ύψη ώστε να φορτώνουν από μεγάλα τερματικά και να εκφορτώνουν σε τερματικά μικρής κλίμακας.¹¹³

¹¹³ <https://www.anthonyveder.com/activities/innovations/coralmethane/> accessed August 2018



Εικ.6.6.1.2 : πλοίο μικρής κλίμακας που φέρει στόμια σε δυο διαφορετικά ύψη ώστε να φορτώνει από συμβατικού μεγέθους τερματικά και να εκφορτώνει σε τερματικά μικρής κλίμακας. Πηγή : Anthony Veder.

Ακόμα όμως και με τις προαναφερθείσες τεχνολογικές βελτιώσεις το αρχικό κόστος επένδυσης ενός μικρης κλίμακας πλοίου παραμένει υψηλότερο ανα τόνο φορτίου σε σχέση με το κόστος ενός μεγαλύτερου συμβατικού . Συγκριτικά με ένα πλοίο 135000 m³ το οποίο έχει κόστος ναυπήγησης γύρω στα 170 εκ \$, ένα πλοίο ice class των 18000 m³ μπορεί να κοστίζει σχεδόν 71 εκ \$.¹¹⁴ Το κόστος κεφαλαίου ανα τόνο είναι πάνω από 5000\$ ενώ για το μεγαλύτερο πλοιο το κόστος είναι κάτω από 2000\$ ανα τόνο.

Επομένως εξαρχής είναι γνωστό ότι τα πλοία αυτά είναι ακριβότερα από τα συμβατικά. Για να αντισταθμιστεί το μειονέκτημα αυτό οι πλοιοκτήτες αναζήτησαν μεγαλύτερη ευελιξία μέσω της δυνατότητας να μεταφέρουν και άλλου είδους φορτία και πιο συγκεκριμένα άλλα υγροποιημένα αέρια όταν η ζήτηση για lng είναι χαμηλή. Αλλωστε ένας από τους λόγους για για την προτίμηση για δεξαμενές τυπου c , είναι η προηγούμενη εμπειρία που έχει αποκτηθεί από τους κλάδους μεταφοράς lpg , αιθανίου και αιθυλένιου.¹¹⁵

Το υγραέριο (lpg) αποτελείται από κλάσματα υδρογονανθράκων πετρελαίου όπως βουτάνιο και προπάνιο και χρησιμοποιείται σε οικιακές και βιομηχανικές εφαρμογές.

¹¹⁴ <https://worldmaritimenews.com/archives/181422/anthony-veder-nets-1st-sustainable-shipping-loan/> accessed August 2018

¹¹⁵ http://www.tge-marine.com/files/gastech_2012_bj__rn_munko_tge.pdf

Η πιο σημαντική ιδιότητα του υγραερίου είναι ότι μπορεί να συμπιεστεί σε υγρή μορφή και να μεταφερθεί, λόγω όμως του ότι είναι εύφλεκτο οι συνθήκες μεταφοράς του πρέπει να διατηρούνται σταθερές. Τουλάχιστον μία από τις παρακάτω συνθήκες πρέπει να επικρατεί για ασφαλή μεταφορά: Το αέριο πρέπει να συμπιεστεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή θα πρέπει να ψυχθεί πλήρως κάτω από το σημείο βρασμού του που είναι ανάλογα με την σύσταση από -30 μέχρι -48 °C. Οι συνθήκες αυτές είναι συνθήκες πλήρους ψύξης. Εναλλακτικά το αέριο μπορεί να ψυχθεί μερικώς μέχρι μια ορισμένη θερμοκρασία και να συμπιεστεί.

Το αιθάνιο είναι ένας άχρωμος, άοσμος υδρογονάνθρακας σε αέρια μορφή και αποτελεί το δεύτερο σε σημασία συστατικό του φυσικού αερίου. Είναι δε η πρώτη ύλη για την παρασκευή αιθυλίου το οποίο χρησιμοποιείται στην πετροχημική βιομηχανία για την κατασκευή πλαστικών, και την παρασκευή αιθυλικής γλυκόλης και αιθυλικής αλκοόλης. Για να μεταφερθούν δια θαλάσσης τα παραπάνω αέρια πρέπει να ψυχθούν το αιθάνιο στους -89°C, το δε αιθυλένιο στους -104°C

Σε ένα τέτοιο πλοίο που μεταφέρει διαφορετικά είδη αερίων (multigas carrier) ο σχεδιασμός της δεξαμενής C επιτρέπει την ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία στους -163°C ώστε να μπορεί να μεταφέρει lng, ενώ η μέγιστη επιτρεπόμενη πίεση είναι 4,5 bar κατάλληλη για τη μεταφορά lng και άλλων πετροχημικών αερίων. Στην περίπτωση των multi-gas πλοίων είναι απαραίτητη η εγκατάσταση του εξοπλισμού επαναεριοποίησης των φορτίων lng και αιθανίου.

Εκτός από την λειτουργική ευελιξία των παραπάνω πλοίων, ένα μικρής κλίμακας πλοίο χωρητικότητας πχ 4000 κυβικών, μπορεί να μεταφέρει lng μεταξύ τερματικού εισαγωγής και ενδιάμεσου τερματικού αλλά μπορεί να λειτουργεί και ως πλοίο ανεφοδιασμού καυσίμου σε ανάλογα τερματικά. Στην προκειμένη περίπτωση το πλοίο είναι εφοδιασμένο με τον ελάχιστο απαιτούμενο εξοπλισμό για ανεφοδιασμό διότι η έμφαση δίνεται στο να έχει μεγαλύτερη ευχέρεια ελιγμών. Με αυτόν τον τρόπο το κόστος για τον εξοπλισμό του πλοίου είναι χαμηλότερο, ενώ υπάρχει και περαιτέρω εξοικονόμηση πόρων όσον αφορά τις λιμενικές υποδομές που στην περίπτωση αυτή το μόνο που απαιτείται είναι ένας προβλήτας που να μπορεί να εξυπηρετήσει 2 πλοία με LNG.

6.6.2 Τα λειτουργικά Κόστη

Ομοίως τα λειτουργικά κόστη των μικρών πλοίων σε απόλυτους αριθμούς εμφανίζονται χαμηλότερα. Κατ'αρχήν έχουν μικροτερο αριθμό πληρώματος. Για πλοία από 5000 m³ μέχρι 7500 m³ ο αριθμός κυμαίνεται από 15 έως 21 άτομα πλήρωμα ενώ ένα πλοίο 20.000 μπορεί να έχει και μέχρι 25 ναυτικούς^{116,117, 118}. Οσον αφορά στη συντήρηση οι μηχανές που καίνε αποκλειστικά φυσικό αέριο είναι συνήθως εγκατεστημένες σε πλοία που κάνουν παράκτιες πλόες (Βόρεια Ευρώπη) και έχουν το πλεονέκτημα να είναι περιβαλλοντικά καθαρότερες με λιγότερες απαιτήσεις συντήρησης.

6.6.3 Τα κόστη ταξιδιού

Λογω μεγέθους και σχεδιασμού τα πλοία αυτά έχουν χαμηλότερες χρεώσεις στα λιμάνια για υπηρεσίες όπως προσδεση, ρυμούλκηση πιλοτικά κλπ. Το κόστος ανα επισκεψη μπορεί να είναι και το μισό από αυτό ενός συμβατικού μεγέθους πλοίου

Επίσης η κατανάλωση καυσίμου είναι χαμηλότερη γιατί έχουν σχεδιαστεί να πλέουν με χαμηλότερες ταχύτητες. Ενδεικτικά :

13 κόμβοι για πλοία μικρότερα των 6000 m³

14 με 16 κόμβοι για πλοία 6000 μέχρι 18000

18 κόμβοι για πλοία από 18.000 m³.

Όπως και με τα συμβατικά πλοία , κάνοντας χρήση ακόμα χαμηλότερης ταχύτητας πχ από τους 14 στους 10 κόμβους , η εξοικονόμηση καυσίμου μπορεί να φτάσει και το 70%.¹¹⁹ Η παράταση του ταξιδιού λόγω χαμηλότερης ταχύτητας δεν έχει τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει στα συμβατικά πλοία επειδή οι αποστάσεις είναι πολύ μικρότερες , ο επιπλέον χρόνος έχει ληφθεί υπόψη στην διαχείριση των αποθεμάτων των τερματικών και οι δεξαμενές των πλοίων μπορούν να αντέξουν την αύξηση της πίεσης από την συσσώρευση του boil off gas. Προκύπτει ότι πολύ σημαντικός είναι και ο προγραμματισμός των δρομολογίων διότι όπως και στα συμβατικού μεγέθους πλοία , τα έσοδα εξαρτώνται από την μεγαλύτερη δυνατή απασχόληση του πλοίου μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα . Ανυπαρξία

¹¹⁶ <http://www.scheepvaartwest.be/CMS/index.php/gas-tankers/1321-coral-methane-imo-9404584>
accessed August 2018

¹¹⁷ <http://www.scheepvaartwest.be/CMS/index.php/gas-tankers/7473-engie-zeebrugge-imo-9750024>
accessed August 2018

¹¹⁸ Strantzali , Aravossis, Livanos Chrysanthopoulos A Novel Multicriteria Evaluation of Small-Scale LNG Supply Alternatives: The Case of Greece, Energies 2018

¹¹⁹ Tony Regan, Small Scale LNG, Emerging Technologies for Small Scale Grids, SIEW Thinktank Roundtable, Singapore 27 October 2017

βελτιστοποίησης των διαδρομών έχει ως αποτέλεσμα, όχι μόνο πλεονάζουσα μεταφορική ικανότητα αλλά και πλεονάζουσα υγροποίηση.

Όσον αφορά τα τερματικά αποθήκευσης, η χωρητικότητα των δεξαμενών τους έχει προσαρμοστεί σε δεδομένα συγκεκριμένης ζήτησης επειδή όπως προαναφέρθηκε τα τερματικά αυτά δημιουργούνται αρχικά γύρω από ένα συγκεκριμένο πελάτη ή από μία ομάδα πελατών. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για το οποίο οι δεξαμενές μπορούν να καλύψουν την ζήτηση και επιπλέον χρονικό διάστημα για το οποίο υπάρχει απόθεμα στην δεξαμενή (heel), το οποίο εμποδίζει την αύξηση της θερμοκρασίας της ¹²⁰. Όταν υπάρχει διαθεσιμότητα πλοίου, το τερματικό υποδοχής δεν έχει ανάγκη μεγαλύτερων ή περισσότερων δεξαμενών. Αντίθετα, μικρότερες ή λιγότερες δεξαμενές σημαίνουν μεγαλύτερο κόστος μεταφοράς. Απαιτείται δηλαδή εξισορρόπηση και συντονισμός μεταξύ της διαδρομής του πλοίου και των αποθεμάτων στα τερματικά.

Συνοψίζοντας περι πλοίων μικρής κλίμακας, για να ενσωματωθεί ένα τέτοιο πλοίο στην εφοδιαστική αλυσίδα, πρέπει να βρεθεί ποια είναι η κατάλληλη χωρητικότητα του πλοίου, η υπηρεσιακή του ταχύτητα και η σειρά με την οποία προσεγγίζει τα τερματικά. Οι αποστάσεις καθορίζουν το μεταφορικό κόστος, οι μεταφερόμενοι όγκοι φορτίου πρέπει να καλύπτουν τα κόστη των υποδομών και η ζήτηση να είναι τέτοια ώστε το συνολικό κόστος της εφοδιαστικής αλυσίδας να επιμερίζεται σε όσο το δυνατόν περισσότερους πελάτες.

