

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**



**ΤΜΗΜΑ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ**

**ΣΠΟΥΔΩΝ στη ΝΑΥΤΙΛΙΑ**

**Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΠΛΟΙΩΝ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ  
ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

**Παύλος Αλυσανδράτος MN12027**

**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**

**Σεπτέμβριος 2017**

**Δήλωση Αυθεντικότητας/Ζητήματα Copyright**

«Το άτομο το οποίο εκπονεί τη Διπλωματική Εργασία φέρει ολόκληρη την ευθύνη προσδιορισμού της δίκαιης χρήσης του υλικού, η οποία ορίζεται στη βάση των εξής παραγόντων: του σκοπού και χαρακτήρα της χρήσης (εμπορικός, μη κερδοσκοπικός ή εκπαιδευτικός), της φύσης του υλικού, που χρησιμοποιεί (τμήμα του κειμένου, πίνακες, σχήματα, εικόνες ή χάρτες), του ποσοστού και της σημαντικότητας του τμήματος, που χρησιμοποιεί σε σχέση με το όλο κείμενο υπό copyright και των πιθανών συνεπειών της χρήσης αυτής στην αγορά ή στη γενικότερη αξία του υπό copyright

**Πάυλος Αναστασίου Αλυσανδράτος**

### **Σελίδα Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής**

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

Τα μέλη της Επιτροπής ήταν:

- Τζαννάτος Ερνεστοσπυρίδων (Επιβλέπων)
- Θεοδωρόπουλος Σωτήριος
- Πελαγίδης Θεόδωρος

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

## **Πρόλογος**

Η παρούσα εργασία έγινε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος στην Ναυτιλία του Πανεπιστημίου Πειραιώς. Παρουσιάζει την σημασία του φυσικού αερίου στην παγκόσμια ενεργειακή σκηνή, και εστιάζει στα ειδικά διαμορφωμένα δεξαμενόπλοια που καθιστούν την μεταφορά του σε όλο τον κόσμο δυνατή, αφού αυτό υγροποιηθεί. Πρόθεση του συγγραφέα είναι να αναδειχθεί το συγκεκριμένο, όχι και τόσο γνωστό, είδος πλοίων, να παρουσιαστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από το φορτίο του, και να τονιστεί η παρούσα και η μελλοντική συνεισφορά του στην μεταφορά ενεργειακών φορτίων. Τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν προκύπτουν από, κρατικούς ή ιδιωτικούς αναγνωρισμένους οργανισμούς αλλά και από ιδιωτική πρωτοβουλία, ενώ έγινε προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν πιο πρόσφατα..

### **Ευχαριστίες**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα, τον επιβλέποντα καθηγητή Κο Ερνέστο Τζαννάτο για την υπομονή του και για την πολύτιμη βοήθεια του όποτε την χρειάστηκα. Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω και τους υπόλοιπους καθηγητές που με βοήθησαν να αποκτήσω τόσες γνώσεις στον τόσο ανταγωνιστικό και ενδιαφέροντα χώρο της ναυτιλίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους υπόλοιπους ανθρώπους του περιβάλλοντος μου, για την στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου.

**Περιεχόμενα**

Σελίδα Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής.....	3
Πρόλογος .....	4
Ευχαριστίες.....	5
Κατάλογος Γραφημάτων .....	9
Κατάλογος Εικόνων.....	9
Κατάλογος Πινάκων .....	10
Συνομειώσεις και Όροι .....	10
Περίληψη .....	11
Εισαγωγή .....	12
Κεφάλαιο 1 <sup>ο</sup> : Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας.....	14
1.1 Εξελίξεις στην Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας.....	14
1.2 Η Παγκόσμια Αγορά Πετρελαίου .....	16
1.3 Η Παγκόσμια Αγορά Προϊόντων Πετρελαίου .....	18
1.4 Η Παγκόσμια Αγορά Άνθρακα (Coal).....	19
1.5 Η Παγκόσμια Αγορά Φυσικού Αερίου .....	20
1.6 Μη-Ορυκτά Καύσιμα.....	22
1.7 Εκπομπές άνθρακα.....	23
Κεφάλαιο 2 <sup>ο</sup> : Ενεργειακά Φορτία.....	25
2.1 Εισαγωγή.....	25
2.2 Πετρέλαιο και Προϊόντα Πετρελαίου .....	26
2.2.1 Χώρες που εξάγουν αργό πετρέλαιο.....	27
2.2.2 Χώρες που εισάγουν αργό πετρέλαιο .....	28
2.2.3 Χώρες που εξάγουν προϊόντα πετρελαίου .....	30
2.2.4 Χώρες που εισάγουν προϊόντα πετρελαίου .....	30
2.3 Φυσικό Αέριο .....	32
2.3.1 Σχιστολιθικό Φυσικό Αέριο.....	32

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

2.3.2	Μεταφορά Φυσικού Αερίου .....	34	
2.3.3	Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG) .....	35	
2.3.4	Χώρες που εξάγουν LNG .....	36	
2.3.5	Χώρες που εισάγουν LNG .....	37	
2.3.6	Αλυσίδα LNG .....	39	
Κεφάλαιο 3 <sup>ο</sup> : Δεξαμενόπλοια Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG Carriers) .....			41
3.1	Ιστορική Αναδρομή.....	41	
3.2	Κατηγορίες Δεξαμενόπλοιων μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (Με βάση την Χωρητικότητα) .....	43	
3.3	Ειδικές κατηγορίες δεξαμενόπλοιων μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού αερίου.....	46	
3.3.1	Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης και Επαναεριοποίησης (FSRU - Floating Storage Regasification Units ).....	46	
3.3.2	Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης (FSU - Floating Storage Units ).....	47	
3.3.3	Παγοθραυστικά δεξαμενόπλοια Μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (IceBreaking LNG Carriers) .....	48	
3.4	Συστήματα δεξαμενών (Containment Systems).....	50	
3.4.1	Σύστημα Σφαιρικών δεξαμενών (Moss Rosenberg Containment System) 50		
3.4.2	Σύστημα Δεξαμενών Μεμβράνης (Membrane Containment System) ..	57	
3.4.3	Σύστημα πρισματικών δεξαμενών (SPB Prismatic Containment System) 63		
3.5	Boil-Off Gas (Εξάτμιση Φορτίου) .....	66	
3.6	Συστήματα πρόωσης (Propulsion Systems) .....	69	
3.6.1	Τουρμπίνες ατμού .....	70	
3.6.2	Dual-Fuel Diesel Electric (DFDE).....	70	
3.6.3	Tri-Fuel Diesel Electric (TFDE) .....	71	

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

3.6.4	Πετρελαιοκινητήρες χαμηλής ταχύτητας με μονάδα επαναυγροποίησης (Slow-Speed Diesel (SSD) with BOG Re-liquefaction Plant).....	71
3.6.5	Τύπου M (M-Type), Ηλεκτρονικά ελεγχόμενος ψεκασμός αερίου (ME-GI) 72	
3.6.6	Δίχρονη μηχανή χαμηλής πίεσης της Wärtsilä (X-DF).....	72
3.6.7	Τουρμπίνα ατμού και Μηχανές Αερίου (STaGE).....	73
3.6.8	Άλλα συστήματα πρόωσης .....	73
3.7	Στόλος (Fleet).....	74
3.7.1	Διαμόρφωση στόλου.....	75
3.7.2	Ηλικία του στόλου .....	76
3.7.3	Νέες Παραγγελίες (Orderbook) .....	77
3.7.4	Το κόστος των σκαφών και το πλάνο παράδοσης .....	79
3.7.5	Τα ταξίδια του στόλου και η αξιοποίηση των σκαφών .....	79
3.8	Αγορά ναύλωσης.....	82
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	86
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	95



