

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗ

«ΝΑΥΤΙΛΙΑ»

**«ΟΙ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ
LNG ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΛΙΜΑΝΙΑ
ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ»**

Δήμητρα Μπέκου

Διπλωματική Εργασία

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

Πειραιάς

Νοέμβριος 2017

ΔΗΛΩΣΗ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ/COPYRIGHT

«Το άτομο το οποίο εκπονεί την Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στην βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού 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».

ΣΕΛΙΔΑ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

Παρδάλη Αγγελική (Επιβλέπουσα Καθηγήτρια)

Χλωμούδης Κωνσταντίνος

Ερνέστος Τζαννάτος

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

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το τέλος αυτής της πτυχιακής εργασίας δηλώνει και το τέλος των μεταπτυχιακών σπουδών μου στο Πανεπιστήμιο του Πειραιά.

Για τον λόγο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους του καθηγητές του Πανεπιστημίου Πειραιώς και ειδικότερα την Καθηγήτρια Κα Αγγελική Παρδάλη και τους καθηγητές Κο Κωνσταντίνο Χλωμούδη και Ερνέστο Τζαννάτο για την συμβολή τους στο να ολοκληρωθεί αυτή η προσπάθεια.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συναδέλφους και εργοδότες μου για την στήριξη και την βοήθεια που μου προσέφεραν.

Τέλος ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην οικογένεια μου για την οικονομική και κυρίως ηθική τους στήριξη.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	1
Abstract.....	2
1. Το LNG	3
1.1. Ιστορικό της δια θαλάσσης μεταφοράς του LNG.....	3
1.2. Παραγωγοί – πηγές	4
1.3. Η θέση του LNG στην αγορά.....	8
1.4. Η μεταφορά του LNG	9
2. Ζήτηση και προσφορά LNG	13
2.1. Χαρακτηριστικά και εξέλιξη της αγοράς LNG.....	13
2.2. Τιμές LNG.....	18
2.2.1. Παράγοντες καθορισμού της τιμής LNG	20
2.3. Εξαγωγές LNG ανά χώρα	24
2.4. Εισαγωγές LNG ανά χώρα.....	25
2.5. Βραχυπρόθεσμη, Μεσοπρόθεσμη και Μακροπρόθεσμη προοπτική της αγοράς LNG.....	30
3. Μεταφορά και διακίνηση του LNG.....	32
3.1 Οι θαλάσσιοι δρόμοι του LNG.....	32
3.2 Φόρτωση και εκφόρτωση LNG από και προς πλωτές εγκαταστάσεις (FloatingLNG – FLNG)	36
3.3 Τα πλοία μεταφοράς LNG.....	39
3.4 Χαρακτηριστικά των πλοίων	41
3.4.1 Σύστημα συγκράτησης δεξαμενών.....	41
3.4.2 Συστήματα πρόωσης.....	42
3.4.3 Μέγεθος σκαφών	45
3.4.4 Ηλικία των σκαφών	46

3.5	Εξέλιξη & τεχνολογία πλοίων μεταφοράς LNG.....	47
3.5.1	Ναυπηγικά στοιχεία πλοίων μεταφοράς LNG.....	48
4	Η ναυτιλιακή αγορά LNG.....	52
4.1	Η αγορά των ναυλώσεων	52
4.1.1	Στόλος και παραγγελίες νεότευκτων	58
4.2	Ζήτηση σκαφών LNG	60
5	Λιμάνια διακίνησης και Λειτουργίες Τερματικών Διαχείρισης.....	62
5.1	Λιμάνια εξαγωγής	62
5.2	Λιμάνια εισαγωγής.....	63
5.3	Τερματικά εισαγωγής ανά περιφέρεια	64
5.4	Το μερίδιο αγοράς.....	66
5.5	Τερματικά επαναεριοποίησης	67
5.6	Φόρτωση από το τερματικό εξαγωγής (Up-stream LNG supply chain)	67
5.6.1	Υποδομές Υγροποίησης & Αποθήκευσης.....	69
5.6.2	Προδιαγραφές τερματικών εξαγωγής.....	73
5.7	Τερματικά εκφόρτωσης (Down-stream LNG Supply Chain).....	76
5.7.1	Διαδικασία Εκφόρτωσης	78
5.7.2	Διαδικασία διαχείρισης φορτίου.....	78
5.8	Φόρτωση και εκφόρτωση LNG από και προς πλωτές εγκαταστάσεις (Floating LNG – FLNG)	82
6	Συμπεράσματα.....	84
	Μονάδες μέτρησης	87
	Συντομογραφίες.....	88
	Βιβλιογραφία.....	89

Ευρετήριο Εικόνων

Χάρτης 1.1:	Παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ανά παραγωγό περιοχή.....	5
Διάγραμμα 1.1:	Παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου	5
Χάρτης 1.2:	Παγκόσμια κοιτάσματα και πηγές φυσικού αερίου.....	6
Διάγραμμα 1.2:	Εξαγωγές LNG ανά χώρα το 2015 (σε Million Tonnes Per Annum).....	8
Εικόνα 1.1:	Εφοδιαστική αλυσίδα LNG	9
Διάγραμμα 1.3:	Εξέλιξη του στόλου μεταφοράς LNG.....	10
Χάρτης 1.3:	Οι κυριότερες ροές φυσικού αερίου (μέσω αγωγών και θαλάσσιων οδών).....	11
Διάγραμμα 2.1:	Εισαγόμενες και εξαγόμενες ποσότητες LNG παγκοσμίως.....	16
Διάγραμμα 2.2:	Εξαγωγές LNG ανά χώρα.....	17
Διάγραμμα 2.3:	Εισαγωγές LNG	18
Διάγραμμα 2.4:	Μηνιαίες μέσες τιμές φυσικού αερίου την περίοδο 2009 – Ιανουάριο 2016.	19
Διάγραμμα 2.5:	Εισαγωγές LNG ανά χώρα.	26
Χάρτης 2.1:	Μονάδες υγροποίησης φυσικού αερίου παγκοσμίως κατά το έτος 2015.	30
Διάγραμμα 3.1:	Συνολικός αριθμός θαλάσσιων ταξιδιών μεταφοράς LNG ανά έτος για την περίοδο 2010 – 2016.	32
Χάρτης 3.1:	Παγκόσμια διακίνηση LNG στις Λεκάνες Ειρηνικού και Ατλαντικού	34
Διάγραμμα 3.2:	Ροές φορτίων LNG μεταξύ των λεκανών Ειρηνικού και Ατλαντικού	35

Εικόνα 3.1:	Εφοδιαστική αλυσίδα Floating LNG.....	37
Εικόνα 3.2:	Φόρτωση LNG από πλωτή μονάδα υγροποίησης αερίου.....	38
Εικόνα 3.3:	Το πλοίο LNGAL Mayfar κλάσης QMax	39
Εικόνα 3.4:	Πλοίο LNG κλάσης Q-Flex της εταιρείας Qatar Gas Transport (Nakilat)	46
Διάγραμμα 4.1:	Μέσος δείκτης ναύλων SPOT αγοράς σε σχέση με τις παραδόσεις νεότευκτων πλοίων 2012-2016	57
Διάγραμμα 4.2:	Μέσος δείκτης ναύλων SPOT αγοράς σε σχέση με τη χωρητικότητα πλοίων για τα έτη 2015-2017	58
Διάγραμμα 4.3:	Ο παγκόσμιος στόλος LNG ανά έτος παράδοσης σε σχέση με τη μέση ηλικία των πλοίων.	59
Χάρτης 5.1:	Εισαγωγικά και εξαγωγικά λιμάνια LNG παγκοσμίως.....	62
Διάγραμμα 5.1:	Δυναμικότητα τερματικών σταθμών εισαγωγής ανά χώρα για το έτος 2013 και προβλεπόμενη δυναμικότητα το 2018.....	64
Εικόνα 5.1:	Η αλυσίδα διάθεσης LNG, από την παραγωγή του, τη δια θαλάσσης μεταφορά του έως την παράδοση στον τελικό καταναλωτή	68
Διάγραμμα 5.2:	Διάγραμμα υγροποίησης και θαλάσσιας μεταφοράς του φυσικού αερίου.	69
Εικόνα 5.2:	Τύποι δεξαμενών αποθήκευσης LNG στα τερματικά φόρτωσης.....	71
Διάγραμμα 5.3:	Διάγραμμα εγκατάστασης παραλαβής LNG (κόκκινο - αέρια φάση, μπλε- υγρή φάση).....	74
Εικόνα 5.3:	Τερματικό εισαγωγής και αεριοποίησης (Regas terminal).....	76
Διάγραμμα 5.4:	Διάγραμμα ροής στα τερματικά εισαγωγής LNG	77

Πίνακες

Πίνακας 1.1:	Οι 20 χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου	6
Πίνακας 1.2:	Διακίνηση φυσικού αερίου τα έτη 2012 – 2013	11
Πίνακας 2.1:	Διακινούμενες ποσότητες LNG μεταξύ της λεκάνης του Ατλαντικού και του Ειρηνικού (σε Million Tonnes).....	15

Περίληψη

Το φυσικό αέριο καλύπτει το 25% περίπου της παγκόσμιας ζήτησης για ενέργεια. Απο αυτή την ποσότητα το 9.8% διανέμεται σε υγροποιημένη μορφή (Liquefied Natural Gas). Η διακίνηση του παραγόμενου φυσικού αερίου γίνεται είτε σε αέρια μορφή μέσω δικτύων αγωγών σε περιπτώσεις όπου οι αποστάσεις και οι γεωπολιτικές συνθήκες το επιτρέπουν. Δεδομένης όμως της απόστασης των τελικών καταναλωτών από τα σημεία παραγωγής, είναι απαραίτητη η μεταφορά του φυσικού αερίου σε υγροποιημένη μορφή. Το πλέον πρόσφορο και αποδοτικό μέσο μεταφοράς του LNG είναι τα πλοία. Αυτονόητη συνεπώς είναι η σημασία της ναυτιλίας στη διεξαγωγή του θαλάσσιου εμπορίου υγροποιημένου αερίου.

Η εργασία αυτή πραγματεύεται θέματα της παγκόσμιας αγοράς LNG και όλων των παραμέτρων οι οποίες εμπλέκονται στην εφοδιαστική του αλυσίδα . Σκοπός της είναι να εξετάσει και να παρουσιάσει τις τάσεις της αγοράς του LNG όπως αυτές έχουν διαμορφωθεί σήμερα, παρουσιάζοντας και αναλύοντας κάθε παράγοντα οικονομικό , γεωπολιτικό και τεχνικό, που μπορεί να συμβάλλει σε αυτές. Τέλος παρουσιάζονται τα λιμάνια εισαγωγής και εξαγωγής LNG καθώς και τα σημαντικότερα τερματικά διαχείρισης.

Abstract

Natural gas accounts for roughly a quarter of global energy demand, of which 9,8% is supplied as Liquefied Natural Gas (LNG). Globally, domestic production and pipeline trade still account for the majority of gas supplies, at 70,6% and 19,6% of the total, respectively. Maritime transport holds a vast share of the total LNG distribution. Pipeline distribution is the most efficient and economical means of natural gas transportation. Due to large distances between supply and consumers and geopolitical circumstances, it is not always feasible to use pipelines for LNG distribution. Maritime transportation comes to play an important role in these cases, gaining an always more significant role in the expanding LNG market.

The dissertation studies issues related to the global LNG market and the parameters that form the entire LNG supply chain. The aim of this dissertation is to examine and present the tendencies of the LNG market, by analyzing every economical, political and technical factor that can affect those tendencies. Finally, the LNG importation and exportation ports are presented alongwith the most important terminals.

1. Το LNG

Το LNG είναι υγροποιημένο φυσικό αέριο, άχρωμο και μη τοξικό. Προκύπτει από την ψύξη του φυσικού αερίου σε θερμοκρασία -160°C (-260°F). Προκαλείται έτσι μείωση του όγκου του κατά 600 φορές, καθιστώντας έτσι ευκολότερη και πιο αποδοτική την αποθήκευση και μεταφορά του στους καταναλωτές του (Shell Global, 2014).

Το φυσικό αέριο είναι μια ευρέως διαδεδομένη πηγή ενέργειας αλλά πολλές πόλεις και βιομηχανίες που το χρησιμοποιούν βρίσκονται μακριά από τα σημεία παραγωγής. Η μεταφορά του αερίου με δίκτυα αγωγών είναι ακριβή (για μεταφορά σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 3.000 km) και όχι πρακτική. Έχουν καταγραφεί ατυχήματα στα δίκτυα αγωγών φυσικού αερίου, ενώ σε περιπτώσεις εχθροπραξιών αποτελούν στόχο δολιοφθοράς. Οι κυριότεροι παράγοντες ατυχημάτων και βλαβών στους αγωγούς φυσικού αερίου είναι η διάβρωση των μετάλλων, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται, αστοχία υλικού και το ανθρώπινο σφάλμα κατά τη λειτουργία (American Gas Association, 2014). Η μεταφορά του σε υγροποιημένη μορφή (σε θερμοκρασίες κάτω από 160°C) είναι πιο αποδοτική και ασφαλής. Η πιο διαδεδομένη μέθοδος μεταφοράς του LNG είναι δια θαλάσσης με κατάλληλα πλοία μεταφοράς.

Όταν το LNG φτάνει στον προορισμό του επαναφέρεται σε αέρια κατάσταση και στη συνέχεια μέσω δικτύου σωληνώσεων μεταφέρεται στους καταναλωτές (βιομηχανία και οικιακή χρήση). Η πρώτη μονάδα υγροποίησης φυσικού αερίου κατασκευάστηκε από τη Shell το 1964 στο Arzew της Αλγερίας (Shell Global, 2014).

1.1. Ιστορικό της δια θαλάσσης μεταφοράς του LNG

Η μεταφορά του φυσικού αερίου από τον τόπο παραγωγής γίνεται με τρεις τρόπους: με επίγειο δίκτυο αγωγών, υποθαλάσσιους αγωγούς και διά θαλάσσης με προηγούμενη υγροποίηση.

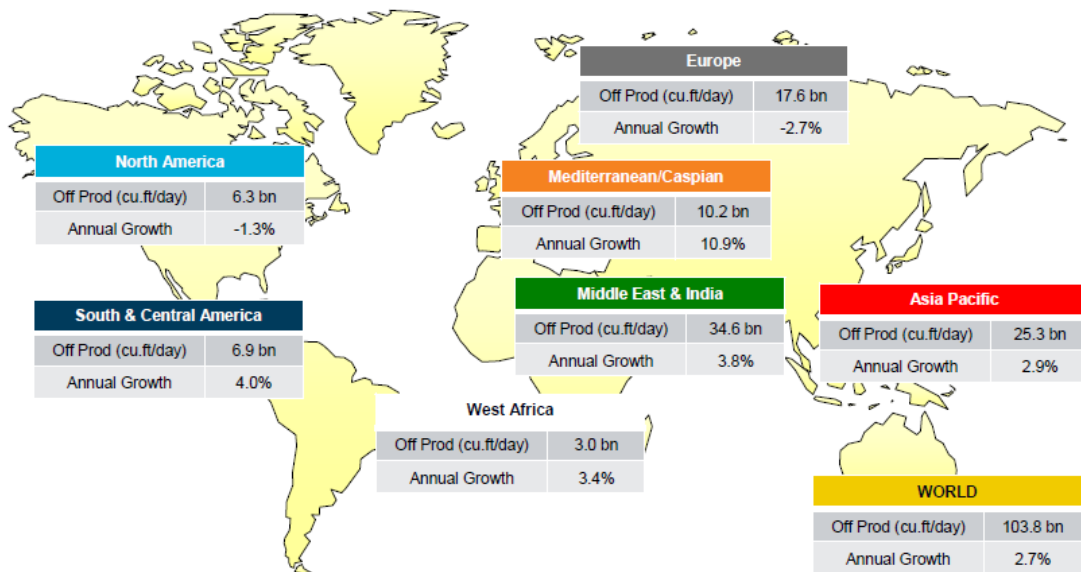
Η μεταφορά με δεξαμενόπλοια είναι απαραίτητη όταν το κοιτάσμα απέχει από την κατανάλωση τόσο ώστε η μεταφορά με υποθαλάσσιους αγωγούς να είναι αδύνατη ή ασύμφορη οικονομικά.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας για τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου με πλοία είχε ως αποτέλεσμα το 1959 να γίνει η πρώτη πειραματική δια θαλάσσης μεταφορά. Το 1964 ξεκινά η συστηματική μεταφορά ποσότητας 25.000 m³ μεταξύ Raze (Αλγερία) και Convey (Αγγλία) ενώ ταχύτατα δημιουργούνται και άλλοι θαλάσσιοι δρόμοι μεταφοράς LNG (Shell Global, 2014).

Η χωρητικότητα των πλοίων μεταφοράς εξελίχθηκε σταδιακά και έτσι σήμερα ανέρχεται έως τα 180.000 m³. Η τεχνολογική εξέλιξη των πλοίων και ειδικά των συστημάτων πρόωσης περιόρισε το κόστος λειτουργίας τους. Επίσης τα συστήματα φόρτωσης και εκφόρτωσης επέτρεψαν να μειωθεί και ο χρόνος εκφόρτωσης ακόμα και σε ένα 24ωρο (Coyle & Patel, 2005).

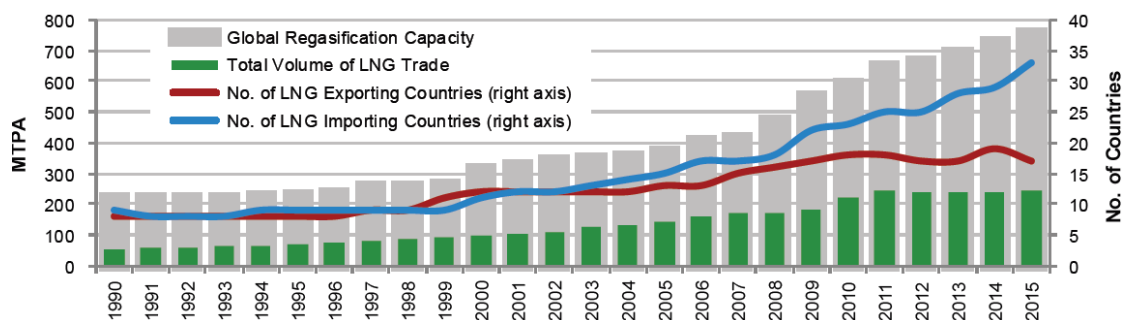
1.2. Παραγωγοί – πηγές

Και οι πέντε ήπειροι έχουν κοιτάσματα φυσικού αερίου, τα οποία και εκμεταλλεύονται σε διαφορετικό βαθμό. Το 2013 η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου έφτασε στα 332,2 δισεκατομμύρια κυβικά πόδια ανά ημέρα (Jordan, David K. Clarkson Research Services Limited, 2014). Από αυτή την παραγωγή τα 103,8 δισεκατομμύρια παράχθηκαν από πηγές σε θαλάσσιες περιοχές. Ο Χάρτης 1.1 παρουσιάζει εποπτικά την κατανομή της θαλάσσιας παραγωγής φυσικού αερίου.



Χάρτης 1.1: Παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου ανά παραγωγό περιοχή
Πηγή: (BP Statistical Review of World Energy, 2014)

Το μεγαλύτερο ποσοστό φυσικού αερίου εξορύσσεται στην ξηρά (Διάγραμμα 1.1). Αξιοσημείωτο γεγονός είναι η αύξηση της παραγωγής από τις θαλάσσιες πηγές σαν ποσοστό επί της συνολικής παραγωγής. Το 1980 η παραγωγή των θαλάσσιων πηγών έφτανε τα 32,4 δισεκατομμύρια κυβικά πόδια / ημέρα, ποσότητα που αντιστοιχούσε σε ποσοστό 20% της συνολικής παραγωγής. Το 2013 οι αντίστοιχες τιμές ανήλθαν στα 103,8 δισεκατομμύρια κυβικά πόδια / ημέρα και σε ποσοστό το 31,3% του συνόλου της παραγωγής (Jordan, David K. Clarkson Research Services Limited, 2014).



Διάγραμμα 1.1: Παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου
Πηγή: (International Energy Agency, 2017)

Τα μεγαλύτερα και πιο σημαντικά κοιτάσματα φυσικού αερίου (σε τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια – Trillion Cubic Feet) έχουν καταγραφεί και κατανέμονται παγκόσμια όπως στο Χάρτη 1.2 (British Petroleum, 2014).



Χάρτης 1.2: Παγκόσμια κοιτάσματα και πηγές φυσικού αερίου
Πηγή: (BP Statistical Review of World Energy, 2014)

Οι σημαντικότεροι προμηθευτές LNG και αυτοί που αναμένεται να αποτελέσουν σημαντικούς προμηθευτές είναι αναμενόμενα οι χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου. Ο Πίνακας 1.1 αναφέρει κατά σειρά τις 20 χώρες με τα μεγαλύτερα γνωστά αποθέματα φυσικού αερίου σε τρισεκατομμύρια κυβικά πόδια (Tcf) (Canadian Association of Petroleum Producers, 2014).

Πίνακας 1.1: Οι 20 χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου

Παγκόσμια κοιτάσματα	6.614
Οι 20 χώρες με τα μεγαλύτερα κοιτάσματα	6.049
1. Ιράν	1.187
2. Ρωσική Ομοσπονδία	1.163
3. Κατάρ	885
4. Τουρκμενιστάν	618

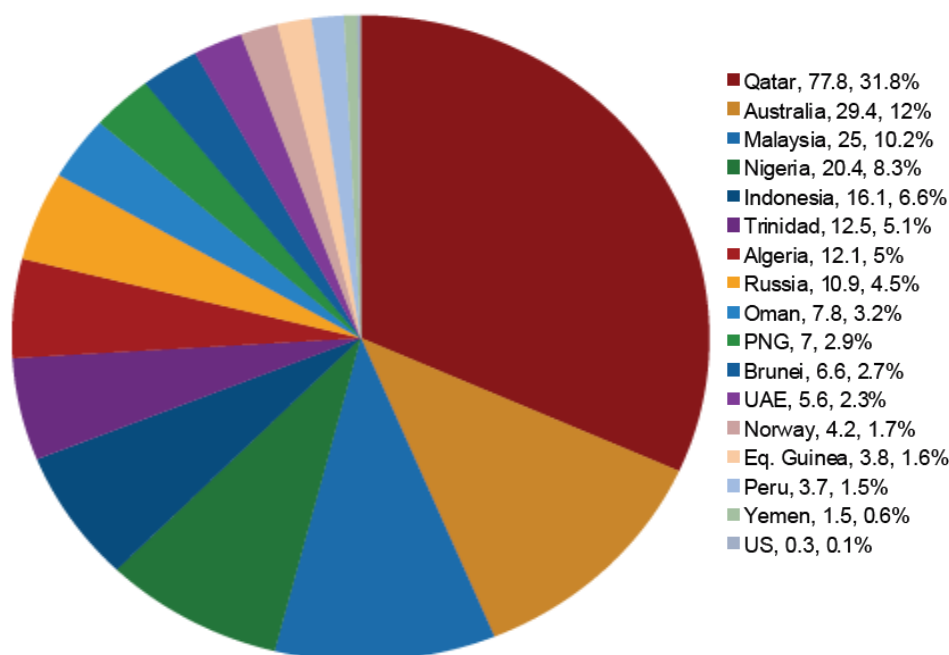
Παγκόσμια κοιτάσματα	6.614
5. ΗΠΑ	300
6. Σαουδική Αραβία	291
7. Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	215
8. Βενεζουέλα	196
9. Νιγηρία	182
10. Αλγερία	159
11. Αυστραλία	133
12. Ιράκ	127
13. Κίνα	109
14. Ινδονησία	103
15. Νορβηγία	74
16. Αίγυπτος	72
17. Καναδάς	70
18. Κουβεϊτ	63
19. Λιβύη	55
20. Ινδία	47
Άλλες χώρες	565

Πηγή: (BP Statistical Review of World Energy, 2014)

Τα τελευταία χρόνια έχουν παρατηρηθεί σημαντικές αυξήσεις της παραγωγής στην Αφρική, τη Μέση Ανατολή και τη Μεσόγειο (Jordan, David K. Clarkson Research Services Limited, 2014).

Το φυσικό αέριο (συμπεριλαμβανομένου του LNG) καλύπτει το 21% των παγκόσμιων ενεργειακών αναγκών (Canadian Association of Petroleum Producers, 2014). Το 1980 το LNG αντιπροσώπευε μόλις το 2% της συνολικής παραγωγής

φυσικού αερίου. Το ποσοστό αυτό ανήλθε το 2010 σε πάνω από 10% της συνολικής κατανάλωσης (Jordan, 2014).



Διάγραμμα 1.2: Εξαγωγές LNG ανά χώρα το 2015 (σε Million Tonnes Per Annum)
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

Το Κατάρ παρέμεινε ο μεγαλύτερος εξαγωγέας LNG παγκοσμίως, με το ύψος των εξαγωγών να ανέρχεται στο 32,1% των συνολικών εξαγωγών LNG. Αύξηση εξαγωγών καταγράφηκε και από τις Αυστραλία, Μαλαισία, Νιγηρία και Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, ενώ συμβολαιοποιήθηκαν φορτώσεις από την Αλγερία, Αίγυπτο και Ινδονησία (British Petroleum, 2014).

1.3. Η θέση του LNG στην αγορά

Το φυσικό αέριο καλύπτει το 25% περίπου της παγκόσμιας ζήτησης για ενέργεια. Απο αυτή την ποσότητα το 9.8% διανέμεται σε μορφή LNG. Παρόλο που η προσφορά LNG αυξήθηκε ταχύτερα από οποιαδήποτε άλλη πηγή – κατά μέσο ποσοστό αύξησης 6% ετησίως από το 2000 έως το 2014 – η αύξηση του μεριδίου αγοράς του σταμάτησε από το 2010, λόγω της επιτάχυνσης της εγχώριας παραγωγής. Ωστόσο, αναμένεται περαιτέρω επέκταση της προσφοράς LNG έως το 2020 (US DOE - Energy Information Administration, 2013).

1.4. Η μεταφορά του LNG

Η σημασία του φυσικού αερίου στον ενεργειακό χάρτη και κατ' επέκταση στην οικονομία και την πολιτική έγινε ιδιαίτερα αντιληπτή στην περιοχή μας κατά την πρόσφατη κρίση με την τροφοδοσία του από την Ρωσία προς χώρες της δυτικής Ευρώπης μέσω αγωγών που διέρχονται από την Ουκρανία. Ο κλασικός τρόπος μεταφοράς του φυσικού αερίου από τις χώρες παραγωγής προς τις χώρες κατανάλωσης είναι με χρήση αγωγών. Η μεταφορά του αερίου με αγωγούς είναι συμφέρουσα για αποστάσεις έως 3.000 km.

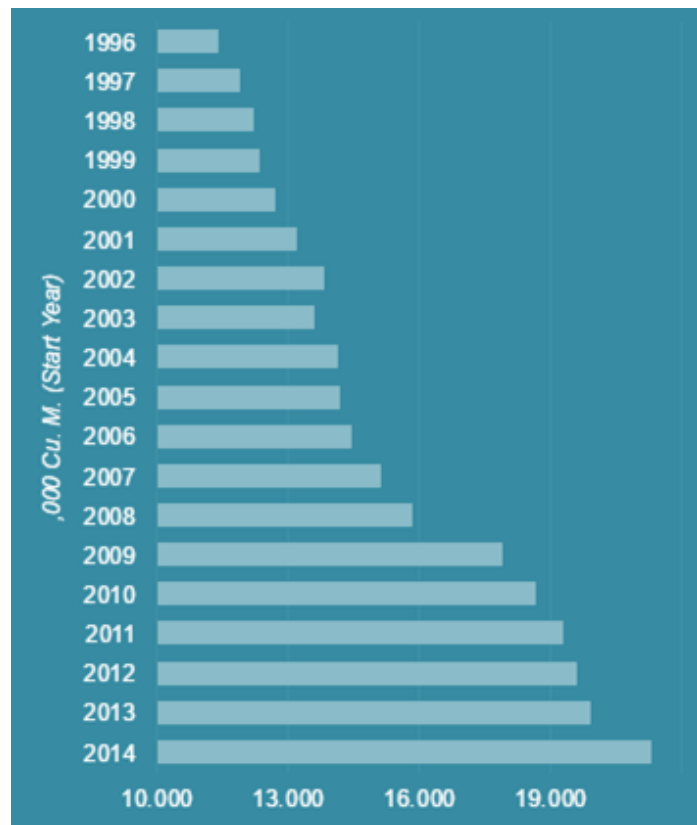
Ένας εναλλακτικός, και χωρίς την μεσολάβηση τρίτων χωρών τρόπος μεταφοράς φυσικού αερίου είναι με χρήση των θαλασσιών οδών στη μορφή LNG. Το φυσικό αέριο υγροποιείται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και μεταφέρεται σε ειδικής τεχνολογίας δεξαμενόπλοια. Η φόρτωση του LNG γίνεται από τερματικούς σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται σε λιμάνια (τερματικοί σταθμοί εξαγωγής) και η εκφόρτωσή του στα τερματικά των εισαγωγέων (τερματικά εισαγωγής) (Shell Global, 2014). Η Εικόνα 1.1 απεικονίζει τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας LNG.



Εικόνα 1.1: Εφοδιαστική αλυσίδα LNG
Πηγή: (Wärtsilä-the total LNG solution provider, 2015)

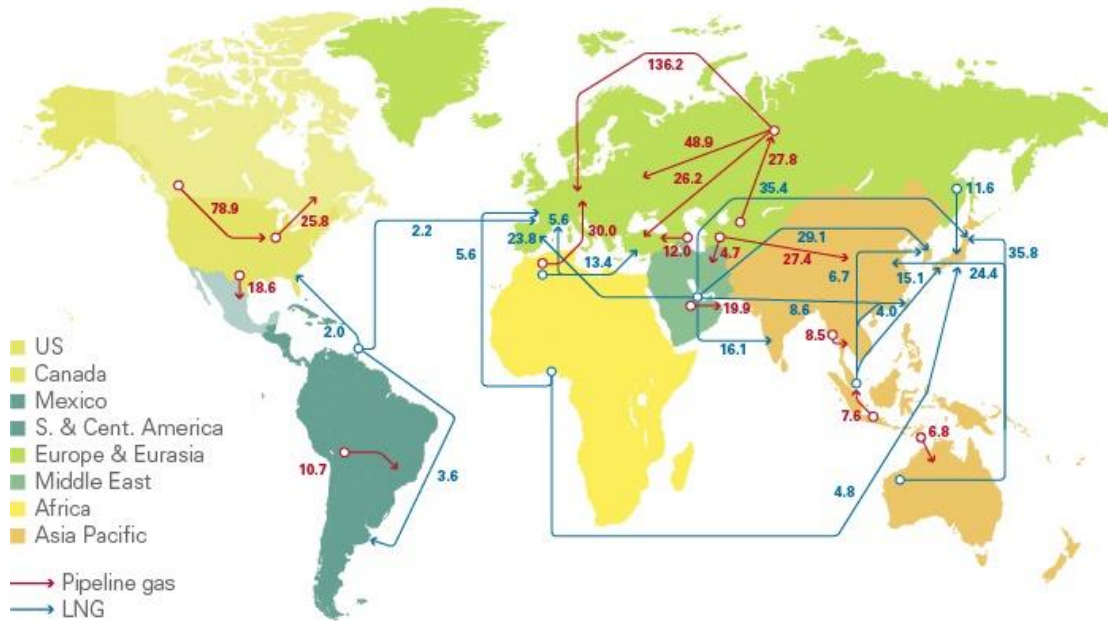
Παγκοσμίως έχουν διαμορφωθεί δύο μεγάλες αγορές LNG, της Λεκάνης του Ειρηνικού και της Λεκάνης του Ατλαντικού. Στην πρώτη, οι μεγαλύτεροι εισαγωγείς LNG είναι η Ιαπωνία και η Ν. Κορέα (οι μεγαλύτεροι εισαγωγείς παγκοσμίως) με βασικούς τροφοδότες την Ινδονησία, την Μαλαισία και την Αυστραλία. Στην αγορά του Ατλαντικού ωκεανού, οι ΗΠΑ και η Ευρώπη εισάγουν LNG κυρίως από χώρες της Αφρικής (Αλγερία, Νιγηρία, Αίγυπτο), και το Τρινιδάδ & Τομπάγκο. Η Μέση Ανατολή έχει αναλάβει πλέον ρόλο ευέλικτου τροφοδότη και προς τις παραπάνω δύο μεγάλες αγορές (United Nations, 2013).