6.7 Η εφαρμογή των εργασιών μικρης κλίμακας στην Νορβηγία

Η Νορβηγία είναι η μεγαλύτερη παραγωγός και εξαγωγέας φυσικού αερίου στην Δυτική Ευρώπη. Η μεγαλύτερη εγκατάσταση Snohvit LNG κατασκευάστηκε για να εκμεταλλευτεί τις ενεργειακές πηγές τριών υποθαλάσσιων κοιτασμάτων στη Θάλασσα του Barents (Snohvit, Albatross and Askeladd) σε βάθος 250 με 345 μέτρων και απόσταση περίπου 140 χλμ βορειοδυτικά της περιοχής του Hammerfest. Τα κοιτάσματα έχουν εκτιμώμενα αποθέματα της τάξεως των 193 δισεκατομμυρίων κυβικών και το σύστημα παραγωγής είναι το πρώτο στην Ευρώπη που χρησιμοποιεί υποθαλάσσια πλατφόρμα, η οποία μέσω ενός αγωγού τροφοδοτεί το εργοστάσιο επεξεργασίας στο νησί Melkøya. Η εκμετάλλευση γίνεται από ένα consortium 8 εταιρειών: Statoil (33.53%), Petoro (30%), TotalFinalElf (18.4%), Gaz de France (12%), Amerada Hess (3.26%) and RWE-DEA (2.81%). Η χρηματοδότηση ανήλθε πάνω από 3,5 δις δολάρια, η παραγωγή άρχισε το 2007 και αναμένεται να χρησιμοποιηθεί μέχρι το

¹²⁰ <https://www.wartsila.com/twentyfour7/in-detail/lng-value-chain-optimisation-case-aruba> accessed August 2018

2035. Παρόλο το μέγεθος των αποθεμάτων και της παραγωγής, πολλές περιοχές της δεν είναι συνδεδεμένες με κεντρικό δίκτυο παροχής. Οι κυριότεροι λόγοι είναι το φυσικό της ανάγλυφο (ψηλά βουνά και βαθιά φιόρδ) ενώ το μέγεθος και η διασπορά του πληθυσμού καθιστούν την διανομή του αερίου με αγωγούς μη οικονομικά αποδοτική. Παράλληλα η ζήτηση στις αρχές της δεκαετίας του 2000 ήταν χαμηλή, κυρίως λόγω της εξάρτησης από άλλα συμβατικά καύσιμα.

Η χώρα είχε ήδη δεσμευτεί για εφαρμογή περιβαλλοντικών πολιτικών και την χρήση καθαρής ενέργειας μέσω της υπογραφής των πρωτοκόλλων του Κυότο (1997) και του Γκέτεμποργκ (1999). Ειδικότερα με την τελευταία, υποχρεώνονταν για την μείωση των εκπομπών NOx μέχρι το 2010 κατά 20% περίπου, σε σχέση με το έτος βάσης που ήταν το 1991. Για να εκπληρώσει την υποχρέωση αυτή, τον Ιανουάριο του 2007 η Κυβέρνηση εισήγαγε φόρο 17 NOK (περίπου 2 €) ανά κιλό εκπομπής Nox. Ο φόρος θα ήταν υποχρεωτικός για προωστήριες μηχανές συνολικής εγκατεστημένης ισχύς άνω των 750 kW –περίπου 1500 πλοία πλόων εσωτερικού, 250 αλιευτικά, αεροσκάφη και τρένα.

Παράλληλα με τον φόρο η κυβέρνηση ήλθε σε συμφωνία με 15 επιχειρηματικούς οργανισμούς για την σύσταση ειδικού ταμείου –το λεγόμενο Nox Fund. Οι πάνω από 650 επιχειρήσεις που έλαβαν μέρος αρχικά, εξαιρέθηκαν από την πληρωμή του φόρου. Αντιθέτως θα έπρεπε να πληρώσουν στο ταμείο ένα χαμηλότερο τέλος ανά κιλό εκπομπών. Τα έσοδα από το ταμείο θα χρηματοδοτούσαν τις απαιτούμενες επενδύσεις για την επίτευξη χαμηλότερων εκπομπών. Οι επενδύσεις αυτές περιλάμβαναν ναυπήγηση πλοίων με μηχανές αερίου ή μετατροπή παλαιότερων πλοίων με αλλαγή των μηχανών τους σε διπλού καυσίμου. Η αύξηση για ζήτηση του lng σε συνδυασμό με την σχετική απορρύθμιση της αγοράς φυσικού αερίου και την περιβαλλοντική διάσταση οδήγησε στην ανάπτυξη του κλάδου με συνέπεια την είσοδο περισσότερων παραγωγών, αγοραστών και διαχειριστών τερματικών. Ο ανταγωνισμός βελτίωσε τις ήδη υπάρχουσες υποδομές και συνέβαλλε στην περεταίρω ανάπτυξη των εγκαταστάσεων με περισσότερα εργοστάσια υγροποίησης και περιφερειακών και τοπικών τερματικών αποθήκευσης κατά μήκος της ακτογραμμής της χώρας ώστε παράλληλα με τις εξαγωγές σε άλλες χώρες τις Ευρώπης αλλά και στις Ηνωμένες Πολιτείες για τις οποίες χρησιμοποιήθηκαν συμβατικά πλοία lng χωρητικότητας 140-145000 κυβικών, να είναι εφικτός ο εφοδιασμός των παράκτιων πόλεων της Νορβηγίας καθώς και των γειτονικών χωρών, με μικρότερης κλίμακας πλοία LNG.

Το πρώτο πολύ μικρής κλίμακας πλοίο για παράκτια μεταφορά ήταν το Pioneer Knutsen. Παραδόθηκε το 2003, είχε χωρητικότητα 1100 κυβικά έφερε δεξαμενές ανοξείδωτου χάλυβα και ηλεκτρική πρόωση. Το πλοίο είχε συμβόλαιο για διανομή από την εγκατάσταση υγροποίησης του Kollsnes. Δεν θεωρείται κατάλληλο για

φόρτωση από μεγάλης κλίμακας τερματικά, έχει όμως χρησιμοποιηθεί για περιπτώσεις απ'ευθείας μεταφόρτωσης από συμβατικά πλοία .

Το 2009 ξεκίνησε την λειτουργία του το πλοίο Coral Methane (7500 m³) με ναύλωση για τη Gasnor και λίγο αργότερα το Coral Energy (15.600 m³) για λογαριασμό της Skangas. Το Coral Methane είναι το πρώτο μικρής κλίμακας πλοίο που μπορεί να μεταφέρει διάφορα υγροποιημένα αέρια (Lng/Lpg/Leg) σε θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -165 μέχρι και -45°C. Απο πλευράς σχεδίου και κατασκευής το συγκεκριμένο πλοίο θεωρείται καινοτόμο διότι συνδυάζει 2 μηχανές που δουλεύουν με φυσικό αέριο και 2 μηχανές που δουλεύουν με diesel . Επίσης έχει σύστημα με ηλεκτρικές προπέλες (PODS) που του επιτρέπουν μέγιστη ευελιξία και δυνατότητα ασφαλών ελιγμών στα ως επί το πλείστον μικρά λιμάνια και τερματικά που μπορεί να βρίσκονται μέσα σε στενά φιόρδ. Από πλευράς συμβατότητας φέρει στόμια (manifolds) σε 2 διαφορετικά που του επιτρέπουν την επιτυχή μεταφορά φορτίου από το πλοίο στην ξηρά αλλά και αντίστροφα . Το πλοίο έχει την δυνατότητα να φορτώνει από μεγάλης κλίμακας τερματικά όπως το Zeebrugge στο Βέλγιο ή το Huelva στην Ισπανία , και να ξεφορτώνει στα μικρής κλίμακας τερματικά που βρίσκονται κατά μήκος των ακτών της Νορβηγίας. Οι μηχανές του τροφοδοτούνται με boil off όταν το πλοίο μεταφέρει lng ενώ όταν μεταφέρει άλλα αέρια ή είναι άφορτο , δουλεύουν οι μηχανές diesel . Το σύστημα αυτό είναι οικονομικά αποδοτικό και περιβαλλοντικά συμβατό με τις απαιτήσεις περιορισμού εκπομπών αερίων .Οι μηχανές που δουλεύουν με φυσικό αέριο επιτυγχάνουν 100% μείωση στις εκπομπές θείου (Sox) και σωματιδίων και περίπου 92% στις εκπομπές αζώτου(NOx) σε σχέση με εκείνες που καίνε βαρύ πετρέλαιο (HFO)). Επίσης οι μηχανές του αερίου μειώνουν τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα κατά 25%. Η δυνατότητα του πλοίου να μεταφέρει διαφορετικά φορτία του επιτρέπει να δουλεύει σε περισσότερες αγορές με αποτέλεσμα μεγαλύτερο συγκριτικά επίπεδο παραγωγικότητας .Το πλοίο έχει ναυλωθεί για λογαριασμό της Skangas με σκοπό την μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου από το τερματικό υγροποίησης της Risavika στο τερματικό αποθήκευσης της Ora και υπηρεσίες ανεφοδιασμού ship to ship στη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική από τον Ιούλιο του 2017. Η κατασκευή του συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το πρόγραμμα TEN-T και μερικώς από την πλατφόρμα Zero Vision Tool.

Επίσης υπάρχει και ένας αρκετά μεγάλος αριθμός τερματικών ανεφοδιασμού(bunkering) πλοίων με LNG , χωρητικότητας μεταξύ 500 και 700 m³. Εκτός από την δυνατότητα που έχουν τα πλοία να ανεφοδιάζονται από τα τερματικά, είναι εφικτός και ο ανεφοδιασμός από φορτηγά και άλλα πλοία (ship to ship)

Πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι θεωρητικά όλα τα είδη πλοίων μπορούν να χρησιμοποιήσουν το LNG ως καύσιμο. Ορισμένοι τομείς της ναυτιλίας όμως είναι

καταλληλότεροι εξαιτίας της δυνατότητας ανεφοδιασμού σε καύσιμο . Τα χαρακτηριστικά τους είναι :^{121,122}

1) Η κανονικότητα των δρομολογίων και σχετικά μικρές αποστάσεις. Παρέχει το πλεονέκτημα της πρόσβασης στις τοποθεσίες ανεφοδιασμού και μειώνει την αναγκαιότητα μεγάλων δεξαμενών αποθήκευσης καυσίμου πάνω στο πλοίο .Οι μικρές αποστάσεις επιτρέπουν την εξισορρόπηση μεταξύ του χώρου που καταλαμβάνουν τα καύσιμα και των περιορισμένου χώρου για την αποθήκευση τους στην ξηρα

2) Η λειτουργία τους σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες και ρυθμιζόμενες περιοχές (ecas).

3) Η δυνατότητα για ανανέωση του στόλου , η οποία θεωρείται οικονομικά πιο συμφέρουσα σε σχέση με τις μετατροπές.

4) Η εντατικοποίηση της χρήσης καυσίμου μέσω της λειτουργίας της μηχανής. Αυτό συμβαίνει όταν υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ πλοίων στην ταχύτητα γεγονός που σημαίνει ότι οι μηχανές δουλεύουν στο μέγιστο και καταναλώνουν μεγάλη ποσότητα καυσίμου. Όσο καλύτερο είναι ποιοτικά (σχέση ποσότητας-απόστασης) τόσο μεγαλύτερη είναι η εξοικονόμηση που προκύπτει από την χρήση του lng.

Τέτοιοι τομείς είναι ο τομέας των επιβατηγών και των κρουαζιερόπλοιων. Στη Νορβηγία εκτός από τους τομείς αυτούς , κατάλληλα πλοία είναι τα πλοία της ακτοφυλακής , τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου και τα πλοία παράκτιου εφοδιασμού (offshore supply vessels). Τα παραπάνω πλοία έχουν και το επιπλέον χαρακτηριστικό να εργάζονται σε δύσκολες κλιματολογικές συνθήκες στη Βόρεια Θάλασσα και συνεπώς έχουν απαιτήσεις για μεγαλύτερη ισχύ . Ως αποτέλεσμα της θέσπισης του ταμείου και των σχετικών επενδύσεων , εκτιμάται ότι έως το 2020 μέχρι και το 1/3 του χρησιμοποιούμενου ναυτιλιακού καυσίμου στη Νορβηγία θα είναι το LNG, σε αντίθεση με το 2008 που ήταν μόλις 3 % .Υπολογίζεται ότι από τα 100 περίπου πλοία που χρησιμοποιούν LNG ως καύσιμο, τα μισά και πλέον δραστηριοποιούνται στην περιοχή.