## Κατάλογος Γραφημάτων

Γράφημα 1.1: Μερίδιο Αγοράς ανά Είδος Ενέργειας στην Πρωτογενή Κατανάλωση Ενέργειας (%).....	15
Γράφημα 2.1: Οι 15 μεγαλύτερες Εξαγωγικές Χώρες (αριστερά) και Εισαγωγικές Χώρες (δεξιά) ανά αξία και το ποσοστιαίο.....	29
Γράφημα 2.2: Κόστος μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου με διάφορα μεγέθη αγωγών και με Αλυσίδα LNG σε σχέση με την απόσταση.....	35
Γράφημα 2.3: Χώρες που εξάγουν LNG (Ετησία Ποσότητα σε εκατομμύρια τόνους και Μερίδιο Αγοράς).....	38
Γράφημα 2.4: Οι Μεγαλύτερες εισαγωγικές χώρες LNG (Ετησία Ποσότητα σε εκατομμύρια τόνους και Μερίδιο Αγοράς).....	38
Γράφημα 3.1 : Κατανομή συστημάτων πρόωσης του υπάρχοντος στόλου (2016), και των νέων παραγγελιών.....	73
Γράφημα 3.2 Οι μεγαλύτερες εταιρίες σε κατοχή και παραγγελίες δεξαμενόπλοιων LNG.....	75
Γράφημα 3.3: Ετήσιες παραγγελίες δεξαμενόπλοιων LNG και γεγονότα που τις διαμόρφωσαν.....	77
Γράφημα 3.4: Οι τιμές στιγμιαίας και μακροχρόνιας ναυλωσης και οι παραγγελίες δεξαμενόπλοιων LNG (2011-2016).....	85

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1 Αλυσίδα LNG.....	40
Εικόνα 3.1 Κατηγορίες Δεξαμενόπλοιων μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού αερίου.....	45
Εικόνα 3.2 "Christophe de Margerie", Το πρώτο παγοθραυστικό δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG.....	49
Εικόνα 3.3 Εσωτερική δομή λειτουργίας του συστήματος δεξαμενών Moss-Rosenberg.....	51
Εικόνα 3.4 Δεξαμενόπλοιο LNG τύπου Moss Rosenberg με τις χαρακτηριστικές σφαιρικές δεξαμενές.....	51
Εικόνα 3.5 Κατανομή καταπονήσεων με ενιαίο κάλυμμα και με ξεχωριστά καλύμματα και Βελτιωμένη αεροδυναμική αντίσταση στους εμπρόσθιους ανέμους.....	54

Εικόνα 3.6 Κανονική σφαιρική δεξαμενή τύπου Moss και Μη σφαιρική δεξαμενή τύπου Moss.....	55
Εικόνα 3.7 Εσωτερική δομή του συστήματος δεξαμενών μεμβράνης.....	58
Εικόνα 3.8 Οι Βασικοί Τύποι Συστημάτων δεξαμενών πλοίων μεταφοράς LNG.....	65
Εικόνα 3.9 Οι βασικότερες διαδρομές του στόλου LNG.....	81

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (αλφαβητικά).....	88
---------------------------------------------------------------------	----

## Συντομεύσεις και Όροι

bcm	billion cubic meters	δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα
BGC	British Gas Council	Βρετανικού Συμβουλίου Αερίου
BOG	Boil-off gas	εξατμιζόμενο αέριο
BOR	Boil-off rate	ρυθμός εξάτμισης
FSRU	Floating Storage Regasification Units	Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης και Επαναεριοποίησης
FSU	Floating Storage Units	Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης
LNG	Liquefied Natural Gas	Υγροποιημένο φυσικό αέριο
LPG	Liquefied Petroleum Gas	Υγραέριο
mb/d	million barrels per day	εκατομμύρια βαρέλια ανά ημέρα
MT	million tones	εκατομμύρια τόνοι
mtoe	million tonnes of Oil equivalent	ένα εκατομμύριο τόνοι ισοδύναμου πετρελαίου
MTPA	million tonnes per annum	εκατομμύρια τόνοι ανα έτος
OECD / ΟΟΣΑ	Organisation for Economic Co-operation and Development	Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης
OPEC/ ΟΠΕΚ	Organization of the Petroleum Exporting Countries	Οργανισμός Εξαγωγών Πετραιοπαραγωγών χωρών
YOY	year on year basis	σε ετήσια βάση

## Περίληψη

Η αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) είναι μια ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά με πολλά οικονομικά αλλά και περιβαλλοντικά οφέλη. Η παρούσα εργασία ασχολείται με την παράμετρο της μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου μέσω της αλυσίδας LNG και συγκεκριμένα, με τον βασικότερο κρίκο της, τα δεξαμενόπλοια LNG. Αρχικά γίνεται μια ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας για τα διάφορα είδη καυσίμων για να αναδειχθεί η σημασία του φυσικού αερίου. Στην συνέχεια παρουσιάζονται και αναλύονται τα ενεργειακά φορτία για να αναδειχθεί η ιδιαιτερότητα του LNG φορτίου. Τέλος, παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δεξαμενόπλοιων LNG, του στόλου και της αγοράς ναύλωσης. Από τα στοιχεία που παρουσιάζονται γίνεται σαφές ότι η εξέλιξη των πλοίων αυτών σε όλους τους τομείς, ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, είναι μεγάλη και σύντομα, σαν συνέπεια της συνεχούς ανάπτυξης της αγοράς του φυσικού αερίου, θα ανήκουν στα κυρίαρχα είδη πλοίων.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικό αερίο, ΥΦΑ, δεξαμενόπλοια ΥΦΑ, εξέλιξη

## Abstract

The LNG market is a rapidly emerging one with many economic and environmental benefits. This paper deals with the parameter of LNG transport via LNG Chain, and especially with the chains most important link, the LNG Tankers. At first a small analysis of the global energy market is presented for all kind of fuels, for the importance of natural gas to be emerged. Then, the energy cargoes are presented and analyzed so the importance of the LNG ones can be highlighted. Finally, the characteristics of the LNG tankers, the fleet and the chartering market will be viewed. From all the above, it is easily concluded that the LNG ship development in every aspect, especially in the recent years, is huge and soon, due to the constant development of the natural gas market, they will be among the dominant cargo ships.

Key words: Natural gas, LNG, LNG Tankers, LNG Carriers, evolution

## Εισαγωγή

Η Ναυτιλιακή αγορά του Υγροποιημένου Φυσικού αερίου αποτελεί αναμφίβολα μια πολύ ενδιαφέρουσα περιοχή στις θαλάσσιες μεταφορές υγρών καυσίμων, οι οποίες κυριαρχούν στην παγκόσμια ναυτιλία χύδην φορτίων. Η κάλυψη των συνεχώς αυξανόμενων αναγκών των ανθρώπων για ενέργεια είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις και είναι γνωστό ότι το φυσικό αέριο δύναται να αποτελέσει τον διάδοχο του πετρελαίου. Ενώ για πολλές δεκαετίες το εμπόριο του φυσικού αερίου είχε κυρίως τοπικό χαρακτήρα και λάμβανε χώρα σε συγκεκριμένες κυρίως γεωγραφικές περιοχές, απομονωμένες μεταξύ τους, πλέον, η ανάπτυξη του εμπορίου LNG έχει συμβάλει στη δημιουργία μιας ιδιαίτερα ανταγωνιστικής αγοράς και η Ναυτιλία καλείται να ανταποκριθεί στις νέες προκλήσεις.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι, να αναδειχθεί η σημασία του φυσικού αερίου στην αγορά ενέργειας, να παρουσιαστεί πως τα εξειδικευμένα πλοία μεταφοράς του LNG αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που προκύπτουν από την ιδιαιτερότητα του φορτίου με την εξέλιξη της τεχνολογίας, και να γίνει μια εκτίμηση των τεχνικών χαρακτηριστικών των πλοίων που αναμένεται να κυριαρχήσουν στο μέλλον.

Αναλυτικότερα, στο 1<sup>ο</sup> Κεφαλαίο γίνεται μια σύντομη ανάλυση της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας και των εξελίξεων της περασμένης χρονιάς (2016) όπου εξετάζεται η συνολική παγκόσμια κατανάλωση, η ανάπτυξη, και η πορεία του παγκόσμιου ΑΕΠ. Στην συνέχεια γίνεται μια πιο αναλυτική προσέγγιση στην παγκόσμια αγορά για το κάθε είδος καυσίμου ξεχωριστά. Τέλος γίνεται και μια σύντομη αναφορά στις εκπομπές του άνθρακα που προκαλούνται από τον τομέα της ενέργειας.