Το Διάγραμμα 1.3 απεικονίζει το ρυθμό αύξησης του παγκόσμιου στόλου μεταφορικών πλοίων LNG, ώστε να καλυφθούν οι παγκόσμιες ανάγκες μεταφοράς του.



Διάγραμμα 1.3: Εξέλιξη του στόλου μεταφοράς LNG
Πηγή: (Jordan, David K. Clarkson Research Services Limited, 2014)

Ο Χάρτης 1.3 παρουσιάζει διαγραμματικά τις ροές από τις χώρες – παραγωγούς φυσικού αερίου προς τις χώρες – πελάτες τους. Οι ροές διακρίνονται σε αυτές που διεξάγονται μέσω αγωγών (κόκκινο χρώμα), οι οποίοι μεταφέρουν το φυσικό αέριο στην πρωτογενή αέρια μορφή του και σε αυτές που διακινούν την υγροποιημένη του μορφή (LNG) (μπλε χρώμα).



Χάρτης 1.3: Οι κυριότερες ροές φυσικού αερίου (μέσω αγωγών και θαλάσσιων οδών)
Πηγή: (BP Statistical Review of World Energy, 2014)

Ο Πίνακας 1.2 καταγράφει τις διακινούμενες ποσότητες φυσικού αερίου μέσω αγωγών (αέρια μορφή) και LNG. Βάσει των δεδομένων του προκύπτει ότι από τη συνολική παραγωγή, το 31,4% διακινείται σε υγροποιημένη μορφή LNG, η οποία κατά κύριο λόγο γίνεται μέσω θαλάσσιων οδών.

Πίνακας 1.2: Διακίνηση φυσικού αερίου τα έτη 2012 – 2013
Πηγή: (BP Statistical Review of World Energy, 2014)

	2012				2013			
	Αγωγοί	LNG	Αγωγοί	LNG	Αγωγοί	LNG	Αγωγοί	LNG
Δισεκατομμύρια m ³	Εισαγωγές		Εξαγωγές		Εισαγωγές		Εξαγωγές	
ΗΠΑ	83.8	4.9	45.1	0.9	78.9	2.7	44.4	0.1
Καναδάς	27.5	1.8	83.8	-	25.8	1.1	78.9	-
Μεξικό	17.6	4.8	t	-	18.6	7.8	t	-
Τρινιντάντ & Τομπάγκο	-	-	-	18.9	-	-	-	19.8
Κεντρική & Νότια Αμερική	15.8	15.2	15.8	5.5	18.6	19.6	18.6	5.7
Γαλλία	32.3	10.3	1.2	0.2	30.5	8.7	1.1	0.6

	2012				2013			
	Αγωγοί	LNG	Αγωγοί	LNG	Αγωγοί	LNG	Αγωγοί	LNG
Δισεκατομμύρια m3	Εισαγωγές		Εξαγωγές		Εισαγωγές		Εξαγωγές	
Γερμανία	83.5	-	12.5	-	95.8	-	15.1	-
Ιταλία	55.4	7.1	0.1	-	51.6	5.5	0.2	-
Ολλανδία	20.9	0.8	48.6	-	21.5	0.8	53.2	0.2
Νορβηγία	-	-	107.6	4.8	t	-	102.4	3.8
Ισπανία	13.3	20.4	0.7	1.2	15.3	14.9	0.9	2.6
Τουρκία	37.4	7.7	0.6	-	38.2	6.1	0.6	-
Ηνωμένο Βασίλειο	37.7	13.7	12.0	-	41.9	9.3	8.9	-
Υπόλοιπη Ευρώπη	101.9	8.2	10.5	1.6	102.2	6.1	11.9	1.6
Ρωσική Ομοσπονδία	29.8	-	194.2	14.8	27.8	-	211.3	14.2
Ουκρανία	29.4	-	-	-	26.9	-	-	-
Χώρες της πρώην Σοβιετικής Ένωσης	29.3	-	63.3	-	29.5	-	68.5	-
Κατάρ	-	-	19.2	103.1	-	-	19.9	105.6
Άλλες χώρες της Μέσης Ανατολής	24.4	4.6	8.8	25.7	25.1	4.5	9.4	28.5
Αλγερία	-	-	34.2	15.3	-	-	28.0	14.9
Άλλες αφρικανικές χώρες	6.3	-	9.7	38.5	6.4	-	8.6	31.6
Κίνα	21.4	20.0	2.8	-	27.4	24.5	2.8	-
Ιαπωνία	-	118.8	-	-	-	119.0	-	-
Ινδονησία	-	-	10.2	24.8	-	-	8.9	22.4
Νότια Κορέα	-	49.1	-	-	-	54.2	-	-
Άλλες χώρες Ανατολικής Ασίας	28.8	36.7	15.8	68.9	28.5	40.4	16.9	73.5
ΣΥΝΟΛΟ	696.6	324.2	696.6	324.2	710.6	325.3	710.6	325.3

2. Ζήτηση και προσφορά LNG

Η δια θαλάσσης μεταφορά LNG όπως έχει ήδη αναφερθεί, ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του '50 και στο ξεκίνημα της δεκαετίας του '60. Σύμφωνα με την Διεθνή Ένωση Αερίου (International Gas Union, 2016), η Ιαπωνία και η Νότιος Κορέα αποτελούν τους μεγαλύτερους εισαγωγείς LNG, ενώ το Κατάρ είναι ο μεγαλύτερος παραγωγός LNG, ακολουθούμενο από τη Μαλαισία, την Αυστραλία, τη Νιγηρία, την Ινδονησία, το Τρινιντάντ και την Αλγερία. Η αγορά για LNG έχει πρόσφατα μεταβληθεί κυρίως λόγω των τεχνολογικών εξελίξεων στην άντληση του φυσικού αερίου από σχιστολιθικούς σχηματισμούς καθώς και τις αυξημένες ανάγκες της βιομηχανίας αλλά και των ιδιωτών για ενέργεια (US DOE - Energy Information Administration, 2013).

Οι ποσότητες LNG που διακινήθηκαν το 2015 έφτασαν τους 244,8 MT, παρουσιάζοντας αύξηση κατά 4,7 MT από το 2014. Η τιμή αυτή αποτελεί την ιστορικά υψηλότερη για το εμπόριο LNG, ξεπερνώντας το προηγούμενο υψηλό, το οποίο είχε καταγραφεί το 2011. Η έναρξη λειτουργίας νέων μονάδων παραγωγής στην Αυστραλία και την Ινδονησία δημιούργησαν συνθήκες μεγαλύτερης παραγωγής, ικανής να υπερκαλύψει τον περιορισμό της παραγωγής της Υεμένης, της Αιγύπτου και την Αγκόλα. Η λεκάνη του Ειρηνικού καταγράφει τη μεγαλύτερη ζήτηση. Η αύξηση όμως της ζήτησης προήλθε κυρίως από την Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή. Και στις δύο αυτές περιοχές εμφανίσθηκαν το 2015 νέες χώρες – εισαγωγείς LNG (International Gas Union, 2016).

2.1. Χαρακτηριστικά και εξέλιξη της αγοράς LNG

Το 2015 το σύνολο της ποσότητας LNG που διακινήθηκε παγκοσμίως έφτασε τους 244.8 Million Tonnes (MT), σημειώνοντας αύξηση 4.7 MT σε σχέση με το 2014. Η επίδοση αυτή αποτελεί ορόσημο, ξεπερνώντας κατά 3.3 MT την ποσότητα του 2011, η οποία είχε καταγραφεί ως η καλύτερη χρονιά για το εμπόριο LNG.

Το 2015 οι χώρες που εξήγαγαν LNG ήταν 17 από 19 που καταγράφηκαν ως εξαγωγείς το 2014. Η μονάδα LNG της Αγκόλα σταμάτησε τη λειτουργία της για επισκευαστικές εργασίες στις αρχές του 2014, ενώ η Αίγυπτος εξήγαγε το τελευταίο της φορτίο στα τέλη του 2014, λόγω της αυξημένης εσωτερικής ζήτησης. 10 χώρες επανεξήγαγαν φορτία το 2015. Τρεις νέες χώρες προστέθηκαν στους εξαγωγείς LNG: η Ινδία, η Σιγκαπούρη και το Ηνωμένο Βασίλειο εξήγαγαν τις πρώτες ποσότητες LNG της παραγωγής τους (International Gas Union, 2016).

Η πενταετής κυριαρχία της Μέσης Ανατολής στις εξαγωγές LNG εξακολούθησε το 2015, κατέχοντας το 38% του συνόλου των παγκόσμιων εξαγωγών. Η απόστασή του όμως μειώθηκε, δεδομένης της σημαντικής αύξησης των εξαγωγών από την Αυστραλία και άλλες περιοχές των Ασιατικών παραλίων του Ειρηνικού. Το μερίδιο των χωρών της Μέσης Ανατολής έπεσε από το 40% του 2014 στο 38%, κυρίως λόγω εσωτερικών ταραχών στην Υεμένη, οι οποίες οδήγησαν σε επί μακρόν κλείσιμο των μονάδων από τον Απρίλιο. Οι εξαγωγές της χώρας έχουν παύσει από το Φεβρουάριο του 2016. Το Κατάρ εξήγαγε περίπου το ένα τρίτο της παγκόσμιας ποσότητας LNG και παραμένει ο μεγαλύτερος εξαγωγέας παγκοσμίως (International Gas Union, 2016).

Παρόλο που οι ασιατικές αγορές συνεχίζουν να έχουν τη μεγαλύτερη ζήτηση, η οποία μεταφράζεται σε ποσοστό 71.7% των παγκόσμιων εισαγωγών, η κάμψη των ρυθμών ανάπτυξης σε Ιαπωνία, Νότια Κορέα και Κίνα, οδήγησε σε κάμψη του ποσοστού αυτού από τα επίπεδα του 74.6% που κατείχε το 2014. Οι εισαγωγές τους μειώθηκαν κατά 7.5 MT, αλλά η ταυτόχρονη αύξηση της ζήτησης σε μικρότερες χώρες του Ειρηνικού (όπως η Ταϊλάνδη) συγκράτησε τη μείωση των εισαγωγών κατά μόνο 3.0 MT (International Gas Union, 2016)

Στις χώρες – εισαγωγείς LNG προστέθηκαν η Αίγυπτος (πρώτη χώρα που εισήγαγε LNG στην Αφρική), το Πακιστάν, η Ιορδανία και η Πολωνία. Η ποσότητα που εισήγαγαν αθροιστικά αυτές έφτασε τους 6.0 MT το 2015. Οι χώρες αυτές προστέθηκαν στις υπάρχουσες 29 χώρες – εισαγωγείς του 2014, ανεβάζοντας το συνολικό τους αριθμό σε 33 (International Gas Union, 2016)

Η μείωση στην κατανάλωση LNG στην Ευρώπη η οποία παρατηρείται από το 2011 σταμάτησε και οι εισαγωγές του 2015 αυξήθηκαν κατά 4.6 MT. Με την εξαίρεση της Γαλλίας, οι υπόλοιπες ευρωπαϊκές χώρες – εισαγωγείς εμφάνισαν αύξηση των εισαγωγών τους. Αντίθετα, οι εισαγωγές σε πολλές χώρες της Βορείου και Λατινικής Αμερικής εμφάνισαν κάμψη λόγω της αύξησης της παροχής των αγωγών αερίου στο Μεξικό, της αύξησης της παραγωγής ενέργειας από υδροηλεκτρικά εργοστάσια στη Βραζιλία και της γενικότερης οικονομικής ύφεσης στην Αργεντινή και τη Βραζιλία. Οι δύο αυτές περιοχές εμφάνισαν μείωση εισαγωγών κατά 1.8 MT.

Πίνακας 2.1: Διακινούμενες ποσότητες LNG μεταξύ της λεκάνης του Ατλαντικού και του Ειρηνικού (σε Million Tonnes)

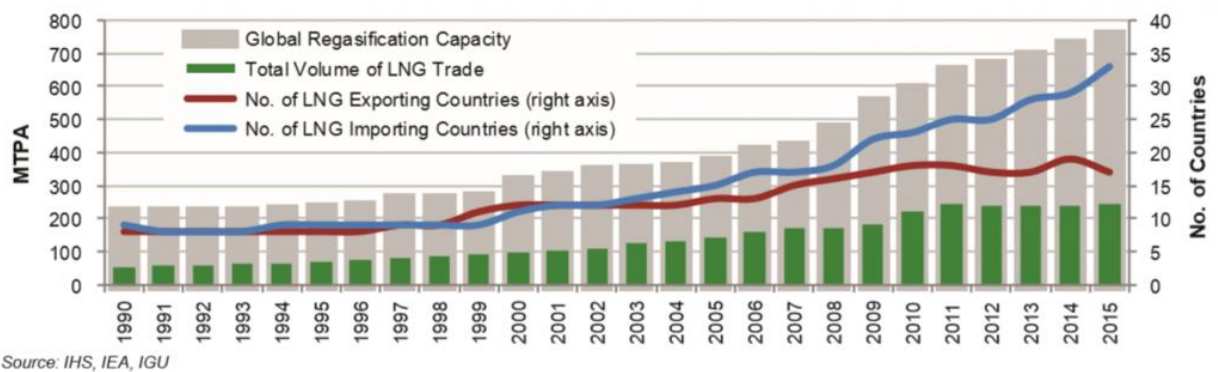
Exporting Region	Africa	Asia-Pacific	Europe	Former Soviet Union	Latin America	Middle East	North America	Reexports Received	Reexports Loaded	Total
Africa	0.5	0.1	0.1		0.1	1.7		0.6		3.0
Asia	4.4	14.6	0.1	0.2	0.4	15.5		0.7	0.3	35.6
Asia-Pacific	9.7	68.5	0.3	10.7	0.4	49.4	0.3	1.1	0.5	139.8
Europe	15.8		2.3		2.1	20.8		0.2	3.6	37.5
Latin America	3.2		1.3		7.5	1.6		0.9		14.6
Middle East	1.2	0.8			0.9	3.0		1.0		6.9
North America	1.5	0.2	0.3		4.8	0.6		0.1	0.2	7.4
Total	36.3	84.1	4.2	10.9	16.2	92.7	0.3	4.6	-4.6	244.8

Πηγή: (International Energy Agency, 2017) (International Gas Union, 2016)

Για το 2016, οι βραχυπρόθεσμες ανάγκες διατηρούν την ίδια εικόνα της παγκόσμιας αγοράς LNG. Η λεκάνη του Ειρηνικού παραμένει ο μεγαλύτερος καταναλωτής, παρά τις πρόσφατες ενδείξεις ύφεσης. Η κάμψη της κατανάλωσης LNG οφείλεται εν μέρει στην επαναλειτουργία πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας στην Ιαπωνία και τη συνεχιζόμενη κάμψη της οικονομικής δραστηριότητας στη Βορειοανατολική Ασία (και ειδικά στην Κίνα). Τα θεμελιώδη μεγέθη της Ευρώπης παραμένουν αδύναμα. Εντούτοις, μια μεγάλη αύξηση του ενδο-Ειρηνικού εμπορίου ενδέχεται να οδηγήσει ποσότητες από τον Ατλαντικό και τη Μέση Ανατολή στην Ευρώπη, δίνοντάς της σημαντική αναπτυξιακή δυναμική. Επίσης η συμπίεση των τιμών του LNG λόγω της

υπερπροσφοράς, ενδέχεται να οδηγήσει περισσότερες χώρες να εισέλθουν στην αγορά του LNG (US DOE - Energy Information Administration, 2013).

Από την πλευρά της παραγωγής, τα πρώτα φορτία από τις ΗΠΑ τα οποία προέρχονται από τον κόλπο του Μεξικού θα εξαχθούν μέσα στο 2016. Το μεγαλύτερο όμως μέρος της αύξησης της προσφοράς θα προέλθει από τη λεκάνη του Ειρηνικού και ειδικά από την Ασία και την Αυστραλία. Το μεγαλύτερο μέρος της χωρητικότητας που βρίσκεται υπό κατασκευή στις ΗΠΑ δεν αναμένεται να τεθεί σε λειτουργία πριν το 2017 και αργότερα (International Gas Union, 2016).



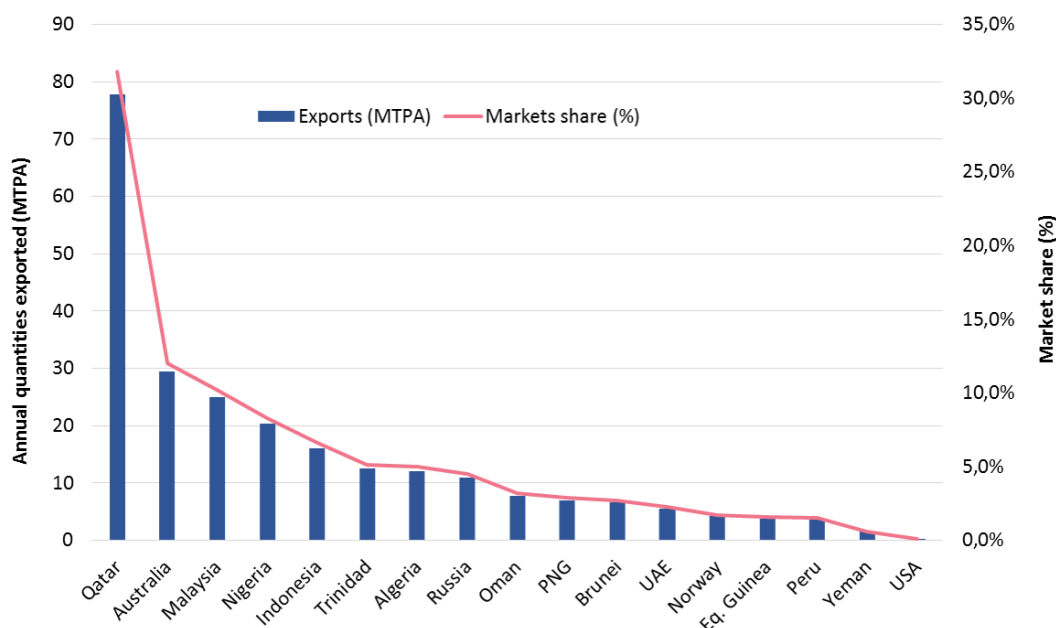
Διάγραμμα 2.1: Εισαγόμενες και εξαγόμενες ποσότητες LNG παγκοσμίως
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

Οι χώρες εισαγωγής LNG μπορούν να υπαχθούν σε δύο αγορές: τη Λεκάνη του Ατλαντικού και τη Λεκάνη του Ειρηνικού. Η Λεκάνη του Ειρηνικού περιλαμβάνει χώρες που βρέχονται από τον Ειρηνικό ωκεανό καθώς και τις χώρες της Νότιας Ασίας (συμπεριλαμβανομένης και της Ινδίας). Η Λεκάνη του Ατλαντικού περιλαμβάνει την Ευρώπη, τη Βόρεια και Δυτική Αφρική και τις ακτές της Αμερικανικής Ηπείρου από την πλευρά του Ατλαντικού ωκεανού (International Energy Agency, 2017).

Η αγορά της Λεκάνης του Ειρηνικού εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1990, όταν η ζήτηση σε ορισμένες ασιατικές χώρες αυξήθηκε ραγδαία, με προεξάρχουσες την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα. Το LNG αντιπροσώπευε ένα καύσιμο εναλλακτικό του πετρελαίου και στόχος των αγορών του ήταν να εξασφαλίσουν ενεργειακή ασφάλεια μέσω της προμήθειάς του, ακόμη και σε σχετικά υψηλότερο κόστος. Η Λεκάνη του Ατλαντικού εμφανίστηκε αργότερα (και πάλι τη δεκαετία του 1990), για λόγους διασφάλισης της προμήθειας ενέργειας αλλά και αντιμετώπισης των μειωμένων

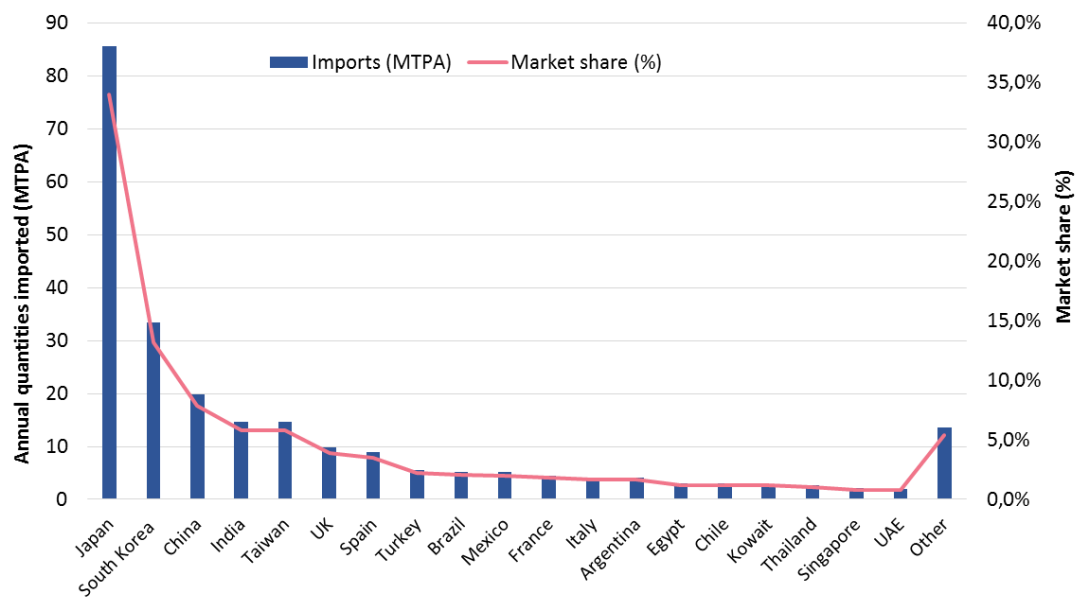
αποθεμάτων πετρελαίου σε ορισμένες χώρες της αγοράς αυτής (International Energy Agency, 2017).

Βάσει των ετήσιων στοιχείων της International Gas Union (Διάγραμμα 2.2), παρατηρείται μια διαρκής μείωση των χωρών – εξαγωγέων LNG. Το 2015 καταγράφηκαν 17 χώρες – εξαγωγείς LNG ενώ το 2014 είχαν καταγραφεί 19 (International Gas Union, 2016).



Διάγραμμα 2.2: Εξαγωγές LNG ανά χώρα
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

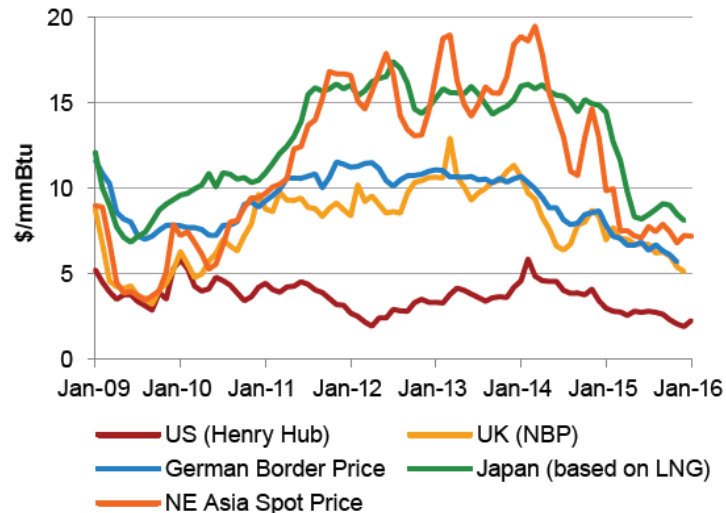
Αντίθετα με τη μείωση του αριθμού των εξαγωγέων, ο αριθμός των εισαγωγέων αυξάνεται. Το 2015, υπήρχαν 34 χώρες εισαγωγείς LNG. Αν και η τάση είναι να εισάγουν χαμηλότερες ποσότητες LNG, η Ιαπωνία παραμένει η μεγαλύτερη χώρα εισαγωγέας LNG, ακολουθούμενη από τη Νότια Κορέα. Ο λόγος είναι ότι αυτές οι χώρες – οι οποίες αποτελούν μεγάλο τμήμα της Ασιατικής Δεκάνης του Ειρηνικού – εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το LNG για την παραγωγή ενέργειας.



Διάγραμμα 2.3: Εισαγωγές LNG
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

2.2. Τιμές LNG

Η αποκλιμάκωση των τιμών του πετρελαίου και η κάμψη της ζήτησης στην περιοχή του Ειρηνικού οδήγησαν παγκοσμίως σε κάμψη τις τιμές του LNG το 2015, από μέση τιμή στα \$15.60/Million British Thermal Unit (MMBtu) το 2014 σε \$9.77/MMBtu το 2015. Οι τιμές εισαγωγής στην Ιαπωνία έπεσαν δραματικά κατά τη διάρκεια του 2015 (78% στο διάστημα Ιανουαρίου – Δεκεμβρίου 2015) (World Energy Council, 2017).



Διάγραμμα 2.4: Μηνιαίες μέσες τιμές φυσικού αερίου την περίοδο 2009 – Ιανουάριο 2016.
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

Οι τιμές στη Βορειοανατολική Ασία επίσης αποκλιμακώθηκαν απότομα, με αποτέλεσμα η διαφορά της τιμής μεταξύ των λεκανών του Ατλαντικού και του Ειρηνικού να περιοριστεί σε μια μέση τιμή \$1.32/MMBtu. Η αντίστοιχη διαφορά τιμής κατά το έτος 2014 κυμάνθηκε στα \$6.80/MMBtu. Το αποτέλεσμα της εξομοίωσης των τιμών ήταν ο περιορισμός του εμπορίου LNG μεταξύ Ατλαντικού και Ειρηνικού (International Gas Union, 2016)

Οι τιμές του LNG επηρεάστηκαν από διαφορετικούς παράγοντες σε κάθε εξάμηνο του 2016. Η αυξανόμενη προσφορά και η χαμηλή ζήτηση κατά το πρώτο εξάμηνο του έτους οδήγησε στη συνεχιζόμενη πτώση των Ευρωπαϊκών τιμών συμβολαίων άμεσης παράδοσης. Στα μέσα του έτους, οι διαταραχές στην παροχή ενέργειας και η ανάκαμψη των τιμών του πετρελαίου επηρέασαν ανοδικά τις τιμές του LNG. Ο κρύος χειμώνας στην Ασία και την Ευρώπη ενθάρρυνε την αύξηση της τιμής των συμβολαίων άμεσης παράδοσης. Έως το Φεβρουάριο του 2017, οι τιμές άμεσης παράδοσης στην Ασία έφτασαν σε μέση τιμή τα \$9,55/MMBtu, τιμή η οποία είναι η υψηλότερη από τις αρχές του 2015. Η τάση αυτή είναι αξιοσημείωτη, όμως οι τιμές άμεσης παράδοσης αναμένεται να αποκλιμακωθούν στα επόμενα χρόνια, με δεδομένη την προσθήκη νέων μονάδων υδροποίησης. Το Νοέμβριο του 2016 ο OPEC (Organisation of Petroleum Exporting Countries) και η Ρωσία συμφώνησαν να περιορίσουν την παραγωγή πετρελαίου. Εάν οι παραγωγές χώρες τηρήσουν τα όρια

που τους επιβλήθηκαν βάσει της συμφωνίας αυτής, οι τιμές του πετρελαίου θα αυξηθούν, γεγονός το οποίο θα επηρεάσει ανοδικά και την τιμή LNG που συνδέονται με το πετρέλαιο (International Gas Union, 2016)

Οι διακοπές παροχής ενέργειας, σε συνδυασμό με τον κρύο χειμώνα στα τέλη του 2016, ανέδειξε κάποια περιθώρια στην αύξηση της αγοράς LNG παγκοσμίως, ιδιαίτερα τη χειμερινή περίοδο. Οι τιμές του φυσικού αερίου στη Βόρειο Αμερική καθορίζονται κυρίως στους κόμβους διακίνησης LNG, με πιο σημαντικό τον Henry Hub στη Λουιζιάνα των ΗΠΑ. Στην Ευρώπη, οι πωλήσεις LNG διεξάγονται κυρίως με μακροχρόνια συμβόλαια. Τέτοιου είδους συμβόλαια επηρεάζονται από τις τιμές του φυσικού αερίου στους κόμβους διακίνησης και τις τιμές φυσικού αερίου που συνδέονται με το πετρέλαιο. Οι τιμές του πετρελαίου παίζουν σημαντικό ρόλο στην αγορά LNG. Με δεδομένη την κάμψη της τιμής του πετρελαίου από τα τέλη του 2014 έως τα τέλη του 2016, παρατηρήθηκε αντίστοιχη μείωση των τιμών του φυσικού αερίου που συνδέονται με το πετρέλαιο. Ενώ η μέση τιμή του αργού τους πρώτους οκτώ μήνες του 2014 ήταν \$100/bbl (Billion Barrels), μειώθηκε απότομα σε μέση τιμή \$52/bbl το 2015 και \$43/bbl το 2016. Δεδομένου ότι τα συμβόλαια LNG σε τιμές συνδεδεμένες με το πετρέλαιο επηρεάζονται με καθυστέρηση τριών έως έξι μηνών σε σχέση με το πετρέλαιο, οι τιμές του εισαγόμενου LNG στην Ασία παρέμειναν σταθερές το 2014. Οι εισαγωγές της Ιαπωνίας έφτασαν στο επίπεδο των \$15/MMBtu. Το 2015, οι επιπτώσεις της αποκλιμάκωσης της τιμής του πετρελαίου καταγράφηκαν το 2015 και συνεχίστηκαν κατά τη διάρκεια του 2016. Οι τιμές του εισαγόμενου LNG στην Ιαπωνία κυμάνθηκαν σε μέση τιμή τα \$9.77/MMBtu το 2015 και σε \$6.59/MMBtu το 2016 (International Gas Union, 2016) (World Energy Council, 2017).