Σήμερα υπάρχουν 6 εταιρείες που διανέμουν LNG με πλοία ή και με βυτιοφόρα φορτηγά :Gasnor, Skangas, Barents Natural Gas,Skagerak,AGA, και Naturgass More. Υπάρχουν και μικρότερες εταιρείες οι οποίες όμως περιορίζονται στην λειτουργία των τερματικών και δεν έχουν δικά τους μεταφορικά μέσα. Τέλος, κάποιοι τελικοί χρήστες , έχουν κατασκευάσει δικές τους υποδομές και προμηθεύουν LNG σε άλλους .

¹²¹ Meike Baumgart and Jon Halvard Bolstad Olsen, LNG-fueled vessels in the Norwegian short-sea market - a cost-effective response to environmental regulation, NORGES HANDELSHØYSKOLE Spring 2010

¹²² Marco Andreola, Rafael Schmill, Why, where and how fuelling ships with LNG in Europe, Small Scale LNG Conference IIR – Amsterdam, December 14th, 2011, https://www.cbrb.nl/nieuws/documenten/doc_download/297-marco-andreola-rolls-royce accessed August 2018

Το εργοστάσιο παραγωγής lng στη Melkøya , έχει δυναμικότητα υγροποίησης 4,3 mtpa και έχει κατασκευαστεί για να μπορεί να εξυπηρετήσει μόνο συμβατικά πλοία των οποίων τα φορτία είναι για εξαγωγή . Παρόλα αυτά, τον Οκτώβρη του 2017 , το μικρής κλίμακας Coral Energy (15.600 m³) φόρτωσε από την αποβάθρα που εξυπηρετεί τα συμβατικά πλοία, ανοίγοντας νέες προοπτικές για τις μελλοντικές παραδόσεις όχι μόνο στο Βόρειο μέρος της χώρας , αλλά και σε ολόκληρη την ακτογραμμή της . Το φορτίο προορίζονταν για το τερματικό της Skangas στην πόλη Lysekil της Σουηδίας (απόσταση 1209 νμ).¹²³

Επιπλέον της εξαγωγής LNG σε μεγάλη κλίμακα , λειτουργεί και η βάση ανεφοδιασμού καυσίμου Barents Naturgass Polarbase η οποία προμηθεύει lng σε πλοία από το 2009. Η αρχική χωρητικότητα αποθήκευσης ήταν 200m³ η οποία επεκτάθηκε στα 1,250m³ και ο ανεφοδιασμός γίνεται σε 24^h βάση με δυνατότητα άντλησης 90 τόνων ανά ώρα που διασφαλίζει επάρκεια καυσίμου για πλοία με διαφορετικά μεγέθη δεξαμενών, ενώ μπορεί να εξυπηρετήσει και μεγάλα πλοία μήκους άνω των 250 μέτρων και βυθίσματος 13 μέτρων. Το τερματικό έχει την δυνατότητα αποθήκευσης φορτίων για 25 φορτηγά , ενώ σχεδιάζονται παραδόσεις από πλοίο σε πλοίο (ship to ship). Μπορεί να παραδώσει μέχρι και 1000 m³ καυσίμου σε ένα και μόνο εφοδιασμό.¹²⁴

Άλλες εναλλακτικές πηγές προμήθειας για την παράκτια διανομή του υγροποιημένου φυσικού αερίου με πλοία μικρότερης κλίμακας, είναι είτε μέσω των τερματικών υγροποίησης στο νότο της χώρας είτε μέσω εισαγωγής από άλλα τερματικά της Ευρώπης. Ουσιαστικά μέχρι στιγμής στην Νορβηγία αυτά είναι τα 2 επιχειρησιακά σχήματα που εφαρμόζονται¹²⁵:

1. Μικρά εργοστάσια παραγωγής lng που βρίσκονται αρκετά νοτιότερα και στο δυτικό μέρος της χώρας. Τροφοδοτούνται δε από μικρότερα κοιτάσματα που βρίσκονται στη Νορβηγική και τη Βόρεια Θάλασσα. Το αέριο από τα κοιτάσματα αυτά μεταφέρεται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού μήκους περίπου 700 χλμ σε ένα κεντρικό εργοστάσιο επεξεργασίας στην περιοχή (Karsto) όπου γίνεται η αρχική του επεξεργασία. Κατόπιν ένα σημαντικό μέρος προωθείται μέσω του αγωγού Europipe II στη Γερμανία , ενώ το υπόλοιπο κατευθύνεται μέσω τοπικών αγωγών στα παρακάτω τερματικά για υγροποίηση :

Tjeldbergodden (Statoil) . Μικρής κλίμακας τερματικό υγροποίησης 12000¹²⁶ τόνων και με προοπτική στο άμεσο μέλλον να φτάσει τους 20.000 τόνους lng το χρόνο. Το

¹²³ <https://worldmaritimenews.com/archives/233686/skangas-conducts-small-scale-lng-loading-at-statoil-terminal/> accessed August 2018

¹²⁴ <https://www.ngvglobal.com/blog/norway-opens-largest-dedicated-lng-bunkering-facility-0424> accessed August 2018

¹²⁵ Energigass Norge, Norskekysten LNG Utvikling Av Infrastruktur For LNG Som Drivstoff Norge . November 2015

¹²⁶ <https://www.tbu.no/en/ressurser/> accessed August 2018

τερματικό ως στόχο έχει την προμήθεια των καταναλωτών της περιοχής κυρίως μέσω φορτηγών. Η τοποθεσία του όμως ευνοεί των ανεφοδιασμό με καύσιμο των διερχόμενων πλοίων και για αυτό υπάρχει και η σχετική αποβάθρα.

Karmoy (Gasnor): Μικρής κλίμακας τερματικό υγροποίησης 20.000 τόνων ανα έτος. Εξυπηρετεί μόνο φορτηγά.

Kollsnes LNG II (Gasnor): Μικρής κλίμακας τερματικό υγροποίησης 84 000 τόνων ανά έτος. Τροφοδοτείται με αέριο μέσω αγωγού από το κοντινό εργοστάσιο επεξεργασίας φυσικού αερίου Kollsness I . Περιλαμβάνει 2 σταθμούς για την εξυπηρέτηση φορτηγών και αποβάθρα για την φόρτωση μικρής κλίμακας πλοίων.

Risavika (Skangas): Βρίσκεται στην περιοχή του Stavanger. Έχει δυνατότητα υγροποίησης περι τους 300000 τόνους LNG το χρόνο. Επιπρόσθετα υπάρχει εγκατάσταση ανεφοδιασμού ναυτιλιακού καυσίμου για έναν αριθμό πελατών συνδεδεμένων με την μονάδα. Το παραγόμενο LNG αποθηκεύεται σε ατμοσφαιρική πίεση σε δεξαμενή συνολικής χωρητικότητας 28000 m³, απ'όπου μεταφορτώνεται σε πλοία ή φορτηγά για μεταφορά στους τελικούς πελάτες.¹²⁷ Πρόκειται για το joint venture « Nordic LNG» μεταξύ της εταιρείας Lyse η οποία κατασκεύασε και λειτουργεί το τερματικό υγροποιώντας για λογαριασμό άλλων εταιρειών (πχ Skangass) και της εταιρείας IM Skaugen η οποία κατασκεύασε και διαχειρίζεται τα πλοία για την μεταφορά.

Από τα τερματικά αυτά, γίνεται περαιτέρω διανομή στα μικρότερα τερματικά αποθήκευσης με μικρής κλίμακας πλοία (πχ Pioneer Knutsen, Coral Methane) ή και φορτηγά.

¹²⁷ <https://www.skangas.com/supply-chain/terminals--plants/liquefaction-plant-risavika/> accessed August 2018

Εικόνα 6.7.1 Χάρτης της Νορβηγίας με τις κυριότερες εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας



Πηγή: freeworldmaps.net

Τα μεγέθη των τερματικών αυτών κυμαίνονται από 30 m³ και 3500 m³. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποθηκεύεται υπό πίεση σε κυλινδρικές δεξαμενές που φέρουν ειδικές μονώσεις ώστε να περιορίζεται το φαινόμενο της εξάτμισης. Τα τερματικά αυτά πραγματοποιούν και εργασίες ανεφοδιασμού καυσίμου (truck to ship & shore to ship). Τα σημαντικότερα (από βορρά προς νότο) είναι :

Bodø / Vestfjorden, Το Ing προορίζεται τόσο για τοπική βιομηχανική μονάδα πλαστικών και μονώσεων, όσο και για τον ανεφοδιασμό των πλοίων . Πρόκειται για λιμάνι το οποίο δέχεται περί τα 7500 πλοία το χρόνο άρα έχει σημαντικές προοπτικές για να εξελιχτεί σε hub ανεφοδιασμού με Ing

Mosjøen, (Gasnor). Πρόκειται για τερματικό το οποίο τροφοδοτείται με πλοία μικρής κλίμακας και καλύπτει τις ενεργειακές ανάγκες τοπικής βιομηχανικής μονάδας αλουμινίου. Υπάρχει περεταίρω εφοδιασμός της περιοχής που γίνεται με φορτηγά.

Ålesund (Naturgass Møre) και η γύρω περιοχή είναι κέντρο ναυτιλιακών δραστηριοτήτων και περιλαμβάνει εκτός από ναυτιλιακές εταιρείες , ναυπηγεία και άλλα μέλη του κλάδου. Παραδοσιακά αποτελεί βάση ανεφοδιασμού με συμβατικά καύσιμα. Το τοπικό τερματικό Ing έχει 2 δεξαμενές χωρητικότητας 700 m³ η κάθε μία με δυνατότητα εφοδιασμού σε πλοία 300m³ την ώρα.

Ågotness Coast Centre Base (CCB): Βρίσκεται βόρεια του Bergen και διαχειρίζεται η Gasnor. Στοχο έχει τον ανεφοδιασμό πλοίων και η δυναμικότητα του είναι 40 τόνοι την ώρα. Η χωρητικότητα της δεξαμενής του είναι 500 m³

Florø (Saga Fjordbase) . Τερματικό με δεξαμενή χωρητικότητας 500 m³ για τον ανεφοδιασμό πλοίων

Øra terminal: Βρίσκεται στην περιοχή του Fredrikstad.Πρόκειται για ένα τερματικό αποθήκευσης που αποτελείται από εννέα δεξαμενές συνολικής χωρητικότητας σε Ing 6400 m³. Το τερματικό διοχετεύει φυσικό αέριο στις κοντινές βιομηχανίες μέσω του τοπικού δικτύου αγωγών ενώ για πιο μακρινές αποστάσεις χρησιμοποιούνται φορτηγά. Το τερματικό τροφοδοτείται από πλοία χωρητικότητας από 7000 έως 15000 m³. Τα τερματικά Øra και Mosjøen είναι παραδείγματα τερματικών που εφοδιάζονται με πλοία και έχουν κύριο πελάτη μια τοπική βιομηχανική μονάδα αλλά εξυπηρετούν και φορτηγά τα οποία διανέμουν σε μεγαλύτερη έκταση. Τα φορτηγά παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία και αποδοτικότητα κυρίως όταν πρόκειται για μικρότερους όγκους που πρέπει να μεταφερθούν σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Επιπλέον μπορούν να εφοδιάσουν και μικρότερα πλοία όπως πχ αλιευτικά ή πλοία της ακτοφυλακής όταν η αποβάθρα πληροί τους σχετικούς κανόνες ασφαλείας.¹²⁸

2.επανεξαγωγή από μεγάλα τερματικά .Στην περίπτωση αυτή το υγροποιημένο φυσικό αέριο εισάγεται από το τερματικό του Zeebrugge στο Βέλγιο.¹²⁹ Το τερματικό αυτό εισάγει κατά κύριο λόγο από το Κατάρ ετήσιους όγκους φορτίων περί των 9

¹²⁸ <https://www.skangas.com/supply-chain/terminals--plants/skangas-terminal-ora/>

¹²⁹ TEKNA, International conference on small scale LNG in Europe Oslo (Norway) 29-30 Sep 2005

δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων lng. Μπορεί να φορτώσει και πλοία μικρότερης κλίμακας (πχ 2000 m³) αλλά και φορτηγά. Από το Zeebrugge οι όγκοι κατευθύνονται στο τερματικό της Øra από όπου γίνεται η περαιτέρω διανομή τους¹³⁰. Η επανεξαγωγή μπορεί να γίνεται και αντίστροφα . Για παράδειγμα το Gate του Rotterdam, παραλαμβάνει φορτία από την εγκατάσταση υγροποίησης της Risavika . Στη συνέχεια , οι όγκοι αυτοί μεταφορτώνονται σε άλλα πλοία και μεταφέρονται στη Σουηδία όπου και διαχωρίζονται σε ακόμα μικρότερα φορτία που προορίζονται να ανεφοδιάσουν μικρά ferries, φορτηγά και να παρέχουν ενέργεια σε τοπικές βιομηχανικές μονάδες^{131 132}.