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, αρχικά γίνεται μια προσπάθεια κατανόησης εννοιών της μεταφοράς, του φορτίου και πιο συγκεκριμένα του ενεργειακού φορτίου. Στην συνέχεια γίνεται μια εμβάθυνση στην έννοια του πετρελαίου, πως εξάγεται και πως παράγονται τα προϊόντα του, ενώ παρουσιάζεται και η κίνηση της εξαγωγικής και

εισαγωγικής δραστηριότητας τους, από και προς τις διάφορες χώρες και περιοχές του κόσμου.

Ακολουθεί η αναφορά στο φυσικό αέριο, και το σχιστολιθικό φυσικό αέριο ενώ γίνεται μια ανάλυση και σύγκριση των τρόπων μεταφοράς του. Στην συνέχεια παρουσιάζεται το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), οι χώρες που το εξάγουν και μεγαλύτερες χώρες που το εισάγουν. Τέλος, παρουσιάζεται η αλυσίδα LNG και δύο βασικοί κρίκοι της, τα τερματικά υγροποίησης και επαναεριοποίησης.

Το 3<sup>ο</sup> Κεφαλαίο είναι αφιερωμένο στο βασικότερο κρίκο της αλυσίδας LNG, τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς του. Αρχικά γίνεται μια ιστορική αναδρομή και παρουσιάζονται οι βασικές και οι ειδικές κατηγορίες των πλοίων αυτών. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα συστήματα δεξαμενών, το BOG και τα συστήματα πρόωσης. Τέλος ακολουθεί μια εμβάθυνση στα χαρακτηριστικά του στόλου, όπως η ηλικία, τα κόστη νέων σκαφών, τα ταξίδια, οι νέες παραγγελίες, καθώς και η αγορά ναύλωσης για αυτό το είδος πλοίων.

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας**

### **1.1 Εξελίξεις στην Παγκόσμια Αγορά Ενέργειας**

Η σταθερότητα και η αγορά ενέργειας δε συνδυάζονται. Οι κινήσεις και η αστάθεια που εμφανίστηκαν το τελευταίο έτος (2016) στην αγορά της ενέργειας ήταν ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες, αφού οι αγορές χωρίστηκαν από δύο ξεχωριστούς παράγοντες: Τη συνεχιζόμενη προσαρμογή στα βραχυχρόνια περιοδικά (κυκλικά) σοκ που έχουν κλυδωνίσει τις αγορές ενέργειας, ιδιαίτερα την αγορά πετρελαίου, και την αυξανόμενη έλξη της πιο μακροπρόθεσμης μετάβασης της ενέργειας, η οποία βρίσκεται σε εξέλιξη.

Η ανάπτυξη στην παγκόσμια πρωτογενή κατανάλωση ενέργειας παρέμεινε χαμηλή κατά το 2016, και το μείγμα καυσίμου που χρησιμοποιήθηκε απομακρύνθηκε από τον άνθρακα (κάρβουνο) και κατευθύνθηκε προς καύσιμα χαμηλότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα. Η παγκόσμια κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας αυξήθηκε μόλις κατά 1%, περίπου το μισό της δεκαετούς μέσης τιμής (1,8%).

Όπως συνέβη και το 2015, η ανάπτυξη ήταν χαμηλότερη του μέσου όρου σε όλες τις περιοχές εκτός από την Ευρώπη και την Ευρασία, ενώ όλα τα καύσιμα πλην του πετρελαίου και της πυρηνικής ενέργειας αυξήθηκαν με ρυθμό χαμηλότερο του μέσου όρου.

Το παγκόσμιο ΑΕΠ αυξήθηκε μόλις κατά 3%, με ρυθμό που ήταν ο χαμηλότερος από το 2002, με εξαίρεση την περίοδο της χρηματοπιστωτικής κρίσης, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στην επιβράδυνση της βιομηχανικής παραγωγής, που είναι ο τομέας της οικονομίας που σχετίζεται περισσότερο με την ενέργεια.

Για τρίτο συνεχές έτος η ενεργειακή κατανάλωση αυξήθηκε κατά 1% ή λιγότερο (+0,9% το 2015 και +1% το 2014), με την ενεργειακή ένταση (τη μέση ποσότητα ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή μονάδας του ΑΕΠ) να μειώνεται σε ιστορικά άνευ προηγουμένου ποσοστά.

Η κατανάλωση ενέργειας στην Κίνα αυξήθηκε μόνο κατά 1,3% το 2016. Η ανάπτυξη κατά τα έτη 2015 και 2016 ήταν η χαμηλότερη για μια διετία από τη διετία 1997-98. Παρ' όλα αυτά, η Κίνα παρέμεινε η μεγαλύτερη στον κόσμο αναπτυσσόμενη αγορά ενέργειας για 16η συνεχή χρονιά, και μαζί με την Ινδία (+5,4%), αποτέλεσαν το βασικό λόγο αύξησης της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας. Οι δυο αυτές αναπτυσσόμενες χώρες συνέβαλαν σχεδόν ταυτόσημες

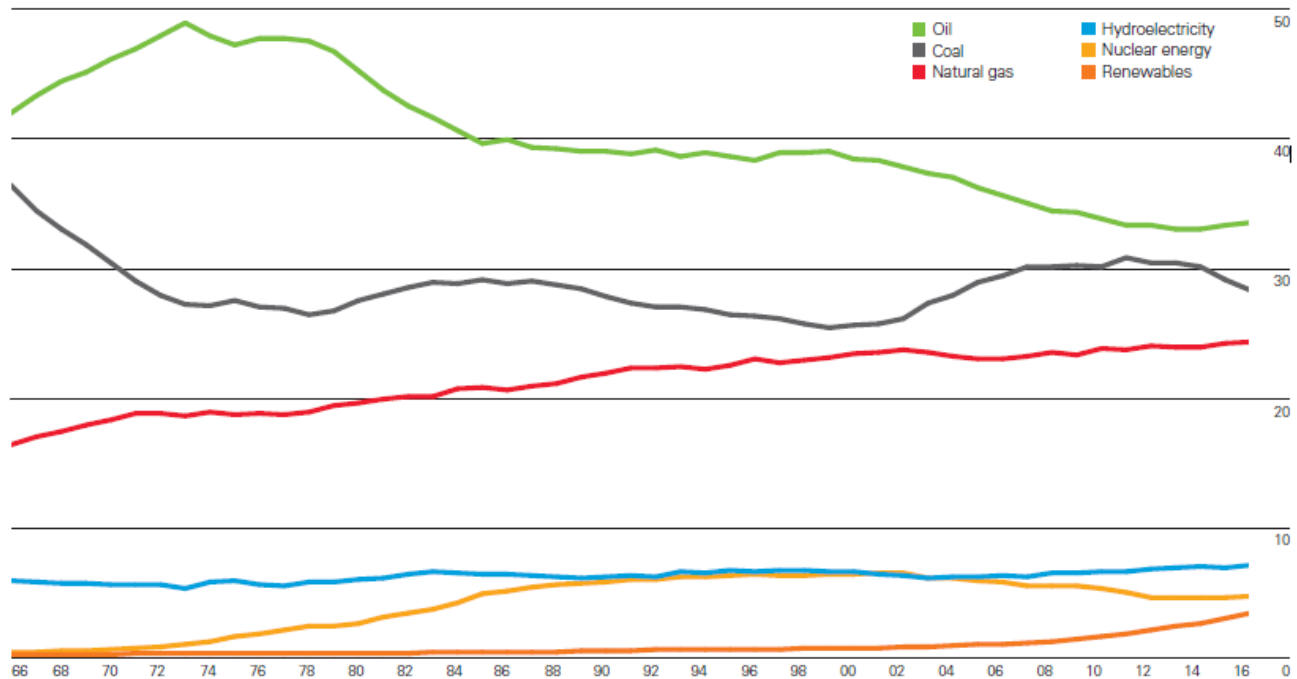
## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

αυξήσεις, οι οποίες μαζί αντιπροσωπεύουν περίπου το ήμισυ της αύξησης της παγκόσμιας ζήτησης.