2.2.1. Παράγοντες καθορισμού της τιμής LNG

Παρόλο που η μέση τιμή μεταξύ διαφορετικών αγορών LNG εξαρτάται από διαφορετικούς παράγοντες, αυτές ξεκίνησαν να συγκλίνουν το 2015, καθώς ασκήθηκε πίεση στις τιμές παγκοσμίως. Οι τιμές του φυσικού αερίου στη Βόρεια Αμερική καθορίζονται στους κόμβους πώλησης υγροποιημένου αερίου, ο μεγαλύτερος από τους οποίους είναι ο Henry Hub στη Λουιζιάνα. Στην Ευρώπη η

χονδρική πώληση του φυσικού αερίου γίνεται μόνο μέσω μακροπρόθεσμων συμβολαίων. Τα συμβόλαια αυτά λαμβάνουν υπόψη τους την τιμή του φυσικού αερίου στους κόμβους ή τις τιμές του πετρελαίου και συχνά και τις δύο τιμές. Στην Ασία και πολλές ανερχόμενες αγορές χωρίς εγκαθιδρυμένη αγορά υγροποιημένου αερίου, η τιμή του LNG καθορίζεται κυρίως σε σχέση με την τιμή του πετρελαίου (International Gas Union, 2016)

Μετά την καταστροφή της Φουκουσίμα και την αύξηση των διεθνών τιμών του πετρελαίου, οι τιμές του LNG αυξήθηκαν κι αυτές ραγδαία, διατηρώντας τη δυναμική του αρμπιτράζ μεταξύ Ατλαντικού και Ειρηνικού σε υψηλά επίπεδα στο διάστημα 2011 – 2014. Εντούτοις και καθώς οι τιμές του πετρελαίου αποκλιμακώθηκαν στα τέλη του 2014 και σε όλη τη διάρκεια του 2015, οι τιμές LNG που εμπορεύονται σε σύνδεση με τις τιμές του πετρελαίου στη Ευρώπη και την Ασία αποκλιμακώθηκαν επίσης. Από μέση τιμή πάνω από \$100/bbl τους πρώτους οκτώ μήνες του 2014, οι τιμές του αργού πετρελαίου έπεσαν κάτω από τα \$50/bbl στον Ιανουάριο του 2015. Δεδομένου ότι τα συμβόλαια που είναι συνδεδεμένα με την τιμή του πετρελαίου έχουν υστέρηση τριών έως έξι μηνών σε σχέση με την τιμή του πετρελαίου, οι Ασιατικές τιμές εισαγωγής παρέμειναν σχετικά σταθερές έως το τέλος του 2014. Οι εισαγωγές της Ιαπωνίας διατηρήθηκαν στο επίπεδο των \$15/MMBtu. Το 2015 η επίδραση των χαμηλών τιμών πετρελαίου εμφανίστηκε και στις τιμές του LNG. Οι τιμές εισαγωγής στην Ιαπωνία έπεσαν περισσότερο από \$6/MMBtu κατά τη διάρκεια του 2015, φτάνοντας το Δεκέμβριο του 2015 στο επίπεδο των \$8.13/MMBtu (International Gas Union, 2016)

Επιπρόσθετα σε αυτό, η αυξανόμενη προσφορά LNG – ειδικά στην περιοχή του Ειρηνικού – σε συνδυασμό με την επιβράδυνση της ζήτησης στην Κίνα και την πτώση της ζήτησης στην Ιαπωνία παρέσυρε σε πτωτικά επίπεδα τις μέσες τιμές στην αγορά της Ασίας. Οι δύο αυτοί παράγοντες οδήγησαν τις τιμές στη Βορειοανατολική Ασία στο χαμηλό επίπεδο των \$6.81/MMBtu το Νοέμβριο, επίπεδα που δεν είχαν καταγραφεί ξανά από το 2010, χρονιά της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης (International Gas Union, 2016). Οι χαμηλότερες τιμές του πετρελαίου, η αυξημένη προσφορά LNG και η χαμηλότερη ζήτηση αποτελούν τους κυριότερους παράγοντες οι οποίοι διαμορφώνουν τις τιμές LNG.

Η πλειονότητα των συμβολαίων της Ασίας συνδέεται με τις τιμές του πετρελαίου με υστέρηση αρκετών μηνών. Κατά τη διάρκεια των πέντε τελευταίων ετών οι αγοραστές της Ασίας εμφανίζουν την τάση να διαφοροποιούν την τιμολόγηση των συμβολαίων LNG από τις παραδοσιακές συμβάσεις σύνδεσης με τις τιμές πετρελαίου, μακροπρόθεσμης διάρκειας και σταθερού προορισμού παράδοσης. Κατά το ίδιο διάστημα, τα επίπεδα παραγωγής αερίου από σχιστολιθικά κοιτάσματα στη Βόρειο Αμερική οδήγησαν τις τιμές του κόμβου Henry σε επίπεδα χαμηλότερα από αυτές της λεκάνης του Ειρηνικού και της Ευρώπης. Σα συνέπεια, Ιαπωνικές, Νοτιοκορεατικές και Ινδικές επιχειρήσεις σύναψαν συμβόλαια βασισμένα στις τιμές του Κόμβου Henry. Εντούτοις, η διαμόρφωση οικονομικού περιβάλλοντος από χαμηλές τιμές του πετρελαίου μπορεί να διαφοροποιήσει το σκεπτικό των αγορών, οδηγώντας τους αγοραστές να διασφαλίσουν τα συμβόλαια αγοράς LNG από τις ΗΠΑ. Ήδη έχει παρατηρηθεί αυξημένη δραστηριότητα συμβολαιοποίησης LNG στις ΗΠΑ τα έτη 2014 και 2015 (International Gas Union, 2016), (International Energy Agency, 2017).

Από το 2009 τα συμβόλαια φυσικού αερίου στην Ευρώπη άρχισαν να συνάπτονται ή να διαπραγματεύονται σε σχέση με τις τιμές των κόμβων διακίνησης (hub price), καταργώντας έτσι τους ιστορικούς δεσμούς με το αργό πετρέλαιο. Λόγω της ενεργειακής πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τη δυναμική της αγοράς της, οι σημαντικότεροι προμηθευτές αερίου έχουν έκτοτε αυξήσει το ποσοστό της συμμετοχής του παράγοντα της τιμής κόμβου στον τύπο υπολογισμού της τιμής για εξαγωγή αερίου μέσω αγωγών (International Gas Union, 2016)

Αντίστοιχα με τις συμβολαιοποιημένες τιμές LNG στην Ιαπωνία, η τιμή του αερίου στα σύνορα της Γερμανίας – τιμή η οποία αποτελεί δείκτη των συμβολαιοποιημένων τιμών εισαγωγής αερίου στην Ευρώπη – άρχισε το 2015 να ακολουθεί την πτωτική πορεία των τιμών του πετρελαίου και διαμορφώθηκε στα επίπεδα των \$6.80/MMBtu για το ίδιο έτος. Το γεγονός αυτό αποτελεί συνέχεια της πτωτικής τάσης που ξεκίνησε το 2014, παρόλο που οι δύο περίοδοι επηρεάστηκαν από διαφορετικούς παράγοντες. Η πολύμηνη καθυστέρηση των συμβολαίων συνδεδεμένων με το πετρέλαιο σήμαινε ότι η πτώση του 2014 από \$10.7/MMBtu τον Ιανουάριο σε περίπου \$8/MMBtu στο τέλος του έτους, δεν αντιπροσωπεύει μόνο την

πτώση των τιμών του πετρελαίου αλλά τη γενικότερη επίδραση της σύνδεσης των συμβολαίων με την τιμή κόμβου (International Gas Union, 2016)

Με δεδομένη την κάμψη στη ζήτηση στην περιοχή του Ειρηνικού και τη νέα παραγωγή που προήλθε από την περιοχή αυτή, σε συνδυασμό με περισσότερες ποσότητες LNG του Ατλαντικού και της Μέσης Ανατολής να διακινούνται προς το Ηνωμένο Βασίλειο – το οποίο διαθέτει ένα σημαντικό εμπορικό κόμβο LNG, τον National Balancing Point (NBP) – δημιουργήθηκαν οι συνθήκες σημαντικής μείωσης των τιμών στο δεύτερο εξάμηνο του 2015. Οι τιμές του κόμβου NBP το χειμώνα 2014-15 βρέθηκαν στο επίπεδο των \$7/MMBtu. Η μείωση των τιμών στην Βορειοανατολική Ασία οδήγησε τη μέση διαφορά τιμής μεταξύ των δύο περιοχών σε μόλις \$0.37/MMBtu τον Ιούνιο 2015. Το Δεκέμβριο, ο NBP ξεκίνησε να αντανakλά τις εισροές νέων παραγωγών LNG, με αποτέλεσμα τη ραγδαία πτώση του στα \$5.14/MMBtu. Στο ίδιο διάστημα οι τιμές στην Ασία έφτασαν στο επίπεδο των \$7.25/MMBtu, διαμορφώνοντας τη διαφορά τιμής στο τέλος του έτους στα \$2.11/MMBtu (International Gas Union, 2016), (U.S. Energy Information Administration-Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region, 2017).

Στη Βόρειο Αμερική οι τιμές του φυσικού αερίου καθορίζονται από τα γενικότερα θεμελιώδη μεγέθη της οικονομίας περισσότερο από τις αλλαγές στην τιμή του πετρελαίου. Οι τιμές του Henry Hub αναμένεται να διαμορφώνονται από τα θεμελιώδη της προσφοράς αερίου και της αντίστοιχης ζήτησης και λαμβάνοντας υπόψη τη βελτιωμένη υποδομή αγωγών μεταφορά από σχιστολιθικά κοιτάσματα και τον ανταγωνισμό της αγοράς καυσίμων με τον άνθρακα ή τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι παράγοντες αυτοί αναμένεται να διαμορφώσουν τις τιμές σε χαμηλότερα επίπεδα. Για πρώτη φορά σε διάστημα 15 ετών οι τιμές του Henry Hub διατηρήθηκαν σε επίπεδα κάτω των \$3.0/MMBtu όλους τους μήνες του 2015, διαμορφώντας ετήσιο μέσο στα \$2.61/MMBtu. Οι χαμηλές τιμές του πετρελαίου οδήγησαν σε μείωση της διαφοράς τιμών στα συμβόλαια συνδεδεμένα με το πετρέλαιο και τα συμβόλαια LNG των ΗΠΑ σε βραχυπρόθεσμο ορίζοντα. Όμως τα χαμηλότερα επίπεδα εκκίνησης των τιμών των ΗΠΑ και οι πολλοί διαφαινόμενοι κίνδυνοι στα θεμελιώδη των αγορών ενδεχομένως να καθιστούν τα συμβόλαια LNG

των ΗΠΑ λιγότερο ευμετάβλητα στα επόμενα χρόνια (International Gas Union, 2016), (U.S. Energy Information Administration-Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region, 2017).

2.3. Εξαγωγές LNG ανά χώρα

Το 2015, 17 χώρες εξήγαγαν LNG σε σχέση με τις 19 που έκαναν εξαγωγές το 2014. Οι χώρες που διέκοψαν τις εξαγωγές ήταν η Αίγυπτος και η Αγκόλα, λόγω κλεισίματος των μονάδων παραγωγής εξαιτίας έλλειψης πρώτης ύλης και εργασιών συντήρησης αντίστοιχα. Παρά τη μείωση του αριθμού των χωρών – εξαγωγέων, την ίδια χρονιά ξεκίνησε η λειτουργία αρκετών νέων μονάδων παραγωγής, οι οποίες συντέλεσαν στην αύξηση της συνολικής ποσότητας LNG που διακινήθηκε κατά 4.7 MT. Η μονάδα Queensland LNG στην Αυστραλία ξεκίνησε την εμπορική της δραστηριότητα στις αρχές του 2015 και παρέδωσε το πρώτο συμβολαιοποιημένο φορτίο της τον Οκτώβριο. Η μονάδα Donggi-Senoro LNG της Ινδονησίας ξεκίνησε τη λειτουργία της στο δεύτερο εξάμηνο του 2015. Στο σύνολο, οι νέες μονάδες προσέθεσαν 6.0 MT στην αγορά LNG το 2015, ποσότητες οι οποίες διατέθηκαν στην Ασία, τις παρά τον Ειρηνικό χώρες τις Ασίας και τη Μέση Ανατολή (International Gas Union, 2016).

Για πρώτη φορά από το 2010 η Ευρώπη ηγήθηκε στην αύξηση της ζήτησης, ακολουθούμενη από τη Μέση Ανατολή (Canadian Association of Petroleum Producers, 2014) Επίσης το 2015 δεν εμφανίσθηκαν νέες χώρες εξαγωγείς LNG. Τέσσερις όμως νέες αγορές – η Αίγυπτος, το Πακιστάν, η Ιορδανία και η Πολωνία – εισήγαγαν τα πρώτα τους φορτία.

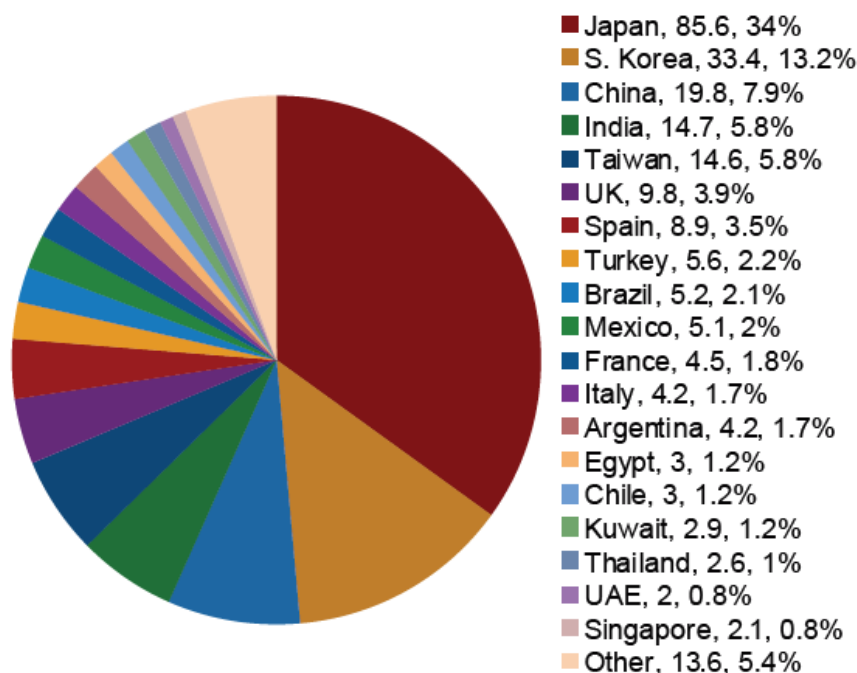
Ο αριθμός χωρών που επανεξήγαγαν LNG το 2015 ανήλθε στις 12, με την προσθήκη της Βρετανίας, της Σιγκαπούρης και της Ινδίας. Η μείωση των τιμών του πετρελαίου οδήγησε σε μείωση κατά 50% της τιμής του LNG στις χώρες της Βορειοανατολικής Ασίας το 2015, μείωση που διαμόρφωσε την τιμή του σε \$7.83 από \$15.01/MMBtu το 2014 (International Gas Union, 2016)

Τρεις νέες χώρες ξεκίνησαν να επανεξάγουν φορτία LNG το 2015, συμπεριλαμβανόμενων δύο χωρών της λεκάνης του Ειρηνικού – Ινδία και Σιγκαπούρη – και του Ηνωμένου Βασιλείου. Το γεγονός αυτό ανεβάζει το συνολικό πλήθος των επανεξαγωγέων σε 12 το 2015. Στις χώρες που ήδη επανεξάγουν LNG ανήκουν το Βέλγιο, η Γαλλία, η Ολλανδία, η Πορτογαλία, η Ισπανία, η Νότια Κορέα και οι ΗΠΑ. Οι ΗΠΑ αποτελούν τη μοναδική χώρα η οποία τόσο επανεξάγει ποσότητες LNG όσο και εξάγει κανονικά φορτία από τη μονάδα Kenai LNG της Αλάσκα. Επιπρόσθετα η Βραζιλία και το Μεξικό έχουν δυνατότητα επανεξαγωγής αν και δεν επανεξήγαγαν ποσότητες LNG το 2015 (International Gas Union, 2016)

Παρά την προσθήκη τριών νέων αγορών, η συνολική δραστηριότητα επανεξαγωγής μειώθηκε σημαντικά το 2015, για πρώτη φορά σε διάστημα 6 ετών λόγω του περιορισμού των διαφορών στην τιμή του καυσίμου. Οι συνολικές επανεξαγωγές ανήλθαν στην ποσότητα των 4.6 MT μόνο, σημειώνοντας μείωση κατά 37% από το 2014. Παρόλο που η Ευρώπη κυριαρχεί στην επανεξαγωγική δραστηριότητα με 3.6 MT το 2015 (-2.3 MT σε σχέση με το 2014), ήταν υπεύθυνη για τη συνολική παγκόσμια μείωση επανεξαγωγών. Μετά από αλματώδη αύξηση κατά 90% το 2014, η Ισπανία κατέγραψε τη μεγαλύτερη πτώση το 2015 (-65% ή -2.4 MT). Η ύφεση αυτή στον τομέα της επανεξαγωγής LNG οφείλεται σε παγκόσμιους παράγοντες όπως η αύξηση της παραγωγής στις χώρες του Ειρηνικού και οι σημαντικά μειωμένες δυνατότητες αρμπιτράζ, παρά στην αύξηση της ζήτησης στην Ευρώπη (International Gas Union, 2016)

2.4. Εισαγωγές LNG ανά χώρα

Αντίθετα με τον μειούμενο αριθμό εξαγωγέων, ο αριθμός των χωρών εισαγωγέων αυξήθηκε το 2015, με την προσθήκη τεσσάρων νέων αγορών LNG. Η προσθήκη της Ιορδανίας, του Πακιστάν, της Πολωνίας και της Αιγύπτου ανέβασε τον αριθμό των χωρών εισαγωγέων LNG σε 33.



Διάγραμμα 2.5: Εισαγωγές LNG ανά χώρα.
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

Παρόλο που η Ασία του Ειρηνικού αποτέλεσε και το 2015 τη μεγαλύτερη αγορά LNG με 139.8 MT, εμφάνισε σημαντική μείωση κατά 5.1 MT στην κατανάλωση. Η Ιαπωνία αποτελεί τη μεγαλύτερη αγορά στην περιοχή και παγκόσμια, ακολουθούμενη από τη Νότια Κορέα και την Ταϊβάν. Η Ασία – έχοντας οριακά ξεπεράσει την Ευρώπη το 2014 – έπεσε ξανά στην τρίτη θέση το 2015. Τόσο η Ασία όσο και Ευρώπη αύξησαν τη ζήτησή τους το 2015. Η Κίνα, η Ινδία και το Πακιστάν εισήγαγαν συνολικά 35.6 MT, ποσοστό σχεδόν 15% του παγκόσμιου εμπορίου. Οι εισαγωγές στην Ευρώπη έφτασαν τους 37.5 MT, αυξημένες κατά 4.6 MT σε σχέση με το 2014, δεδομένου ότι οι επανεξαγωγές μειώθηκαν στο ίδιο διάστημα (Notos Group, 2016).

Η Ευρώπη επέδειξε τη μεγαλύτερη αύξηση το 2015, η οποία ήταν 4.6 MT. Σε αυτό συντέλεσε η ασθενέστερη ζήτηση από τις χώρες του Ειρηνικού, γεγονός που οδήγησε τους παραγωγούς του Ατλαντικού και της Μέσης Ανατολής να διαθέσουν μεγαλύτερες ποσότητες στην Ευρώπη. Το 2015 αποτέλεσε τη χρονιά κατά την οποία η Ευρώπη εμφάνισε θετικό πρόσημο αύξησης εισαγωγών από το 2011 (κατά 0.2 MT). Από τις 11 χώρες – εισαγωγείς της Ευρώπης, μόνο η Γαλλία παρουσίασε μείωση 0.2 MT. Χωρίς να περιλαμβάνονται οι νέες αγορές της Ευρώπης που εμφανίστηκαν το

2015, η Βρετανία είχε τη μεγαλύτερη ετήσια αύξηση εισαγωγών κατά 1.3 MT σε σχέση με το 2014, αν και την ίδια χρονιά ξεκίνησε την επανεξαγωγή φορτίων LNG. Τη Βρετανία ακολούθησε το Βέλγιο, το οποίο σχεδόν διπλασίασε τις εισαγωγές LNG και έφτασε στο ύψος των 1.9 MT. Η Πολωνία – η οποία αποτέλεσε τη νέα εισαγωγέα χώρα στην Ευρώπη το 2015 – συνεισέφερε μικρό ποσοστό στην αύξηση της κατανάλωσης στην Ευρώπη, δεδομένου ότι παρέλαβε το πρώτο της φορτίο το τέλος Δεκεμβρίου του 2015

Μετά την Ευρώπη, η δεύτερη και Τρίτη μεγαλύτερη αύξηση της ζήτησης καταγράφηκε από αναδυόμενες περιοχές: την Αφρική και τη Μέση Ανατολή. Η Ιορδανία προσέθεσε 1.8 MT νέων εισαγωγών κατά το πρώτο έτος παρουσίας της στην αγορά, εξυπηρετώντας τόσο τις δικές της ανάγκες όσο και τις ανάγκες της γειτονικής της Αιγύπτου. Οι υφιστάμενοι εισαγωγείς Κουβέιτ και Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα εμφάνισαν επίσης σημαντική αύξηση ζήτησης (0.8 MT), εκμεταλλευόμενες τις χαμηλές τιμές εισαγωγής για την εξυπηρέτηση των εγχώριων αυξανόμενων αναγκών τους (U.S. Energy Information Administration-Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region, 2017).

Η έναρξη λειτουργίας δύο μονάδων στην Αίγυπτο σηματοδότησε την έναρξη εισαγωγών LNG για πρώτη φορά. Η Αίγυπτος εμφάνισε τη μεγαλύτερη αύξηση εισαγωγών από οποιονδήποτε εισαγωγέα ιστορικά, παραλαμβάνοντας περισσότερο από 1 MT στους πρώτους τέσσερις μήνες λειτουργίας της και μόνο. Έως το τέλος του έτους η ποσότητα αυτή έφτασε τους 3.0 MT. Οι τιμές αυτές είναι σημαντικά υψηλότερες από τις επιδόσεις που είχε η επιτύχει η Ινδία το 2004 (χρονιά που ξεκίνησε τις εισαγωγές της σε LNG) με 1.0 MT (International Gas Union, 2016).

Η μεγαλύτερη μείωση προήλθε από την Ασία Ειρηνικού, η οποία ανήλθε σε 5.1 MT. Η επαναλειτουργία του πρώτου πυρηνικού σταθμού της Ιαπωνίας από το 2013 σε συνδυασμό με τη χαμηλότερη ζήτηση και τον αυξημένο ανταγωνισμό των ανταγωνιστικών καυσίμων οδήγησε σε μείωση 3.1 MT. Ο ανταγωνισμός στις τιμές των καυσίμων στον τομέα της ενέργειας αποτέλεσε σημαντικό παράγοντα για τη μείωση της ζήτησης LNG κατά 4.5 MT στη Νότια Κορέα, δεδομένου ότι ο άνθρακας αποτελεί προτιμητέο καύσιμο για παραγωγή ενέργειας. Η επαναλειτουργία επιπλέον πυρηνικών σταθμών και μονάδων παραγωγής ενέργειας από καύση άνθρακα στην

Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα, αναμένεται να διατηρήσει την κάμψη στη ζήτηση LNG στα επόμενα χρόνια (U.S. Energy Information Administration-Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region, 2017).

Παρόλο που η αύξηση της ζήτησης της Κίνας διατηρήθηκε και το 2015 (+0.02 MT), παρατηρήθηκε σημαντική μείωση στα συμβόλαια αγοράς. Η συνολική ζήτηση της Ασίας αυξήθηκε κατά 2.0 MT το 2015, μέγεθος στο οποίο συντέλεσε κατά 1.1 MT η προσθήκη του Πακιστάν σαν εισαγωγέα και η ελαφρά αύξηση των εισαγωγών στην Ινδία (+0.2 MT). Παρόλο που η Κίνα έχει υπογράψει συμβόλαια τα οποία δημιουργούν σημαντική αύξηση εισαγωγών τα έτη 2016 – 2017, παραμένει η αβεβαιότητα εάν η χώρα έχει τη δυνατότητα να απορροφήσει τις ποσότητες αυτές. Σε μια τέτοια περίπτωση οι επιπλέον ποσότητες θα μεταφερθούν στις αγορές της Ασίας Ειρηνικού (International Gas Union, 2017).

Οι εισαγωγές τόσο στη Λατινική Αμερική όσο και στη Βόρειο Αμερική σημείωσαν κάμψη το 2015. Στη Λατινική Αμερική η οικονομική ύφεση και τα αποθέματα ενέργειας των υδροηλεκτρικών μονάδων οδήγησαν σε μείωση της ζήτησης κατά 0.8 MT. Παρόλη τη μείωση, η Λατινική Αμερική προηγείται στη ζήτηση LNG της Βόρειας Αμερικής κατά 7.1 MT. Η υφιστάμενη προοπτική της περιοχής και ειδικότερα της Βραζιλίας ενδέχεται να διατηρήσει τη μείωση της ζήτησης LNG στα επόμενα χρόνια. Το Μεξικό, το οποίο αποτελεί το μεγαλύτερο εισαγωγέα στη Βόρειο Αμερική, παρουσίασε το τρίτο μεγαλύτερο μέγεθος μείωσης μετά την Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα. Η ολοκλήρωση ενός νέου αγωγού μεταφοράς από τις ΗΠΑ οδήγησε σε μείωση των εισαγωγών LNG κατά 1.7 MT. Η δημιουργία ενός νέου δικτύου αγωγών θα επιτρέψει την τροφοδοσία του από τις ΗΠΑ με χαμηλότερο κόστος, μειώνοντας τις ανάγκες προμήθειας LNG στα επόμενα χρόνια (International Gas Union, 2016).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η εγχώρια παραγωγή και η διακίνηση μέσω αγωγών καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειακών αναγκών σε ποσοστό 70.6% και 19.6% αντίστοιχα. Η ζήτηση LNG γνώρισε σημαντική άνοδο στα τέλη της δεκαετίας του 1990 και τη δεκαετία του 2000, με το μερίδιό του να σταθεροποιείται στο 10% περίπου της παγκόσμιας ζήτησης από το 2010. Το 2014, το ποσοστό LNG στο σύνολο της κατανάλωσης φυσικού αερίου ανήλθε στο 9.8% (BP Statistical Review of World Energy, 2014).

Οι εισαγωγές LNG αυξήθηκαν σε παγκόσμιο επίπεδο για διάφορους λόγους. Στις μεγάλες αγορές της Ασίας Ειρηνικού, γεωγραφικοί και γεωλογικοί περιορισμοί καθιστούν το LNG τη μόνη βιώσιμη πηγή παροχής καυσίμου. Οι χώρες της Ασίας Ειρηνικού εξαρτώνται από το LNG από οποιοσδήποτε άλλες χώρες του κόσμου. Εύλογα παρατηρείται οι χώρες αυτές να εμφανίζουν το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης LNG από τις χώρες της Λατινικής Αμερικής και της Ευρώπης. Έχοντας λίγη έως καθόλου εγχώρια παραγωγή και τη μη δυνατότητα εγκατάστασης αγωγών μεταφοράς, η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα και η Ταϊβάν – οι πλέον σημαντικές αγορές LNG στην Ασία Ειρηνικού - βασίζονται στο LNG σε ποσοστό που προσεγγίζει το 100% των ενεργειακών τους αναγκών (Canadian Association of Petroleum Producers, 2014).

Σε άλλες σημαντικές αγορές αερίου, οι αντίστοιχες χώρες χρησιμοποίησαν το LNG για να αντικαταστήσουν πεπαλαιωμένα συστήματα παραγωγής και διακίνησης καυσίμων. Αυτό παρατηρήθηκε στη Μεγάλη Βρετανία, την Ολλανδία, την Αίγυπτο και την Αργεντινή. Άλλες αγορές με καθόλου ή περιορισμένη εγχώρια παραγωγή όπως το Βέλγιο, η Ελλάδα και η Γαλλία στράφηκαν στο LNG κυρίως για να συμπληρώσουν της ενεργειακές τους ανάγκες οι οποίες καλύπτονται από συστήματα αγωγών μεταφοράς. Εισαγωγές LNG παρατηρούνται επίσης και σε χώρες – παραγωγούς φυσικού αερίου όπως το Κουβέιτ, η Ταϊλάνδη και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, όπου η σταθερή εγχώρια παραγωγή αδυνατεί να καλύψει τις ραγδαία αυξανόμενες εγχώριες ανάγκες της κατανάλωσης (International Gas Union, 2015).

Σε άλλες περιπτώσεις το LNG χρησιμοποιείται για να αυξήσει την ασφάλεια παροχής αερίου. Η Ιταλία και η Τουρκία αποτελούν παραδείγματα χρήσης του LNG με σκοπό να υπάρχουν εναλλακτικές μέθοδοι τροφοδοσίας τους εκτός από το πολύ καλό δίκτυο αγωγών που διαθέτουν. Επίσης το LNG εξυπηρετεί χώρες με ασταθείς συνθήκες τροφοδοσίας τους μέσω αγωγών, όπως το Ισραήλ και η Ιορδανία, χώρες οι οποίες απώλεσαν τη δυνατότητα τροφοδοσίας τους μέσω αγωγών από την Αίγυπτο (International Gas Union, 2015).

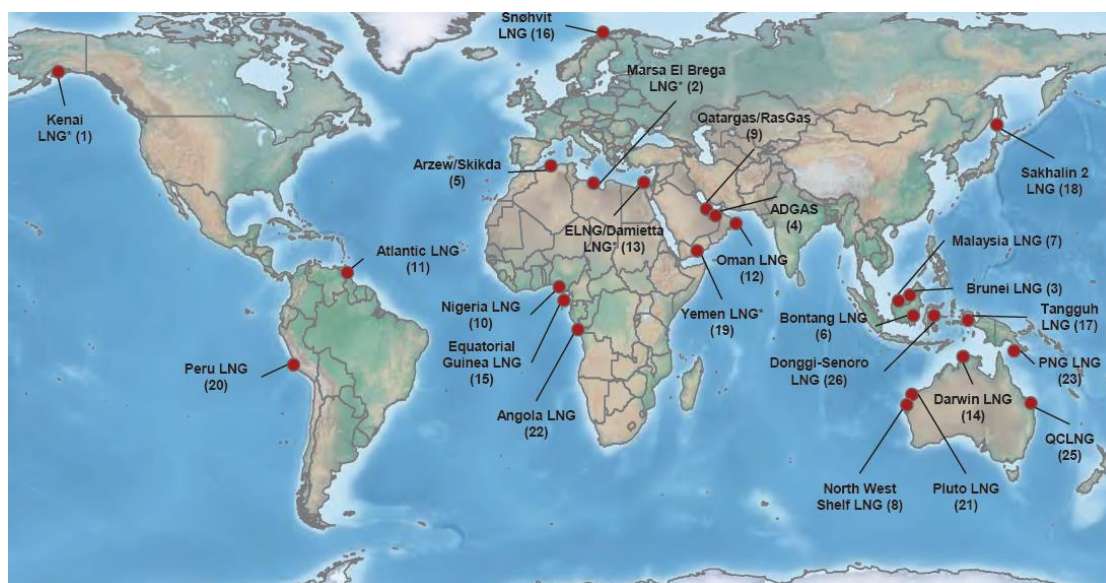
Τα τελευταία λίγα χρόνια, διάφορες αλλαγές επέτρεψαν σε αρκετές αγορές να απεξαρτηθούν από τις εισαγωγές LNG. Ενδεικτικά η παραγωγή φυσικού αερίου από σχιστολιθικά πετρώματα στις ΗΠΑ επέτρεψε στη χώρα να γίνει αυτάρκης σε φυσικό αέριο. Επιπρόσθετα αυτό το γεγονός οδήγησε σε απότομη μείωση των αναγκών σε

LNG και στο Μεξικό και στον Καναδά, δεδομένου ότι οι χώρες αυτές διασυνδέθηκαν στο δίκτυο αγωγών μεταφοράς φυσικού αερίου των ΗΠΑ (US DOE - Energy Information Administration, 2013).

2.5. Βραχυπρόθεσμη, Μεσοπρόθεσμη και Μακροπρόθεσμη προοπτική της αγοράς LNG

Η έναρξη λειτουργίας νέων μονάδων παραγωγής στην Αυστραλία και την Ινδονησία το 2015 συνεισέφερε δραστικά στην αύξηση του βραχυπρόθεσμου και μεσοπρόθεσμου εμπορίου (όλες οι ποσότητες των μονάδων αυτών πωλήθηκαν με συμβόλαια διάρκειας έως 5 ετών). Στο σύνολό τους τα μη μακροπρόθεσμα συμβόλαια LNG έφτασαν τους 71.9 MT το 2015, ποσότητα που αντιστοιχεί στο 29% του συνολικού εμπορίου LNG (International Gas Union, 2016).