¹³⁰ <http://www.tge-marine.com/110-0-First-time-LNG-re-export-into-small-LNG-carrier-CORAL-METHANE-from-Fluxys-Zeebrugge-Terminal.html>

¹³¹ <https://www.reuters.com/article/energy-lng-europe/many-european-lng-terminals-face-idling-look-for-new-activities-idUSL5N0HF3KD20130920> accessed August 2018

¹³²

https://oresundskraft.se/media/381729/presentation_lng_in_the_baltic_sea_ports_presentation_rodri_go_pinto_scholtbach.pdf

6.8 Η δυνατότητα εφαρμογής των εργασιών μικρης κλίμακας στην Ελλάδα

Η χώρα εισάγει φυσικό αέριο μέσω αγωγών και μέσω υγροποιημένων φορτίων.

Το Ελληνικό δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου περιλαμβάνει τον κεντρικό αγωγό μήκους 512 χλμ που ξεκινά από τα ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Σιδηρόκαστρο) και καταλήγει στην Αττική, καθώς και διακλαδώσεις αυτού με συνολικό μήκος 779 χλμ.. Από το Σιδηρόκαστρο εισέρχεται ρωσικό φυσικό αέριο . Το σχετικό συμβόλαιο με την Gazprom ισχύει μέχρι το 2026. Ένα δεύτερο σημείο εισόδου φυσικού αερίου είναι τα ελληνοτουρκικά σύνορα (σταθμός Κήπων) απ' όπου εισέρχεται αέριο από το Αζερμπαϊτζάν μέσω της τουρκικής ΒΟΤΑΣ.

Εικ.6.8.1 Ελληνικό σύστημα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου.



πηγη : ΔΕΠΑ

Υγροποιημένα φορτία παραλαμβάνονται στο τερματικό της Ρεβουθούσας στον κόλπο των Μεγάρων. Το τερματικό έχει δυο δεξαμενές αποθήκευσης συνολικής χωρητικότητας 130.000 κυβικών και μέγιστο ρυθμό εκφόρτωσης 7.250 m³ /h. Τροφοδοτείται με φορτία συμβατικών πλοίων μεταφοράς lng τα οποία προέρχονται από την Αλγερία. Η ΔΕΠΑ έχει συμβόλαιο με τη [Sonatrach](#) (LNG) για την προμήθεια

υγροποιημένου φυσικού αερίου έως το 2021 ενώ παράλληλα προμηθεύεται ποσότητες από την παγκόσμια spot αγορά όταν οι τιμές είναι ανταγωνιστικές και σε περιόδους αυξημένης ζήτησης

Παράλληλα η ΔΕΠΑ έχει συνάψει συμβόλαιο απευθείας με την Αζερική AGSC για αέριο, το οποίο θα παραχθεί από το κοιτάσμα Shah Deniz II. Το αέριο θα εισαχθεί μέσω του αγωγού TAP (Trans Adriatic Pipeline) ο οποίος βρίσκεται σε φάση κατασκευής και αναμένεται με την ολοκλήρωσή του να μεταφέρει αρχικά 10 δις κυβικά μέτρα αερίου το χρόνο καλύπτοντας τις ανάγκες 7 εκατομμυρίων νοικοκυριών στην Ευρώπη με δυνατότητα αύξησης στα 20 δις κυβικά μέτρα .

Επιπρόσθετα, υπάρχει το σχέδιο της κατασκευής του συστήματος IGI Poseidon ο οποίος περιλαμβάνει τα εξής υποσυστήματα¹³³:

1) Τον αγωγό μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας IGI - Poseidon Pipeline με 2 τμήματα : Εβρου - Θεσπρωτίας μήκους 760 χλμ και Θεσπρωτίας -Οτράντο υποθαλάσσιου , μήκους 216 χλμ.

2) Τον διασυνοριακό αγωγό μεταξύ Ελλάδας και Βουλγαρίας (IGB), μήκους 185 χλμ, που θα ξεκινάει από την Κομοτηνή και θα τερματίζεται στην Σταρα Ζαγκορα , οποίος συνδεδεμένος με τον TAP θα μεταφέρει περεταίρω το αζέρικο αέριο σε χώρες όπως η Ρουμανία.

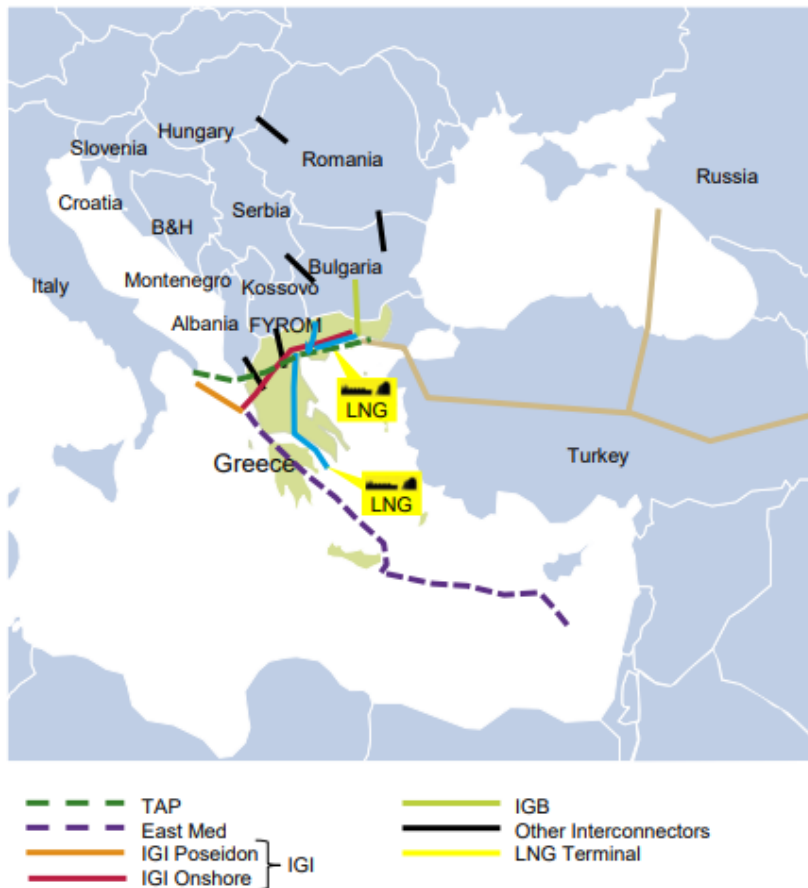
3) Τον αγωγό Eastern Mediterranean (EastMed) ο οποίος φιλοδοξεί να διοχετεύσει το αέριο από τα υποθαλάσσια κοιτάσματα της Κύπρου και του Ισραήλ στην Ευρώπη μέσω της Κρήτης και της Ηπειρωτικής Ελλάδας , τέμνοντας το σύστημα αγωγών igi. Ο αγωγός στοχεύει στην ενδυνάμωση της ενεργειακής ασφάλειας της ηπείρου μέσω της διαφοροποίησης των πηγών προμήθειας, την ανάπτυξη και ενσωμάτωση των ευρωπαϊκών κοιτασμάτων όχι μόνο της Κύπρου αλλά και εκείνων που πιθανώς υπάρχουν στον ελλαδικό γεωγραφικό χώρο (εικ 6.8.3) και την καθιέρωση της νότιοανατολικής Μεσογείου ως hub φυσικού αερίου .

Συγχρόνως , προωθείται η περεταίρω τροφοδότηση του συστήματος IGI με υγροποιημένα φορτία με ένα δεύτερο τερματικό εισαγωγής και επαναεριοποίησης στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης , το οποίο θα είναι πλωτό. Το τερματικό θα είναι πλοίο το οποίο θα έχει 4 δεξαμενές χωρητικότητας 170,000 m³ και 4 μονάδες επαναεριοποίησης δυνατότητας 400 κυβικών την ώρα η κάθε μία. Το πλοίο θα είναι αγκυροβολημένο 17.6 χμ νοτιοδυτικά της Αλεξανδρούπολης, σε απόσταση 10 χμ από τις ακτές. Η διασύνδεση του τερματικού περιλαμβάνει επίσης υποθαλάσσιο τμήμα μήκους (τα βάθη στην περιοχή είναι μικρά) καθώς και ξεχωριστό τμήμα μήκους 9χμ, το οποίο θα καταλήγει στη Βιομηχανική περιοχή Αλεξανδρούπολης και θα συνδέεται με 2 ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες για τις οποίες υπάρχει επίσης σχεδιασμός . Το

¹³³ <http://www.igi-poseidon.com/en/> accessed September 2018

ρεύμα από τις δύο μονάδες συνολικής δυναμικότητας περί τα 800 MW, θα παράγεται πρωτίστως για την ελληνική ημερήσια αγορά αλλά μελλοντικά και για εξαγωγή στις γειτονικές χώρες. Για τα φορτία που θα τροφοδοτούν το τερματικό έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον μεγάλοι διεθνείς προμηθευτές όπως το Κατάρ και οι ΗΠΑ.