Αλλά αυτές οι παρόμοιες συνεισφορές συγκαλύπτουν άκρως αντίθετες τάσεις. Η κατανάλωση ενέργειας στην Ινδία αυξήθηκε με ρυθμό παρόμοιο με το πρόσφατο παρελθόν, υποστηριζόμενη από σταθερή οικονομική ανάπτυξη. Αντιθέτως, η κατανάλωση ενέργειας της Κίνας αυξήθηκε λιγότερο από το ένα τέταρτο του ρυθμού που αυξανόταν τα προηγούμενα δέκα χρόνια.

Αυτό το φρένο στην κατανάλωση ενέργειας της Κίνας αντανακλά εν μέρει τη σταδιακή επιβράδυνση της οικονομικής της ανάπτυξης. Η επιβράδυνση συντελείται λόγω της έντονης αδυναμίας στους τομείς της οικονομίας της που σχετίζονται περισσότερο με την ενέργεια, όπως ο σίδηρος, ο χάλυβας και το τσιμέντο, τα οποία μαζί αντιπροσωπεύουν περίπου το ένα τέταρτο της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας της. Μερικές από τις αδυναμίες σε αυτούς τους τομείς, οι οποίες οδήγησαν στην ταχεία ανάπτυξη και εκβιομηχάνιση της Κίνας τα τελευταία 15 χρόνια, αντικατοπτρίζουν τη διαρθρωτική εξισορρόπηση της οικονομίας και την κατεύθυνσή της περισσότερο σε κλάδους που αφορούν προϊόντα και υπηρεσίες.

Ωστόσο η ένταση της επιβράδυνσης, με τη παραγωγή σιδήρου, χάλυβα και τσιμέντου να βρίσκεται κάτω των επιπέδων του 2014, υποδηλώνει ότι μια ανάκαμψη είναι πιθανή.



Source: BP Statistical Review of World energy 2017

**Γράφημα 1.1** Μερίδιο Αγοράς ανά Είδος Ενέργειας στην Πρωτογενή Κατανάλωση Ενέργειας

## **1.2 Η Παγκόσμια Αγορά Πετρελαίου**

Το 2015 ήταν ένα έτος απότομης προσαρμογής για το πετρέλαιο. Η ισχυρή αύξηση της παραγωγής από τον ΟΠΕΚ επικάλυψε την αύξηση της ζήτησης αλλά και τη μείωση της παραγωγής των χωρών που δεν ανήκουν στον ΟΠΕΚ, που είχε πραγματοποιηθεί ως απάντηση στις χαμηλές τιμές. Αντίθετα, το 2016 ήταν ένα έτος ομαλής προσαρμογής για την πετρελαϊκή αγορά, καθώς η ζήτηση πετρελαίου αυξήθηκε εκ νέου, με συνέπεια η παραγωγή του πετρελαίου να αυξάνεται με ρυθμό μικρότερο του ενός τετάρτου (0,4 Mb/d) της παραγωγής που παρατηρήθηκε το 2015.

Η παγκόσμια ζήτηση πετρελαίου αυξήθηκε κατά 1,6 Mb/d το 2016. Όπως και το 2015, η αύξηση οφείλεται σχεδόν εξ ολοκλήρου στους εισαγωγείς πετρελαίου, αφού η Ινδία (0,3 Mb/d) και η Ευρώπη (0,3 Mb/d) εμφάνισαν ασυνήθιστα υψηλές αυξήσεις, παρόλο που η ανάπτυξη στην Κίνα (0,4 Mb/d) και στις ΗΠΑ (0,1 Mb/d) ήταν πιο υποτονικές. Όπως και το 2015, η ισχύς στη ζήτηση πετρελαίου ήταν πιο έντονη στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται από τους καταναλωτές, όπως η βενζίνη, που η τιμή της αυξήθηκε. Αντίθετα, η ζήτηση σε ντίζελ, το οποίο ήταν πιο εκτεθειμένο στην επιβράδυνση της βιομηχανίας (συμπεριλαμβάνοντας τις βιομηχανίες των ΗΠΑ και της Κίνας), μειώθηκε για πρώτη φορά από το 2009.

Η παραγωγή των παραγωγών εκτός ΟΠΕΚ προκάλεσε αδυναμία στην προσφορά πετρελαίου, η οποία μειώθηκε κατά 0,8 Mb/d, που είναι η μεγαλύτερη μείωση των τελευταίων 25 χρόνων. Αυτή η πτώση προκλήθηκε από το σχιστολιθικό πετρέλαιο των ΗΠΑ, του οποίου η παραγωγή έπεσε 0,3 Mb/d. Η Κίνα γνώρισε επίσης τη μεγαλύτερη της πτώση στην παραγωγή πετρελαίου (-0,3 Mb/d).

Αντίθετα, η παραγωγή των παραγωγών που ανήκουν στο ΟΠΕΚ, κατέγραψε άλλο ένα έτος σταθερής ανάπτυξης (1,2 Mb/d), με το Ιράν (0,7 Mb/d), το Ιράκ (0,4 Mb/d) και τη Σαουδική Αραβία (0,4 Mb/d) να είναι οι κύριοι παράγοντες που προκάλεσαν την αύξηση αυτή. Η παραγωγή του Ιράν και το μερίδιό του στην παραγωγή του ΟΠΕΚ βρίσκεται αυτή τη στιγμή στα επίπεδα που βρισκόταν πριν από την επιβολή κυρώσεων.

Ο συνδυασμός της ισχυρής ζήτησης και της αδύναμης προσφοράς ήταν επαρκής για να επαναφέρει την ισορροπία στην αγορά του πετρελαίου περί τα μέσα της χρονιάς. Αλλά αυτό δεν συνέβη προτού τα αποθέματα αυξηθούν ακόμη περισσότερο από τα ήδη υπερβολικά τους επίπεδα, όπως για παράδειγμα το επίπεδο των



αποθεμάτων των χωρών του ΟΟΣΑ στο τέλος του 2016 που ήταν περίπου 300 Mbbls (thousand barrels) πάνω από το μέσο όρο της πενταετίας.

Δυο ήταν οι βασικοί παράγοντες που καθόρισαν τις εξελίξεις μετά την κατάρρευση των τιμών του πετρελαίου το 2014. Το σχιστολιθικό πετρέλαιο της Αμερικής και ο ΟΠΕΚ.

Το σχιστολιθικό πετρέλαιο δεν υπήρχε στους προηγούμενους "κύκλους" των τιμών του πετρελαίου με αποτέλεσμα να φαίνεται για πρώτη φορά η αντίδραση αυτής της αγοράς στις τιμές του πετρελαίου.

Ο κύκλος εργασιών εξόρυξης μέσω ρωγμάτωσης (fracking), που σχετίζεται με σχιστολιθικό πετρέλαιο των ΗΠΑ, είναι πολύ πιο σύντομος σε σχέση με τους παραδοσιακούς τρόπους εξόρυξης. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να ανταποκριθεί πολύ πιο γρήγορα στα σήματα των τιμών σε σχέση με τους παραδοσιακούς παραγωγούς πετρελαίου και έτσι, με τον τρόπο αυτό, εξασθένησε τη μεταβλητότητα στην τιμή του.

Κατά το πρώτο εξάμηνο του 2015, δηλαδή λιγότερο από ένα χρόνο μετά την κορυφή στις τιμές του πετρελαίου, η παραγωγή του σχιστολιθικού πετρελαίου αυξήθηκε μόλις κατά 0,1 Mb/d, σε σύγκριση με την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους που ήταν πάνω από 0,5 Mb/d, εμφανίζοντας ταλάντευση σε ετήσια βάση 0,8 Mb/d. Ομοίως, το σχιστολιθικό πετρέλαιο των ΗΠΑ αυξήθηκε σταθερά κατά το πρώτο εξάμηνο του τρέχοντος έτους, ακολουθώντας τις χαμηλότερες τιμές της άνοιξης του 2016.