Το 2015 η παγκόσμια ονομαστική ικανότητα υγροποίησης φυσικού αερίου έφτασε τους 301.5 Million Tonnes Per Annum, με την προσθήκη δύο νέων μονάδων: του έργου του Queensland Curtis LNG (QCLNG) στην Αυστραλία, ικανότητας 8.5 MTPA και της μονάδας του Donggi-Senoro στην Ινδονησία, ικανότητας 2 MTPA (International Gas Union, 2016).



Χάρτης 2.1: Μονάδες υγροποίησης φυσικού αερίου παγκοσμίως κατά το έτος 2015.
Πηγή: (BP Statistical Review of World Energy, 2014)

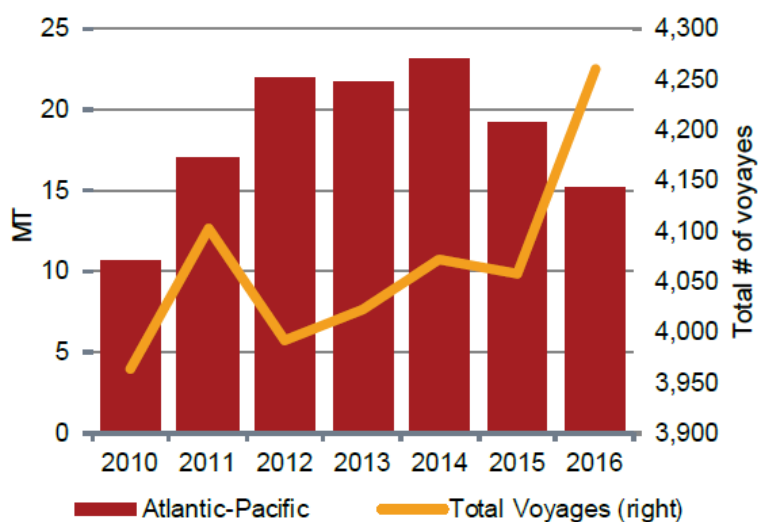
Το λιμάνι Arun της Ινδονησίας μετατράπηκε σε λιμάνι εκφόρτωσης LNG στις αρχές του 2015. Τον Ιανουάριο του 2016 επιπλέον ικανότητα υγροποίησης 142 ΜΤΡΑ βρισκόταν υπό κατασκευή σε όλη την υφήλιο. Επιπλέον ελήφθησαν οι τελικές αποφάσεις για επενδύσεις (Final Investment Decisions- FID) σε μονάδες LNG, ικανότητας 20 ΜΤΡΑ στο Sabine Pass T5, το Corpus Christi T1-2, το Freeport LNG T3, και το Cameroon FLNG (Global LNG Limited, 2015).

Τα τελευταία χρόνια η διαθέσιμη ικανότητα υγροποίησης αυξήθηκε δραματικά και έφτασε σε σύνολο τους 890 ΜΤΡΑ τον Ιανουάριο του 2016. Η ικανότητα αυτή υπερκαλύπτει τις ανάγκες που προβλέπονται για κατανάλωση LNG με αποτέλεσμα μόνο μερικές από τις μονάδες αυτές να εμφανίσουν κερδοφορία. Η παραγωγή των μονάδων υγροποίησης περιορίστηκε το 2015, δεδομένης της υπερπροσφοράς αλλά και της αβεβαιότητας για τη ζήτηση σε κομβικές αγορές (International Gas Union, 2016) Σημαντικές αναδυόμενες περιοχές περιλαμβάνουν το US Gulf Coast και τον Καναδά (οι οποίες γνωρίζουν ώθηση λόγω της αύξησης της παραγωγής αερίου από σχιστολιθικούς σχηματισμούς), την Ανατολική Αφρική (λόγω της ανακάλυψης μεγάλων κοιτασμάτων αερίου), τις περιοχές πλωτών μονάδων υγροποίησης (λόγω του χαμηλότερου κόστους υγροποίησης), τα Ασιατικά παράλια του Ειρηνικού και τα έργα στον Αρκτικό κύκλο (Ρωσία και Αλάσκα).

3. Μεταφορά και διακίνηση του LNG

3.1 Οι θαλάσσιοι δρόμοι του LNG

Ο συνολικός αριθμός θαλάσσιων μεταφορών που διεξήχθησαν το 2016 αυξήθηκε, δεδομένου ότι η προσφορά υγροποιημένου αερίου αυξήθηκε, ενώ περιοχές της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής εμφανίσθηκαν ως σημαντικοί εισαγωγείς. Κατά τη διάρκεια του 2016 διεξήχθησαν 4.246 ταξίδια, αριθμός αυξημένος κατά 5% σε σχέση με το 2015 (Διάγραμμα 3.1). Το εμπόριο παραδοσιακά διεξάγεται σε περιφερειακή βάση σε παγιωμένες διαδρομές, εξυπηρετώντας κυρίως μακροχρόνιας διάρκειας συμβόλαια. Εντούτοις, η εντεινόμενη τάση για εμπόριο LNG και μεταξύ των δύο λεκανών που παρατηρήθηκε τα προηγούμενα έτη, περιορίστηκε σημαντικά στο 2016, κυρίως λόγω της έναρξης λειτουργίας νέων μονάδων υγροποίησης τόσο στη Λεκάνη του Ατλαντικού όσο και του Ειρηνικού. Δεδομένου επίσης ότι οι δυνατότητες αρμπιτράζ ήταν περιορισμένες, το εμπόριο μεταξύ των λεκανών περιορίστηκε κατά 47%, συγκρινόμενο με το 2015.



Διάγραμμα 3.1: Συνολικός αριθμός θαλάσσιων ταξιδιών μεταφοράς LNG ανά έτος για την περίοδο 2010 – 2016.
Πηγή: (International Gas Union, 2016)

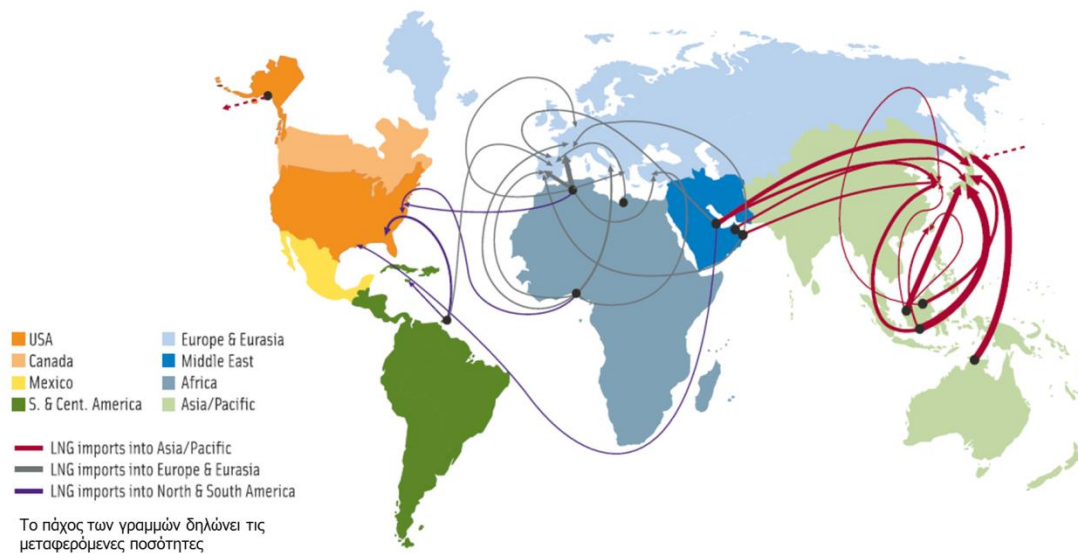
Παράλληλα περιορίστηκε η μέση απόσταση ανά ταξίδι. Επίσης, η ολοκλήρωση της Διώρυγας του Παναμά, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της απόστασης από την Gulf Coast των ΗΠΑ στην Ιαπωνία στα 9.500 ναυτικά μίλια (nm), ενώ προ της διώρυγας η απόσταση αυτή ήταν 14.400 nm όταν χρησιμοποιούταν η Διώρυγα του Σουέζ. Εντούτοις, η Διώρυγα του Παναμά δε χρησιμοποιήθηκε όσο αναμενόταν. Οι ισοτιμίες μεταξύ Ατλαντικού και Ειρηνικού περιόρισαν τη μεταφορά LNG μέσω της Διώρυγας με προορισμό τις αγορές της Ασίας. Αύξηση σημειώθηκε μόνο κατά τη διάρκεια του κρύου χειμώνα στην Ασία, ο οποίος συνέπεσε με απροσδόκητες διακοπές στην παραγωγή (International Gas Union, 2016)

Το 2016, η ποσότητα LNG που παραδόθηκε ανά σκάφος, συμπεριλαμβανόμενων και των ανενεργών, έφτασε τους 0,62 MT, συγκρινόμενη με τους 0,73 MT το 2011, πριν την έναρξη της μαζικής ναυπήγησης νέων σκαφών. Το τονάζ που ναυπηγείται συνεχίζει να υπερβαίνει το δυναμικό υγροποίησης, με αποτέλεσμα την αύξηση της διαθεσιμότητας των σκαφών μεταφοράς LNG. Το 2011, η αξιοποίηση των σκαφών έφτασε στο απόγειο της, συνέπεια της καταστροφής της Φουκουσίμα, η οποία δημιούργησε αυξημένες ανάγκες ενέργειας, οι οποίες καλύφθηκαν με LNG που προερχόταν από τη Λεκάνη του Ατλαντικού. Η δυναμική του εμπορίου από τον Ατλαντικό προς τον Ειρηνικό συνεχίστηκε τα επόμενα τρία χρόνια, δεδομένων των δυνατοτήτων αρμπιτράζ μεταξύ των Λεκανών. Η αυξημένη απόσταση μεταξύ Ατλαντικού και Ειρηνικού δημιούργησε πιέσεις στον παγκόσμιο στόλο LNG, γεγονός το οποίο εκτόξευσε τις τιμές των ναύλων και οδήγησε τους πλοιοκτήτες σε μαζικές παραγγελίες νέων σκαφών με κερδοσκοπικούς όρους (International Gas Union, 2016).

Η διαθεσιμότητα των σκαφών μεταφοράς παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα από το 2014, δεδομένου ότι η κατασκευή νέων μονάδων παραγωγής LNG καθυστέρησε σε σχέση με την εισδοχή νεότευκτων πλοίων στην αγορά. Εντούτοις, ένα μέρος των διαθέσιμων πλοίων είχε υψηλότερη αξιοποίηση σε σχέση με άλλα, για το λόγο ότι οι ιδιοκτήτες τους τα προσέφεραν σε τιμές χαμηλότερες από αυτές της αγοράς, ώστε να διατηρούν ψυχρές τις δεξαμενές και να δημιουργούν λειτουργικό ιστορικό για τα σκάφη τους σε πολλά διαφορετικά λιμάνια. Ως αποτέλεσμα, παρατηρήθηκε το φαινόμενο ενώ τα ίδια μεταφορικά διεξήγαγαν ταξίδια, άλλα παρέμεναν διαρκώς ανενεργά.

Ο Χάρτης 3.1 αποτυπώνει τις δύο μεγάλες εμπορικές ζώνες διακίνησης LNG.

- Τη Λεκάνη του Ατλαντικού, η οποία περιλαμβάνει την Ευρώπη, τη Βόρεια και Δυτική Αφρική καθώς και τις ανατολικές ακτές των ΗΠΑ και τις ακτές του Κόλπου του Μεξικό.
- Τη Λεκάνη Ασίας/Ειρηνικού, η οποία περιλαμβάνει τη Νότια Ασία, την Ινδία, τη Ρωσία και την Αλάσκα.



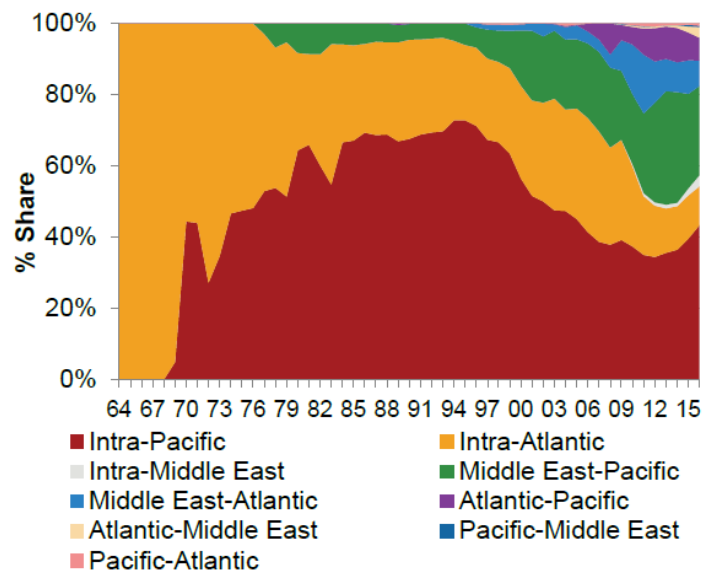
Χάρτης 3.1: Παγκόσμια διακίνηση LNG στις Λεκάνες Ειρηνικού και Ατλαντικού
Πηγή: (U.S. Energy Information Administration-Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region, 2017)

Οι χώρες – παραγωγοί LNG της Μέσης Ανατολής, οι οποίες γεωγραφικά βρίσκονται μεταξύ των δύο κύριων ζωνών, προμηθεύουν κυρίως πελάτες στην Ασία, ενώ κάποια φορτία κατευθύνονται στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ.

Οι θαλάσσιες διαδρομές του Χάρτη 3.1 απεικονίζουν τη ζήτηση LNG από τις αντίστοιχες χώρες. Η Ιαπωνία, η Νότια Κορέα και η Ταϊβάν απορροφούν περίπου το 67% των παγκόσμιων εισαγωγών LNG. Το υπόλοιπο 33% απορροφάται από εισαγωγείς της λεκάνης του Ατλαντικού. Οι μεγαλύτερες ποσότητες LNG διακινούνται προς την Ιαπωνία από την Ινδονησία και τη Μαλαισία, ενώ σημαντικές ποσότητες εισάγονται από το Κατάρ, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, την Αυστραλία, το Ομάν και το Μπρουνέι (USA Department of Energy, 2005).

Η Γαλλία εισάγει LNG κυρίως από το Κατάρ και την Αίγυπτο, ενώ η Ισπανία και το Βέλγιο από την Αλγερία. Η Ιταλία και η Τουρκία προμηθεύονται LNG κυρίως από τη Νιγηρία και την Αλγερία.

Οι σημαντικότερες ροές LNG καταγράφονται στη Λεκάνη του Ειρηνικού, και έχουν παρατηρηθεί οι μεγαλύτερες αυξήσεις τόσο στην προσφορά όσο και στη ζήτηση ανά περιφέρεια (Διάγραμμα 3.2). Η συνεχιζόμενη αύξηση της ζήτησης από την Κίνα και την Ινδία όπως επίσης και η παραγωγή της Αυστραλίας παγιώνουν τις διαδρομές αυτές και συνηγορούν στη μελλοντική τους διατήρηση. Το εμπόριο LNG μεταξύ της Μέσης Ανατολής και της Λεκάνης του Ειρηνικού κατέχει τη δεύτερη θέση από πλευράς διακινούμενης ποσότητας. Αυτό εν πολλοίς οφείλεται στο ρόλο του Κατάρ στην προμήθεια της Ιαπωνίας και της Νότιας Κορέας. Δεδομένης της αύξησης των τιμών στις αγορές της Ασίας κατά το δεύτερο εξάμηνο του 2016, το μεγαλύτερο ποσοστό της παραγωγής του Κατάρ κατευθύνθηκε προς τον Ειρηνικό, με αποτέλεσμα οι ποσότητες που διακινήθηκαν προς τον Ατλαντικό από τη Μέση Ανατολή μειώθηκαν και έφτασαν μόλις στο 7% του παγκόσμιου εμπορίου LNG.



Διάγραμμα 3.2: Ροές φορτίων LNG μεταξύ των λεκανών Ειρηνικού και Ατλαντικού
 Πηγή: (International Gas Union, 2016)

Η διαδρομή αυτή παρουσίασε τη μεγαλύτερη μείωση της κίνησης το 2016, με πτώση κατά 4,7 MT. Πολύ μικρές ποσότητες από τον Ειρηνικό διακινήθηκαν εκτός της Λεκάνης, με αποτέλεσμα οι εξαγωγές της Λεκάνης του Ειρηνικού προς τη Μέση

Ανατολή ή τον Ατλαντικό να φτάσουν στους 2,7 MT το 2016. Αντίστοιχα, λιγότερα φορτία από τον Ατλαντικό κατέληξαν στη Λεκάνη του Ειρηνικού, αντίθετα κατέληξαν στη Μέση Ανατολή. Οι συνολικές ποσότητες που διακινήθηκαν από τον Ατλαντικό προς τη Λεκάνη του Ειρηνικού και τη Μέση Ανατολή έφτασαν στους 23,3 MT το 2015 και 24,2 MT το 2016 (International Gas Union, 2017).

3.2 Φόρτωση και εκφόρτωση LNG από και προς πλωτές εγκαταστάσεις (FloatingLNG – FLNG)

Μια νέα τάση που διαμορφώνεται είναι η δημιουργία μονάδων υγροποίησης φυσικού και αεριοποίησής του σε πλωτές πλατφόρμες.

Πλωτά τερματικά (Floating terminals)

Μια νέα εφαρμογή στον τομέα του LNG είναι η δημιουργία μονάδων υγροποίησης αερίου πάνω στις εξέδρες εξόρυξης και η φόρτωση των πλοίων στο σημείο αυτό. Με τη χρήση τέτοιων μονάδων, το LNG παράγεται στην πλωτή δεξαμενή εξόρυξης, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη εγκατάστασης αγωγού από το σημείο εξόρυξης (μέσα στη θάλασσα) προς έναν σταθμό υγροποίησης στην ξηρά, διαδικασία η οποία μπορεί να καταστήσει μια επένδυση μη βιώσιμη.

Το Δεκέμβριο του 2013 το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ έδωσε έγκριση στις αιτήσεις των EOS LNG LLC και Barca LNG LLC για την εξαγωγή LNG από πλωτή μονάδα υγροποίησης στο λιμάνι του Brownsville του Texas προς χώρες με Συμφωνία Ελεύθερου Εμπορίου (FreeTradeAgreement – FTA) με τις ΗΠΑ (Sutherland LNG, 2013).

Η αντίστροφη διαδικασία αεριοποίησης μπορεί να διεκπεραιώνεται σε πλωτές δεξαμενές σε κοντινή απόσταση από την ξηρά, στις οποίες υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός εκφόρτωσης του LNG από το πλοίο, την αεριοποίησή του και τη διάθεσή του στο δίκτυο διανομής. Τέτοιου είδους πλωτές μονάδες μπορούν να μεταφέρονται στα σημεία όπου η ζήτηση LNG έχει εποχικά χαρακτηριστικά (περιόδους αυξημένης ζήτησης).



Εικόνα 3.1: Εφοδιαστική αλυσίδα Floating LNG
Πηγή: (Wärtsilä-the total LNG solution provider, 2015)
(Προσαρμοσμένη)

Αυτή η τεχνολογική εξέλιξη προσθέτει στην εφοδιαστική αλυσίδα του LNG μία ακόμη επιλογή για τη θαλάσσια μεταφορά του (Εικόνα 3.1). Στην περίπτωση του FLNG, τα πλοία αντί να προσεγγίζουν σε λιμάνια με τερματικούς σταθμούς εξαγωγής / εισαγωγής, προσεγγίζουν τις πλωτές δεξαμενές για φόρτωση / εκφόρτωση LNG αντίστοιχα.



**Εικόνα 3.2: Φόρτωση LNG από πλωτή μονάδα υγροποίησης αερίου
Πηγή: (Songhurst, Brian-Floating Liquefaction (FLNG), 2016)**

Λόγοι οι οποίοι δημιουργούν και εντείνουν την τάση για μονάδες FLNG είναι:

1. Η ανακάλυψη όλο και περισσότερων κοιτασμάτων φυσικού αερίου στη θάλασσα, σε βαθιά σημεία και συνθήκες δύσκολες για την εγκατάσταση αγωγών.
2. Σε ορισμένες περιπτώσεις το FLNG μπορεί να προσφέρει οικονομικά αποδοτικές και βιώσιμες λύσεις για την εξαγωγή και διάθεση του φυσικού αερίου στην αγορά.
3. Η δια θαλάσσης μεταφορά LNG έχει αποδειχθεί ασφαλής και οικονομική οδός διακίνησης.

3.3 Τα πλοία μεταφοράς LNG



Εικόνα 3.3: Το πλοίο LNGAL Mayfar κλάσης QMax
Πηγή: (LNG World News-Siport21, 2013)

Τα 29 νέα πλοία μεταφοράς LNG που παραδόθηκαν το 2015, ανέβασαν τη διαθέσιμη χωρητικότητα σε επίπεδα τα οποία υπερκαλύπτουν την επιπλέον ζήτηση των 4.7 MT του ίδιου έτους, επιδεινώνοντας έτσι την υπερπροσφορά στην ναυτιλιακή αγορά LNG (International Gas Union, 2016)

Ένα κύμα παράδοσης νεότευκτων πλοίων LNG ξεκίνησε στα τέλη του 2012 και συνεχίστηκε το 2013. Σε αντίθεση με τον παράγοντα ζήτηση LNG ο οποίος και καθόριζε τις παραγγελίες τα προηγούμενα έτη, ο τρέχων κύκλος καθορίζεται από τον παράγοντα της προσφοράς LNG, με τις περισσότερες παραγγελίες να συνδέονται με έργα στην Αυστραλία και τις ΗΠΑ. Επίσης η καθυστέρηση στην επίτευξη υψηλών ρυθμών απόδοσης στις νέες μονάδες υγροποίησης οδήγησε σε χειροτέρευση του πλεονάσματος χωρητικότητας το 2015. Ο παράγοντας της κερδοσκοπικής ναυπήγησης έπαιξε σημαντικό ρόλο στην υπερπροσφορά χωρητικότητας. Πολλά πλοία τα οποία παραδόθηκαν το 2012 και το 2013 δεν είχαν προγραμματισμένο μεταφορικό έργο κατά το χρόνο της παραγγελίας. Σήμερα, περισσότερα από 40 πλοία

παραμένουν χωρίς ναύλο σε συγκεκριμένο συμβόλαιο ή δεν έχουν τα εχέγγυα για μακρόχρονη απασχόλησή τους (International Gas Union, 2016) (Shipyard's & Maritime Equipment Association, 2016)

Από το 2012 επίσης διαμορφώθηκε η τάση για μεγαλύτερα πλοία μεταφοράς LNG. Η μέση χωρητικότητα των πλοίων LNG που παραδόθηκαν το 2015 ήταν 163.813 m³, μέγεθος αυξημένο κατά 10% σε σχέση με τα πλοία που παραδόθηκαν το 2012. Σύμφωνα με τις καταγεγραμμένες παραγγελίες, η μέση χωρητικότητα των πλοίων LNG αναμένεται να αυξηθεί στα 175.000 m³ έως το 2020 (International Gas Union, 2016)

Η αναμενόμενη αναβάθμιση της Διώρυγας του Παναμά το 2016 θα μετατοπίσει τις χωρητικότητες των νεότευκτων πλοίων LNG στην περιοχή μεταξύ 170.000 m³ και 180.000 m³ (γνωστά ως New Panamax). Από τα 23 πλοία που παραγγέλθηκαν το 2015, το 87% κατατάσσονται στην κλάση New Panamax. Τα πλοία αυτά θα μπορούν να διέλθουν από την αναβαθμισμένη διώρυγα του Παναμά και θα προσφέρουν αυξημένη ευελιξία – σε σύγκριση με τα πλοία κλάσης Q – όταν προσεγγίζουν τα κύρια λιμάνια εκφόρτωσης, ειδικά της Ασίας (International Gas Union, 2016), (Hiramatsu, Hiraoka, Fujino, & Tsumura, 2010).

Τον Ιανουάριο του 2016 στο βιβλίο παραγγελιών καταγράφονταν 146 πλοία μεταφοράς LNG, με τις παραδόσεις να εκτείνονται έως το 2022. Το 75% των παραγγελιών σχετίζονται με ναυλώσεις διάρκειας μεγαλύτερης του ενός έτους. Αντίστοιχα, 46 από αυτά είναι διαθέσιμα για ναύλωση ανάλογα με τη ζήτηση (International Gas Union, 2016), (Poten & Partners, 2017).

Ειδικά για το 2016, αναμένονται οι παραδόσεις 46 πλοίων από τα ναυπηγεία (συμπεριλαμβανόμενων FSRU's), αν και μόνο 10.5 MTPA της επιπλέον ποσότητας υγροποιημένου αερίου αναμένεται να είναι διαθέσιμοι. Οι σημαντικές καθυστερήσεις στην παραγωγή των μονάδων υγροποίησης και οι συνθήκες υπερπροσφοράς των πλοίων μεταφοράς LNG θα παραμένουν στο μέλλον, δεδομένης της πρόσθετης χωρητικότητας που προστίθεται στο στόλο. Το βιβλίο παραγγελιών πλοίων μεταφοράς LNG αντιπροσωπεύει περίπου το 40% του υφιστάμενου στόλου, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι η υπερπροσφορά χωρητικότητας θα επηρεάσει την

αγορά LNG στα επόμενα χρόνια (International Gas Union, 2016) (Poten & Partners, 2017).

Για την αποκόμιση αξίας από παλαιότερα σκάφη, όσα προορίζονται για παροπλισμό συχνά μετατρέπονται σε FSRU ή χρησιμοποιούνται ως πλωτές μονάδες αποθήκευσης LNG. Επιπρόσθετα, εταιρίες διερευνούν τη δυνατότητα μετατροπής σκαφών τύπου Moss σε FLNG για μικρότερης κλίμακας εξαγωγικά έργα (0.5-2.5 MTPA) (International Gas Union, 2016)

Ο ρυθμός με τον οποίο παραγγέλλονται νεότευκτα πλοία μεταφοράς LNG έχει μειωθεί δραστικά από το δεύτερο εξάμηνο του 2014. Το 2015 έχουν παραγγελθεί μόλις 16 σκάφη, τα οποία και διασυνδέονται με έργα LNG των ΗΠΑ ενώ το τέταρτο τρίμηνο το 2014 αντίστοιχα είχαν παραγγελθεί 33.

3.4 Χαρακτηριστικά των πλοίων

3.4.1 Σύστημα συγκράτησης δεξαμενών

Για τη συγκράτηση των δεξαμενών στο σκάφος έχουν αναπτυχθεί δύο διαφορετικές μέθοδοι. Η μέθοδος Moss Rosenberg και η Μεμβρανώδης σχεδίαση, η οποία χρησιμοποιεί ελαστικές μεμβράνες στο τοίχωμα των δεξαμενών, οι οποίες εφάπτονται στο σκαρί. Η μέθοδος Moss Rosenberg ξεκίνησε να εφαρμόζεται το 1971 και είναι ευρέως γνωστή για τις ανεξάρτητες σφαιρικές δεξαμενές οι οποίες συχνά έχουν το πάνω ημισφαίριο εκτεθειμένο πάνω από το επίπεδο του καταστρώματος του πλοίου. Η μεμβρανώδης σχεδίαση υπάρχει σε διάφορες παραλλαγές ανάλογα με την εταιρεία κατασκευής. Η συνηθέστερη εκδοχή είναι αυτή της εταιρείας Gaztransport and Technigaz (GTT). Μια νεότερη υλοποίηση της μεθόδου αναπτύχθηκε από τη Samsung Heavy Industries. Έως το τέλος του 2015, το 76% του ενεργού στόλου διέθετε δεξαμενές μεμβρανώδους τύπου, επιλογή η οποία γίνεται και στις παραγγελίες νεότευκτων πλοίων (International Gas Union, 2016) (BRS Group, 2017).

Και οι δύο μέθοδοι βασίζονται στην πολύ καλή θερμομόνωση με τη χρήση ακριβών υλικών, ώστε το LNG να διατηρείται ψυχρό κατά τη διάρκεια του πλου και να αποφεύγεται η εξάτμισή του. Παρόλη τη διαθέσιμη τεχνολογία, μια ποσότητα που

ισοδυναμεί στο 0,15% του φορτίου εξατμίζεται κάθε ημέρα. Το ποσοστό του εξατμιζόμενου LNG (BoilOffGas – BOG) καθορίζεται από τη μόνωση της δεξαμενής, η οποία ακολούθως εξαρτάται από το σύστημα συγκράτησης της δεξαμενής. Τα νεότερα σκάφη εμφανίζουν μικρότερο ποσοστό BOG, ενώ η ελάχιστη τιμή BOG που ισχυρίζονται ότι πετυχαίνουν οι κατασκευαστές στις καλύτερες ποιοτικά υλοποιήσεις τους είναι 0,08% (International Gas Union, 2016) (BRS Group, 2017).

3.4.2 Συστήματα πρόωσης

Για να διατηρείται η πίεση της δεξαμενής κοντά στις ατμοσφαιρικές συνθήκες, πρέπει το αέριο που παράγεται από την εξάτμιση του LNG να διαφεύγει από τις δεξαμενές. Η ιδέα που αναπτύχθηκε για την αξιοποίηση αυτού του αερίου ήταν η διοχέτευσή του στις τουρμπίνες που χρησιμοποιεί το πλοίο για την πρόωσή του. Από το ξεκίνημα της νέας χιλιετίας στα συστήματα αυτά ενσωματώθηκαν καινοτομίες με σκοπό να μειώσουν το κόστος του καυσίμου κατά τη διάρκεια του πλου. Σε μια προσπάθεια να συζευχθούν οι σκοποί της χαμηλής κατανάλωσης με την ανάγκη να καταναλώνεται το BOG, αναπτύχθηκαν καινοτομικές προσεγγίσεις βασισμένες στις επιμέρους αρχές μεταφοράς, όπως η μεταφορική ικανότητα, η ταχύτητα του πλοίου, και η διάρκεια των δυνητικών του ταξιδιών. Οποιαδήποτε σύγκριση εναλλακτικών εννοιών πρόωσης των πλοίων μεταφοράς LNG και εναλλακτικών πηγών παραγωγής ενέργειας πρέπει να λαμβάνει υπόψη της την πολυπλοκότητα της μεταφοράς LNG. Σήμερα, οι μεταφορείς LNG έχουν στη διάθεσή τους τα εξής συστήματα (International Gas Union, 2016) (Hiramatsu, Hiraoka, Fujino, & Tsumura, 2010).

Τουρμπίνες ατμού

Πρόκειται για το παραδοσιακό σύστημα πρόωσης των πλοίων μεταφοράς LNG. Συνηθέστερα δύο λέβητες παράγουν επαρκή ατμό για τις κύριες τουρμπίνες πρόωσης και τις βοηθητικές μηχανές. Οι λέβητες είτε εν μέρει είτε εξολοκλήρου τροφοδοτούνται με καύσιμο πετρέλαιο. Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των τουρμπίνων ατμού είναι ότι δεν είναι απαραίτητη μονάδα καύσης. Όλο το BOG χρησιμοποιείται μέσα στους λέβητες. Το κόστος συντήρησης και οι λειτουργικές τους δαπάνες είναι σημαντικά χαμηλότερες συγκρινόμενες με τα άλλα συστήματα πρόωσης, λόγω της

απλουστευμένης σχεδίασης της αξιοποίησης του BOG που παράγεται (Hiramatsu, Hiraoka, Fujino, & Tsumura, 2010).