Εικ 6.8.2. Σχεδιαζόμενοι αγωγοί φυσικού αερίου επι ελληνικού εδάφους



πηγή ΔΕΠΑ

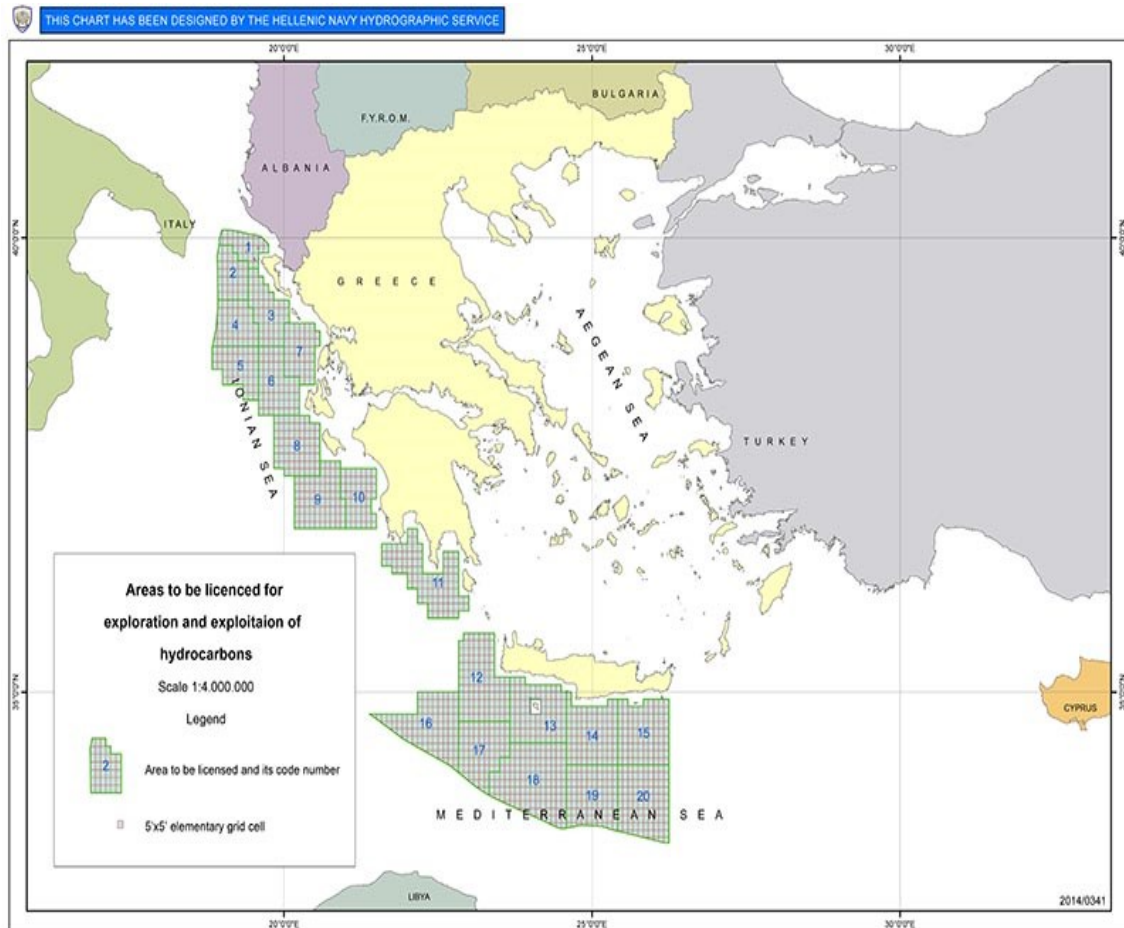
Σε συνδυασμό με τους παραπάνω σχεδιασμούς που θεωρούνται μεγάλης κλίμακας, υπάρχει και ο σχεδιασμός για την προώθηση των εργασιών μικρής κλίμακας. Αυτό πρόκειται να γίνει με την προώθηση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου και με την εφαρμογή του προγράμματος **Poseidon Med II**. Το πρόγραμμα αυτό συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και υλοποιείται σε τρεις χώρες Ελλάδα, Ιταλία και Κύπρο ενώ συμμετέχουν έξι ευρωπαϊκά λιμάνια (Πειραιάς, Πάτρα, Ηράκλειο, Ηγουμενίτσα, Λεμεσός και Βενετία) και ο Τερματικός σταθμός LNG στη Ρεβυθούσα. Οι επιμέρους στόχοι του προγράμματος είναι αρχικά η δημιουργία του ανάλογου πλαισίου ρυθμίσεων και κανονισμών για τις εργασίες ανεφοδιασμού.

Σημαντικό βήμα προς την κατεύθυνση αυτή έγινε την έκδοση Προεδρικού διατάγματος (Μάιος 2018) το οποίο ενσωματώνει στην εθνική νομοθεσία το σύνολο των εθνικών και διεθνών κανόνων και πρακτικών που αφορούν στον ανεφοδιασμό των πλοίων με LNG. Τέτοιοι κανονισμοί αφορούν στις διαδικασίες που σχετίζονται με επείγουσες συνθήκες και την ασφάλεια ,τα μέσα πυρόσβεσης, τις τεχνικές προδιαγραφές , τις υποδομές και την εκπαίδευση που θα είναι απαραίτητη ώστε τα ελληνικά λιμάνια να μπορούν να παρέχουν τέτοιες υπηρεσίες. Απαραίτητη είναι επέκταση του τερματικού της Ρεβυθούσας τόσο για τις αυξημένες ανάγκες εισαγωγής που θα προκύψουν αλλά και για να μπορεί να εξυπηρετήσει μικρότερης κλίμακας πλοία . Η σημασία του τερματικού είναι προφανής τόσο λόγω μεγέθους όσο και εγγύτητας στο λιμάνι του Πειραιά . Ήδη οι σχετικές επεκτάσεις στο τερματικό προβλέπουν αύξηση της χωρητικότητας των δεξαμενών του στα 225,000 m³ , του ρυθμού αεριοποίησης κατά 40% , την εξυπηρέτηση μεγαλύτερων πλοίων¹³⁴ .

Στην δεύτερη φάση της επέκτασης θα κατασκευαστούν οι υποδομές για τα μικρότερα πλοία . Επίσης θα πρέπει να σχεδιαστούν και να εγκριθούν οι τεχνικές λύσεις για τις μετατροπές των πλοίων ώστε να μπορούν να καίνε lng ή να οριστούν οι προδιαγραφές για τις καινούργιες ναυπηγήσεις που θα φέρουν την σχετική τεχνολογία . Επίσης θα πρέπει να βρεθούν και οι ανάλογοι πόροι για την μετάβαση αυτή. Οι τύποι πλοίων υποψηφίων προς μετατροπή είναι οι αντιπροσωπευτικοί αυτών που εργάζονται στη Μεσόγειο. Περιλαμβάνουν ένα μεγάλο φέρρου κρουαζιέρας, μεγάλα πλοία μεταφοράς επιβατών και αυτοκινήτων , καταμαράν υψηλής ταχύτητας , ένα πλοίο για αποκλειστική μεταφορά αυτοκινήτων, πλοίο γενικού φορτίου, ένα ρυμουλκό και ένα φέρρου ανοικτού τύπου. Στο πλαίσιο αυτό εντάσσεται και το πλοίο μικρής κλίμακας σχεδιαζόμενης χωρητικότητας 7000 m³ με 10000 m³ ,το οποίο θα μεταφέρει φορτία σε μικρότερα τερματικά και επιπρόσθετα θα εκτελεί ανεφοδιασμούς πλοίων με LNG σε συνδυασμό με φορτηγίδες ανεφοδιασμού χωρητικότητας 1000 m³. Θα πρέπει επίσης να εξεταστεί η δυνατότητα για την επέκταση της χρήσης του LNG και σε άλλους τομείς όπως πχ η παραγωγή ενέργειας , που θα συμβάλλει στην βιωσιμότητα της σχετικής εφοδιαστικής αλυσίδας και στην ανταγωνιστική τιμολόγηση του προϊόντος. Στα πλαίσια της επέκτασης αυτής, ένα μέρος του υγροποιημένου φυσικού αερίου που αποθηκεύεται στο πλωτό τερματικό θα διοχετεύεται μέσω υποθαλάσσιου αγωγού στη μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που θα βρίσκεται στην ακτή. Το υπόλοιπο θα μπορούσε να μεταφορτώνεται σε μικρότερης κλίμακας πλοία για μεταφορά είτε σε περιφερειακούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας σε νησιά ή σε μικρότερης κλίμακας τερματικό αποθήκευσης στην Κρήτη όπου θα διανέμεται με φορτηγά σε πελάτες για οικιακή , εμπορική και βιομηχανική

¹³⁴ https://www.poseidonmedii.eu/category/PORTS_TERMINALS/Revithoussa_LNG_Terminal.html
accessed September 2018

χρήση¹³⁵. Το ίδιο πλοίο μικρής κλίμακας που θα τροφοδοτεί περιφερειακά εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και τερματικά αποθήκευσης μπορεί να παρέχει και υπηρεσίες ανεφοδιασμού (bunkering). Εναλλακτικά, ένα μεγαλύτερο πλοίο θα μπορούσε να κάνει διαδοχικές παραδόσεις σε νησιά έχοντας ως βάση ανεφοδιασμού το τερματικό της Ρεβυθούσας¹³⁶. Η μέθοδος αυτή όμως έχει μεγαλύτερες απαιτήσεις από πλευράς υποδομών ενώ σημαντικό θέμα είναι και το τελικό κόστος.



Εικ 6.8.3 Οικοπεδα προς αδειοδότηση ερευνών και εκμετάλλευσης . πηγή Ελληνική Υδρογραφική Υπηρεσία

¹³⁵ <http://www.iene.gr/energy-shipping2013/articlefiles/1st-session/Paleoyannis.pdf>

¹³⁶ Strantzali, Aravossis, Livanos, Chrysanthopoulos. A Novel Multicriteria Evaluation of Small-Scale LNG Supply Alternatives: The Case of Greece, Energies 2018

Συμπεράσματα

Η παγκόσμια αγορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου χαρακτηρίζεται από αυξανόμενη ζήτηση από χώρες παραδοσιακών εισαγωγείς κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στην βιομηχανία και στον τομέα των μεταφορών. Επίσης από νέους εισαγωγείς, καθώς ολοένα και περισσότερες χώρες υιοθετούν περιβαλλοντικές πολιτικές για την απεξάρτηση από τον άνθρακα και τα συμβατικά υγρά καύσιμα. Παράλληλα, παραδοσιακοί εξαγωγείς όπως η Αυστραλία επενδύουν στην περεταίρω αξιοποίηση των κοιτασμάτων και σε νέα τερματικά υγροποίησης, ενώ στον κλάδο εισέρχονται νέοι παίκτες όπως οι ΗΠΑ εντείνοντας τον ανταγωνισμό. Λόγω της φύσης και των ιδιοτήτων του αγαθού, η εφοδιαστική του αλυσίδα απαιτεί τεράστιες επενδύσεις στην υγροποίηση, μεταφορά, επαναεριοποίηση και διανομή στον τελικό καταναλωτή.

Οι αγοραπωλησίες του LNG κατά το μεγαλύτερο ποσοστό πραγματοποιούνται μέσω μακροπρόθεσμων συμβολαίων με προκαθορισμένες ποσότητες σε συγκεκριμένους προορισμούς. Τα συμβόλαια αυτά διασφαλίζουν ότι θα γίνει απόσβεση των τεράστιων κεφαλαίων που απαιτούνται για τις παραπάνω επενδύσεις. Το πλοίο μεταφοράς LNG είναι μια τέτοια επένδυση, καθώς η μεταφορά του φορτίου απαιτεί συγκεκριμένες συνθήκες στις δεξαμενές τόσο για την διατήρηση του στην υγρή μορφή όσο και για την διαχείριση του φυσικού φαινομένου της εξάτμισης. Η ναυπήγηση ενός τέτοιου πλοίου έχει πολύ μεγαλύτερο κόστος σε σχέση με ένα συμβατικό δεξαμενόπλοιο. Οι μακροχρόνιες ναυλώσεις των πλοίων αυτών διαχρονικά εξασφάλιζαν πλοιοκτήτες και χρηματοδότες καθώς υπάρχουν εγγυημένες χρηματικές ροές για την αποπληρωμή των δανείων. Η ναυπηγική εξέλιξη επέτρεψε και την αύξηση της χωρητικότητας με συνέπεια την μείωση του ανά μονάδα κόστους μεταφοράς δημιουργώντας μεγαλύτερα οφέλη για τους ναυλωτές.

Η σημαντικότερη εξέλιξη στην αγορά είναι :

- Η αυξανόμενη ευελιξία των συμβολαίων αγοραπωλησίας, τα οποία δίνουν την δυνατότητα στον αγοραστή να κατευθύνει μέρος των φορτίων του σε άλλες αγορές και να επωφεληθεί από την διαφορά της τιμής πώλησης. Σε συνδυασμό με την υπερπροσφορά μεταφορικής ικανότητας, έδωσαν μεγαλύτερη δύναμη στους αγοραστές και την δυνατότητα διαπραγμάτευσης φορτίων στην αγορά σπότη. Οι διάρκειες των ναυλώσεων για κάποια φορτία μειώθηκε και υπήρξε και ζήτηση για ναυλώσεις μονών ταξιδιών.
- Η επιλογή αγοράς LNG σε όρους FOB, η οποία ενισχύει την δυνατότητα μεταπώλησης του αγαθού σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου.