Ο ΟΠΕΚ με τις ενέργειές του, ξάφνιασε πολλούς παρατηρητές και άλλαξε δραματικά την πορεία των γεγονότων. Η πρώτη του ενέργεια ήταν να μη μειώσει την παραγωγή το Νοέμβριο του 2014, προκαλώντας μια κατάρρευση των τιμών, ενώ στη συνέχεια, το Νοέμβριο του 2016 συμφώνησε με δέκα παραγωγούς εκτός ΟΠΕΚ, για περικοπή παραγωγής ύψους 1,8 Mb/d.

Η δύναμη του ΟΠΕΚ προέρχεται από την ικανότητά του να μετατοπίζει την παραγωγή πετρελαίου ανά περιόδους. Ως εκ τούτου, έχει την ικανότητα να εξομαλύνει τις επιπτώσεις των προσωρινών κραδασμών στην αγορά πετρελαίου, μειώνοντας ή αυξάνοντας την παραγωγή μέχρι το σοκ να υποχωρήσει.

Αλλά η ικανότητά του να ανταποκρίνεται σε μόνιμους κραδασμούς είναι πολύ πιο περιορισμένη. Η μετατόπιση της προσφοράς από μία περίοδο σε άλλη δεν ευνοεί εάν το υποκείμενο σοκ στην αγορά συνεχίζει. Παράδειγμα αποτελούν οι ανεπιτυχείς

προσπάθειες του ΟΠΕΚ να υποστηρίξει την αγορά πετρελαίου το πρώτο εξάμηνο της δεκαετίας του 1980, όταν οι νέες δομικές πηγές παραγωγής από τη Βόρεια Θάλασσα και την Αλάσκα ξεκίνησαν τη λειτουργία τους.

Παρότι ο ΟΠΕΚ παραμένει η κύρια δύναμη, που είναι ικανή να διαχειριστεί και να σταθεροποιήσει την αγορά πετρελαίου, η φύση αυτής της δύναμης σημαίνει ότι είναι αποτελεσματική σε βραχυπρόθεσμες εκτροπές, αλλά όχι σε διαρθρωτικές αλλαγές, όπως ήταν η εμφάνιση του σχιστολιθικού πετρελαίου.

Η διαρκής ανισορροπία της προσφοράς και η ανάπτυξη στα επίπεδα των αποθεμάτων προκάλεσαν μείωση των τιμών το τέλος του 2015 και μέσα στο 2016. Οι τιμές σταθεροποιήθηκαν μέχρι τα μέσα της χρονιάς, ενόσω η αγορά βρήκε την ισορροπία της και τα αποθέματα εξομαλύνθηκαν, προτού σφίξει η αγορά προς το τέλος του έτους μετά τη συμφωνία του ΟΠΕΚ με τους παραγωγούς που δεν ανήκουν στον ΟΠΕΚ. Η τιμή του πετρελαίου έπιασε τη μέση τιμή (Dated Brent averaged) των 44 δολαρίων ανά βαρέλι το 2016, που είναι χαμηλότερη των 52 δολαρίων του 2015, και η χαμηλότερη (ονομαστική) μέση τιμή από το 2004. Μέχρι στιγμής, αυτή τη χρονιά, η τιμή κινήθηκε κατά μέσο όρο περίπου στα 53 δολάρια με την εκκίνηση της εφαρμογής των περικοπών του ΟΠΕΚ, έστω και εν μέρει να αντισταθμίζεται από την ισχυρή ανάκαμψη του αμερικανικού σχιστολιθικού πετρελαίου.

### **1.3 Η Παγκόσμια Αγορά Προϊόντων Πετρελαίου**

Το 2015, τα προϊόντα του πετρελαίου ανταποκρίθηκαν στα υψηλά περιθώρια, που πλησίασαν τιμές ρεκόρ, αυξάνοντας τη διύλιση κατά 1,8 Mb/d, τριπλάσια δηλαδή του δεκαετούς μέσου όρου. Η συγκεκριμένη αύξηση οδήγησε σε συσσώρευση αποθεμάτων που περιορίσε τα περιθώρια του 2016, αναγκάζοντας τα διυλιστήρια να μειώσουν την αύξησή τους σε μόλις 0,6 Mb/d.

Μετά από έντονη ανάπτυξη το 2015, τα ευρωπαϊκά διυλιστήρια μείωσαν την παραγωγή κατά 0,2 Mb, ενώ η παραγωγή στο Μεξικό, τη Βενεζουέλα και τη Βραζιλία μειώθηκε κατά 0,4 Mb/d, λόγω πολλαπλών διακοπών λειτουργίας των διυλιστηρίων.

Η ικανότητα διύλισης αυξήθηκε μόλις κατά 0,4 Mb/d, λιγότερο δηλαδή από το ήμισυ του μέσου όρου των δέκα ετών. Επομένως, το 2016 ήταν το δεύτερο διαδοχικό έτος ασθενούς ανάπτυξης στα διυλιστήρια, το οποίο οφείλεται στις κινήσεις της Κίνας για τον περιορισμό της συσσώρευσης εγχώριων εφεδρικών διυλιστηρίων.

#### **1.4 Η Παγκόσμια Αγορά Άνθρακα (Coal)**

Η ζήτηση για άνθρακα φαίνεται να έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά από το παρελθόν. Η συγκεκριμένη αλλαγή σε μεγάλο βαθμό αντανακλά διαρθρωτικούς παράγοντες, όπως η αύξηση της διαθεσιμότητας, η ανταγωνιστικότητα του φυσικού αερίου και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, σε συνδυασμό με την κοινωνική πίεση για στροφή προς τα καθαρότερα καύσιμα, χαμηλότερης περιεκτικότητας σε άνθρακα.

Οι μακροπρόθεσμες τάσεις με τη σειρά τους έχουν προκαλέσει την άνοδο των βραχυπρόθεσμων εντάσεων και δυναμικών. Αυτό έγινε ιδιαίτερα εμφανές στην περίπτωση της Κίνας, η οποία στην αρχή του έτους εισήγαγε μια σειρά μέτρων για τη μείωση της κλίμακας στην υπέρβαση της παραγωγικής ικανότητας στον εγχώριο τομέα του άνθρακα και τη βελτίωση της παραγωγικότητας και της κερδοφορίας των εναπομεινάντων ορυχείων. Τα παραπάνω μέτρα επικεντρώθηκαν στη μείωση της ικανότητας των μικρότερων και λιγότερο παραγωγικών ορυχείων και στην ενθάρρυνση μεγαλύτερης ενοποίησης.

Επιπλέον, η κυβέρνηση περιόρισε περαιτέρω την παραγωγή, αναγκάζοντας τα ανθρακωρυχεία να λειτουργήσουν για μέγιστο διάστημα 276 ημερών, ενώ μέχρι πρότινος το μέγιστο διάστημα λειτουργίας των ορυχείων ήταν 330 ημέρες. Ο αντίκτυπος αυτών των μέτρων ήταν δραματικός: η εγχώρια παραγωγή άνθρακα μειώθηκε απότομα και οι τιμές ανέβηκαν ραγδαία σε πολύ υψηλά επίπεδα. Συνολικά για το 2016, η κινεζική παραγωγή άνθρακα μειώθηκε κατά 7,9% (-140 mtoe- million tonnes of Oil equivalent), η μεγαλύτερη καταγεγραμμένη πτώση, και κατά τη διάρκεια του έτους, η τιμή του άνθρακα ατμού αυξήθηκε με ποσοστό ανώτερο του 60%. Επίσης, η κατανάλωση άνθρακα μειώθηκε (-1,6%, -26 mtoe) για τρίτη συνεχή χρονιά, αν και μειώθηκε λιγότερο από την παραγωγή, με την Κίνα να αναλαμβάνει εκ νέου τη θέση της ως ο μεγαλύτερος εισαγωγέας άνθρακα στον κόσμο.