Στον αντίποδα, η μέθοδος έχει χαμηλή θερμική απόδοση με αποτέλεσμα υψηλότερο μεταφορικό κόστος. Τα μεγάλα πλοία μεταφοράς LNG έχουν ανάγκη περισσότερη ισχύ από αυτή που μπορούν να παράξουν τα υπάρχοντα συστήματα τουρμπίνων ατμού. Επιπρόσθετα, η στελέχωση των πλοίων με εξειδικευμένους μηχανικούς στη λειτουργία των τουρμπίνων ατμού γίνεται όλο και πιο δύσκολη, δεδομένου ότι η τεχνολογία αυτή χάνει διαρκώς μερίδιο αγοράς και όλο και λιγότερο προσωπικό αποκτά αυτές τις δεξιότητες (International Gas Union, 2016)

Dual-Fuel Diesel Electric (DFDE)

Μετά από σαράντα περίπου χρόνια όπου ο στόλος LNG αποτελούνταν αποκλειστικά από συστήματα πρόωσης τουρμπίνων ατμού, η εταιρεία GDF SUEZ (τόρα ENGIE) παρήγγειλε τα πρώτα δύο πλοία μεταφοράς LNG – το GDF SUEZ Global Energy και το Provalys – με σύστημα πρόωσης δύο καυσίμων πετρελαιο-ηλεκτροκίνησης (DFDE) το 2001. Τα συστήματα DFDE είναι σε θέση να καταναλώνουν τόσο καύσιμο πετρέλαιο όσο και BOG, βελτιώνοντας την απόδοση του σκάφους κατά 25-30% σε σχέση με τα παραδοσιακά συστήματα τουρμπίνων ατμού. Τα συστήματα DFDE χρησιμοποιούν ένα ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης το οποίο τροφοδοτείται από πετρελαιομηχανές μέσης ταχύτητας, διπλού καυσίμου. Όταν οι κινητήρες λειτουργούν με το αέριο, αυτό τροφοδοτείται σε χαμηλή πίεση αναμειγνυόμενο με πετρέλαιο. Η μετάβαση στην λειτουργία με καύσιμο πετρέλαιο μπορεί να γίνει από τους μηχανικούς οποιαδήποτε στιγμή αυτό κριθεί σκόπιμο (International Gas Union, 2016)

Τα συστήματα αυτά πρέπει να είναι κατάλληλα εξοπλισμένα ώστε να μπορούν να δέχονται το εξατμισμένο LNG. Σε αντίθεση με τις τουρμπίνες ατμού, μια Μονάδα Καύσης Αερίου (Gas Combustion Unit - GCU) είναι απαραίτητη γιατί είναι αυτή που μπορεί να διεξάγει την καύση του BOG όταν γίνει επιλογή πρόωσης με αυτό το καύσιμο. Επιπρόσθετα μία GCU είναι απαραίτητη για να απομακρυνθεί από τις δεξαμενές το αέριο που παραμένει στις δεξαμενές πριν από την επιθεώρησή τους. Η

καύση BOG απαιτεί πρόσθετο εξοπλισμό, ο οποίος αυξάνει τις ανάγκες συντήρησης (International Gas Union, 2016), (Rutkowski, 2016).

Tri-Fuel Diesel Electric (TFDE)

Τα σκάφη TFDE έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ενέργεια με καύσιμο είτε βαρύ μαζούτ, είτε καύσιμο πετρέλαιο, είτε αέριο. Σύντομα μετά την υιοθέτηση των συστημάτων DFDE, στα σκάφη TFDE ενσωματώθηκε μια περαιτέρω βελτίωση, η οποία στοχεύει στη βελτιστοποίηση της απόδοσης ανάλογα με την ταχύτητα πλεύσης. Περίπου το 25% των ενεργών πλοίων μεταφοράς LNG είναι εξοπλισμένα με συστήματα TFDE. Στις καταγεγραμμένες παραγγελίες πλοίων μεταφοράς LNG, το 31% προβλέπουν συστήματα πρόωσης TFDE (International Gas Union, 2016), (Rutkowski, 2016).

Slow-Speed Diesel (SSD) με Μονάδα Επανυγροποίησης BOG

Στα μέσα της δεκαετίας του 2000 παρουσιάστηκε ένα νέο σύστημα πρόωσης στη βιομηχανία του LNG. Αντί να χρησιμοποιείται το BOG για τη πρόωση και την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τα σκάφη κινούνται με συμβατικούς πετρελαιοκινητήρες χαμηλής ταχύτητας, οι οποίες καίνε βαρύ μαζούτ. Η ηλεκτρική ισχύς παρέχεται από γεννήτριες που κινούνται με βαρύ μαζούτ ή ναυτιλιακό πετρέλαιο (International Gas Union, 2016), (International Maritime Organization, 2015)

Το αέριο που παράγεται από την εξάτμιση υγροποιείται εξολοκλήρου εκ νέου και διοχετεύεται στις δεξαμενές. Μια επιπρόσθετη GNU επιτρέπει την καύση του BOG όταν αυτό κριθεί απαραίτητο. Το σύστημα αυτό επιτρέπει στο LNG να μεταφέρεται χωρίς απώλειες, το οποίο είναι πλεονεκτικότερο δεδομένου ότι η καύση BOG είναι διαδικασία υψηλότερου κόστους από την καύση του πετρελαίου (International Gas Union, 2016), (International Maritime Organization, 2015)

Κατά τη διάρκεια ταξιδιών κενά φορτίου, για να διατηρείται η θερμοκρασία των δεξαμενών χαμηλή, ψεκάζεται σε αυτές επανυγροποιημένο LNG. Αυτή η διαδικασία βοηθά στον περιορισμό αυξημένου αρχικού BOG όταν φορτώνονται οι δεξαμενές. Το σύνολο των σκαφών Κλάσης Q είναι εξοπλισμένο με το συγκεκριμένο τύπο

συστήματος πρόωσης (International Gas Union, 2016) (International Maritime Organization, 2015).

M-type, Electronically Controlled, Gas Injection (ME-GI)

Περίπου το 37% των παραγγελιών πλοίων LNG είναι σχεδιασμένα ώστε να ενσωματώνουν την τελευταία εξέλιξη στον τομέα του σχεδιασμού κινητήρων πλοίων μεταφοράς LNG. Ο κινητήρας ME-GI χρησιμοποιεί σύστημα υψηλής πίεσης, χαμηλής ταχύτητας έγχυσης καυσίμου. Αντίθετα από τα πλοία Κλάσης Q, τα οποία δε μπορούν να δεχτούν BOG στον κινητήρα, οι κινητήρες ME-GI βελτιστοποιούν τη δυνατότητα των μηχανών χαμηλής ταχύτητας να λειτουργούν απευθείας με BOG ή καύσιμο πετρέλαιο όταν είναι απαραίτητο, αντί μόνο να επανυγροποιούν το LNG που εξατμίζεται. Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη βέλτιστη οικονομικά λειτουργία. Ένα σκάφος χωρητικότητας 170.000 m³ με κινητήρα ME-GI κινούμενο με πλήρες φορτίο και αέριο ως καύσιμο καταναλώνει 15-20% λιγότερο καύσιμο από ένα όμοιο σκάφος με σύστημα πρόωσης TFDE. Παρόλο που η οικονομία καυσίμου των κινητήρων ME-GI είναι προφανής, αυτό που απομένει να αποδειχθεί σε βάθος χρόνου είναι η λειτουργική τους ευελιξία και η αξιοπιστία. Πρέπει να σημειωθεί ότι το πρώτο σκάφος με σύστημα πρόωσης ME-GI παραδόθηκε μόλις το δεύτερο εξάμηνο του 2015 (International Gas Union, 2016), (MAN Diesel & Turbo, 2014).

3.4.3 Μέγεθος σκαφών

Τα συμβατικά πλοία μεταφοράς LNG διαφέρουν σημαντικά ως προς το μέγεθος, αν και οι πιο πρόσφατες προσθήκες στο στόλο εμφανίζουν τάση εξομοίωσης σε πλοία μεγαλύτερης χωρητικότητας. Πριν από την εμφάνιση των πλοίων Κλάσης Q το 2008-2010, η τυπική χωρητικότητα του στόλου κυμαινόταν μεταξύ 125,000 m³ και 150,000 m³. Τα στοιχεία κατά το τέλος του 2015 καταγράφουν το 56% των ενεργών πλοίων μεταφοράς LNG να έχουν χωρητικότητα σε αυτά τα όρια.

Τα σκάφη Q-Flex (210,000-217,000 m³) και Q-Max (261,700-266,000 m³) τα οποία ανήκουν στην Κλάση Q προσφέρουν σήμερα τη μεγαλύτερη χωρητικότητα. Η Κλάση Q περιλαμβάνει 43 σκάφη και αντιπροσωπεύει το 16% της ενεργής χωρητικότητας κατά το τέλος του 2015.



Εικόνα 3.4: Πλοίο LNG κλάσης Q-Flex της εταιρείας Qatar Gas Transport (Nakilat)
Πηγή (LNG World News-Siport21, 2013)

Η χωρητικότητα των σκαφών συνεχίζει να αυξάνεται και πλέον τα νεότευκτα πλοία διαθέτουν χωρητικότητες πάνω από 170.000 m³. Αυτή η εξέλιξη εν μέρει οφείλεται στην αναβάθμιση της διώρυγας του Παναμά, η οποία θα εξυπηρετεί σκάφη χωρητικότητας έως 180.000m³ και θα επαναπροσδιορίσει την κλάση Panamax με τον όρο New Panamax. Κατά τα τέλη του 2015, το 31% του ενεργού παγκόσμιου στόλου διέθετε χωρητικότητα μεταξύ 150.000 και 180.000 m³. Το μερίδιο αυτό αναμένεται να αυξηθεί ραγδαία στα επόμενα χρόνια με τη μέση χωρητικότητα των υπό κατασκευή παραγγελιών να κινείται στην περιοχή των 170.000 m³ στα τέλη του 2015 (International Gas Union, 2016) (UNCTAD, 2016).

3.4.4 Ηλικία των σκαφών

Στα τέλη του 2015, το 55% του στόλου ήταν κάτω από τα 10 έτη, αποτέλεσμα της έκρηξης των παραγγελιών η οποία ακολούθησε την αύξηση των μονάδων υγροποίησης στα μέσα της δεκαετίας του 2000 και ξανά στις αρχές της δεκαετίας του 2010. Γενικά οι πλοιοκτήτες πρωτίστως εξετάζουν την ασφάλεια, την αξιοπιστία και

τα οικονομικά στοιχεία της λειτουργίας ενός πλοίου για να αποφασίσουν εάν θα το αποσύρουν αφού φτάσει στην ηλικία των 35 ετών, αν και υπάρχουν πλοία τα οποία λειτουργούν έως και 40 χρόνια. Περίπου το 9% των ενεργών πλοίων μεταφοράς LNG ήταν πάνω από 30 έτη το 2015. Τα πλοία αυτά αποσύρονται σταδιακά, καθώς νεότερα, μεγαλύτερα και πιο αποδοτικά σκάφη συνεχίζουν να προστίθενται στον υφιστάμενο στόλο (International Gas Union, 2016) (Shipyard's & Maritime Equipment Association, 2016).

Η ένταξη νεότευκτων πλοίων στο στόλο δίνει τη δυνατότητα στους πλοιοκτήτες να μετατρέψουν τα παλαιότερα, ώστε να επιμηκύνουν την επιχειρησιακή τους ικανότητα, ειδικά στην περίπτωση που αυτά δε μπορεί να είναι ανταγωνιστικά στην αγορά των ναυλώσεων. Το 2015 μόνο τρία σκάφη παροπλίστηκαν από το στόλο LNG και πωλήθηκαν για διάλυση. Τέσσερα σκάφη μετατράπηκαν σε μονάδες υγροποίησης ενώ ένα ακόμη σκάφος συντηρήθηκε με σκοπό να χρησιμοποιηθεί ως πλωτή αποθηκευτική μονάδα LNG στη Μάλτα (International Gas Union, 2016)

3.5 Εξέλιξη & τεχνολογία πλοίων μεταφοράς LNG

Το πρώτο πλοίο μεταφοράς LNG, το Methane Pioneer (5.034 τόνοι) απέπλευσε από τον ποταμό Calcasieu στην ακτή του κόλπου της Λουιζιάνας στις 25 Ιανουαρίου 1959 με το πρώτο φορτίο υγροποιημένου φυσικού αερίου και έπλευσε προς το Ηνωμένο Βασίλειο, όπου το φορτίο παραδόθηκε.

Η επιτυχία του Methane Pioneer προκάλεσε τη Shell να προχωρήσει στην κατασκευή δύο ειδικών πλοίων μεταφοράς LNG, το Methane Princess και το Methane Progress. Τα πλοία ήταν εφοδιασμένα με ανεξάρτητες δεξαμενές φορτίου από αλουμίνιο και έτσι άρχισε το εμπόριο υγροποιημένου φυσικού αερίου της Αλγερίας το 1964. Τα πλοία αυτά είχαν χωρητικότητα 27.000 m^3 (Shell Global, 2014)

Στα τέλη του 1969, προέκυψε ανάγκη για την εξαγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Αλάσκα στην Ιαπωνία και ουσιαστικά ξεκίνησε το εμπόριο LNG. Δύο πλοία χωρητικότητας 71.500 m^3 το καθένα κατασκευάστηκαν στην Σουηδία. Στις αρχές της δεκαετίας του 1970 η αμερικανική κυβέρνηση ενθάρρυνε τα ναυπηγεία των

ΗΠΑ για την κατασκευή πλοίων μεταφοράς LNG, και συνολικά χτίστηκαν 16 πλοία υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Τα τελευταία χρόνια, το μέγεθος και η χωρητικότητα των πλοίων μεταφοράς LNG έχει αυξηθεί σημαντικά. Από το 2005, η Qatargas υπήρξε πρωτοπόρος στην ανάπτυξη των δύο νέων κατηγοριών πλοίων μεταφοράς LNG, που αναφέρονται ως Q-Glen και Q-Max. Κάθε πλοίο έχει μεταφορική ικανότητα μεταξύ 210.000 m³ και 266.000 m³ και είναι εξοπλισμένο με εγκατάσταση υγροποίησης (Shell Global, 2014).

3.5.1 Ναυπηγικά στοιχεία πλοίων μεταφοράς LNG

Ένα πλοίο μεταφοράς LNG είναι ένα δεξαμενόπλοιο ειδικά κατασκευασμένο για την μεταφορά φυσικού αερίου.

Τα πλοία LNG είναι εξειδικευμένα δεξαμενόπλοια που μεταφέρουν υγροποιημένο φυσικό αέριο και τα οποία και χρειάζονται ειδικούς χειρισμούς και προφυλάξεις, τόσο κατά την φορτοεκφόρτωση όσο και κατά την μεταφορά τους.

Βασική διαφορά τους από τα κοινά δεξαμενόπλοια βρίσκεται στους χώρους του φορτίου. Οι δεξαμενές - αμπάρια είναι ειδικά κατασκευασμένες για να μπορούν να δέχονται φορτία με πολύ χαμηλή θερμοκρασία. Γι' αυτό κατασκευάζονται από ειδικά μέταλλα και κράματα νικελίου και χάλυβα ή ανοξείδωτου χάλυβα και κράματα αλουμινίου.

Επίσης, ο τύπος και ο τρόπος κατασκευής των δεξαμενών έχει προδιαγραφεί από τους σχετικούς κανονισμούς του International Maritime Organization (IMO). Βάσει των κανονισμών αυτών οι δεξαμενές μπορεί να ακολουθούν τις παρακάτω μεθόδους κατασκευής και συγκράτησης:

Ανεξάρτητες δεξαμενές

Οι δεξαμενές αυτές δεν αποτελούν μέρος του σκάφους, δηλαδή δεν είναι συγκολλημένες πάνω σε αυτό αλλά είναι «αυτοσυγκρατούμενες». Γύρω από τη δεξαμενή και σε μικρή απόσταση από αυτή, υπάρχει δεύτερο τοίχωμα. Ανάμεσα στο κέλυφος της δεξαμενής και το δεύτερο τοίχωμα, παρεμβάλλεται κενός χώρος, ο

οποίος προστατεύει το σκάφος από διαρροή, κυρίως ψύξης που πιθανόν να συμβεί από τη δεξαμενή φορτίου προς το περιβάλλον.

Οι ανεξάρτητες δεξαμενές διακρίνονται σε τύπου «Α» με πρισματική διατομή, τύπου «Β», με σφαιρική διατομή και τύπου «C» με κυλινδρική διατομή.

Επίσης ως ανεξάρτητες δεξαμενές θεωρούνται οι δεξαμενές τύπου Moss. Αυτό το σχέδιο ανήκει σε Νορβηγική ναυτιλιακή εταιρία. Η δεξαμενή έχει σφαιρική μορφή. Τα περισσότερα σκάφη τύπου Moss διαθέτουν τέσσερεις δεξαμενές (Lloyd's Register, 2013).

Το εξωτερικό στρώμα της δεξαμενής επενδύεται με ένα παχύ στρώμα από μονωτικό αφρό το οποίο επενδύεται με το εξωτερικό περίβλημα της δεξαμενής. Κάτω από το μονωτικό στρώμα τοποθετείται ένα λεπτό στρώμα αλουμινίου που διατηρεί στεγανή τη δεξαμενή, δημιουργώντας ατμόσφαιρα αζώτου. Αυτή η ατμόσφαιρα ελέγχεται συνεχώς για μεθάνιο το οποίο θα σημαίνει διαρροή της δεξαμενής. Το εξωτερικό της δεξαμενής επιθεωρείται τακτικά ανά διάστημα περίπου τριών μηνών.

Η δεξαμενή στηρίζεται γύρω από την περιφέρεια του ισημερινού δακτυλίου της, ο οποίος υποστηρίζεται από ένα μεγάλο κυκλικό δακτύλιο που μεταφέρει το βάρος της δεξαμενής στη δομή του πλοίου. Αυτός ο δακτύλιος επιτρέπει στη δεξαμενή να διαστέλλεται και να συστέλλεται κατά τη διάρκεια της ηρεμίας και της προθέρμανσης. Κατά τη διάρκεια της ψύξης ή προθέρμανσης, η δεξαμενή μπορεί να συστέλλεται ή να διαστέλλεται περίπου δύο πόδια ($60,96 \text{ m}^3$). (CCNR/OCIMF, 2010)

Μεμβρανώδεις δεξαμενές.

Το κέλυφος αυτών των δεξαμενών είναι σχετικά σύνθετο. Αποτελείται από ένα λεπτό μεταλλικό τοίχωμα φτιαγμένο από κράμα σιδηρονικελίου. Η εξωτερική πλευρά καλύπτεται από ένα μονωτικό στρώμα πάχους 200 mm, φτιαγμένο συνήθως από περλίτη, στη συνέχεια από μια δεύτερη μεμβράνη ίδια με την πρώτη και εξωτερικά πάλι από ένα ίδιο με το προηγούμενο μονωτικό στρώμα περλίτη. Η ενισχυμένη μόνωση προορίζεται να ελαχιστοποιεί την απώλεια θερμότητας από την δεξαμενή φορτίου και να προστατεύει το γύρω σκάφος από τυχόν διαρροή ψύξης. (CCNR/OCIMF, 2010)

Ημιμεμβρανοειδείς δεξαμενές

Αυτές αποτελούν μια παραλλαγή δεξαμενών τύπου μεμβράνης με τη διαφορά ότι αυτές είναι αυτοσυγκρατούμενες και το πρώτο τοίχωμα τους είναι σχετικά λεπτότερο από το αντίστοιχο των δεξαμενών μεμβράνης. Η διατομή τους είναι αρμονική με επίπεδες πλευρές και ορθές γωνίες. (CCNR/OCIMF, 2010)

Ενσωματωμένες δεξαμενές

Οι δεξαμενές αυτές είναι ενσωματωμένες πάνω στο σκάφος, με τη διαφορά ότι γύρω από το κέλυφος τους υπάρχει πολύ ισχυρή μόνωση, για να ελαχιστοποιείται η απώλεια θερμότητας από τις δεξαμενές φορτίου, αλλά και για να προστατεύεται η δομή του σκάφους γύρω από τη δεξαμενή από την ψύξη του φορτίου.

Έχουν πρισματική διατομή, η οποία μοιάζει αρκετά με τη διατομή του αμπαριού ενός μεταλλευματοφόρου φορτηγού.

Το σκάφος

Τα πλοία μεταφοράς LNG διαθέτουν κανονικές δεξαμενές έρματος, όπως τα φορτηγά ξηρού φορτίου, έχουν δηλαδή διπύθμενα και διαθέτουν πλευρικές και άνω δεξαμενές έρματος. Ειδικά οι πλευρικές δεξαμενές επικοινωνούν άμεσα με τα διπύθμενα, με τρόπο ώστε το πλοίο να έχει εσωτερικά και δεύτερο περίβλημα - κέλυφος, ίδιο με το εξωτερικό περίβλημα του σκάφους. Η ύπαρξη διπλού περιβλήματος είναι ρητή και επιβεβλημένη απαίτηση των νηογνομώνων, για όλα τα πλοία μεταφοράς LNG.

Τέλος, κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των πλοίων μεταφοράς LNG, σε ό,τι αφορά την κατασκευή και τον εξοπλισμό τους είναι:

- Οι χώροι φορτίου είναι απομονωμένοι από το μηχανοστάσιο, το λεβητοστάσιο, τους χώρους ενδιαίτησης, τα φρεάτια των αλυσίδων, τις αποθήκες κλπ, μέσω ενδιάμεσων κενών και στεγανών χώρων.
- Οι σωληνώσεις φορτοεκφόρτωσης διέρχονται πάνω από τα κουβούσια των δεξαμενών και από εκεί προς τη δεξαμενή, για να αποφεύγεται ο κίνδυνος από τυχόν διαρροή αερίου σε περίπτωση ζημιάς των σωληνώσεων.

- Η κάθε δεξαμενή φορτίου διαθέτει κατά κανόνα το δικό της αντλιοστάσιο, το οποίο είναι εγκατεστημένο πάνω στο κύριο κατάστρωμα.
- Ο International Maritime Organization μέσα από σχετικό Κώδικα, κατατάσσει τα αεριοφόρα σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό επικινδυνότητας των φορτίων που μεταφέρουν για το περιβάλλον:
 - Πλοία τύπου 1 G (μεταφέρουν φορτία πολύ μεγάλου κινδύνου)
 - Πλοία τύπου 2 G (μεταφέρουν φορτία μειωμένης επικινδυνότητας)
 - Πλοία τύπου 3 G (μεταφέρουν φορτία ελάχιστης επικινδυνότητας)

4 Η ναυτιλιακή αγορά LNG

Οι αλλαγές στον τομέα του LNG κατά την περασμένη δεκαετία έχουν επηρεάσει τη ναυσιπλοΐα του LNG, ιδίως στη Λεκάνη του Ειρηνικού. Ο κλάδος της ναυτιλίας του LNG – όπως και οι περισσότερες ναυτιλιακές αγορές – εμφανίζει κύκλους και στο πλαίσιο αυτό το 2015 καταγράφηκε ένα νέο χαμηλό επίπεδο ναύλων εξαιτίας της υπερπροσφοράς χωρητικότητας.

Πιο συγκεκριμένα και έχοντας ως σημείο αναφοράς το έτος 2015, οι τιμές των ναύλων έπεσαν στο επίπεδο των \$20.000/ημέρα για πετρελαιοκίνητα σκάφη και των \$27.000/ημέρα για σκάφη διπλού ή τριπλού καυσίμου (dual-fuel diesel electric DFDE/Tri-Fuel Diesel Electric TFDE), δεδομένου ότι η ζήτηση για ποσότητες του Ατλαντικού στη Λεκάνη του Ειρηνικού μειώθηκε και επίσης μειώθηκαν οι επανεξαγωγές. Η συνεχιζόμενη εμφάνιση νεότευκτων πλοίων που παρατηρείται το 2016 συμπίεσε περαιτέρω την ναυτιλιακή αγορά LNG, διατηρώντας στο εγγύς μέλλον την πτωτική τάση των τιμών των ναύλων. Επιπρόσθετα, η αγορά διαμορφώνεται σε δύο βαθμίδες: τη βαθμίδα των νεότευκτων πλοίων και τη βαθμίδα των παλαιότερων πετρελαιοκίνητων σκαφών. Ωστόσο, εξαιτίας της μείωσης των τιμών του πετρελαίου, η διαφορά κόστους λειτουργίας των πλοίων λόγω του είδους του καυσίμου που χρησιμοποιούν συμπιέστηκε, περιορίζοντας έτσι το συγκριτικό πλεονέκτημα των πιο προηγμένων συστημάτων κίνησης των νεότευκτων πλοίων (International Gas Union, 2016)

4.1 Η αγορά των ναυλώσεων

Πιο συγκεκριμένα και όσον αφορά τους ναύλους των πλοίων μεταφοράς LNG, αυτοί μειώθηκαν και παρέμειναν σε χαμηλά επίπεδα για όλη τη διάρκεια του 2015. Τα παλαιότερα σκάφη με υψηλότερο κόστος λειτουργίας (μικρότερη χωρητικότητα και λιγότερο αποδοτικό σύστημα πρόωσης) συχνά ναυλώνονται χαμηλότερα. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην εμφάνιση μιας αγοράς ναύλων σε δύο διακριτά επίπεδα: μια «premium» αγορά των νεότερων DFDE/TFDE σκαφών (τα οποία τυπικά διαθέτουν μεγαλύτερη χωρητικότητα) και μια αγορά των ατμοκίνητων σκαφών, τα οποία

συνήθως έχουν μικρότερη χωρητικότητα (μικρότερη από 150.000 m³) (International Gas Union, 2016), (BRS Group, 2017).

Το 2015 παραδόθηκαν από ναυπηγικές μονάδες 27 συμβατικά πλοία μεταφοράς LNG και 2 Floating Storage Regasification Units ενώ 22 αποσύρθηκαν από την κυκλοφορία ή πωλήθηκαν για διάλυση. Μόνο δύο μονάδες υγροποίησης δημιούργησαν πρόσθετη ζήτηση για χωρητικότητα κατά τη διάρκεια του έτους: η QCLNG και η Donggi-Senoro LNG. Οι μονάδες αυτές απαιτούν ελάχιστη πρόσθετη χωρητικότητα από την αγορά των ναυλώσεων, δεδομένου ότι τα πλοία που θα εξυπηρετούν τις μονάδες αυτές έχουν ήδη παραγγελθεί και θα τις εξυπηρετήσουν μακροπρόθεσμα (International Gas Union, 2016)

Οι τιμές των ναύλων συνέχισαν την πτωτική τους τροχιά το 2015, δεδομένου ότι η αύξηση της διαθέσιμης χωρητικότητας υπερκάλυψε την αύξηση της ζήτησης λόγω (International Gas Union, 2016), (International Energy Agency, 2017).

1. Της προσθήκης 28 νέων σκαφών το 2014 και 27 έως το τέλος του 2015, η χωρητικότητα των οποίων ήταν μακράν μεγαλύτερη από την αύξηση της προσφοράς κατά 5.7MT.
2. Μικρότερων αναγκών για θαλάσσια μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις, λόγω της ύφεσης της αγοράς της Βορειοανατολικής Ασίας το 2015 και των επιπρόσθετων ποσοτήτων οι οποίες προήλθαν από τη Λεκάνη του Ειρηνικού.
3. Καθυστερήσεων στην ολοκλήρωση νέων μονάδων LNG και του κλεισίματος άλλων (όπως στην Υεμένη και την Αγκόλα), οι οποίες οδήγησαν τα πλοία τα οποία εξυπηρετούσαν τις συγκεκριμένες μονάδες να αναζητήσουν ναυλώσεις στη βραχυπρόθεσμη αγορά, αυξάνοντας ακόμη περισσότερο την προσφορά χωρητικότητας.

Μετά το πρώτο τρίμηνο του 2015, η μέση τιμή του ναύλου για ατμοκίνητα σκάφη έπεσε στις \$20.000/ημέρα, δεδομένου ότι η ζήτηση από τη Βορειοανατολική Ασία εξασθένησε και τα ναυπηγεία συνέχιζαν τις παραδόσεις των νεότευκτων πλοίων. Αν και η πλειονότητα των σκαφών DFDE/TFDE διαθέτει καλύτερες επιδόσεις από τα αντίστοιχα ατμοκίνητα λόγω της καλύτερης ενεργειακής απόδοσής τους, ένας αυξανόμενος αριθμός DFDE/TFDE αναγκάστηκε να παραμείνει ανενεργός λόγω της

έλλειψης μεταφορικού έργου. Αρκετοί πλοιοκτήτες οι οποίοι ήλπιζαν στη διασφάλιση υψηλών ναύλων για τα νεότερα και πιο αποδοτικά σκάφη τους, αντιμετώπισαν δυσκολίες στο να τα ναυλώσουν. Αντίθετα, τα πλοία υποχρεώθηκαν να αποδεχτούν ναύλους κάτω και από τα χαμηλά επίπεδα του ημερήσιου ναύλου, με σκοπό να διατηρούν τη χαμηλή θερμοκρασία των δεξαμενών τους (International Gas Union, 2016) (International Gas Union, 2017).

Στην περίπτωση που οι δεξαμενές δε βρίσκονται σε ψυχρή κατάσταση, τα πλοία δεν είναι διαθέσιμα για άμεση εξυπηρέτηση μιας ναύλωσης που προκύπτει. Επιπλέον ο αριθμός των δεξαμενών με ληγμένα έγγραφα επιθεώρησης συνέχισε να αυξάνει, απαγορεύοντας έτσι ουσιαστικά την πλήρωση των δεξαμενών με φορτίο, ακόμη και σε περιπτώσεις που οι μεταφορικές ανάγκες το επέβαλαν. Αυτό το γεγονός οδήγησε στη μείωση του αριθμού των πλοίων που είναι άμεσα διαθέσιμα (International Gas Union, 2016), (MAN Diesel & Turbo, 2014).

Η υπερπροσφορά χωρητικότητας έδωσε τη δυνατότητα στους πελάτες να έχουν μεγαλύτερη ευελιξία στην υποβολή προσφορών για βραχυπρόθεσμα συμβόλαια FreeOnBoard (FOB). Αντίθετα, κατά τη διάρκεια περιόδων έλλειψης πλοίων, οι προμηθευτές LNG απαιτούν από τον αγοραστή να διαθέσει συγκεκριμένο πλοίο πριν αυτός υποβάλλει προσφορά για ένα φορτίο FOB. Η διαθεσιμότητα χωρητικότητας για βραχυπρόθεσμη ναύλωση δημιουργεί τις συνθήκες οι αγοραστές να υποβάλλουν προσφορές χωρίς να δηλώνουν το πλοίο μεταφοράς. Τον Ιούνιο του 2015, τα βραχυπρόθεσμα ναύλα αυξήθηκαν στις \$26.000/ημέρα για τα ατμοκίνητα και \$33.000/ημέρα για σκάφη DFDE/TFDE. Η ζήτηση προσφορών από την Αίγυπτο, την Ιορδανία, το Πακιστάν και την Αργεντινή ανάγκασε τους πωλητές εμπορευμάτων (traders) οι οποίοι δε διέθεταν την απαραίτητη χωρητικότητα LNG να αναζητήσουν βραχυπρόθεσμες ναυλώσεις για να καλύψουν τις ανάγκες των πελατών τους. Αυτή η αύξηση στα βραχυπρόθεσμα ναύλα προσωρινά ώθησε τις τιμές τους των ναύλων σε ελαφρά υψηλότερα επίπεδα, δεδομένης της μικρής διαθεσιμότητας σκαφών με κρύες δεξαμενές (International Gas Union, 2016), (Notos Group, 2016).