Ως αποτέλεσμα, οι αγοραστές του LNG αποκτούν μεγαλύτερο έλεγχο στο θέμα της μεταφοράς του και κατ'επέκταση στο ίδιο το πλοίο. Αυτό σημαίνει ότι:

1) Έχουν μεγαλύτερο κίνητρο να μειώσουν το κόστος της μεταφοράς, επιλέγοντας πιο αποδοτικά πλοία. Η σημαντικότερη ιδιαιτερότητα του πλοίου μεταφοράς LNG είναι η ανάγκη εξισορρόπησης της κατανάλωσης του boil off gas με την όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμου. Για δεκαετίες οι ίδιοι οι προμηθευτές υδροποιημένου φυσικού αερίου έλεγχαν και τα πλοία μεταφοράς τους και οι πηγές προσφοράς ήταν συγκεκριμένες με αποτέλεσμα, το κίνητρο για καινοτομίες που θα συνέβαλλαν σε πιο αποδοτικά πλοία να μην είναι μεγάλο. Εφόσον δηλαδή ο ναυλωτής του πλοίου είχε τον έλεγχο της και πηγής και της τιμής πώλησης, τα κέρδη ήταν εξασφαλισμένα ακόμα και με πλοία που θα ταξίδευαν με χαμηλότερες ταχύτητες, που θα παρέδιδαν μικρότερο όγκο φορτίου ή που θα είχαν μεγαλύτερη κατανάλωση καυσίμων. Το γεγονός αυτό εξηγεί γιατί οι τουρμπίνες ατμού υπήρξαν η κυρίαρχη τεχνολογία πρόωσης για παραπάνω από 40 χρόνια. Αντιθετα, όταν οι αγοραστές απέκτησαν έλεγχο της μεταφοράς, παρατηρήθηκε μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την μεταβαση σε τεχνολογίες πρόωσης διπλού και τριπλού καυσίμου.

Ακόμη ένας σημαντικός παράγοντας που συνέβαλλε στην ανάπτυξη της τεχνολογίας, είναι ότι ιφίσταται πλέον αγορά ναύλων μονών ταξιδιών. Στην περίπτωση αυτή οι δαπάνες για το ταξίδι βαρύνουν τον πλοιοκτήτη –διαχειριστή, οπότε υπάρχει μεγαλύτερο κίνητρο για εξοικονόμηση καυσίμου. Οι μηχανές αυτές επιτρέπουν υψηλότερες ταχύτητες χωρίς την ανάγκη επιπλέον εξάτμισης. Ως αποτέλεσμα:

- Οι απώλειες φορτίου από πλευράς ναυλωτή θα περιοριστούν στο ελάχιστο δυνατόν.
- Από πλευράς πλοιοκτήτη, υψηλότερες ταχύτητες σημαίνουν περισσότερα ταξίδια σε συγκεκριμένη χρονική περίοδο, με χαμηλότερο κόστος καυσίμου εφόσον η φυσική εξάτμιση του παρέχεται δωρεάν και στην περίπτωση που απαιτηθούν υγρά καύσιμα υπάρχει μεγαλύτερη ευελιξία επιλογής και παράλληλα μια μηχανή που είναι θερμικά πιο αποδοτική αρά του παρέχει μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

Οι τιμές των ναύλων είναι πολύ υψηλότερες για τα πλοία με τα συστήματα αυτά. Προφανώς γιατί οι ναυλωτές είναι διατεθειμένοι να πληρώσουν περισσότερα, εφόσον θεωρούν ότι τα πλεονεκτήματα αντισταθμίζουν το επιπλέον κόστος. Η μετάβαση στη ναύλωση ταξιδιού, δείχνει την σημασία της εξέλιξης των μηχανών πρόωσης τόσο ως προς την ενεργειακή αποδοτικότητα όσο και ως προς την διαχείριση του boil off διότι παρέχουν μεγαλύτερη ευελιξία στα συμβαλλόμενα μέρη. Ο συνδυασμός υψηλής ταχύτητας με περιορισμό της ανάγκης για επιπλέον εξάτμιση, είναι και προς το συμφέρον των ναυλωτών, γεγονός που εξηγεί το γιατί οι ναύλοι για τα πλοία με αυτές τις μηχανές είναι υψηλότεροι.

Ταυτόχρονα , είσοδος του Καταρ στην παγκόσμια αγορά LNG ωθησε τις τεχνολογικές εξελίξεις προς μια παράλληλη αλλά διαφορετική κατεύθυνση. Οι μεγάλες αποστάσεις που έπρεπε να διανύσει το υγροποιημένο φυσικό αέριο τόσο προς της αγορές της Ασίας όσο και προς την Ευρώπη και η μεγάλη διάρκεια του ταξιδιού καθιστούσαν την επιλογή της καύσης του boil off ως μη αποδοτική. Αντι αυτού , προκρίθηκε η λύση όσο το δυνατόν μεγαλύτερων πλοίων (μείωση του ανα μονάδα κόστους) τα οποία θα έπλεαν σε χαμηλότερες ταχύτητες κάνοντας χρήση υγρών συμβατικών καυσίμων και εισάγοντας την τεχνολογία της επαναυγροποίησης ως μέσου διαχείρισης της φυσικής εξάτμισης του φορτίου. Με αυτόν τον τρόπο οι προμηθευτές-ναυλωτές αντιστάθμιζαν το κόστος από την κατανάλωση συμβατικού καυσίμου με την παράδοση ολόκληρων των φορτίων στους αγοραστές. Το γεγονός ότι στα μέσα της δεκαετίας του 2000 οι τιμές του πετρελαίου παγκόσμια βρίσκονταν σε χαμηλά επίπεδα ήταν καθοριστικής σημασίας για την επιλογή αυτή.

2) Η μετάβαση σε μια ναυλαγορά μικρότερης διάρκειας ταξιδιών , σε συνδυασμό με το δέλεαρ των υψηλότερων ναύλων , ωθεί με τη σειρά της πολλούς πλοιοκτήτες στη ναυπήγηση πλοίων καθαρά με σκοπό την κερδοσκοπία και όχι την σύνδεσή τους με συγκεκριμένο επιχειρηματικό σχέδιο όπως συνέβαινε στο παρελθόν. Στην περίπτωση αυτή, η χρηματοδότηση έργου (project financing) δεν είναι εφικτή διότι οι πλοιοκτήτες δεν μπορούν να εγγυηθούν για τις μελλοντικές σταθερές χρηματικές ροές και επομένως την αποπληρωμή τέτοιων δανείων. Συνεπώς οι εταιρείες θα πρέπει να αναζητήσουν άλλους τρόπους χρηματοδότησης και να επωμιστούν και τους ενδεχόμενους κινδύνους. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος είναι φυσικά η πτώση της ναυλαγοράς και η στέρηση εσόδων από τα συγκεκριμένα πλοία. Καθώς οι μακροχρόνιες χρονοναυλώσεις των πχ 20 ετών θα βαίνουν προς τη λήξη τους, θεωρώ ότι οι συγκεκριμένοι πλοιοκτήτες έχουν υπολογίσει ως εναλλακτική τη δυνατότητα μακροχρόνιας χρονοναύλωσης, διότι οι ναυλωτές θα σπεύσουν να αντικαταστήσουν τα παλαιότερης τεχνολογίας πλοία με τα νεότερα και πιο αποδοτικά.

Άλλη εναλλακτική , τόσο για τα παλαιότερα όσο και για τα νεότερα πλοία είναι η μετατροπή τους σε πλωτές μονάδες αποθήκευσης ή και επαναεριοποίησης (FSU & FSRU). Με αυτόν τον τρόπο , μπορούν να μισθώσουν το πλοίο τους παρατείνοντας την λειτουργική ζωή ενός παλαιότερου με τουρμπίνες ατμού μέχρι και 10 έτη , ενώ μια νεότερη μονάδα μπορεί πάντα ανάλογα και με την αγορά να επανέλθει στην λειτουργία της ως πλοίο με τη λήξη του συμβολαίου της.

Γενικότερα, μπορούμε να πούμε ότι οι πλωτές μονάδες δίνουν την δυνατότητα σε νέους αγοραστές να εισέλθουν γρηγορότερα στον κλάδο του υγροποιημένου φυσικού αερίου και στους προμηθευτές να επεκταθούν σε νέες αγορές χωρίς να χρειάζεται να περιμένουν την ολοκλήρωση χερσαίων εγκαταστάσεων. Ακόμα και αν υποθέσουμε ότι μια περιοχή έχει πρόσβαση σε αγωγούς φυσικού αερίου ή υπάρχει

χερσαίο τερματικό εισαγωγής , το πιθανότερο είναι να αποτελεί μέρος ενός μακροχρόνιου συμβολαίου αγοραπωλησίας και να μην έχει την δυνατότητα να δεχθεί φορτία από άλλες πηγές. Στην περίπτωση αυτή ένα πλωτό τερματικό επιτρέπει την διαφοροποίηση των πηγών προμήθειας , την ενεργειακή ασφάλεια, δίνει μεγαλύτερη διαπραγματευτική ικανότητα στους αγοραστές και αυξάνει τον ανταγωνισμό προς όφελος των καταναλωτών. Ανάλογο ρόλο επιδιώκει να παίξει το πλωτό τερματικό της Αλεξανδρούπολης . Το συγκεκριμένο fsru προορίζεται αρχικά ως δεύτερη είσοδος για φορτία LNG (μετα το τερματικό της Ρεβυθούσας), τα οποία σχεδιάζεται να προωθηθούν στην Ευρώπη διαμέσω των αγωγών που θα διέρχονται στην περιοχή. Η πιθανότερη προέλευση των φορτίων αυτών είναι οι ΗΠΑ.

Όσον αφορά το αν μια τέτοια επιλογή είναι εφικτή από θέμα κόστους, θα μπορούσαμε να αντιπαραβάλλουμε το παράδειγμα της Κίνας . Όπως αναφέρθηκε στις εισαγωγικές παραγράφους , η εκτιμώμενη landed τιμή του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην Κίνα τον Ιούλιο του 2018 ήταν περίπου στα 10 δολάρια ανα mmbtu. Εκτός από τις Ηπα , η Κίνα εισάγει ακριβότερα τόσο από το Κατάρ όσο και από την Αυστραλία , γεγονός που συμβάλλει στην διαμόρφωση της παραπάνω τιμής . Λόγω της χαμηλότερης τιμής του LNG από τα τερματικά των Ηπα , η landed τιμή αποκλειστικά για αμερικάνικο LNG , θα μπορούσε να διαμορφωθεί κάτω των 7 ή 6 δολαρίων ανα mmbtu¹³⁷. Συγκριτικά με τα λιμάνια της Κίνας , η μεταφορά του LNG στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης , θα μπορούσε να είναι ακόμη οικονομικότερη δεδομένου ότι:

- η απόσταση είναι μικρότερη (6496 ναυτικά μίλια αντί για 10.129 σύμφωνα με <https://www.marinetraffic.com/el/voyage-planner>) και δεν υπάρχει και η επιβάρυνση της διέλευσης από τον Παναμά.
- Επιπλέον , η βιωσιμότητα του τερματικού κατά πάσα πιθανότητα θα βασίζεται στην ύπαρξη συμβολαίων μακροχρόνιας χρονοαύλωσης για το πλοίο που θα το τροφοδοτεί με LNG με συνέπεια οι ημερήσιοι ναύλοι να είναι χαμηλότεροι και άρα και η σχετική επιβάρυνση στο μεταφορικό κόστος .

Θεωρώ αυτονόητο ότι το πλοίο που θα τροφοδοτεί το συγκεκριμένο τερματικό θα φέρει συστήματα πρόωσης διπλού ή τριπλού καυσίμου.

Φυσικά , η landed τιμή αφορά το κόστος αγοράς του LNG και μεταφοράς μέχρι και την εκφόρτωσή του. Επιπλέον , υπάρχει και το κόστος της επαναεριοποίησης και της αποθήκευσης το οποίο αφορά εξολοκλήρου την λειτουργία του τερματικού. Η σχετική επιβάρυνση θα εξαρτηθεί από:

137

<http://www.gspia.pitt.edu/e-e/Blog/View/ArticleId/1797/Will-China-Import-Liquefied-Natural-Gas-from-West-Virginia>
accessed September 2018

1. Από το ύψος του μίσθωματος του τερματικού.
2. Από το κόστος λειτουργίας.
3. Από τις υπόλοιπες λιμενικές υποδομές που ενδέχεται να απαιτηθούν.

Επιπλέον, μια πλωτή μονάδα μπορεί επίσης να παίξει και το ρόλο ενός ενδιάμεσου τερματικού από όπου θα ξεκινάει εφοδιασμός μικρής κλίμακας είτε για υπηρεσίες bunkering είτε για το εφοδιασμό μικρών περιφερειακών τερματικών.