Τα γεγονότα στην Κίνα επηρέασαν την παγκόσμια αγορά άνθρακα, με τις παγκόσμιες τιμές να έχουν οδηγό τους την Κίνα. Η αύξηση των παγκόσμιων τιμών του άνθρακα υποβάθμισε περαιτέρω την παγκόσμια ζήτηση άνθρακα, ιδίως στον τομέα της ενέργειας, με το φυσικό αέριο και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να είναι οι μεγάλοι κερδισμένοι. Η παγκόσμια κατανάλωση άνθρακα μειώθηκε κατά 53 mtoe (-1,7%) και η παγκόσμια παραγωγή κατά 231 mtoe (-6,2%), ενώ η αμερικανική παραγωγή κατέγραψε μια δεύτερη διαδοχική σημαντική πτώση (-19,0%, -85 mtoe).

Ένα ιδιαίτερα εντυπωσιακό παράδειγμα της μακροπρόθεσμης απομάκρυνσης της αγοράς από τον άνθρακα, ήταν το Ηνωμένο Βασίλειο, όπου η αύξηση στις παγκόσμιες τιμές άνθρακα ενισχύθηκε από την αύξηση του ορίου τιμών άνθρακα του Ηνωμένου Βασιλείου το 2015. Ως αποτέλεσμα, τα τρία εναπομείναντα υπόγεια ανθρακωρυχεία του Ηνωμένου Βασιλείου έκλεισαν, και μαζί τους έκλεισε και ο κύκλος της σχέσης του Ηνωμένου Βασιλείου με τον άνθρακα. Έτσι, η κατανάλωση επανήλθε στο σημείο όπου ήταν περίπου πριν από 200 χρόνια από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, και η βρετανική βιομηχανία ενέργειας κατέγραψε την πρώτη ημέρα χωρίς άνθρακα τον Απρίλιο του τρέχοντος έτους.

### **1.5 Η Παγκόσμια Αγορά Φυσικού Αερίου**

Η παγκόσμια κατανάλωση Φυσικού αερίου αυξήθηκε κατά 1,5% (63 bcm), αλλά παρέμεινε αρκετά ασθενέστερη από το μέσο όρο των δέκα ετών (2,3%). Η παγκόσμια παραγωγή φυσικού αερίου παρέμεινε κατ' ουσίαν σταθερή (0,3%, 21 bcm), σημειώνοντας την ασθενέστερη αύξηση στην παραγωγή αερίου τα τελευταία 34 χρόνια, εκτός από την περίοδο μετά την παγκόσμια οικονομική κρίση.

Αυτή η υποτονική ανάπτυξη ήταν συμβατή με την πτώση των τιμών του φυσικού αερίου. Οι δείκτες των ευρωπαϊκών και ασιατικών αγορών του φυσικού αερίου μειώθηκαν κατά 20-30% καθώς οι τιμές συνέχισαν να προσαρμόζονται στα αυξημένα αποθέματα LNG.

Το φαινόμενο αυτό μπορεί να παρατηρηθεί έντονα στις ΗΠΑ, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά την προσφορά, όπου οι πτώση στην τιμή του φυσικού αερίου (και του πετρελαίου) προκάλεσαν την πτώση (-17 bcm, -2,5%) στην παραγωγή του LNG των ΗΠΑ για πρώτη φορά από τότε που ξεκίνησε η επανάσταση του σχιστολιθικού αερίου στις ΗΠΑ στα μέσα της δεκαετίας του 2000.

Η κατανάλωση φυσικού αερίου στην Ευρώπη αυξήθηκε έντονα (6%, 28 bcm) βοηθούμενη από την αύξηση στην ανταγωνιστικότητα του φυσικού αερίου σε σχέση με τον άνθρακα και την εξασθένιση της ευρωπαϊκής πυρηνικής και ανανεώσιμης ενέργειας.

Στη Μέση Ανατολή (με 3,5%, 19 bcm) και την Κίνα (16 bcm, 7,7%) καταγράφηκαν έντονες αυξήσεις που ενισχύθηκαν από τη βελτίωση των υποδομών και τη διαθεσιμότητα του φυσικού αερίου. Οι μεγαλύτερες πτώσεις σημειώθηκαν στη Ρωσία (-12 bcm, -3,2%) και τη Βραζιλία (-5 bcm, -12,5%), όπου και οι δύο επωφελήθηκαν

από ισχυρές αυξήσεις σε υδροηλεκτρική ενέργεια. Από την πλευρά της προσφοράς, η αυστραλιανή παραγωγή (19 bcm, 25,2%) ήταν η πιο αξιοπρόσεκτη, αφού αρκετές νέες εγκαταστάσεις LNG μπήκαν σε λειτουργία.

Παρατηρώντας την αναπτυσσόμενη αγορά του LNG, παρόλο που η Κίνα συνέχισε να αποτελεί την κύρια πηγή ανάπτυξης, είναι εντυπωσιακό ότι η αυξανόμενη διαθεσιμότητα των προμηθειών έχει προκαλέσει μια σειρά νέων χωρών, όπως η Αίγυπτος, το Πακιστάν και η Πολωνία, να εισέλθουν στην αγορά τα τελευταία δύο χρόνια. Οι νεοεισερχόμενες χώρες επωφελήθηκαν από την αύξηση της ευελιξίας που προσφέρουν οι άφθονες προμήθειες λόγω της χρήσης FSRU (πλωτές μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης).

Το 2016 ήταν ο πρώτος χρόνος της έντονης ανάπτυξης που αναμένεται να φανεί στο LNG, με τις παγκόσμιες προμήθειες να αυξάνονται κατά 30% περίπου έως το 2020. Αυτό ισοδυναμεί με την είσοδο ενός νέου LNG-Τρένου (μονάδας υγροποίησης) κάθε δύο με τρεις μήνες για τα επόμενα τέσσερα χρόνια. Πρόκειται δηλαδή για μια αρκετά εκπληκτική ανάπτυξη.

Καθώς η σημασία του εμπορίου LNG μεγαλώνει, οι παγκόσμιες αγορές αερίου είναι πιθανό να εξελιχθούν και στον υλικό τομέα. Παράλληλα με την αυξανόμενη ολοκλήρωση της αγοράς, είναι πιθανό να γίνει μια στροφή προς ένα πιο ευέλικτο τύπο συναλλαγών, ο οποίος θα υποστηρίζεται από τη βαθύτερη και περισσότερο ανταγωνιστική δομή της αγοράς. Πράγματι, αυτή η αλλαγή είναι ήδη εμφανής, με τη στροφή προς μικρότερες και πιο βραχυπρόθεσμες συμβάσεις, καθώς και την αύξηση της αναλογίας των συναλλαγών LNG που δεν έχουν ακόμα πραγματοποιηθεί και είναι ελεύθερα διαπραγματεύσιμες.

Μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα αγορά από τη σκοπιά των αυξανόμενων προμηθειών LNG είναι η Ευρώπη. Από τη μία πλευρά, η μεγάλη και αυξανόμενη ανάγκη της Ευρώπης για εισαγόμενο αέριο, σε συνδυασμό με τη σχετικά κεντρική γεωγραφική της τοποθεσία, που την τοποθετεί ανάμεσα σε αρκετούς μεγάλους προμηθευτές LNG, η Ευρώπη συχνά επισημαίνεται ως η φυσική αγορά ανάπτυξης για το LNG. Από την άλλη πλευρά, η εύκολη πρόσβαση της Ευρώπης σε άφθονες προμήθειες φυσικού αερίου μέσω αγωγών, ιδίως από τη Ρωσία, σημαίνει πως οι εισαγωγές LNG είναι πιθανό να αντιμετωπίσουν ισχυρό ανταγωνισμό.

Από την άποψη αυτή της μάχης των ανταγωνιστικών προμηθειών, νικητής αναδείχθηκε το φυσικό αέριο μέσω αγωγού. Οι εισαγωγές φυσικού αερίου στην Ευρώπη αυξήθηκαν σημαντικά το τελευταίο έτος, αντανακλώντας τη μεγάλη αύξηση της ζήτησης, μαζί με την αδυναμία στην εγχώρια παραγωγή φυσικού αερίου. Αλλά σχεδόν το σύνολο της αύξησης των ευρωπαϊκών εισαγωγών καλύφθηκε από αγωγούς φυσικού αερίου, κυρίως από Αλγερινούς και Ρώσους προμηθευτές, σηματοδοτώντας οριακή αύξηση στην εισαγωγή LNG. Τα οικονομικά κίνητρα σε αυτή τη μάχη των ανταγωνιστικών προμηθειών είναι σαφή, όπως συνέβη και με την απάντηση του ΟΠΕΚ στην άνοδο του σχιστολιθικού πετρέλαιου των ΗΠΑ, η Ρωσία έχει ένα ισχυρό κίνητρο να ανταγωνιστεί για να διατηρήσει το μερίδιό της στην αγορά, ενόψει του αυξανόμενου ανταγωνισμού στις προμήθειες LNG.