Τον Αύγουστο του 2015, αντιδρώντας στους χαμηλούς ναύλους και στην κατάσταση που διαμορφωνόταν με πολλά νεότευκτα πλοία ανενεργά, οι εταιρείες Dynagas, GasLog, και Golar LNG δημιούργησαν μια «δεξαμενή» πλοίων μεταφοράς LNG

ώστε να βοηθήσουν στην προώθηση των πλοίων τους στην αγορά. Οι «δεξαμενές» πλοίων είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται στις θαλάσσιες μεταφορές εμπορευμάτων, όπως πετρελαίου και ξηρών φορτίων. Με την κίνηση αυτή, η μέθοδος εφαρμόστηκε και στη μεταφορά LNG. Μια «δεξαμενή» πλοίων μεταφοράς LNG δίνει τη δυνατότητα στους πλοιοκτήτες να είναι πιο ευέλικτοι επιχειρησιακά, να διαχέουν τον κίνδυνο σε μια ομάδα πλοιοκτητών, να σταθεροποιούν τις χρηματοροές και ιδανικά αποκτούν μεγαλύτερη επιρροή στη διαμόρφωση των ναύλων, ελέγχοντας μεγαλύτερο ποσοστό της διαθέσιμης συνολικά χωρητικότητας. Η «δεξαμενή» αυτή είναι γνωστή ως «Cool Pool» και η διαχείρισή της έχει ανατεθεί στην εταιρεία Dynagas. Στη «δεξαμενή» αυτή συμμετείχαν 14 πλοία και ο στόχος της ήταν οι ναυλώσεις για διάστημα 12 μηνών ή λιγότερο (International Gas Union, 2016), (Notos Group, 2016).

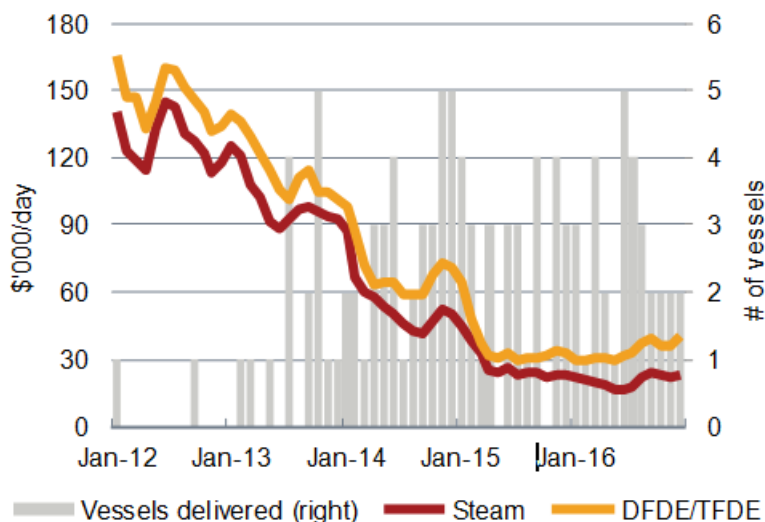
Το τέταρτο τρίμηνο του 2015, η μέση τιμή των ναύλων (τόσο για ατμοκίνητα όσο και για DFDE/TFDE) έπεσε εκ νέου, παρόλη την αύξηση των αποστάσεων των ταξιδιών αφού οι παραγωγοί της Ασίας Ειρηνικού αναζήτησαν αγορές εκτός της Βορειοανατολικής Ασίας και ειδικά στην Ινδία και τη Μέση Ανατολή (International Gas Union, 2016).

Δεδομένου ότι όλα τα νεότευκτα πλοία LNG παραδόθηκαν είτε από την Ιαπωνία, τη Νότια Κορέα ή την Κίνα, η Λεκάνη του Ειρηνικού διέθετε εξαιρετικά μεγάλη χωρητικότητα. Ωστόσο στη Λεκάνη του Ατλαντικού τα ναύλα για βραχυπρόθεσμες ναυλώσεις έφτασαν και στο επίπεδο των \$40.000/ημέρα για πλοία TFDE με ψυχρές δεξαμενές. Παρά τις αυξημένες τιμές των ναύλων στον Ατλαντικό, οι πλοιοκτήτες εμφανίστηκαν διστακτικοί στο να μεταφέρουν τα πλοία τους δυτικά του Σουέζ, λόγω των εξόδων αυτής της διαδικασίας και του κινδύνου μετακόμισης σε μια αγορά μικρότερου όγκου (International Gas Union, 2016).

Τα νεότευκτα πλοία που εισήλθαν στην αγορά το 2016 ώθησαν περαιτέρω την αγορά σε υπερπροσφορά χωρητικότητας. Το πλεόνασμα χωρητικότητας πιθανότατα θα συνεχιστεί τουλάχιστον μέχρι το 2018, χρονιά που η μονάδα Lower-48 στις ΗΠΑ θα φτάσει στο μέγιστο της παραγωγής της και θα αναζητήσει πρόσθετη χωρητικότητα για τη διάθεση της παραγωγής της (International Gas Union, 2016), (Notos Group, 2016).

Πιο συγκεκριμένα η αγορά των ναύλων για το 2016 στην Spot αγορά, παρέμεινε σε σταθερά και χαμηλά επίπεδα για όλο το έτος. Αναλυτικότερα, οι δείκτες των ναύλων TFDE/DFDE, ήταν κατα ετήσια μέσο όρο \$ 34.000/ημέρα δηλαδή χαμηλότερα κατά 6% απο τον ετήσιο μέσο όρο του 2015 που ήταν \$ 36.000/ημέρα. Όσον αφορά τα συμβατικά δεξαμενόπλοια, η πτώση της τιμής των ναύλων ήταν ακόμη μεγαλύτερη δηλαδή της τάξεως του 25%, εμφανίζοντας μια μείωση τιμής ναύλου στα \$20.000/ημέρα από \$27.000/ημέρα που ήταν το 2015. Το γεγονός αυτό αποδεικνύει, την προτίμηση της αγοράς στα νεότερα πλοία μεταφοράς, τα οποία διαθέτουν πιο σύγχρονη τεχνολογία και κατ' επέκταση μικρότερο λειτουργικό κόστος (International Gas Union, 2017).

Το διάγραμμα 4.1 που ακολουθεί εμφανίζει την πορεία των ημερήσιων ναύλων και πώς επηρεάζονται αυτοί σχετικά με τις παραδόσεις νεότευκτων πλοίων, τόσο συμβατικών όσο και DFDE/TFDE. Όπως είναι εμφανές, οι ναύλοι παρουσιάζουν μία ομοιομορφία στη διακύμανση τους και για τους δύο τύπους πλοίων ανά τα έτη. Επίσης, το έτος 2015 είναι και αυτό που παρουσιάζει το χαμηλότερο επίπεδο των ναύλων για την τετραετία που παρουσιάζεται. Όπως έχει ήδη αναφερθεί και όπως φαίνεται και από το διάγραμμα, το 2016 οι ναύλοι παραμένουν σε χαμηλά αλλά σταθερά επίπεδα και οι διακυμάνσεις της τιμής οφείλονται κυρίως σε εποχιακούς παράγοντες.

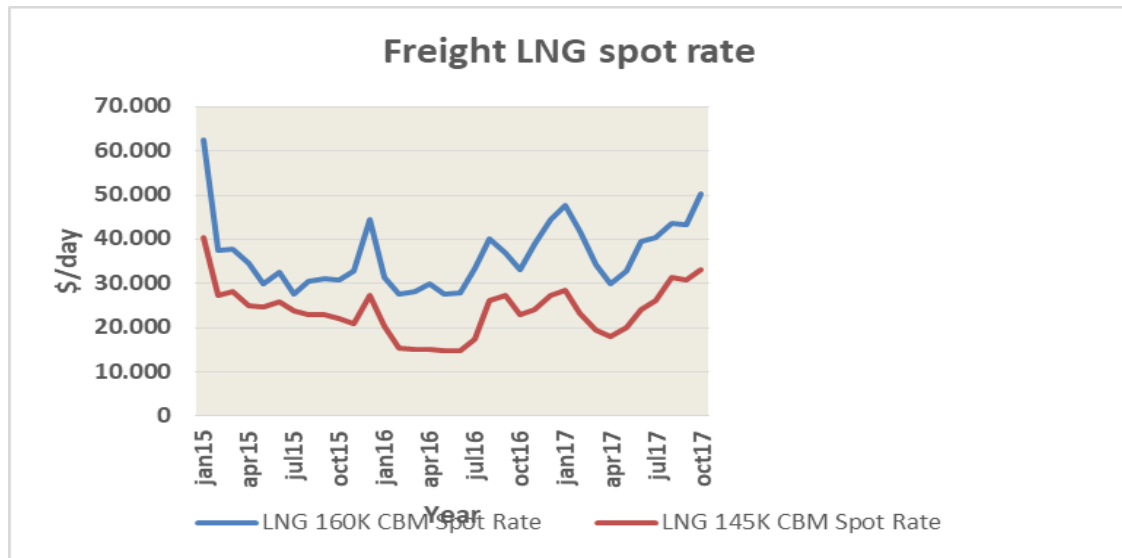


Διάγραμμα 4.1: Μέσος δείκτης ναύλων SPOT αγοράς σε σχέση με τις παραδόσεις νεότευκτων πλοίων 2012-2016
Πηγή: (International Gas Union, 2017)

Σχετικά με το τρέχον έτος, χαρακτηριστικό γνώρισμα της μεταφοράς LNG είναι η εδραιοποίηση του περιφερειακού εμπορίου, τόσο στην Λεκάνη του Ατλαντικού, όσο και στην Λεκάνη του Ειρηνικού. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε μείωση της ανάγκης μεταφοράς LNG μεταξύ των δύο Λεκανών, μειώνοντας έτσι το διμερές εμπόριο. Την πίεση για πτώση των ναύλων ενισχύει επίσης, η προσθήκη 53 πλοίων μεταφοράς LNG έως το τέλος του έτους. Για τον λόγο αυτό οι πλοικτήτες αντιδρώντας στα χαμηλά επίπεδα των ναύλων ακολουθούν την τακτική που ακολουθούσαν και τα προηγούμενα έτη, μετατρέποντας τα πλοία τους σε μονάδες FSRU και FLNG.

Στο ακόλουθο διάγραμμα 4.2 παρατηρούμε την πορεία των ναύλων για δύο πλοία διαφορετικών χωρητικότητας, 160,000 CBM και 145,000 CBM αντίστοιχα για τα έτη 2015-2017. Όπως παρατηρούμε, οι ναύλοι παρουσιάζουν επίσης ομοιομορφία κατά τη διάρκεια των ετών. Οι ναύλοι παραμένουν σταθεροί στα χαμηλά επίπεδα του 2015, με χαμηλότερο επίπεδο τον ημερήσιο ναύλο \$13,000/ ημέρα για τα πλοία χωρητικότητας 145,000CBM και \$28,000 / ημέρα για τα πλοία χωρητικότητας 160,000CBM τον Απρίλιο του 2016 και με υψηλότερο επίπεδο \$30,000 / ημέρα και \$50,000/ ημέρα αντίστοιχα τον Ιανουάριο του 2017. Ακόμα, παρά την υπερπροσφορά χωρητικότητας που αναμένεται να υπάρξει, η πορεία των ναύλων από τον Απρίλιο του 2017 έως και σήμερα εμφανίζεται ανοδική, γεγονός που δείχνει ότι η πολιτική

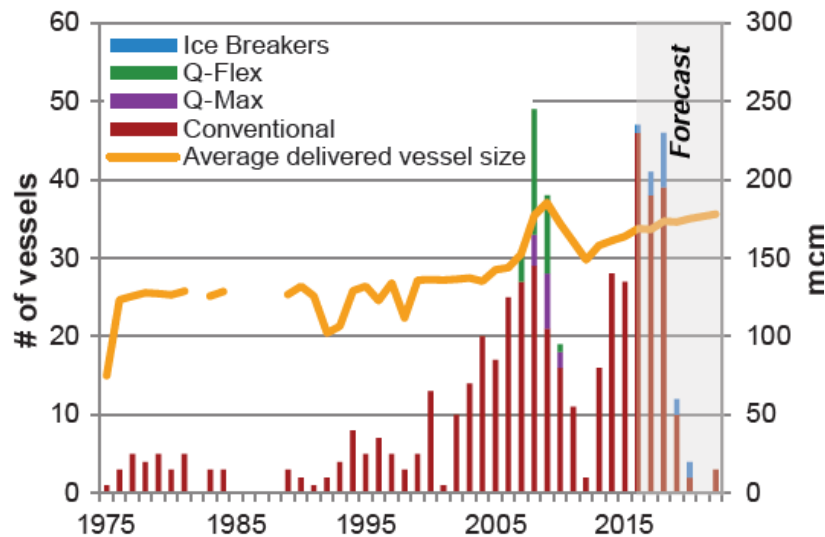
μετατροπής των πλοίων σε μονάδες FSRU και FLNG, έχει εξισορροπήσει το πλεόνασμα της χωρητικότητας.



Διάγραμμα 4.2: Μέσος δείκτης ναύλων SPOT αγοράς σε σχέση με τη χωρητικότητα πλοίων για τα έτη 2015-2017
 Πηγή: (www.Clarksons.com)

4.1.1 Στόλος και παραγγελίες νεότευκτων

Τα τέλη του 2015, 146 συμβατικά σκάφη βρίσκονταν σε παραγγελία. Περίπου 70% των σκαφών στα βιβλία παραγγελιών είχαν υπογεγραμμένα συμβόλαια τα οποία έχουν διάρκεια μεγαλύτερη από ένα έτος. Αντίθετα, 40 σκάφη παραγγέλθηκαν με κερδοσκοπική προοπτική.



**Διάγραμμα 4.3: Ο παγκόσμιος στόλος LNG ανά έτος παράδοσης σε σχέση με τη μέση ηλικία των πλοίων.
Πηγή: (International Gas Union, 2016)**

Το 2015 οι παραγγελίες νεότευκτων σκαφών μειώθηκαν κατά 65% σε σχέση με το 2014, το οποίο αποτέλεσε χρονιά σταθμό με 70 παραγγελίες νεότευκτων πλοίων μεταφοράς LNG. Οι παραγγελίες του 2015 συνδέθηκαν με τις αναμενόμενες ποσότητες LNG των ΗΠΑ και ειδικά με αγοραστές από την Ασία. Η πλειονότητα των παραγγελιών του 2015 έχουν προγραμματιστεί για παράδοση στα τέλη του 2018 ή τις αρχές του 2019. Από τα σκάφη τα οποία παραγγέλθηκαν το 2015, σχεδόν το 100% έχει χωρητικότητα μεγαλύτερη ή ίση των 170.000 m³. Η προσθήκη μεγαλύτερων και πιο αποδοτικών σκαφών στον ενεργό στόλο θα οδηγήσει τα παλαιότερα και μικρότερα σκάφη στον παροπλισμό (International Gas Union, 2016), (Shipyard's & Maritime Equipment Association, 2016).

Πολλές ανεξάρτητες ναυτιλιακές εταιρείες έκαναν κινήσεις για τη θεαματική αύξηση του μεγέθους του στόλου τους μετά την καταστροφή της Φουκουσίμα. Από τα 100 σκάφη σε παραγγελία τα οποία έχουν εξασφαλισμένες ναυλώσεις. Το 35% ανήκουν σε εταιρείες – παραγωγούς LNG (όπως η Nigeria LNG, η Yamal LNG, κ.λπ.). Οι αγοραστές LNG κατέχουν το ένα τρίτο των παραγγελιών νεότευκτων πλοίων, καθώς προετοιμάζονται για τις νέες ποσότητες LNG της Αυστραλίας και των ΗΠΑ. Το υπόλοιπο ποσοστό ανήκει κυρίως σε επενδυτικές εταιρείες (International Gas Union, 2016), (International Gas Union, 2017).

4.2 Ζήτηση σκαφών LNG

Η χαμηλή ζήτηση βραχυπρόθεσμων συμβολαίων LNG στη Βορειοανατολική Ασία, οδήγησε το 2015 στη μειωμένη ζήτηση για παραδόσεις σε μεγάλες αποστάσεις. Το 2015 πραγματοποιήθηκαν 4.057 ταξίδια, σημειώνοντας μικρή κάμψη σε σχέση με το 2014 κατά 1,2%. Παραδοσιακά το εμπόριο LNG διεξάγεται σε περιφερειακό επίπεδο επί τη βάσει συγκεκριμένων διαδρομών οι οποίες εξυπηρετούν μακροχρόνια συμβόλαια. Το 2015 αποτέλεσε τη χρονιά κατά την οποία ενώ η ποσότητα LNG που διακινήθηκε αυξήθηκε, το πλήθος των ταξιδιών μειώθηκε. Αυτή η αντίφαση υποδηλώνει ότι υπήρξε αύξηση του περιφερειακού εμπορίου, ειδικά στη Λεκάνη του Ειρηνικού, όπου εισήχθησαν στην αγορά νέες ποσότητες LNG από την Αυστραλία. Παρά την είσοδο νέων εισαγωγέων και εξαγωγέων και σε συνδυασμό με την αυξανόμενη ευελιξία στα συμβόλαια παράδοσης LNG και την αύξηση του βραχυπρόθεσμου εμπορίου, η αύξηση του εσωτερικού εμπορίου στη Λεκάνη του Ειρηνικού οδήγησε σε μια συγκέντρωση του περιφερειακού εμπορίου με αποτέλεσμα οι ποσότητες που μεταφέρθηκαν από τον Ατλαντικό στον Ειρηνικό να μειωθούν κατά 17% (International Gas Union, 2016)

Με δεδομένη την αύξηση του περιφερειακού εμπορίου το 2015 και την μείωση των επαναφορτώσεων από την Ευρώπη, η μέση απόσταση των παραδόσεων LNG μειώθηκε. Το 2015, το πιο μακρύ ταξίδι από το Τρινιντάντ στην Ιαπωνία μέσω του Κόλπου της Καλής Ελπίδας διεξήχθη από ένα και μόνο σκάφος. Το συντομότερο ταξίδι – μια παραδοσιακή διαδρομή από την Αλγερία στον τερματικό σταθμό της Καρθαγένης στην Ισπανία – διεξήχθη μόνο δύο φορές. Τα ταξίδια από την Αλγερία προς τους τερματικούς σταθμούς στο νότο της Ισπανίας διεξήχθησαν σχεδόν 80 φορές μέσα στο 2015. Το πιο συχνό ταξίδι ήταν αυτό από την Αυστραλία στην Ιαπωνία, διαδρομή η οποία έγινε περίπου 300 φορές κατά τη διάρκεια του έτους (International Gas Union, 2016) (International Gas Union, 2017).

Το 2015 η ποσότητα LNG που διακινήθηκε ανά πλοίο έπεσε στους 0,6 MT από 0,7 MT το 2011, καθώς πολλά νεότευκτα πλοία παρέμειναν ανενεργά στην Ασία Ειρηνικού και τη Μέση Ανατολή. Αντίθετα, η χρήση των πλοίων σημείωσε την υψηλότερη τιμή της το 2011, μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα στην Ιαπωνία, η οποία χρειάστηκε σημαντικές ποσότητες LNG τις οποίες προμηθεύτηκε από τη

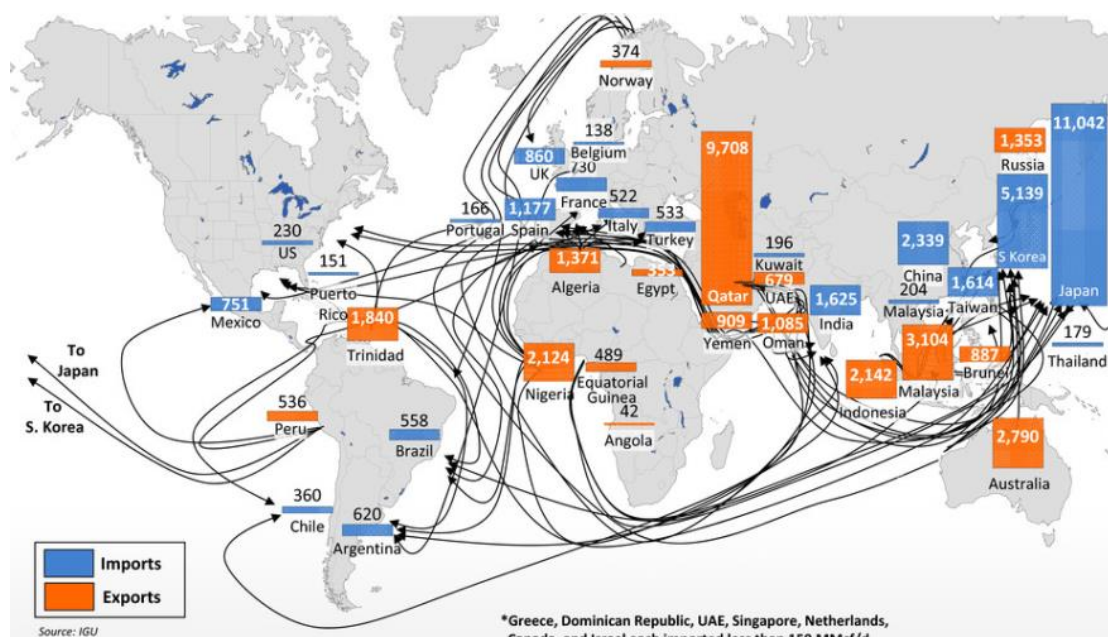
Λεκάνη του Ατλαντικού. Το εμπόριο μεταξύ Ατλαντικού και Ειρηνικού παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα τα επόμενα τρία χρόνια, καθώς προέκυψαν σημαντικές ευκαιρίες αρμπιτράζ μεταξύ των δύο Λεκανών (International Gas Union, 2016)

Η είσοδος νεότευκτων πλοίων το 2014 και το 2015 χωρίς σημαντική αντίστοιχη αύξηση των ποσοτήτων LNG που διακινήθηκαν το ίδιο διάστημα, προκάλεσε το φαινόμενο πολλά σκάφη να παραμένουν ανενεργά και διαθέσιμα για όλο το 2015. Ένα μέρος των διαθέσιμων σκαφών εμφάνισε υψηλότερο ποσοστό χρήσης από τα υπόλοιπα. Αυτό συνέβη διότι οι πλοιοκτήτες τους προτίμησαν να προσφέρουν τα σκάφη τους με ναύλα κάτω από τις συνήθεις τιμές της αγοράς, με σκοπό να διατηρήσουν τις δεξαμενές ψυχρές και να δημιουργήσουν ένα ιστορικό για το πλοίο (International Gas Union, 2016).

5 Λιμάνια διακίνησης και Λειτουργίες Τερματικών Διαχείρισης.

5.1 Λιμάνια εξαγωγής

Η πρώτη μονάδα εξαγωγής LNG λειτούργησε στην Αλγερία το 1978. Έκτοτε, ο αριθμός των μονάδων υδροποίησης φυσικού αερίου έφτασε τις 40 σε 20 διαφορετικές χώρες. Η συνολική δυναμικότητά τους φτάνει τους 270 ΜΤ. Σήμερα κατασκευάζονται άλλες 12 μονάδες, εκ των οποίων οι πέντε βρίσκονται στις ΗΠΑ. Η μεγαλύτερη απο αυτές είναι η Sabine Pass. Έως το τέλος του 2017 οι πέντε νέες εξαγωγικές μονάδες των ΗΠΑ αναμένεται να υδροποιούν 3,2 δισεκατομμύρια κυβικά πόδια ανά ημέρα, ποσότητα ίση με την ημερήσια κατανάλωση φυσικού αερίου της Νέας Υόρκης (International Gas Union, 2017).



Χάρτης 5.1: Εισαγωγικά και εξαγωγικά λιμάνια LNG παγκοσμίως Πηγή: (International Gas Union, 2016)

Απο τις σημαντικότερες μονάδες υδροποίησης και εξαγωγής LNG είναι η San Vicente de Cañete στο Περού, η Gorgon στην Αυστραλία και η Ras Laffan στο Κατάρ. Παρόλο που το κόστος μιας εξαγωγικής μονάδας κοστίζει τουλάχιστον \$30 δισεκατομμύρια ή \$1.5 δισεκατομμύριο ανά 1 εκατομμύριο μετρικούς τόνους ετήσιας

παραγωγικής ικανότητας, από το 2014 (έτος στο οποίο καταγράφηκε η υψηλότερη τιμή του πετρελαίου και του φυσικού αερίου) έχουν υπογραφεί συμβάσεις για την κατασκευή μονάδων οι οποίες θα προσθέσουν 50 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα LNG στην ετήσια προσφορά. Εκτός από τον πολλαπλασιασμό των μονάδων, οι καινοτομίες και οι οικονομίες κλίμακας αναβάθμισαν την παραγωγικότητα των εξαγωγικών μονάδων. Μία τυπική γραμμή παραγωγής το έτος 1960 παρήγαγε 1 εκατομμύριο μετρικούς τόνους ετήσια. Σήμερα, μια αντίστοιχη γραμμή παραγωγής παράγει 5 εκατομμύρια μετρικούς τόνους (International Gas Union, 2017).

Η εξέλιξη των πλωτών μονάδων υγροποίησης φυσικού αερίου (FLNG) θα επηρεάσει τη μελλοντική προσφορά LNG. Το 2017, η μονάδα Kanowit στη Μαλαισία (η οποία ανήκει στην Petronas) και οι μονάδες Prelude και Concerto (που ανήκουν στη Shell) στο οικόπεδο Browse στα ανοιχτά της Αυστραλίας θα αποτελέσουν σημαντικές προσθήκες στο παγκόσμιο δίκτυο FLNG. Η τεχνολογία FLNG είναι ευέλικτη και επιτρέπει την πρόσβαση σε μικρότερες και απομακρυσμένες από τις ακτές πηγές, άμεσα και με χαμηλότερο κόστος, ενώ και η περιβαλλοντική επιβάρυνση είναι περιορισμένη. Συνολικά, η προσφορά LNG θα αυξηθεί κατά 150 bcm έως το 2020. Ποσοστό 90% της αύξησης αυτής θα προέλθει από την Αυστραλία και τις ΗΠΑ (International Gas Union, 2016).

5.2 Λιμάνια εισαγωγής

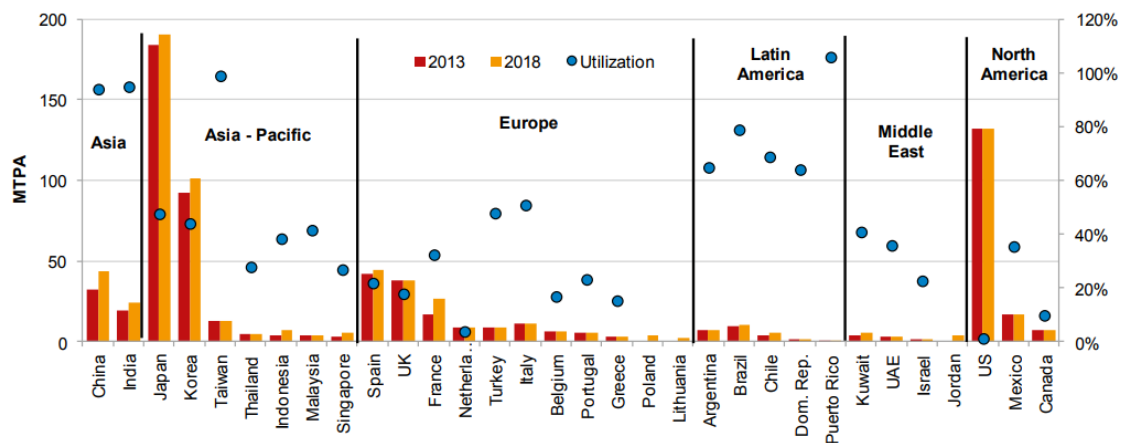
Το φυσικό αέριο θεωρείται από την British Petroleum το καύσιμο του μέλλοντος. Η εταιρεία προβλέπει ότι έως το 2035 θα παραμείνει το μοναδικό ορυκτό καύσιμο, δεδομένου ότι είναι πιο καθαρό από τον άνθρακα και το πετρέλαιο, ενώ υπάρχει διαθέσιμο σε μεγάλες ποσότητες σε οικονομική τιμή. Η κατανάλωση φυσικού αερίου στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής αναμένεται να αυξηθεί έως το 2040. Ο βιομηχανικός τομέας και ο τομέας παραγωγής ενέργειας θα απορροφούν το 73% της συνολικής αύξησης της παγκόσμιας κατανάλωσης φυσικού αερίου, σύμφωνα με το International Energy Outlook 2016 της IEA. Σύμφωνα με την εταιρεία συμβούλων Mckinsey, η Κούβα, το Μαρόκο, η Νότιος Αφρική και οι Φιλιππίνες θα αποτελέσουν νέους πελάτες LNG, γεγονός το οποίο θα οδηγήσει στη δημιουργία αντίστοιχων λιμανιών LNG (BP Statistical Review of World Energy, 2014).

Το Μαρόκο, η Αίγυπτος, το Κουβέϊτ και το Ντουμπάι κατέγραψαν συνολικές εισαγωγές 39,1 δισεκατομμυρίων κυβικών μέτρων στις αρχές του 2016, οι οποίες διεκπεραιώθηκαν από λιμένες LNG. Στην περίοδο από Φεβρουάριο έως Οκτώβριο 2016 από τον τερματικό σταθμό Sabine Pass των ΗΠΑ αναχώρησαν 34 φορτία LNG, εκ των οποίων τα 2/3 προορίζονταν για λιμάνια της Λατινικής Αμερικής και συγκεκριμένα της Αργεντινής, της Βραζιλίας, της Χιλής και του Μεξικό.

Το Πακιστάν έχει εμφανίσει σημαντική δυναμική, δεδομένου ότι πρέπει να αντιμετωπίσει τις αυξανόμενες ανάγκες του για ηλεκτρική ενέργεια και να αντισταθμίσει τα μειούμενα αποθέματά του σε πετρέλαιο. Η χώρα διαπραγματεύεται την παραλαβή 60 θαλάσσιων φορτίων έως το 2020 και αναμένει ότι η ζήτηση LNG θα φτάσει τα 60 εκατομμύρια τόνους έως το 2025, καθιστώντας τη δεύτερη εισαγωγέα χώρα μετά την Ιαπωνία (International Gas Union, 2017).

5.3 Τερματικά εισαγωγής ανά περιφέρεια

Η σημαντικότητα των λιμένων LNG καθορίζεται εν πολλοίς από τον όγκο των εισαγωγών μιας χώρας. Χώρες με μεγάλες εισαγωγές LNG διαθέτουν λιμένες LNG, μέσω των οποίων διεξάγεται το μεγαλύτερο ποσοστό των εισαγωγών τους. Το Διάγραμμα 5.1 καταγράφει τη δυναμικότητα των τερματικών μονάδων εισαγωγής ανά χώρα, επισημαίνοντας έτσι και τη σημασία τους (International Gas Union, 2015).



Διάγραμμα 5.1: Δυναμικότητα τερματικών σταθμών εισαγωγής ανά χώρα για το έτος 2013 και προβλεπόμενη δυναμικότητα το 2018
Πηγή: (International Gas Union, 2017)

Τα τερματικά της Ασίας και της Λεκάνης του Ειρηνικού κυριαρχούν στις ποσότητες επαναεριοποίησης, κυρίως λόγω της αύξησης της ζήτησης από Κίνα και Ινδία. Η Λατινική Αμερική και η Μέση Ανατολή κατέγραψαν αλματώδη άνοδο την τελευταία πενταετία.

Η Ευρώπη επίσης παρουσιάζει αύξηση στις εισαγόμενες ποσότητες. Το 2013 η δυναμικότητα των τερματικών των ΗΠΑ έμεινε σε μεγάλο βαθμό ανενεργή (χαρακτηριστικά έξι από τα έντεκα τερματικά δεν εισήγαγαν ούτε ένα φορτίο LNG. Ειδικά για τις ΗΠΑ, οι ποσότητες LNG που εισάγονται εξυπηρετούνται από πέντε τερματικούς σταθμούς στα ανατολικά παράλια της χώρας (USA Department of Energy, 2005):

Everett, Μασαχουσέτη. Ανήκει στην εταιρεία Tractebel LNG North America, η οποία και διαχειρίζεται τη λειτουργία του τερματικού σταθμού. Ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1971 και εξυπηρετεί 15% έως 20% των εισαγωγών των ΗΠΑ. Ο τερματικός σταθμός επεκτάθηκε και σήμερα έχει δυναμικότητα 265 Bcf ανά έτος.