Εξ'ορισμού η μικρή κλίμακα δεν μπορεί να αντικαταστήσει την συμβατική σε όρους κόστους και επομένως και ένα μικρότερο πλοίο μεταφοράς δεν μπορεί να αντικαταστήσει ένα συμβατικό. Στην μεγάλη κλίμακα η τάση είναι προς μεγαλύτερη ευελιξία προορισμών και αυτό σημαίνει ότι οι αγοραστές συνάπτουν συμβόλαια σε όρους fob αντί για des ώστε σε περίπτωση που δεν χρειαστούν τα φορτία να τα ανακατευθύνουν στην σποτ αγορά. Αντίθετα, στην μικρή κλίμακα αυτό δεν μπορεί να εφαρμοστεί γιατί το μικρότερο πλοίο δεν μπορεί να μεταφέρει οικονομικά το φορτίο σε μεγαλύτερη απόσταση, αλλά και γιατί συνήθως δεν υπάρχουν εναλλακτικοί πελάτες για το φορτίο αυτό. Η μεταφορά σε μικρή κλίμακα είναι αποδοτική όταν :

- Υπάρχει μακροχρόνιο συμβόλαιο αγοραπωλησίας σε όρους Des. Τότε το πλοίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για άλλους πελάτες ή και για άλλες υπηρεσίες.
- Τα πλοία φέρουν καινοτομίες τέτοιες που του επιτρέπουν φόρτωση από μεγάλα τερματικά, φόρτωση από άλλα πλοία (μικρότερης κλίμακας fsu), εκφόρτωση σε μικρότερα τερματικά και ανεφοδιασμό άλλων πλοίων.
- Υπάρχει βελτιστοποίηση του προγράμματος των δρομολογίων του πλοίου προς τα τερματικά και πλεύση σε χαμηλότερες ταχύτητες για εξοικονόμηση καυσίμων.
- Το πλοίο μπορεί να μεταφέρει και άλλα φορτία υγροποιημένων αερίων (Irg αιθάνιο κλπ) σε περιόδους χαμηλής ζήτησης για LNG.
- Οι εγκαταστάσεις όσον αφορά τα τερματικά και τις δεξαμενές αποθήκευσης είναι οι ελάχιστες δυνατές και όταν γίνεται χρήση ήδη υπαρχουσών υποδομών και εξοπλισμών όπως αυτών που σχετίζονται με την πρόσδεση των πλοίων.

Λόγω των μικρών αποστάσεων, στην μικρή κλίμακα οι πελάτες έχουν περιορισμένη διαπραγματευτική δύναμη καθώς εξαρτώνται από συγκεκριμένες πηγές προμήθειας. Η εναλλακτική προμήθεια και από άλλες πηγές αυξάνει τον ανταγωνισμό, δίνει στους αγοραστές τη δυνατότητα να αγοράζουν σε όρους fob και να έχουν καλύτερο έλεγχο των εξόδων.

Παράδειγμα επιτυχούς εφαρμογής εργασιών μικρής κλίμακας είναι η Νορβηγία. Η χώρα πέτυχε να αυξήσει την εγχώρια ζήτηση για υγροποιημένο φυσικό αέριο με την εφαρμογή περιβαλλοντικών πολιτικών που κατέστησαν την χρήση συμβατικών

καυσίμων ακριβότερη ενώ παράλληλα χρηματοδότησαν τις απαιτούμενες υποδομές σε τερματικά αλλά και πλοία. Η αγορά μικρής κλίμακας, τροφοδοτείται τόσο από Νορβηγικά κοιτάσματα, όσο και από μεγάλα τερματικά που βρίσκονται σε κοντινές περιοχές όπως το Βέλγιο ή το Ρότερνταμ. Είναι δε, πηγή μεγάλης τεχνογνωσίας όχι μόνο για την οργάνωση της εφοδιαστικής αλυσίδας αλλά και για θέματα που άπτονται των τεχνικών θεμάτων των πλοίων μεταφοράς και ανεφοδιασμού.

Σε σύγκριση με την Νορβηγία, η Ελλάδα είναι επίσης μια χώρα με όχι διαδεδομένη την χρήση του φυσικού αερίου η οποία θα μπορούσε να αναπτύξει δίκτυο εργασιών μικρότερης κλίμακας. Ήδη υπάρχει κινητικότητα ως προς την αναβάθμιση του υπάρχοντος τερματικού εισαγωγής και με τον προγραμματισμό λειτουργίας πλωτής μονάδας στην Αλεξανδρούπολη. Ο σχεδιασμός αυτός έχει σκοπό να διαφοροποιήσει τις πηγές προμήθειας για τον ελληνικό χώρο και να καταστήσει τη χώρα hub μεταφοράς προς την Νοτιοανατολική Ευρώπη τα Βαλκάνια και την Ιταλία. Παράλληλα το πρόγραμμα Poseidon Med ii προωθεί τις δράσεις εκείνες που θα κάνουν την χώρα κέντρο ανεφοδιασμού για πλοία με LNG. Είναι σαφές όμως ότι για να καταστεί βιώσιμη η λειτουργία πλοίων μικρής κλίμακας, η χρήση του LNG πρέπει να επεκταθεί και σε άλλες εφαρμογές, και σε άλλους πελάτες. Οποιαδήποτε εφαρμογή θα πρέπει να βασίζεται στην αύξηση της ζήτησης από πλευράς καταναλωτών, ώστε να είναι και οι σχετικές επενδύσεις αποδοτικές.

Εκτός από τις 2 λύσεις διανομής που προτάθηκαν δηλαδή milk run με βάση τη Ρεβυθούσα ή χρησιμοποιώντας το fsru Αλεξανδρούπολης ως ενδιάμεσο τερματικό, υπάρχουν 2 άλλες διαφαινόμενες επιλογές:

- Πρώτον, η προμήθεια LNG από άλλους κοντινότερους προορισμούς εκτός της Αλγερίας. Η ανακάλυψη μεγάλων κοιτασμάτων στην Αποκλειστική Οικονομική Ζώνη της Αιγύπτου, εκτός από το να διασφαλίσουν την ενεργειακή αυτάρκεια για τη χώρα αυτή, έχουν αρκετά επιβεβαιωμένα αποθέματα τα οποία προορίζονται για εξαγωγή. Πλεονέκτημα επίσης αποτελεί το ότι υπάρχουν ήδη οι εγκαταστάσεις υγροποίησης (Damietta και Idku). Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η απόσταση Αλεξάνδρεια- Ηράκλειο είναι περίπου 370 νμ, λίγο περισσότερο από μιας ημέρας ταξίδι για ένα μικρής κλίμακας πλοίο που πλέει με 14 κόμβους.
- Δεύτερον, όσον αφορά την Ελλάδα, έχουν ήδη παραχωρηθεί θαλάσσια τεμάχια για έρευνες στην περιοχή του Ιονίου και νοτιοδυτικά της Κρήτης. Η ύπαρξη κοιτασμάτων τόσο κοντά στην ακτή θα μπορούσε να αξιοποιηθεί με την δημιουργία μικρής κλίμακας τερματικών υγροποίησης κατά το πρότυπο της Νορβηγίας. Τα τερματικά θα τροφοδοτούνταν με υποθαλάσσιους αγωγούς, ενώ το παραγόμενο LNG θα μπορούσε να διανεμηθεί με μικρής κλίμακας πλοία στα υπόλοιπα νησιά του Αιγαίου είτε να γίνει εξαγωγή σε άλλες χώρες της Μεσογείου.

Η ελληνική ναυτιλία , τα τελευταία χρόνια έχει μπει πολύ δυναμικά στην μεταφορά του LNG . Ο ελληνικών συμφερόντων στόλος αριθμεί πάνω απο 70 πλοία συμβατικού μεγέθους ενώ παράλληλα υπάρχει ένας εξίσου σημαντικός αριθμός μικρότερων πλοίων μεταφοράς Lpg, γεγονός που δείχνει οτι υπάρχει τεχνογνωσία και στα πλοία μικρότερης κλίμακας. Ο συνδυασμός της εμπειρίας και των δυο κλάδων θα μπορούσε να αξιοποιηθεί ανοίγοντας νέους ορίζοντες για τις ελληνικές εταιρείες και δημιουργώντας πολλαπλασιαστικά οφέλη (νέες τεχνολογίες , πληρώματα, επισκευές) για την ελληνική οικονομία.

Βιβλιογραφία –Πηγές

Ελληνική

- Γ.Π Βλάχος ,(2015) Διεθνής Ναυτιλιακή Πολιτική , Εκδόσεις Σταμούλης.
- Γ.Π Βλάχος, (2011), Ναυτιλιακή Οικονομία , Εκδόσεις Σταμούλης.
- Γ.Π Βλάχος, (2011) Ναυλώσεις , Εκδόσεις Σταμούλης.
- Γ.Π Βλάχος,(2014) Ναυπηγική Οικονομική , Εκδόσεις Σταμούλης.
- Martin Stopford (2009) Ναυτιλιακή Οικονομική, Εκδόσεις Παπαζήση.
- Παζαρζή, Γεωργία (2016) Ναυτιλιακή Λογιστική ,Θεωρία & Πρακτική , Νομική Βιβλιοθήκη ΑΕΒΕ.

Ξενόγλωσση

- Michael D. Tusiani, Gordon Shearer, (2007) LNG A Non Technical Guide , PennWell Corporation.
- Rod Morrison,(2012) “The Principles of Project Finance “, Gower Publishing.
- American Bureau of Shipping “Notes Use of Low Sulphur Marine Fuel for Boilers”, Fuel Switching Advisory Note, 2010.
- American Bureau of Shipping , “Guide For Building and Classing LNG Regasification Vessels”, 2017.
- Arowolo Oluseye, “Abolition of Long-Term Contracts: the Implications and Options for Bankability in Energy Project Financing”, Journal of Energy & Natural Resources Law Vol.24,2006 Issue-1.
- Bahgat Walid M , “Proposed Method for Dealing With Boil-off Gas on Board LNG Carriers During Loaded Passage”, International Journal of Multidisciplinary and Current Research, May/June 2015.

- Baumgart Meike and Olsen Jon Halvard Bolstad, “LNG-Fueled Vessels In The Norwegian Short-Sea Market - A Cost-Effective Response to Environmental Regulation”, NORGES HANDELSHØYSKOLE Spring 2010.
- Castel Jean-François, Jérémie Leriche “FEEDBACK ON THE OPERATION OF THE DUAL FUEL DIESEL ELECTRIC PROPULSION ON LNG CARRIERS: IMPACT OF GAS FUEL QUALITY ON PROPULSION EFFICIENCY.” The 17th International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas (LNG17) , 16-19 April 2013 in Houston, USA
- Council of European Energy Regulators asbl “Removing LNG Barriers On Gas Markets.” Ref: C17-LNG-32-03 , 1 December 2017
- Erichsen Jeanette Christine, Lars Dybsjord Røstad,” Investments in the LNG Value Chain. A Multistage Stochastic Optimization Model focusing on Floating Liquefaction Units”. Norwegian University of Science and Technology , Department of Industrial Economics and Technology Management June 2012.
- Energigass Norge, “Norskekysten LNG Utvikling Av Infrastruktur For LNG Som Drivstoff Norge .” 2015 /Το LNG στις Νορβηγικές Ακτές . Η Ανάπτυξη Των Υποδομών Για Το LNG ως Καύσιμο. Μετάφραση από τα νορβηγικά.
- Engblom Kenneth, “LNG To Power In Remote Locations- The Optimal Way.”Researchgate 09/07/2016.
- Uemura T. & K. Ishigami, “Formulating Policy Options for Promoting Natural Gas Utilization in the East Asia Summit Region Volume II: Supply Side Analysis.” Economic Research Institute for ASEAN and East Asia(ERIA). Research Project Report 2016-07b, Jakarta: ERIA, pp.9-22.
- Festen-Purohit Kajal, “Feasibility of the Hub-and-spoke principle for LNG supply chains into Northwest Europe” , Erasmus University Rotterdam 2008/2009.
- Foss Michelle Michot, Ph.D. “An Overview On Liquefied Natural Gas (LNG), Its Properties, The LNG industry, And Safety Considerations.” Center for Energy Economics,Houston ,2012.
- Haeffelé Nicolas Jan-Paul, “The Feasibility And The Economic Viability of Shipping LNG Via The Northern Sea Route.”, NORWEGIAN SCHOOL OF ECONOMICS Bergen, Spring 2013.
- Grossmann Hans-J , “The Configuration Of Small Scale LNG Terminals Today And For The Future”, Gastech 2017.
- International Gas Union 2012 – 2015 Triennium Work Report , Small Scale LNG , June 2015
- International Gas Union World Gas LNG Report – 2018 Edition
- International Gas Union, Wholesale Gas Price Survey , 2017 Edition
- Javid M.J. & Shahmorad E. “ Risk Management in LNG Shipping Arrangements.” Oil Gas & Energy Law Intelligence, April 2016