Ωστόσο η ανταγωνιστική διαδικασία περιπλέκεται από τις πιθανές ανησυχίες για την υπερβολική εξάρτηση της Ευρώπης από έναν μόνο προμηθευτή και τα ζητήματα ενεργειακής ασφάλειας που μπορεί να προκύψουν. Η Ευρώπη δεν χρειάζεται να καταναλώνει μεγάλες ποσότητες εισαγόμενου LNG σε «κανονικές» χρονικές στιγμές, αλλά έχει τη δυνατότητα να το πράξει αν προκύψει ανάγκη.

### **1.6 Μη-Ορυκτά Καύσιμα**

Ο κύριος παράγοντας της ενεργειακής μετάβασης είναι φυσικά, η ανανεώσιμη ενέργεια της οποίας η ραγδαία αύξηση συνεχίστηκε το 2016, υπό την αιγίδα της αιολικής ενέργειας (15,6%, 131 TWh) και της ηλιακής ενέργειας (29,6%, 77 TWh). Αν και το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας στην πρωτογενή ενέργεια σημείωσε μικρή άνοδο της τάξης του 3,2%, η ισχυρή της αύξηση αντιστοιχούσε σε ποσοστό άνω του 30% της συνολικής αύξησης της πρωτογενούς ενέργειας. Η Κίνα συνέχισε να κυριαρχεί στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας περισσότερο από το 40% της παγκόσμιας ανάπτυξης, περισσότερο δηλαδή απ' ό,τι όλες τις χώρες του ΟΟΣΑ αθροιστικά, και ξεπέρασε έτσι τις ΗΠΑ και έγινε πλέον ο μεγαλύτερος παραγωγός ανανεώσιμης ενέργειας.

Ένα αξιοσημείωτο αρνητικό σημείο το 2016 ήταν η ΕΕ, όπου η ανανεώσιμη ενέργεια αυξήθηκε ελάχιστα. Αυτό είναι μια υπενθύμιση της μεταβλητότητας που οι καιρικές συνθήκες μπορούν να εισάγουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας από έτος

σε έτος. Για παράδειγμα, η μείωση της αιολικής ενέργειας της Δανίας το 2016 ήταν το 5% της συνολικής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Αν και η αιολική ενέργεια συνέχισε να διατηρεί τη μερίδα του λέοντος στην αύξησης της ανανεώσιμης ενέργειας, η ηλιακή ενέργεια πλησιάζει γρήγορα.

Χρειάστηκε γύρω στα 20 έτη για το μερίδιο των χωρών που παράγουν μία σημαντική ποσότητα αιολικής ενέργειας για να αυξηθούν από 15% σε 75%. Η ηλιακή ενέργεια πέτυχε τον ίδιο βαθμό διάχυσης σε χρόνο μικρότερο από το μισό αυτής της διάρκειας. Σε έντονη αντίθεση, η πυρηνική ενέργεια έμεινε στάσιμη σε λιγότερες από τις μισές χώρες.

Οι διαφορετικοί ρυθμοί διάχυσης αντικατοπτρίζουν τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών. Επιπλέον, το γεγονός ότι η μεταφορά της αιολικής και ηλιακής τεχνολογίας δεν απαιτεί επαχθείς περιορισμούς ασφάλειας, βοήθησε τη γρήγορη διάδοσή τους, εν αντιθέσει με την πυρηνική ενέργεια.

Όσον αφορά άλλα μη ορυκτά καύσιμα η Κίνα αποτέλεσε την κύρια πηγή παγκόσμιας ανάπτυξης για την υδροηλεκτρική (2,8%, 120 TWh) και πυρηνική ενέργεια (1,3%, 41 TWh). Η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα επιβραδύνθηκε απότομα τα τελευταία χρόνια από τα ταχεία ποσοστά επέκτασης που χαρακτήρισαν το πρώτο μέρος της δεκαετίας του 2000. Αντίθετα, το πρόγραμμα πυρηνικής ενέργειας της Κίνας μόλις αρχίζει την άνοδό του, αφού πέντε νέοι αντιδραστήρες λειτούργησαν το 2016, σηματοδοτώντας τη μεγαλύτερη ετήσια αύξηση της πυρηνικής ενέργειας στην ιστορία της Κίνας, έχοντας σήμερα περισσότερους από 20 αντιδραστήρες υπό κατασκευή.

### **1.7 Εκπομπές άνθρακα**

Οι εκπομπές άνθρακα παρέμειναν ουσιαστικά στα ίδια επίπεδα και το 2016. Αυτό είναι το τρίτο συνεχές έτος στο οποίο υπήρξε μικρή ή καθόλου αύξηση στις εκπομπές άνθρακα, σε έντονη αντίθεση με τα τελευταία δέκα χρόνια, όπου οι εκπομπές αυξάνονταν σχεδόν κατά 2,5% ετησίως. Μέρος αυτής της επιβράδυνσης αντανακλά η ασθενέστερη αύξηση του ΑΕΠ, αλλά το μεγαλύτερο κομμάτι της αντικατοπτρίζει την ταχύτερη πτώση της έντασης άνθρακα στο ΑΕΠ (δηλαδή τη μέση ποσότητα άνθρακα που εκπέμπεται ανά μονάδα ΑΕΠ), με γνώμονα την επιτάχυνση των βελτιώσεων, τόσο την ενεργειακή απόδοση όσο και το μείγμα καυσίμων.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Το βασικό ερώτημα που τίθεται είναι αν η εμπειρία των τελευταίων τριών ετών σηματοδοτεί αποφασιστικό διάλειμμα από το παρελθόν και σημαντικό βήμα προς τους στόχους της συμφωνίας του Παρισιού ή ήταν σε μεγάλο βαθμό λόγω των κυκλικών παραγόντων που είναι πιθανό να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου.

Εξετάζοντας τους παράγοντες που οδήγησαν στη βελτίωση, η βασική διαφορά είναι η Κίνα. Οι εκπομπές άνθρακα της Κίνας εκτιμάται ότι μειώθηκαν τα τελευταία δύο χρόνια, μετά την αύξηση με ποσοστό μεγαλύτερο του 75% τα προηγούμενα δέκα χρόνια.



## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: Ενεργειακά Φορτία**

### **2.1 Εισαγωγή**

Με τον όρο "μεταφορά" εννοούμε την ενέργεια που παράγει χρησιμότητα μέσω της διακίνησης προσώπων και αγαθών από μία θέση σε κάποια άλλη. Αντικείμενο της μεταφοράς, δηλαδή φορτίο, μπορεί να αποτελέσουν τα πάσης φύσεως αγαθά, αλλά και ο άνθρωπος. Η οικονομική δραστηριότητα αποβλέπει στην παραγωγή, στη διανομή και στην ανταλλαγή αγαθών και υπηρεσιών. Το σύνολο των οικονομικών αυτών λειτουργιών είναι αδύνατον να συντελεστεί χωρίς τη μεταφορά.

Μέσω της μεταφοράς επιτυγχάνεται η αξιοποίηση των πλουτοπαραγωγικών πηγών του πλανήτη, αφού χωρίς αυτήν οι κατά τόπους ανθρώπινες κοινωνίες θα βρίσκονταν σε πλήρη εξάρτηση από τις φυσικές πηγές πλούτου του άμεσου περιβάλλοντός τους.

Στη σύγχρονη πραγματικότητα η μεταφορά έπαψε να αφορά μόνο διευκόλυνση της ανταλλαγής δευτερεύουσας σημασίας αγαθών, και έχει αναχθεί σε οικονομικό μηχανισμό, από την ομαλή λειτουργία του οποίου, εξαρτάται ολόκληρη η λειτουργία της σύγχρονης κοινωνίας.