Cove Point, Μέρυλαντ. Η λειτουργία του γίνεται από την εταιρεία Dominion Cove Point LNG. Ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1978. Για δύο δεκαετίες τέθηκε σε αδράνεια και επαναλειτούργησε το 2003. Η δυναμικότητά του αυξήθηκε σε 657 Bcf το 2008.

Elba Island, Γεωργία. Ανήκει στην εταιρεία El Paso Corporation και είναι η μικρότερη τερματική μονάδα των ΗΠΑ. Ξεκίνησε τη λειτουργία του το 1978. Τη δεκαετία του 1980 τέθηκε σε αδράνεια και επαναλητούργησε το 2001. Η δυναμικότητά του από το 2008 είναι 292 Bcf.

Lake Charles, Λουιζιάνα. Η λειτουργία του ανήκει στην εταιρεία Panhandle Energy/Trunkline LNG. Ολοκληρώθηκε το 1981. Η δυναμικότητά του μετά την επέκτασή του το 2007 ανέρχεται σε 657 Bcf.

Gulf Gateway. Αποτελεί θαλάσσια τερματική μονάδα στον Κόλπο του Μεξικό. Ανήκει στην εταιρεία Exceleerate Energy. Βρίσκεται εγκατεστημένη 116 μίλια από τις ακτές της Λουιζιάνα και ξεκίνησε τη λειτουργία του το Μάρτιο του 2005, αποτέλεσε

δε την πρώτη θαλάσσια μονάδα εισαγωγής LNG. Η δυναμικότητα της μονάδας φτάνει τα 183 Billion cubic feet (bcf) ανά έτος.

5.4 Το μερίδιο αγοράς

Το μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς όσον αφορά τις εξαγωγές, κατέχει το Κατάρ με το ύψος των εξαγωγών του να ανέρχεται το 2015 στο 31,8% του συνόλου των παγκόσμιων εξαγωγών, ποσοστό που το 2014 άγγιζε το 40%. Τα μεγάλα αποθέματα φυσικού αερίου, οι ανταγωνιστικές τιμές πώλησης του LNG καθώς και το γεγονός ότι βρίσκεται ανάμεσα στις δύο μεγάλες εμπορικές ζώνες του LNG (Λεκάνη Ειρηνικού-Ατλαντικού) κάτι που τον καθιστά ευέλικτο τροφοδότη, είναι οι κυριότεροι λόγοι που τον αναδεικνύουν την πρώτη δύναμη στις εξαγωγές LNG παγκοσμίως. Το Κατάρ αποτελεί, και απο ότι φαίνεται θα αποτελεί και στο μέλλον την Τρίτη μεγαλύτερη δύναμη αποθεμάτων φυσικού αερίου μετά το Ιράν και την Ρωσία, αφού τα αποθέματα του αρκούν για περισσότερο από 200 χρόνια. Επιπρόσθετα, πρόσφατα, ανακοίνωσε την ενίσχυση κατά 20% της παραγωγής φυσικού αερίου από την μονάδα παραγωγής στο North Field (την οποία μοιράζεται με το Ιράν) παρά τις διπλωματικές εντάσεις που προέκυψαν ανάμεσα στο Αραβικό Κράτος και τις γειτονικές του χώρες. Το νέο αυτό έργο πρόκειται να αυξήσει την παραγωγική ικανότητα του Κατάρ στο σύνολο του υδροποιημένου φυσικού αερίου κατά 30% (International Gas Union, 2016)

Αντιστοίχως, η Ιαπωνία είναι η χώρα η οποία κατέχει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς εισαγωγών LNG, με τις εισαγωγές της να αγγίζουν το 36% του συνόλου των παγκόσμιων εισαγωγών το 2015. Η Ιαπωνία, άρχισε να εισάγει μεγάλες ποσότητες LNG (από την Λεκάνη του Ατλαντικού κυρίως) μετά το ατύχημα της Φουκουσίμα καθώς αδυνατούσε να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες. Από τότε και για τα επόμενα χρόνια, οι ρυθμοί εισαγωγών της διατηρούνται σε υψηλά επίπεδα κυρίως λόγω των δυνατοτήτων αρμπιτράζ μεταξύ των δύο λεκανών. Με βασικούς τροφοδότες την Μαλαισία, την Αυστραλία και την Ινδονησία, αν και μείωσε την κατανάλωση της το 2016 παρέμεινε η πρώτη χώρα εισαγωγέας LNG (83,3 MT) ακολουθούμενη από την Ν.Κορέα, και την Ταϊβάν. Η μείωση της κατανάλωσης προήλθε κυρίως εξαιτίας της επαναλειτουργίας του πρώτου πυρηνικού εργοστασίου στη χώρα το 2013. Όσον αφορά το μέλλον των εισαγωγών της, η βραχυπρόθεσμη ζήτηση για φυσικό αέριο

αναμένεται να μειωθεί λόγω της επαναλειτουργίας των πυρηνικών σταθμών που είχαν διακόψει την λειτουργία τους μετά την πυρηνική καταστροφή της Φουκουσίμα το 2011. Ωστόσο, η ζήτηση είναι πιθανό να ανακάμψει μακροπρόθεσμα εξαιτίας της παγκόσμιας γραμμής για απεξάρτηση από την πυρηνική ενέργεια.

5.5 Τερματικά επαναεριοποίησης

Περίπου 33 χώρες διαθέτουν τερματικά επαναεριοποίησης LNG, σύμφωνα με τον οργανισμό International Gas Union. Σημαντικά τερματικά είναι το Gas Access to Europe (GATE) στο λιμάνι του Ρότερνταμ και το τερματικό Adriatic LNG Terminal, κοντά στη Βενετία .

5.6 Φόρτωση από το τερματικό εξαγωγής (Up-stream LNG supply chain)

Οι υποδομές που απαιτούνται για τη διακίνηση του LNG από το σημείο παραγωγής και υγροποίησης (up-stream) και εν συνεχεία και εκφόρτωση του LNG (down-stream) περιλαμβάνουν τα Τερματικά Εξαγωγής και τα Τερματικά Εκφόρτωσης.

Πρόκειται για τα τερματικά από τα οποία γίνεται η φόρτωση του υγροποιημένου φυσικού αερίου προς εξαγωγή από τις χώρες παραγωγής προς τους προορισμούς εισαγωγής.



Εικόνα 5.1: Η αλυσίδα διάθεσης LNG, από την παραγωγή του, τη δια θαλάσσης μεταφορά του έως την παράδοση στον τελικό καταναλωτή
Πηγή: (Coyle & Patel, 2005)

Το φυσικό αέριο που εξορύσσεται τροφοδοτεί τη μονάδα υγροποίησης LNG και διέρχεται τα διαφορετικά στάδια κατεργασίας. Το LNG που παράγεται πρέπει να αποθηκευτεί έως ότου κάποιο πλοίο φτάσει για φόρτωση του καυσίμου.

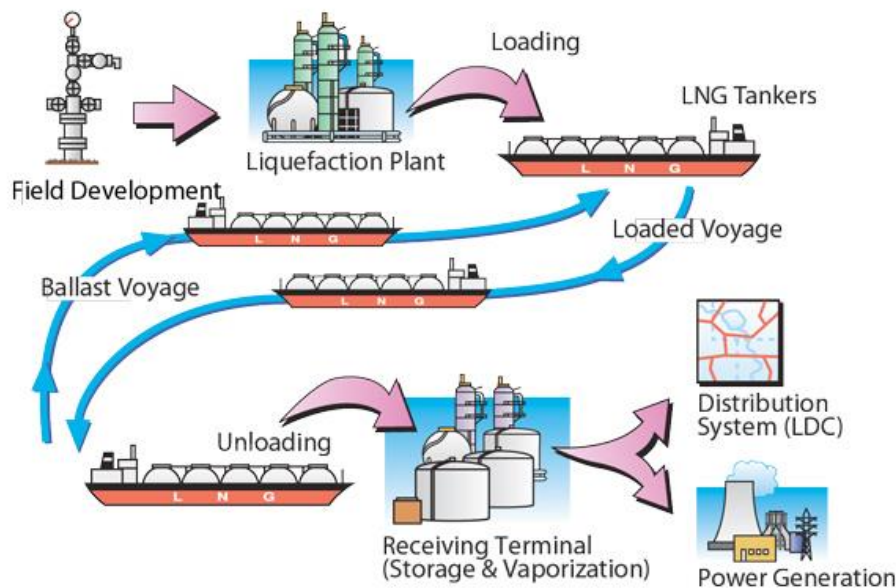
Μια μονάδα παραγωγής 8 MMtpa (Million Metric Tonne Per Annum) μπορεί να εξυπηρετήσει ένα πλοίο χωρητικότητας 140.000 m³ κάθε τρεις ημέρες. Το φορτίο ενός τέτοιου μεγέθους πλοίου έχει ενεργειακή απόδοση που μπορεί να καλύψει τις ανάγκες μιας πόλης 33.000 κατοίκων για ένα έτος. Με τιμή του αερίου στα \$3/MMBtu ένα τέτοιου όγκου φορτίου κοστίζει περίπου 10 εκατομμύρια δολάρια (Coyle & Patel, 2005).

Τα πλοία μεταφοράς LNG συνηθέστερα κινούνται με πετρελαιομηχανές και η τυπική ταχύτητα πλεύσης τους είναι 19 knots. Βάσει αυτών, μία διαδρομή 5.000 μιλίων απαιτεί 9 – 10 ημέρες και επιπρόσθετα 1 ημέρα για τη φόρτωση και μία ημέρα για την εκφόρτωση.

5.6.1 Υποδομές Υγροποίησης & Αποθήκευσης

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο LNG δεν είναι τίποτα άλλο πάρα το φυσικό αέριο των υπογείων κοιτασμάτων, το οποίο κάτω από ειδική επεξεργασία μεταβαίνει από την αέρια στην υγρή κατάσταση (υγροποίηση) με σκοπό τη μεταφορά του με ειδικά δεξαμενόπλοια.

Στο Διάγραμμα 5.2 παριστάνεται η αλυσίδα μεταφοράς LNG.



Διάγραμμα 5.2: Διάγραμμα υγροποίησης και θαλάσσιας μεταφοράς του φυσικού αερίου.
Πηγή (Finn, Johnson, & Tomlinson, 2002)

Λόγω της υψηλής κρίσιμης πίεσης του μεθανίου, το LNG παράγεται οικονομικά με ψύξη και όχι με συμπίεση. Κοινή για όλες τις διεργασίες υγροποίησης φυσικού αερίου είναι η ανάγκη για προκατεργασία του αερίου τροφοδοσίας για την αφαίρεση των συστατικών που είτε θα πάγωναν είτε θα μπορούσαν να προκαλέσουν ρύπανση κατά την καύση του εξατμισμένου LNG (Finn, Johnson, & Tomlinson, 2002).

Η υγροποίηση φυσικού αερίου σε σταθμούς φόρτωσης πραγματοποιείται με στόχο την βέλτιστη απόδοση της διεργασίας. Οικονομικά συμφέρουσα παραγωγή επιτυγχάνεται όταν με την κατά το δυνατό μικρή εγκατεστημένη δυναμικότητα και πιο μικρή κατανάλωση καυσίμων παράγεται η επιθυμητή ποσότητα υγροποιημένου

αερίου. Επειδή η θερμότητα που πρέπει να απαχθεί από το φυσικό αέριο για να το ψύξει σε -163°C , έχουν αναπτυχθεί περίπλοκα συστήματα απαγωγής της στο νερό (Finn, Johnson, & Tomlinson, 2002).

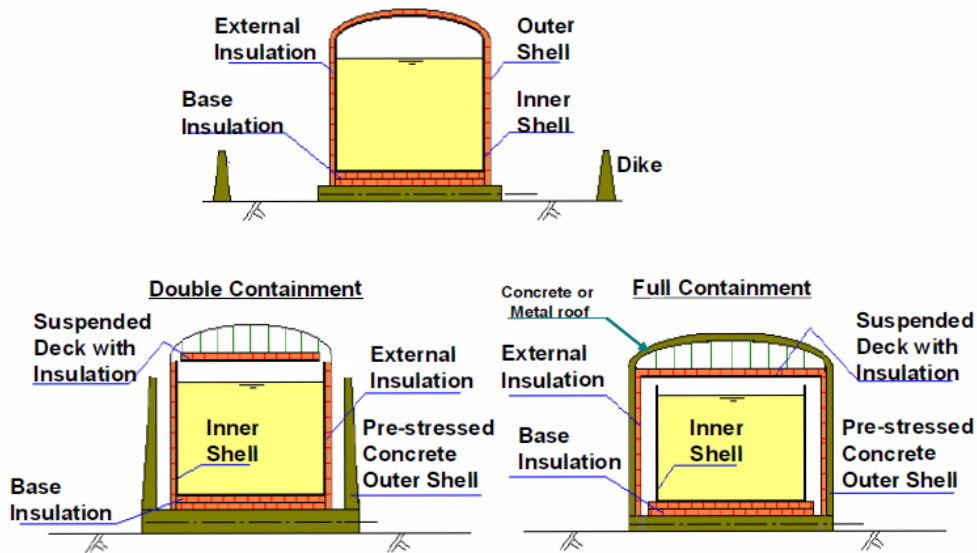
Δεξαμενές αποθήκευσης

Οι δεξαμενές αποθήκευσης LNG είναι σημαντικός παράγοντας και για τις εγκαταστάσεις φόρτωσης LNG. Επιπλέον, αποτελούν σημαντικό μέρος της επένδυσης των τερματικών εγκαταστάσεων παραλαβής LNG.

Ένα από τα πρώτα θέματα που τέθηκαν στο σχεδιασμό των δεξαμενών LNG ήταν στην επιλογή καταλλήλων υλικών. Η αστοχία της δεξαμενής στο Cleveland Ohio το 1944 αποδόθηκε στη χρήση χάλυβα με 3,5% νικέλιο που έγινε εύθραυστο στη θερμοκρασία του LNG. Μετά από αυτό το συμβάν, μεγάλης κλίμακας προγράμματα έχουν αποδείξει την καταλληλότητα του χάλυβα με 9% νικέλιο, των ανοξειδωτων χαλύβων, και ορισμένων κραμάτων αργιλίου για κατασκευή δεξαμενών LNG. Οι δεξαμενές από κράματα αργιλίου είναι συνήθως περιορισμένου μεγέθους, επειδή ο συντελεστής θερμικής διαστολής του αργιλίου είναι περίπου διπλάσιος από αυτό του χάλυβα. Σε μεγάλες δεξαμενές, τέτοια θερμική μετακίνηση κατά τη διάρκεια ψύξης θα μπορούσε να οδηγήσει σε αστοχία των δεξαμενών (International Gas Union, 2015).

Τα σχέδια των δεξαμενών έχουν εξελιχθεί επίσης δεδομένου ότι έχουν εφαρμοστεί περισσότερο περίπλοκες αναλύσεις δεδομένων ασφαλείας στις εγκαταστάσεις LNG. Χρησιμοποιούνται τρεις τύποι δεξαμενών αποθήκευσης:

- Μονής ανάσχεσης (single containment)
- Διπλής ανάσχεσης (double containment)
- Πλήρους ανάσχεσης (full containment)



Εικόνα 5.2: Τύποι δεξαμενών αποθήκευσης LNG στα τερματικά φόρτωσης (Hiramatsu, Hiraoka, Fujino, & Tsumura, 2010)

Σε κάθε τύπο προβλέπεται ένα δεύτερο τοίχωμα της δεξαμενής, ώστε να αντιμετωπίζονται περιστατικά διαρροής. Οι μεγαλύτερες διαφορές εντοπίζονται στη μέθοδο της δευτερεύουσας ανάλυσης. Η Εικόνα 5.2 απεικονίζει τους τρεις διαφορετικούς τύπους δεξαμενών αποθήκευσης (ARUP, 2017).

Οι αρχικοί σχεδιασμοί προέβλεπαν μια εσωτερική κρυογονική δεξαμενή υγρού εντός μιας εξωτερικής δεξαμενής που περιείχε το σύστημα μόνωσης για την εσωτερική. Σε μερικά σχέδια η εξωτερική δεξαμενή περιέχει αέριο αζώτου που με τη σειρά της, είναι συνδεδεμένη με μια δεξαμενή μεταβλητού όγκου ή με μεμβράνες, η οποία αντιστάθμιζε τις αλλαγές στον όγκο του αζώτου λόγω των αλλαγών στη θερμοκρασία περιβάλλοντος αποφεύγοντας συμπίεση ή αποσυμπίεση της εξωτερικής δεξαμενής. Σε άλλα σχέδια, η στέγη της εσωτερικής δεξαμενής δεν ήταν στεγανή, αλλά διέθετε μερικώς υποστρωμένη μόνωση και η εξωτερική δεξαμενή χρησίμευε ως μια αποθήκη φυσικού αερίου. Και στα δύο σχέδια, οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονταν από κοινό ανθρακούχο χάλυβα άνθρακα και περιβάλλονταν από ένα χαμηλό ανάχωμα για τη συγκράτηση τις όποιας διαρροής LNG (Finn, Johnson, & Tomlinson, 2002).

Αναλυτικές μελέτες έδειξαν ότι ο πρωταρχικός κίνδυνος ασφαλείας με μια διαρροή LNG είναι ο σχηματισμός μεγάλου νέφους ατμών του προϊόντος που μπορεί να

παρασυρθεί, αναφλέγει, και να προκαλέσει εκτεταμένη ζημιά. Τα επόμενα σχέδια ενσωμάτωσαν υλικά εξωτερικής δεξαμενής λιγότερο επιρρεπή σε αστοχία στις κρυογονικές θερμοκρασίες και υψηλότερα αναχώματα χτισμένα πιο κοντά στις δεξαμενές. Αυτά τα μέτρα οδηγούν σε μικρότερη ελεύθερη επιφάνεια για οποιαδήποτε διαρροή LNG λόγω αστοχίας δεξαμενών και επομένως ένα χαμηλότερο ρυθμό τροφοδοσίας του νέφους ατμών.

Επιπρόσθετες μελέτες αναθεώρησαν τις συνέπειες μιας εξωτερικής προσβολής, όπως συντριβή αεροσκάφους, που οδηγεί σε καταστροφή της δεξαμενής όπως επίσης και την επίδραση μιας καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής στη δομή της εξωτερικής δεξαμενής. Όλες αυτές οι μελέτες εστίασαν στην ανάγκη για την ασφαλέστερη συγκράτηση της εξωτερικής δεξαμενής. Τα σχέδια δεξαμενών που προέκυψαν, περιλαμβάνουν δεξαμενές διπλής ακεραιότητας δηλαδή, μια διαρροή υγρού από μια αστοχία της εξωτερικής δεξαμενής παγιδεύεται από μια δεύτερη ομοκεντρική δεξαμενή που είναι δομικά ανεξάρτητη από την πρώτη. Οι εξωτερικές δεξαμενές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα με περίβλημα από ανοξείδωτο χάλυβα (USA Department of Energy, 2005).

Τέλος, κατασκευάζονται αναχώματα ύψους ίσου με της δεξαμενής, για να την προστατεύσουν από εξωτερική ζημιά και για να βοηθήσουν στην υποθετική ασύμμετρη φόρτιση της εξωτερικής δεξαμενής ως αποτέλεσμα καταστροφικής αστοχίας της εσωτερικής δεξαμενής. Όπου η περιοχή δεν έχει την απαραίτητη έκταση για να επιτρέψει την πλήρη ανάπτυξη των αναχωμάτων, προκρίνεται είτε κατασκευή δεξαμενής μέσα στο έδαφος είτε η πρόσθετη ενίσχυση της εξωτερικής δεξαμενής (USA Department of Energy, 2005).

Το παραγόμενο LNG από τη μονάδα υγροποίησης κατευθύνεται στις δεξαμενές αποθήκευσης με χρήση αντλιών.

Στην περίπτωση διαρροής του εσωτερικού τοιχώματος, το εξωτερικό τοίχωμα δε μπορεί να αποτρέψει τη διαρροή, γιατί το ασάλι δε μπορεί να ανταποκριθεί στις χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης. Για συγκέντρωση του καυσίμου που διαρρέει, αυτού του είδους οι δεξαμενές έχουν ένα ανάχωμα που τις περικλείει.

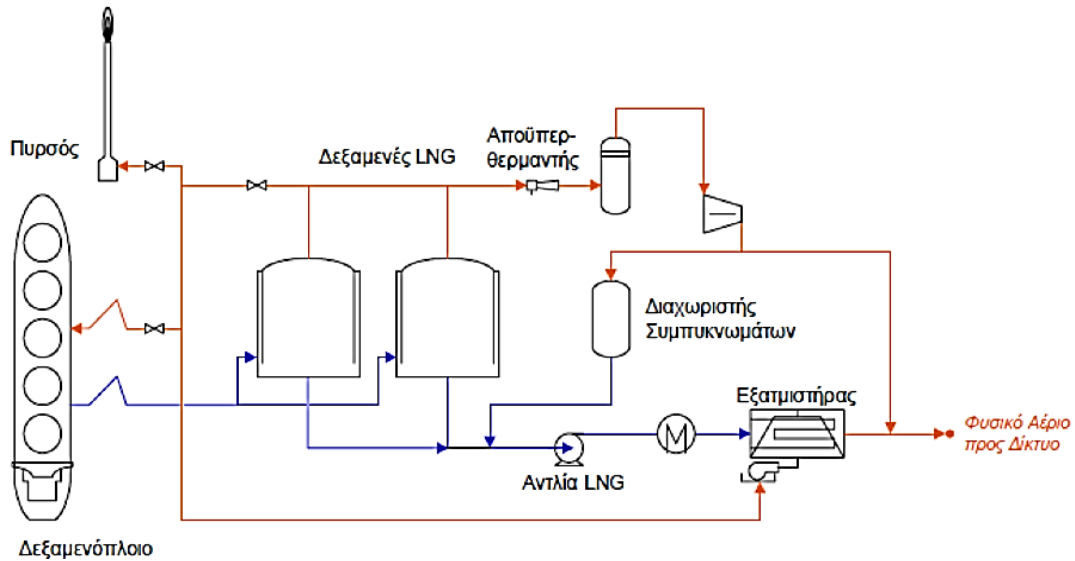
Η συνήθης δυναμικότητα των αντλιών φόρτωσης ενός πλοίου είναι 1.100 έως 2.000 m³/ώρα. Κάθε δεξαμενή αποθήκευσης συνήθως έχει 8 αντλίες φόρτωσης. Πολλές μονάδες εκτός από τις αντλίες φόρτωσης διαθέτουν μια ακόμη μικρότερη αντλία η οποία ανακυκλώνει το LNG στους αγωγούς φόρτωσης ώστε να διατηρούν χαμηλή θερμοκρασία για όσο χρόνο δε φορτώνεται κάποιο πλοίο. Οι αγωγοί φόρτωσης έχουν διάμετρο 24 – 36 ίντσες και πρέπει να διατηρούν τη χαμηλή θερμοκρασία μεταξύ φορτώσεων, γιατί η διαδικασία ψύξης τους είναι χρονοβόρα διαδικασία και μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στη φόρτωση των πλοίων (Danish Maritime Authority, 2013).

5.6.2 Προδιαγραφές τερματικών εξαγωγής

Η επιλογή του σημείου κατασκευής των τερματικών φόρτωσης / εκφόρτωσης LNG γίνεται βάσει των εξής παραμέτρων που αφορούν στα πλοία μεταφοράς (Coyle & Patel, 2005):

- Χωρητικότητα πλοίων 130.000 έως 135.000 m³, με μέγιστο μήκος 310 m, πλάτος 46 m και βύθισμα με πλήρες φορτίο 11,6 m. Η παροχή εκφόρτωσης LNG στα τερματικά εισαγωγής είναι περίπου 10.000m³/ώρα.
- Ελάχιστο βάθος λιμένος τα 15 m.

Οι εγκαταστάσεις παραλαβής LNG κατασκευάζονται ώστε τα πλοία να παραλαμβάνουν τις ποσότητες LNG που αποστέλλονται από τις εγκαταστάσεις υγροποίησης φυσικού αερίου. Περιλαμβάνουν τις απαραίτητες λιμενικές εγκαταστάσεις, σωληνώσεις μεταφοράς, αποθήκευσης LNG, και όλον τον απαραίτητο εξοπλισμό για την εξάτμιση και συμπίεση του φυσικού αερίου, πριν αυτό αποσταλεί προς τον κεντρικό αγωγό φυσικού αερίου ή τους τελικούς καταναλωτές (μονάδες βασικού φορτίου). Μια τυπική εγκατάσταση παραλαβής LNG φαίνεται στο Διάγραμμα 5.3.



Διάγραμμα 5.3: Διάγραμμα εγκατάστασης παραλαβής LNG (κόκκινο - αέρια φάση, μπλε- υγρή φάση).

Πηγή: (Finn, Johnson, & Tomlinson, 2002)

Οι γραμμές μεταφοράς LNG διατηρούνται σε χαμηλή θερμοκρασία με ανακυκλοφορία ποσότητας LNG από τις δεξαμενές αποθήκευσης. Έτσι παράγεται η θερμότητα που εισέρχεται από το περιβάλλον στις γραμμές μεταφοράς (Danish Maritime Authority, 2013).

Η αέρια φάση κατά την οποία γίνεται εξάτμιση μέσα στη δεξαμενή, βρίσκεται σε ισορροπία με την υγρή φάση. Η περίσσεια οδηγείται μέσω του αποϋπερθερμαντή στο συμπιεστή, όπου και συμπιέζεται και οδηγείται στον αγωγό διασύνδεσης με τον κεντρικό αγωγό ή τους καταναλωτές. Η εξάτμιση του LNG πραγματοποιείται σε εναλλάκτες θερμότητας που λειτουργούν με θαλασσινό νερό ως θερμαντικό μέσο, καθώς και σε εξαεριστήρες, όπου καίγεται μέρος της αέριας φάσης από τις δεξαμενές αποθήκευσης, και από την παραγόμενη θερμότητα θερμαίνεται το ενδιάμεσο ρευστό που χρησιμοποιείται τελικά για την εξάτμιση. Οι εναλλάκτες θερμότητας με θαλασσινό νερό έχουν πολύ χαμηλό κόστος λειτουργίας, αλλά υψηλό κόστος εγκατάστασης και έχουν σχετικά περιορισμένη δυναμικότητα σε σχέση με τους κλασσικούς εξαεριστήρες (Finn, Johnson, & Tomlinson, 2002), (Coyle & Patel, 2005).

Θέματα ασφάλειας

Οι κίνδυνοι που συνδέονται με το LNG οφείλονται στο ότι είναι ένα ρευστό χαμηλής θερμοκρασίας, εύφλεκτο και μπορεί να δημιουργήσει νέφη ατμών αρκετά πυκνά που να προκαλέσουν ασφυξία. Κανένα από αυτά τα ζητήματα δε δημιουργεί κινδύνους όταν το LNG αποθηκεύεται σε κατάλληλα σχεδιασμένες δεξαμενές αποθήκευσης ή σωληνώσεις και εξοπλισμό. Συνεπώς οι μελέτες ασφάλειας έχουν εστιάσει στις διαρροές LNG. Στις εγκαταστάσεις LNG, εγκαθίστανται προηγμένα συστήματα ασφαλείας για να ανιχνεύουν διαρροές αερίου, να ανιχνεύουν και να αντιμετωπίσουν πυρκαγιές και καπνό. Η πρόληψη και συγκράτηση διαρροών είναι πρόνοιες που λαμβάνονται κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων αποθήκευσης LNG (USA Department of Energy, 2005).

Εάν μια διαρροή LNG αναφλέγει, σε μικρό χρόνο από την εκδήλωσή της προκαλείται φωτιά στη δεξαμενή. Αυτή η πυρκαγιά εγκλωβίζεται σε μια εγκατάσταση επανδρωμένη και εξοπλισμένη να αντιμετωπίσει τέτοιες έκτακτες ανάγκες. Ενδέχεται η ίδια διαρροή που προκάλεσε την πυρκαγιά να έχει αρκετό χρόνο ώστε να εξατμιστεί και να διαμορφώσει ένα νέφος ατμών που μπορεί να μεταφερθεί σε κάποια απόσταση πριν την ανάφλεξη. Διάφορες μεταβλητές όπως η φύση της επιφάνειας κάτω από τη διαρροή, η ταχύτητα του αέρα, και η παρουσία εμποδίων στο νέφος συμβάλουν στη μορφή και την κατεύθυνση του. Μηχανικά, το σύννεφο σχηματίζεται καθώς το LNG βράζει πάνω από την επιφάνεια της διαρροής. Οι προκύπτοντες ατμοί είναι πολύ πιο κρύοι από τον αέρα και διαμορφώνουν αρχικά ένα πυκνό, νέφος που παραμένει σε χαμηλό ύψος. Δεδομένου ότι το νέφος αναμιγνύεται με τον αέρα και θερμαίνεται από το περιβάλλον του, αρχίζει να ανυψώνεται. Ο αέρας χρησιμεύει στο να προσθέσει την οριζόντια συνιστώσα στην κίνηση του νέφους. Δεδομένου ότι ο αέρας αναμιγνύεται με το φυσικό αέριο, το μίγμα γίνεται εύφλεκτο (δηλαδή, η σύσταση τοπικά είναι μεταξύ του άνω και του κάτω ορίου αναφλεξιμότητας του LNG). Τα όρια αναφλεξιμότητας ποικίλλουν με τη σύσταση του LNG, ιδιαίτερα με το ποσοστό του προπανίου. Αυτό το νέφος είναι έπειτα ενδεχομένως επικίνδυνο σε περιοχές πέρα από τα όρια των εγκαταστάσεων LNG (LNG in Baltic Sea Ports project, 2015).

5.7 Τερματικά εκφόρτωσης (Down-stream LNG Supply Chain)

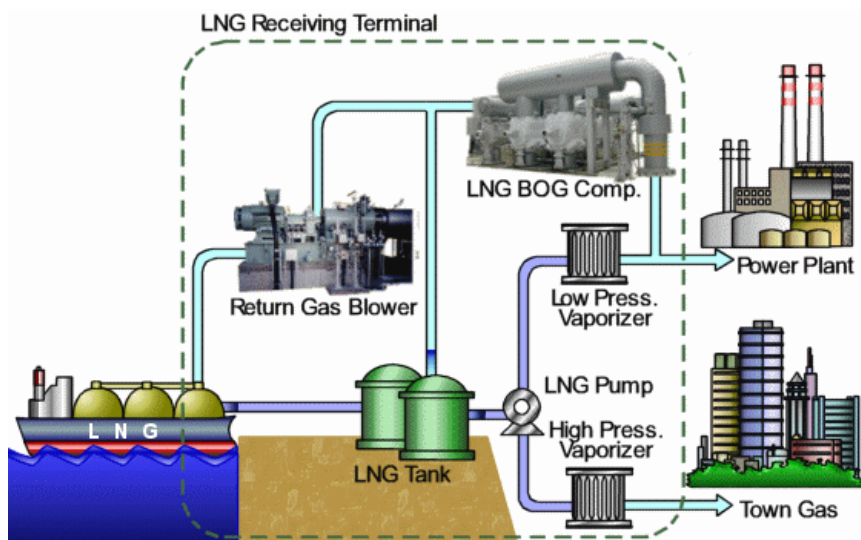
Ένα τερματικό εισαγωγής LNG είναι μια εγκατάσταση στην οποία το υγροποιημένο αέριο εκφορτώνεται από το πλοίο το οποίο το μετέφερε από το σημείο παραγωγής του και «επαναεριοποιείται» (επανέρχεται σε αέρια κατάσταση). Τα τερματικά εισαγωγής ονομάζονται επίσης και “Regas Terminals”.



**Εικόνα 5.3: Τερματικό εισαγωγής και αεριοποίησης (Regas terminal)
Πηγή (Wärtsilä-the total LNG solution provider, 2015)**

Τα τερματικά εισαγωγής LNG εξυπηρετούν τέσσερις λειτουργίες (Coyle & Patel, 2005):

1. Ελλιμενισμό των μεταφορικών πλοίων και εκφόρτωση του φορτίου LNG.
2. Αποθήκευση του LNG σε δεξαμενές οι οποίες διατηρούν το υγρό σε θερμοκρασίες κάτω από τους -160°C .
3. Επαναφορά του LNG σε αέρια μορφή ώστε να διατεθεί προς κατανάλωση.
4. Τροφοδοσία του δικτύου διανομής με το παραχθέν αέριο.