- Ken Koyama, “ Japan’s LNG Demand in FY2018 , Impact of Economic Growth and Nuclear Plants’ demand.” The Institute of Energy Economics Japan ,August 2017
- Kelle Holger, “Challenges and Risk Allocation in FSRU Projects.” INCITIAS, September 2015.
- Kong Dosung,S Kang aweon, Kim Jinmo,“ Development Of Large LNG Carriers With Dual Fuel Diesel Electric Propulsion”. Gastech 2002.
- Hyukdong Kwon & Hong Chong Cho, (2018): The effect of international oil price on LNG price in South Korea and Japan, Geosystem Engineering, DOI: 10.1080/12269328.2017.14229
- Ledesma David, Notides Young Eliza, Holmes Chris, “The Commercial And Financing Challenges Of An Increasingly Complex LNG Chain.” Gas Technology Institute,17th International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas (LNG 17).
- Lloyd’s Register, “Floating Storage and Regasification Units ,A report on the commercial and technical aspects of the construction and conversion of floating units for storage and/or regasification.” Version 1.3 / June 2017.
- Marcin Gałczyński, Mariusz Ruszel, Paweł Turowski, Robert Zajdler, Aleksander Zawisza, “Global LNG Market” . Ignacy Lukaszewicz Energy Policy Institute ,2017 e-book ISBN : 978-83-946727-0-6.
- Moon Kiho, Chang Daejun, Lee Donghun, Kim Myung-Bae, Ahn Ho-Jong and Jong-Pil Ha, “Comparison of Spherical and Membrane Large LNG Carriers in Terms of Cargo Handling.” Hyundai Heavy Industries, Dong-Ku, Ulsan, Korea 2005.
- Niyazmuradov Shohrat & Eunnyeong Heo, “Long-Term Natural Gas Contracts Evolution In The Changing Industry Environment.” Geosystem Engineering, 21:1, 12-20 June 2017.
- Norberg Andreas, “Interrelationships of LNG cargo containment systems and machinery configurations on LNG carrier - design and operational factors with economic assessment”. Norwegian University of Science and Technology, Department of Marine Technology, June 2012.
- Nwaoha Thaddeus Chidiebere “Advanced Risk and Maintenance Modelling in LNG Carrier Operations .” Liverpool Logistics, Offshore and Marine (LOOM) Research Institute School of Engineering, Technology and Maritime Operation, June 2011.
- OECD Council Working Party on Shipbuilding (WP6), Report on Ship Financing , June 2007.
- Ping Lim , “Financing Larger Lng Vessels.” Gastech 2005.
- Rajewski Przemysław, Krause Paweł, Matyszczak Marek, “Requirements For Personnel Qualifications and Training For Handling The Marine Part of LNG

- Transport Chain.” Maritime University of Szczecin, 2012, 32(104) z. 1 pp. 67–74.
- Regan Tony , Small Scale LNG, Emerging Technologies for Small Scale Grids, SIEW Thinktank Roundtable, Singapore 27 October 2017
 - Rogers Howard V, “Asian LNG Demand: Key Drivers and Outlook” , Oxford Institute for Energy Studies 2016.
 - Sedlaczek Rafał, “Boil Off In Large and Small-Scale LNG Chains.” Faculty of Engineering Science and Technology Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, Trondheim 2008.
 - Stern Jonathan & Rogers Howard V, “The Dynamics of a Liberalised European Gas Market: Key determinants of hub prices, and roles and risks of major players.” Oxford Institute for Energy Studies, December 2014.
 - Stern Jonathan & Rogers Howard V “Challenges to JCC Pricing in Asian LNG Markets” Oxford Institute for Energy Studies
 - Strantzali , Aravossis, Livanos Chrysanthopoulos “A Novel Multicriteria Evaluation of Small-Scale LNG Supply Alternatives: The Case of Greece.” Energies 2018 .
 - TEKNA, International conference on small scale LNG in Europe Oslo (Norway) 29-30 Sep 2005.
 - Thewessem Lei Ino, “Explaining The Variety In Vertical Value Chain Coordination Of Parties at LNG Infrastructure in Northwestern Europe.”, Delft University of Technology, July, 2016.
 - UK P & I Club “Carefully to Carry: The essential guide to the safe carriage, loading and storage of cargo” 2017
 - Veenstra Albert W. & Ludema Marcel W. (2006) “The Relationship Between Design And Economic Performance Of Ships.” Maritime Policy & Management, 33:2, 159-171.
 - Wood D.A., M. Kulitsa, “Floating Storage & Regasification Units Are a Significant Step Forward for the LNG Sector, but Actions are Needed to Improve their Operating Efficiencies.” Oil, Gas & Energy Law Intelligence, Vol. 15 - issue 4, November 2017.
 - Wood D.A., M. Kulitsa. “Minimizing LNG Cargo Losses During Ship-to-ship Transfers by Advanced Management of FSRU or Receiving LNGC Tank Pressures.” Oil and Gas Journal, 115.11 (Nov.6), 56-60.

Διαδίκτυο

- <https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/me-gi-dual-fuel-man-b-amp-w-engines433833f0bf5969569b45ff0400499204.pdf?sfvrsn=34> accessed May 2018
- <https://marine.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/lng-carrier-power.pdf?sfvrsn=6> accessed May 2018
- <https://timera-energy.com/deconstructing-lng-shipping-costs/> accessed June 2018
- <http://www.liquefiedgascarrier.com/cargo-information.html> accessed May 2018
- <http://www.scheepvaartwest.be/CMS/index.php/gas-tankers/1321-coral-methane-imo-9404584> accessed July 2018
- <https://www.scribd.com/document/241700453/Fuel-Equivalent-Factor-Marine-Services-pdf> accessed July 2018
- <https://www.nrgedge.net/article/1509944866-the-tight-balance-of-lng-in-indonesia> accessed June 2018
- <https://www.reedsmith.com/en/perspectives/2014/06/the-difference-with-lng--its-just-about-boiloff-is> accessed June 2018
- https://www.ntnu.edu/documents/20587845/1266707380/01_Fuels.pdf/1073c862-2354-4ccf-9732-0906380f601e accessed July 2018
- [file:///F:/Poten-Opinion-17.05.22-Assessing-Residual-Value%20\(1\).pdf](file:///F:/Poten-Opinion-17.05.22-Assessing-Residual-Value%20(1).pdf) accessed July 2018
- <https://www.fluxys.com/belgium/en/Services/LNGTerminalling/TerminallingModel/~media/Files/Services/LNG%20Terminalling/ConditionsAndTariffs/20180628%20-%20LNG> accessed August 2018
- <https://www.elengy.com/en/contracts-and-operations/tariff-conditions/what-are-the-values-of-the-tariff-terms.html> accessed August 2018
- file:///F:/Tanker_Opinion_20070215-crewing.pdf accessed July 2018
- <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/lng/floating-storage-and-regasification-barges-2017.pdf?sfvrsn=2> accessed July 2018
- https://www.wartsila.com/docs/default-source/Power-Plants-documents/lng/small-and-medium-scale-lng-terminals_wartsila.pdf?sfvrsn=2 accessed July 2018
- <https://www.onthemosway.eu/wp-content/uploads/2015/07/Wa%CC%88rtsila%CC%88-Mobile-LNG.pdf> accessed May 2018
- <https://www.anthonyveder.com/fleet/> accessed August 2018
- <https://www.skangas.com/> accessed August 2018

- <http://www.tge-marine.com/> accessed August 2018
- <https://fairplay.ihs.com/commerce/article/4303981/special-report-why-lng-shipping-rates-are-hitting-highs> accessed August 2018
- <https://www.poseidonmedii.eu/> accessed August 2018
- <http://www.depa.gr/> accessed August 2018
- <https://www.westpandi.com/globalassets/about-us/underwriting/underwriting-guides/underwriting-guide---charterers-risks--liabilities.pdf> accessed July 2018
- <https://world.cwclng.com/lng-to-power-key-bankability-considerations-for-fsru-to-ipp-project-structures/> accessed August 2018
- [\]https://www.kslaw.com/blog-posts/developing-an-fsru-project-in-new-markets-10-key-considerations](https://www.kslaw.com/blog-posts/developing-an-fsru-project-in-new-markets-10-key-considerations) accessed July 2018
- <http://www.upstreamonline.com/hardcopy/1321580/lng-landscape-changing-in-australia> accessed July 2018
- [https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/SNAME/a09ed13c-b8c0-4897-9e87-eb86f500359b/UploadedImages/2015-2016%20TM%20Photos/hatzigrigoris.an update on LNG pr.2016.SCEP.pdf](https://higherlogicdownload.s3.amazonaws.com/SNAME/a09ed13c-b8c0-4897-9e87-eb86f500359b/UploadedImages/2015-2016%20TM%20Photos/hatzigrigoris.an%20update%20on%20LNG%20pr.2016.SCEP.pdf) accessed July 2018
- <https://newsbase.com/topstories/australian-lng-imports-closer-becoming-reality> accessed June 2018
- <https://www.ft.com/content/9535236a-1af8-11e8-aaca-4574d7dabfb6> accessed May 2018
- <https://steelguru.com/logistic/lng-charter-rates-remained-firm-throughout-the-summer-of-2018-drewry/519307> accessed September 2018
- <https://fairplay.ihs.com/commerce/article/4303981/special-report-why-lng-shipping-rates-are-hitting-highs> accessed August 2018
- <http://www.gspia.pitt.edu/e-e/Blog/View/ArticleId/1797/Will-China-Import-Liquefied-Natural-Gas-from-West-Virginia> accessed August 2018
- <https://energypress.gr/news/neo-aitima-gia-metafora-toy-mikroy-irona-ston-atherinolakko-kai-egkatastasi-fsru-gia-tin> accessed August 2018
- www.marinetraffic.com accessed constantly
- <http://www.gspia.pitt.edu/e-e/Blog/View/ArticleId/1797/Will-China-Import-Liquefied-Natural-Gas-from-West-Virginia> accessed August 2018
- <https://www.maritime-executive.com/corporate/contract-signed-for-one-of-the-world-s-first-small-scale-lng-frus?href=small-lng.com> accessed August 2018
- http://www.tge-marine.com/files/lng_carriers_conference_october_2011_seoul.pdf accessed August 2018
- <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/lng/floating-storage-and-regasification-barges-2017.pdf?sfvrsn=2> accessed July 2018

- http://www.tge-marine.com/files/01_broschuere_tge_bwsc_online.pdf
accessed July 2018
 - https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/white-papers/comparing_various_lng_to_power_solutions_for_myanmar.pdf?sfvrsn=c4559d45_2 accessed August 2018
 - <http://esi.nus.edu.sg/docs/default-source/doc/small-scale-lng---esi-roundtable.pdf?sfvrsn=2> accessed July 2018
 - https://www.wartsila.com/docs/default-source/power-plants-documents/downloads/brochures/developers-guide-to-small-scale-lng-terminal.pdf?utm_source=Web&utm_medium=Form&utm_content=Brochure
accessed July 2018
 - <https://www.wilhelmsen.com/tollcalculators/suez-toll-calculator/> accessed July 2018
 - <https://www.wilhelmsen.com/tollcalculators/suez-toll-calculator/> accessed July 2018
 - <http://www.philenews.com/f-me-apopsi/paremvaseis-ston-f/article/546963/rosiko-fysiko-aerio-stin-agra-tis-ee> accessed July 2018
-
-