Διάγραμμα 5.4: Διάγραμμα ροής στα τερματικά εισαγωγής LNG
Πηγή: (Coyle & Patel, 2005)

Οι τερματικοί σταθμοί εισαγωγής είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να δέχονται πλοία χωρητικότητας 75.000 m^3 έως 175.000 m^3 (πλοία με μήκος από 200 έως 300 μέτρα). Όταν ένα πλοίο μεταφοράς LNG φτάσει στο τερματικό, αγκυροβολεί στην αποβάθρα εκφόρτωσης, όπου αρθρωτοί αγωγοί (“arms”) συνδέονται με τους αγωγούς του πλοίου. Το LNG αντλείται από τις δεξαμενές του πλοίου με αντλίες του πλοίου και ρέει μέσω των αγωγών, οι οποίοι έχουν κατασκευή κατάλληλη ώστε να αντέχουν στις εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες του υγροποιημένου αερίου (κάτω από -160°C). Οι αγωγοί εκφόρτωσης μπορεί να είναι δυο παράλληλοι σωλήνες διαμέτρου 24 ή 26 ιντσών ή ένας σωλήνας διαμέτρου 30 ιντσών. Για την ολοκλήρωση της εκφόρτωσης ενός πλοίου χωρητικότητας 135.000 m^3 συνήθως απαιτούνται λιγότερες από 12 ώρες (Coyle & Patel, 2005).

Τα πλοία μεταφοράς LNG είναι εξοπλισμένα με δύο τύπους αντλιών. Μεγάλης δυναμικότητας αντλίες φορτίου για τη μεταφορά LNG και μικρές αντλίες ψεκασμού LNG για την ψύξη των δεξαμενών του πλοίου. Κάθε διαμέρισμα των δεξαμενών του πλοίου διαθέτει δύο αντλίες φορτίου και μία αντλία ψεκασμού. Οι αντλίες φορτίου έχουν παροχή 1.200 έως $1.400 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ ενώ οι αντλίες ψεκασμού παροχή 40 έως $50 \text{ m}^3/\text{ώρα}$ (Coyle & Patel, 2005).

Το αέριο που εξατμίζεται επιστρέφει μέσω αγωγών στο πλοίο ώστε οι δεξαμενές του να διατηρούν την εσωτερική τους πίεση (SC Klaipedos Nafta, 2016).

5.7.1 Διαδικασία Εκφόρτωσης

Η διαδικασία εκφόρτωσης περιλαμβάνει συγκεκριμένα βήματα, τα οποία διεκπεραιώνονται αυστηρά, βάσει των κανόνων ασφαλείας :

- Σύσκεψη στο πλοίο πριν την εκφόρτωση.
- Επικοινωνία πλοίου – εγκατάστασης.
- Έλεγχος λίστας ασφαλείας πλοίου – εγκατάστασης.
- Σύνδεση και προετοιμασία δύσκαμπτων βραχιόνων για την έγχυση του LNG.

Η σύνδεση, η αδρανοποίηση και το τεστ διαρροής των βραχιόνων πραγματοποιείται από το προσωπικό της εγκατάστασης

5.7.2 Διαδικασία διαχείρισης φορτίου

Η εγκατάσταση LNG πριν την άφιξη του πλοίου προβαίνει στις ακόλουθες ενέργειες για την ασφαλή διαχείριση της όλης διαδικασίας εκφόρτωσης.

1. 48 ώρες πριν την άφιξη του πλοίου:

- Έλεγχος των βραχιόνων εκφόρτωσης
- Έλεγχος του πύργου πρόσβασης στο πλοίο
- Έλεγχος του συστήματος γάντζων πρόσδεσης

2. 2 ώρες πριν την άφιξη του πλοίου

- Τίθεται σε λειτουργία το σύστημα πρόσδεσης - κέντρο ελέγχου εγκατάστασης.
- Ρυθμίζεται η παροχή αζώτου προς τους βραχίονες.

- Προετοιμασία για πρόσβαση στο πλοίο

Πριν την σύνδεση των βραχιόνων το προσωπικό της εγκατάστασης ελέγχει εάν το πλοίο έχει τοποθετήσει όλα τα φίλτρα στην πολλαπλή του πλοίου όπου και θα γίνει η μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

3. Αδρανοποίηση και δοκιμή διαρροών

Η αδρανοποίηση των βραχιόνων πραγματοποιείται με παροχή αζώτου από την εγκατάσταση και η διαδικασία αδρανοποίησης θεωρείται επιτυχής όταν η περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι μικρότερη του 1%. Ο έλεγχος διαρροών των βραχιόνων στο σημείο σύνδεσης με την πολλαπλή του πλοίου πραγματοποιείται με παροχή αζώτου από την εγκατάσταση. Ο έλεγχος γίνεται με τη χρήση σαπωνοδιαλύματος από το προσωπικό της εγκατάστασης.

4. Μέτρηση φορτίου

Το πλοίο μετά την πλεύση στην προβλήτα της εγκατάστασης και καθ' όλη τη διάρκεια της εκφόρτωσης μπορεί να συνεχίζει να χρησιμοποιεί αέριο στον καυστήρα του. Η κατανάλωση του αερίου που καίγεται στον καυστήρα του πλοίου χρησιμοποιείται στην μέτρηση φορτίου που εγχύεται στην εγκατάσταση.

Η μέτρηση του φορτίου πραγματοποιείται όταν όλες οι βάνες του πλοίου προς τις δεξαμενές είναι κλειστές. Η μέτρηση του φορτίου πραγματοποιείται από το πρωτεύον σύστημα μέτρησης. Το δευτερεύον σύστημα μέτρησης της στάθμης των δεξαμενών του πλοίου και οι ογκομετρικοί πίνακες του πλοίου πρέπει να είναι στη διάθεση της εγκατάστασης σε κάθε ζήτηση για επιβεβαίωση των μετρήσεων.

5. Έλεγχος του συστήματος έκτακτης ανάγκης, ESD

Ο έλεγχος του ESD πραγματοποιείται σε θερμή κατάσταση των βραχιόνων, πριν από την ψύξη. Η ενεργοποίηση του συστήματος πραγματοποιείται χειροκίνητα δυο φορές, μια από το κέντρο έλεγχου του πλοίου και δεύτερη από το κέντρο ελέγχου της εγκατάστασης.

6. Ψύξη βραχιόνων

Η ψύξη των βραχιόνων θα πρέπει να γίνει όπως έχει συμφωνηθεί στη σύσκεψη εγκατάστασης πλοίου. Η παροχή LNG για την ψύξη δίνεται από το πλοίο χρησιμοποιώντας τις βοηθητικές αντλίες. Η εγκατάσταση ελέγχει το ρυθμό ψύξης των βραχιόνων.

Υπό κανονικές συνθήκες η ψύξη των βραχιόνων της εγκατάστασης, όταν επιτυγχάνονται οι συνθήκες πίεσης και ροής που έχουν ζητηθεί, διαρκεί περίπου 50 λεπτά, με ένα ρυθμό ψύξης 57m.

Η διαδικασία της ψύξης ολοκληρώνεται όταν η θερμοκρασία των βραχιόνων φτάνει στους -140C0.

7. Έγχυση φυσικού αέριου

Η εγκατάσταση με το πέρας της ψύξης των βραχιόνων δίνει την έγκριση της στο πλοίο για την εκκίνηση των αντλιών εκφόρτωσης. Ο αριθμός των αντλιών, ο μέγιστος ρυθμός εκφόρτωσης και η συνολική ποσότητα έγχυσης έχουν συμφωνηθεί στη σύσκεψη πριν την έναρξη των εργασιών.

Το πλοίο όταν είναι έτοιμο για την εκκίνηση κύριων αντλιών παροχής LNG ενημερώνει την εγκατάσταση. Οι αντλίες μπαίνουν σε λειτουργία μία - μία και μετά από την ενημέρωση του πλοίου και την έγκριση της εγκατάστασης με την αύξηση του ρυθμού εκφόρτωσης να γίνεται σταδιακά.

Το πλοίο ενημερώνει την εγκατάσταση όταν οι αντλίες του έχουν σταθεροποιηθεί στο μέγιστο ρυθμό εκφόρτωσης ή το ρυθμό εκφόρτωσης που έχει συμφωνηθεί. Η εγκατάσταση ελέγχει και επιβεβαιώνει το ρυθμό εκφόρτωσης από τα ροόμετρα που έχουν εγκατεστημένα στις γραμμές εκφόρτωσης της εγκατάστασης.

Κατά την διάρκεια της έγχυσης LNG στην εγκατάσταση πραγματοποιείται δειγματοληψία για ανάλυση στο χημείο.

Το πλοίο ενημερώνει την εγκατάσταση όταν η ποσότητα του LNG που παρέχεται στις δεξαμενές προς εκφόρτωση είναι 75%, 50%, 25%.

Το πλοίο ενημερώνει την εγκατάσταση όταν αρχίσει να μειώνει το ρυθμό εκφόρτωσης και να δίνει τον ακριβή αριθμό αντλιών που παραμένουν σε λειτουργία ή έχουν σταματήσει. Με το πέρας της έγχυσης και το σταμάτημα όλων των αντλιών ενημερώνει επίσης την εγκατάσταση.

Μετά το πέρας της έγχυσης LNG το προσωπικό της εγκατάστασης ακολουθεί τη διαδικασία αποστράγγισης των βραχιόνων. Οι βραχίονες της εγκατάστασης αποστάζουν προς το δοχείο περισυλλογής υγρού της εγκατάστασης και προς το πλοίο με πίεση αζώτου.

8. Μέτρηση φορτίου

Η μέτρηση του φορτίου πραγματοποιείται μετά από την αποστράγγιση των βραχιόνων και εφόσον όλες οι βάνες του υγρού και του αέριου μεταξύ πλοίου και εγκατάστασης είναι κλειστές.

Ο καυστήρας του πλοίου συνεχίζει να λειτουργεί με αέριο και γίνεται καταγραφή του μετρητή τη χρονική στιγμή που λαμβάνεται η μέτρηση των δεξαμενών από το πρωτεύον σύστημα μέτρησης του πλοίου.

Η μέτρηση μετά από την εκφόρτωση γίνεται με την παρουσία τόσο του εκπροσώπου της εγκατάστασης όσο και του πλοίου.

9. Απομάκρυνση των βραχιόνων της εγκατάστασης

Η εγκατάσταση LNG ακολουθεί διαδικασία για την απομάκρυνση του πάγου των βραχιόνων τη μέθοδο της φυσικής απόψυξης, με την παροχή αζώτου εσωτερικά στο βραχίονα, χωρίς τη ρίψη νερού. Η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα και απαιτεί περίπου 5 με 6 ώρες.

Μετά το πέρας της απομάκρυνσης των πάγων ελέγχεται η πλήρης αδρανοποίηση των βραχιόνων. Η αδρανοποίηση θεωρείται επιτυχής όταν η μέτρηση μεθανίου είναι μικρότερη από 1%.

Μετά τη μέτρηση του ποσοστού του μεθανίου μπορεί να γίνει αποσύνδεση και απομάκρυνση των βραχιόνων από την πολλαπλή του πλοίου και επαναφορά τους

στην θέση αναμονής στην εγκατάσταση, εφόσον πρώτα ελεγχθεί και η συγκέντρωση του οξυγόνου ώστε να είναι μικρότερη από 1%.

Μετά το πέρας όλων των διαδικασιών, ο επικεφαλής της βάρδιας ενημερώνει το πλοίο και ρυθμίζονται όλες οι τελευταίες ενέργειες για την απομάκρυνση του πλοίο από την προβλήτα.

Θέματα ασφάλειας

Κάθε εισερχόμενος στην Εγκατάσταση LNG και κατ' επέκταση στην προβλήτα, επιβεβαιώνει την ταυτότητα του στον φύλακα της πύλης με κατάλληλα έγγραφα, διαφορετικά δεν επιτρέπεται η είσοδος του (World Bank Group, 2017).

Όλοι οι εισερχόμενοι/εξερχόμενοι καταγράφονται σε ειδικό έντυπο όπου καταχωρείται η ώρα εισόδου/εξόδου και οι έλεγχοι που του έγιναν.

Το προσωπικό ασφαλείας της πύλης εισόδου ελέγχει όλα τα δέματα και τις επιστολές, χρησιμοποιώντας αν απαιτείται σύστημα ακτινών X.

Η είσοδος και η έξοδος πληρώματος και επισκεπτών του πλοίου δεν επιτρέπεται δια μέσου της εγκατάστασης LNG. Το πλοίο θα πρέπει να χρησιμοποιεί θαλάσσια μέσα μεταφοράς (λάντζες) από και προς το πλησιέστερο λιμάνι.

Η πρόσβαση από και προς το πλοίο από την εγκατάσταση LNG επιτρέπεται και εξαιρείται μόνο μετά από ειδική γραπτή άδεια του PFSO.

5.8 Φόρτωση και εκφόρτωση LNG από και προς πλωτές εγκαταστάσεις (Floating LNG – FLNG)

Μια νέα τάση που διαμορφώνεται είναι η δημιουργία μονάδων υγροποίησης φυσικού και αεριοποίησής του σε πλωτές πλατφόρμες.

Πλωτά τερματικά (Floating terminals)

Μια νέα εφαρμογή στον τομέα του LNG είναι η δημιουργία μονάδων υγροποίησης αερίου πάνω στις εξέδρες εξόρυξης και η φόρτωση των πλοίων στο σημείο αυτό. Με

τη χρήση τέτοιων μονάδων, το LNG παράγεται στην πλωτή δεξαμενή εξόρυξης, χωρίς να υπάρχει η ανάγκη εγκατάστασης αγωγού από το σημείο εξόρυξης (μέσα στη θάλασσα) προς έναν σταθμό υγροποίησης στην ξηρά, διαδικασία η οποία μπορεί να καταστήσει μια επένδυση μη βιώσιμη (International Gas Union, 2017).

Το Δεκέμβριο του 2013 το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ έδωσε έγκριση στις αιτήσεις των EOS LNG LLC και Barca LNG LLC για την εξαγωγή LNG από πλωτή μονάδα υγροποίησης στο λιμάνι του Brownsvilletου Texas προς χώρες με Συμφωνία Ελεύθερου Εμπορίου (FreeTradeAgreement – FTA) με τις ΗΠΑ (Sutherland LNG, 2013).

Η αντίστροφη διαδικασία αεριοποίησης μπορεί να διεκπεραιώνεται σε πλωτές δεξαμενές σε κοντινή απόσταση από την ξηρά, στις οποίες υπάρχει ο κατάλληλος εξοπλισμός εκφόρτωσης του LNG από το πλοίο, την αεριοποίησή του και τη διάθεσή του στο δίκτυο διανομής. Τέτοιου είδους πλωτές μονάδες μπορούν να μεταφέρονται στα σημεία όπου η ζήτηση LNG έχει εποχικά χαρακτηριστικά (περιόδους αυξημένης ζήτησης) (Songhurst, Brian-Floating Liquefaction (FLNG), 2016).

Αυτή η τεχνολογική εξέλιξη προσθέτει στην εφοδιαστική αλυσίδα του LNG μία ακόμη επιλογή για τη θάλασσα μεταφορά του. Στην περίπτωση του FLNG, τα πλοία αντί να προσεγγίζουν σε λιμάνια με τερματικούς σταθμούς εξαγωγής / εισαγωγής, προσεγγίζουν τις πλωτές δεξαμενές για φόρτωση / εκφόρτωση LNG αντίστοιχα (Songhurst, Brian-Floating Liquefaction (FLNG), 2016).

Λόγοι οι οποίοι δημιουργούν και εντείνουν την τάση για μονάδες FLNG είναι (Songhurst, Brian-Floating Liquefaction (FLNG), 2016):

1. Η ανακάλυψη όλο και περισσότερων κοιτασμάτων φυσικού αερίου στη θάλασσα, σε βαθιά σημεία και συνθήκες δύσκολες για την εγκατάσταση αγωγών.
2. Σε ορισμένες περιπτώσεις το FLNG μπορεί να προσφέρει οικονομικά αποδοτικές και βιώσιμες λύσεις για την εξαγωγή και διάθεση του φυσικού αερίου στην αγορά.
3. Η δια θαλάσσης μεταφορά LNG έχει αποδειχθεί ασφαλής και οικονομική οδός διακίνησης.

6 Συμπεράσματα

Δεδομένης της φιλικότητας του φυσικού αερίου προς το περιβάλλον, αυτό καθιερώνεται σαν η προτιμητέα πηγή ενέργειας ανά τον κόσμο. Σύμφωνα με μελέτες πολλών διεθνών οργανισμών, η κατανάλωση φυσικού αερίου αναμένεται να αυξηθεί κατά 44% από το 2007 έως το 2035 (από 108 TCF το 2007 σε 156 TCF το 2035).

Το 1/3 της παγκόσμιας παραγωγής LNG διακινείται μέσω θαλάσσιων οδών, γεγονός που καθιστά, και θα καθιστά και στο μέλλον τη ναυτιλία έναν καθοριστικό παράγοντα στη διεξαγωγή του παγκόσμιου εμπορίου LNG. Η θαλάσσια μεταφορά LNG είναι καθοριστική όχι μόνο από οικονομικής άποψης αλλά και για τη δυνατότητα διάθεσης των ποσοτήτων που παράγονται ανά τον κόσμο σε ετήσια βάση, σε μεγαλύτερες αποστάσεις και σε σημεία του πλανήτη όπου δεν είναι δυνατή η εγκατάσταση αγωγών.

Αναλυτές της αγοράς εκτιμούν ότι η δυναμικότητα των νέων τερματικών διαχείρισης LNG που βρίσκονται υπό κατασκευή είναι 125ΜΤΡΑ. Η πλειονότητα της παραγωγής των υπό κατασκευή τερματικών μονάδων έχει συμβολαιοποιηθεί ήδη, γεγονός το οποίο διασφαλίζει τις ανάγκες για την ενίσχυση του στόλου πλοίων μεταφοράς LNG. Μάλιστα η πρόσθετη δυναμικότητα η οποία θα είναι διαθέσιμη στην εφοδιαστική αλυσίδα του LNG έως το 2020 απαιτεί περίπου 65 νέα πλοία, ώστε να εξυπηρετηθεί η ζήτηση.

Η αύξηση των πλοίων μεταφοράς LNG την τελευταία δεκαετία είναι συνώνυμη με την αύξηση των αναγκών σε εξαγωγές και εισαγωγές LNG. Εντούτοις, η αύξηση αυτή τα τελευταία χρόνια οδήγησε στην υπερπροσφορά χωρητικότητας, γεγονός που οδήγησε στη μείωση των ναύλων σε βραχυπρόθεσμα συμβόλαια. Πιο συγκεκριμένα οι τιμές των ναύλων έπεσαν κατακόρυφα το 2015 ενώ η πορεία που ακολούθησαν το 2016 ήταν μεν πτωτική αλλά σταθερή.

Αποτέλεσμα της τάσης αυτής είναι και η ελάττωση του αριθμού παραγγελιών για νεότευκτα μεταφορικά πλοία LNG. Δηλωτικό της τάσης αυτής είναι ότι μόνο 6 μονάδες παραγγέλθηκαν το 2016, αριθμός ο οποίος ισοδυναμεί με μείωση των παραγγελιών κατά 92% σε σχέση με το 2014.

Πολλοί πλοιοκτήτες προκειμένου να αποτρέψουν την συμπίεση που προκαλεί η υπερπροσφορά χωρητικότητας στις τιμές των ναύλων, αλλά και με σκοπό να εκμεταλλευτούν τα πλοία τους που δεν βρίσκονται σε συγκεκριμένο συμβόλαιο τα μετατρέπουν σε μονάδες FLNG και FSRU (μειώνοντας έτσι το διαθέσιμο Tonnage).

Η τάση αυτή σε συνδυασμό και με τους παρακάτω λόγους: 1. Οι παραδοσιακές χώρες εισαγωγής LNG (Κίνα, Ινδία) εμφανίζουν αυξημένες ανάγκες τροφοδοσίας σε LNG, 2. νέες χώρες – εισαγωγείς LNG εμφανίστηκαν τα δύο τελευταία έτη (Πολωνία, Ιορδανία, Μάλτα και Πακιστάν) 3. 16 χώρες θα λειτουργήσουν πλωτές μονάδες εισαγωγής LNG, αυξάνοντας έτσι τις ανάγκες εισαγωγής (Μπαγκλαντές, Ινδία, Ρωσία, Σρι Λάνκα), αναμένεται να οδηγήσει τις τιμές των ναύλων σε υψηλότερα επίπεδα τα επόμενα χρόνια. Αυτό μάλιστα αποδεικνύει ήδη οι πορεία των ναύλων το 2017.

Οι νέες ποσότητες LNG οι οποίες θα τροφοδοτήσουν την αγορά προέρχονται από γιγαντιαίες μονάδες εξόρυξης, όπως η Wheatstone στην Αυστραλία και οι Rio Grande και Corpus Christi στη Βόρειο Αμερική. Η αύξηση της ζήτησης θα προέλθει από μεσαίες και μικρές μονάδες ανά τον κόσμο. Η διασπορά αυτή των παραγωγών και των καταναλωτών LNG θα οδηγήσει στην αύξηση του μέσου μήκους των θαλάσσιων διαδρομών (από τις ΗΠΑ στην Ασία και την Ευρώπη ή την Ανατολική Αφρική στην Ασία). Οι συνθήκες αυτές δυνητικά θα οδηγήσουν στην αύξηση της ζήτησης πλοίων μεταφοράς LNG.

Το Κατάρ ο μεγαλύτερος εξαγωγέας LNG παγκοσμίως αναμένεται να διατηρήσει το μερίδιο αγοράς του και τα επόμενα χρόνια, δεδομένου των μεγάλων αποθεμάτων LNG που διαθέτει, των ανταγωνιστικών τιμών LNG που προσφέρει και της στρατηγικής θέσης που κατέχει στον παγκόσμιο χάρτη. Από την άλλη η Ιαπωνία η μεγαλύτερη εισαγωγική χώρα LNG ανα τον κόσμο πρόκειται επίσης να παραμείνει η πρώτη δύναμη στις εισαγωγές LNG, λαμβάνοντας υπόψη την μελλοντική ανάπτυξη της οικονομίας των Ασιατικών αγορών καθώς επίσης και την παγκόσμια γραμμή για ανεξάρτηση από την πυρηνική ενέργεια.

Όσον αφορά τις εγκαταστάσεις παραγωγής, αποθήκευσης και διακίνησης LNG, η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιφέρει σημαντική εξοικονόμηση κόστους κατασκευής

και λειτουργίας, ενώ διασφαλίζει υψηλά επίπεδα ασφάλειας λειτουργίας των τερματικών μονάδων αλλά και των πλοίων μεταφοράς.

Η παραγωγή και διακίνηση LNG είναι δραστηριότητες εντάσεως κεφαλαίου. Το απαιτούμενο κεφάλαιο εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος. Η εξόρυξη του αερίου αποτελεί το 15% περίπου της επένδυσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό της επένδυσης αφορά στη μονάδα υγροποίησης και κυμαίνεται από 30 έως 45% της επένδυσης. Η μεταφορά του LNG απαιτεί το 10 έως 30% του συνολικού κόστους και γίνεται με πλοία διπλού κήτους και κατάλληλα μονωμένα, δεδομένου ότι το φορτίο πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασίες -160°C . Δεδομένου ότι αρκετά ναυπηγεία έχουν αποκτήσει τη δυνατότητα ναυπήγησης πλοίων LNG, οι τιμές των πλοίων αποκλιμακώθηκαν την τελευταία δεκαετία. Επίσης, η κατασκευή μεγαλύτερων πλοίων (από 13.800 CM έως 260.000 CM) σε συνδυασμό με την ανάπτυξη νέων συστημάτων πρόωσης, είχε σαν αποτέλεσμα το κόστος ανά μεταφερόμενη μονάδα να μειωθεί σημαντικά. Οι δαπάνες για αποθήκευση και επαναεριοποίηση ανέρχονται σε 15 έως 20% της συνολικής επένδυσης.

Τέλος, τα τερματικά LNG τόσο στις χώρες εξαγωγής όσο και στις χώρες εισαγωγής παίζουν σημαντικό ρόλο για τη θαλάσσια μεταφορά του LNG. Η ανάπτυξη ενός έργου LNG προϋποθέτει τη χρηματοδότηση και κατασκευή μονάδων υγροποίησης και επαναεριοποίησης στο λιμάνι του τερματικού. Τα τερματικά εξαγωγής τυπικά αποτελούνται από αγωγούς, μονάδες υγροποίησης του φυσικού αερίου, δεξαμενές αποθήκευσης και εξοπλισμό φόρτωσης. Μετά τη διαδικασία υγροποίησης, το υγροποιημένο αέριο μεταφέρεται σε δεξαμενές και τελικά φορτώνεται σε ένα πλοίο LNG. Αντίστροφα, στα τερματικά εισαγωγής το υγροποιημένο αέριο ξεφορτώνεται από το πλοίο σε δεξαμενές αποθήκευσης. Από εκεί διοχετεύεται σε μονάδες επαναεριοποίησης και στη συνέχεια το αέριο μέσω αγωγών τροφοδοτεί τους καταναλωτές. Όσον αφορά την κατανομή των καταναλωτών, το 30% αφορά μονάδες παραγωγής ενέργειας, το 27% τη βιομηχανία και το 21% τους οικιακούς καταναλωτές. Το υπόλοιπο ποσοστό απορροφάται από διάφορες άλλες χρήσεις.

Μονάδες μέτρησης

MMBtu million British thermal units

MT million tonnes

MTPA million tonnes per annum

Tcf trillion cubic feet

Bcm billion cubic metres

Bcf billion cubic feet

Bbl billion barrels

Συντομογραφίες

BOG	Boil-Off Gas
DFDE	Dual-Fuel Diesel Electric LNG vessel
EIA	Environmental Impact Assessment
ESD	Electro-static Discharge
FID	Final Investment Decision
FLNG	Floating Liquefaction
FOB	Free On Board
FSRU	Floating Storage Regasification Unit
FTA	Free-Trade Agreement
ME-GI	M-type, Electronically Controlled, Gas Injection
SSD	Slow Speed Diesel
TFDE	Tri-Fuel Diesel Electric LNG vessel
UK	United Kingdom
US	United States
US DOE	US Department of Energy

Βιβλιογραφία

- American Gas Association. (2014). *2014 Pipeline Safety*.
- ARUP. (2017). *Gas and LNG Storage - The Future of Modular LNG Tanks*.
- BP Statistical Review of World Energy. (2014). *BP Statistical Review of World Energy (June 2014)*. BP Statistical Review of World Energy (June 2014).
- BRS Group. (2017). *Shipping and Shipbuilding Markets 2016 Annual Review*. Paris.
- Canadian Association of Petroleum Producers. (2014). *An Overview of the World LNG Market and Canada's Potential for Exports of LNG*. Canadian Association of Petroleum Producers.
- CCNR/OCIMF. (2010). Chapter 33 - Types of gas carriers. Στο CCNR/OCIMF, *International Safety Guide for Inland Navigation Tank-barges and Terminals* (σσ. 505-518).
- Coyle, D. A., & Patel, V. (2005). Processes and pump services in the LNG industry. *Proceedings of the twenty-second international pump users symposium*, (σσ. 179 - 185).
- Danish Maritime Authority. (2013). North European LNG Infrastructure Project - A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations.
- Drewry Shipping Consultants. (2013, March). Can Africa do it? *LNG Shipping Insight*.
- Finn, J. A., Johnson, L. G., & Tomlinson, R. T. (2002). *LNG Technology for Offshore and Mid-scale Plants*. Manchester, UK: Costain Oil, Gas & Process Ltd.
- Global LNG Limited. (2015). *World's LNG liquefaction plants and regasification terminals*. Global LNG Limited.
- Hiramatsu, S., Hiraoka, K., Fujino, Y., & Tsumura, K. (2010, September). Technology Trends and MHI Activities for LNG Carriers - Diverse Shipbuilding and Marine Products in the LNG Supply Chain. *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review*, 47(3).

-
- International Energy Agency. (2017). *IEA Medium-Term Gas Market Report 2016*. Paris: OECD/IEA.
- International Gas Union. (2015). *Small scale LNG*. Program Committee D3.
- International Gas Union. (2015). *World LNG Report - 2014 Edition*.
- International Gas Union. (2016). 2016 World Gas Report. *IGU World Gas Report - 2016 Edition*.
- International Gas Union. (2017). *2017 World LNG Report*.
- International Maritime Organization. (2015). *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014*. London: International Maritime Organization.
- Jordan, David K. Clarkson Research Services Limited. (2014). *Floating LNG*. Jordan, David K. Clarkson Research Services Limited.
- Lloyd's Register. (2013). *Lloyd's Register Report – April 2013*. Lloyd's Register .
- LNG in Baltic Sea Ports project. (2015). *LNG in Baltic Sea Ports - LNG Handbook*. LNG in Baltic Sea Ports.
- LNG WORLD NEWS, L. W.-S. (2013). Sipor21 Presents Study on Very Large Vessels at Ports (Spain).
- LNG World News-Sipor21. (2013). Sipor21 Presents Study on Very Large Vessels at Ports. *LNG WORLD NEWS*.
- MAN Diesel & Turbo. (2014). *ME-GI Dual Fuel B&W Engines - A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas*. MAN.
- Notos Group. (2016). Shipping Markets in Rough Seas. *NOTOS Quarterly Q2/2016*.
- Poten & Partners. (2017). *LNG-Fuelled Fleet Existing & Orderbook update (Prepared for 4th Annual LNG Bunkering conference, Singapore)*. Poten & Partners.
- Rutkowski, G. (2016, December). Study of New Generation LNG Dual Fuel Marine Propulsion Green Technologies. *The International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation*, 10(4).

- SC Klaipėdos Nafta. (2016). *Regulations for Use of the Liquefied Natural Gas Terminal*. Klaipėdos, Lithuania: KN LNG Terminal.
- Shell Global. (2014). *What is LNG?* Ανάκτηση December 12, 2016, από Shell Global: <http://www.shell.com/global/future-energy/natural-gas/liquefied-natural-gas/what-is-lng.html>
- Shipyard's & Maritime Equipment Association. (2016). *2017 Market Forecast Report*. Brussels, Belgium: Shpyard's & Maritime Equipment Association.
- Songhurst, Brian-Floating Liquefaction (FLNG). (2016). *Floating Liquefaction (FLNG): Potential for Wider Deployment*. The Oxford Institute for Energy Studies.
- U.S. Energy Information Administration-Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region. (2017). *Perspectives on the Development of LNG Market Hubs in the Asia Pacific Region*. Washington, DC: U.S. Department of Energy.
- UNCTAD. (2016). Review of Maritime Transport 2016. *United Nations Conference on Trade and Development*, (σσ. 42-48). Geneva.
- United Nations. (2013). Review of Maritime Transport 2013. *United Nations Conference on Trade and Development*.
- US DOE - Energy Information Administration. (2013). *Annual Energy Outlook 2013 with Projections to 2025*. Washington: US Department Of Energy.
- USA Department of Energy. (2005). *Liquefied Natural Gas: Understanding the Basic Facts*.
- Wärtsilä-the total LNG solution provider. (2015). *Wärtsilä-the total LNG solution provider*. Wärtsilä.
- World Bank Group. (2017). *Environmenta, Health, and Safety Guidelines for Liquefied Natural Gas Facilities*. World Bank.
- World Energy Council. (2017). *World Energy Resources Natural Gas 2016*. World Energy Council.
- www.Clarksons.com. (n.d.). *Freight Rate of Spot Market for LNG Vessels*.