Η συμβολή των διαφόρων μεταφορικών μέσων στην επίτευξη της οικονομικών και εκπολιτιστικών αποτελεσμάτων δεν υπήρξε ποτέ ίσης σημασίας. Η φυσική διαμόρφωση της Γης, έδωσε πρωτεύουσα σημασία στα θαλάσσια μέσα μεταφοράς, αφού τα τρία τέταρτα της επιφάνειας της Γης καλύπτονται από θάλασσες και λίμνες.

Όπως φάνηκε στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο, ανάγκη για ενέργεια στη σύγχρονη κοινωνία αυξάνεται συνεχώς. Είναι γνωστό ότι οι ενεργειακοί πόροι έχουν στρατηγική σημασία για την οικονομική ανάπτυξη. Από τις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα με την ανακάλυψη των μηχανών εσωτερικής καύσης και αργότερα των αεροπλάνων η ζήτηση για πετρέλαιο και για τα προϊόντα του εκτοξεύθηκε. Αν και μετά την πετρελαϊκή κρίση του 1974 καταβλήθηκε προσπάθεια απεξάρτησης από το πετρέλαιο, αυτό εξακολουθεί να κατέχει την πρώτη θέση ως κύριο καύσιμο κατανάλωσης με το φυσικό αέριο να ακολουθεί.

Το γεγονός, ότι οι περιοχές παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου απέχουν πολύ από τα μεγάλα κέντρα κατανάλωσης έκανε τη μεταφορά τους απόλυτα αναγκαία.

Το φυσικό αέριο, το αργό πετρέλαιο και τα προϊόντα του αποτελούν τα σημαντικότερα ενεργειακά φορτία.

### **2.2 Πετρέλαιο και Προϊόντα Πετρελαίου**

Η λέξη πετρέλαιο "petroleum" προέρχεται από την Ελληνική λέξη πέτρα και τη λατινική Oleum, που σημαίνει λάδι. Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από το Γερμανό ορυκτολόγο Agricola το 1556. Το αργό (ακατέργαστο) πετρέλαιο, που βγαίνει από τις πετρελαιοπηγές είναι ένα παχύρευστο μαύρο ή σκούρο καφέ υγρό, μείγμα υδρογονανθράκων, δηλαδή ουσιών που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο, κατά ένα μεγάλο μέρος της σειράς των αλκανίων, που όμως περιέχει και αρκετούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, καθώς και άλλες οργανικές ενώσεις και το οποίο βρίσκεται μέσα σε πορώδη πετρώματα στα ανώτερα στρώματα μερικών περιοχών τού φλοιού της Γης. Το πετρέλαιο διαφέρει ως προς τη σύστασή του από τόπο σε τόπο. Αυτό έχει να κάνει με τις διαφορετικές ουσίες που είναι διαλυμένες μέσα του κι αυτό οφείλεται στις διαφορετικές συνθήκες κάτω από τις οποίες δημιουργήθηκαν τα κοιτάσματα πετρελαίου σε κάθε χώρα.

Η άντληση του πετρελαίου γίνεται από ειδικές πυργωτές εγκαταστάσεις, που εγκαθίστανται πάνω στις πετρελαιοπηγές. Το πετρέλαιο λαμβάνεται μετά από διάτρηση του εδάφους, με γεώτρηση όπου το πετρέλαιο, σε ορισμένες περιπτώσεις, λόγω των υφιστάμενων πιέσεων, αναβλύζει υπό μορφή πίδακα ύψους πολλών μέτρων. Συνηθέστερα όμως εξάγεται με απάντληση κατόπιν προκαλούμενης πίεσης, στην αρχή, νερού επί του οποίου και επιπλέει το προς εξόρυξη πετρέλαιο.

Συνεπώς, υπάρχουν πολλές μέθοδοι αύξησης της παραγωγής πετρελαίου από τις πηγές όπως με εξακόντιση νιτρογλυκερίνης ή με εισαγωγή, υπό πίεση, υδροχλωρικού οξέος ή ακόμα μετά από διαβίβαση αερίων υπό πίεση.

Γενικά το πετρέλαιο από τις πετρελαιοπηγές φέρεται αναμεμιγμένο με αέρια, νερό καθώς και με μικρές ποσότητες άμμου. Τα μεν αέρια αποχωρίζονται μέσω ενός διαχωριστή και χρησιμοποιούνται είτε προς επανεισαγωγή εντός των πηγών είτε οδηγούνται προς το εμπόριο ως φυσικά αέρια. Το νερό αποχωρίζεται από το πετρέλαιο με παραμονή του σε δεξαμενές, εκεί ξεχωρίζεται και η άμμος (με καθίζηση). Αν, όμως, έχει αναμιχθεί το πετρέλαιο με το νερό ως γαλάκτωμα, τότε είναι απαραίτητο να ακολουθηθούν ιδιαίτερες διεργασίες θέρμανσης, καθώς και χημικές ή ηλεκτρικές μέθοδοι αποχωρισμού του νερού.

Το αργό πετρέλαιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί πριν υποστεί επεξεργασία. Η επεξεργασία του πετρελαίου δε γίνεται στους χώρους άντλησης. Το πετρέλαιο μεταφέρεται με αγωγούς ή δεξαμενόπλοια σε ειδικές εγκαταστάσεις, τα διυλιστήρια, όπου διυλίζεται. Αρχικά, απομακρύνονται από το αργό πετρέλαιο οι ενώσεις του θείου. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αποθείωση. Στη συνέχεια, το πετρέλαιο διοχετεύεται στην αποστακτική στήλη, όπου γίνεται η κλασματική απόσταξη. Τα μόρια των χημικών ενώσεων του πετρελαίου διαχωρίζονται. Με τη διαδικασία αυτή παράγονται τα κλάσματα (προϊόντα) του πετρελαίου. Μετά την αποθείωση το πετρέλαιο διοχετεύεται για απόσταξη. Πρώτα θερμαίνεται στους 4000 βαθμούς Κελσίου. Τότε δημιουργούνται ατμοί, οι οποίοι διοχετεύονται στην αποστακτική στήλη. Αυτή είναι μια στήλη, η οποία έχει εξόδους σε διάφορες θερμοκρασίες γιατί καθώς οι ατμοί ανεβαίνουν, αρχίζουν να ψύχονται και να υγροποιούνται. Σε διαφορετικές θερμοκρασίες υγροποιούνται διαφορετικά προϊόντα του πετρελαίου. Αυτά είναι τα κλάσματα του πετρελαίου, όπως τα υγραέρια (LPG), η βενζίνη (gasoline), το πετρέλαιο κίνησης και θέρμανσης, η κηροζίνη, το μαζούτ, τα ορυκτέλαια και η πίσσα.

### **2.2.1 Χώρες που εξάγουν αργό πετρέλαιο**

Το πετρέλαιο είναι το δεύτερο μεγαλύτερο προϊόν εξαγωγής παγκοσμίως, που το ξεπερνάνε μόνο τα εξαγόμενα αυτοκίνητα. Ανερχόμενες στο 4,3% της παγκόσμιας αξίας όλων των προϊόντων εξαγωγής, οι αποστολές αργού πετρελαίου ανήλθαν σε 678,1 δισ. δολάρια για το 2016. Ο αριθμός αυτός αντιπροσωπεύει μείωση της τάξης του 59,4% από το 2012 και παρά το γεγονός ότι ο όγκος των εξαγωγών αυξήθηκε κατά 5,9% σε αυτήν τη χρονική περίοδο. Σε ετήσια βάση (YOY), η αξία των εξαγωγών μειώθηκε κατά 11,4% σε σχέση με το 2015 .

Οι χώρες της Μέσης Ανατολής πραγματοποίησαν το 45,8% των συνολικών παγκόσμιων εξαγωγών αργού πετρελαίου για το 2016, αξίας 310,6 δισ. δολαρίων, με τη Σαουδική Αραβία να αποτελεί την πρώτη με διαφορά χώρα στις εξαγωγές αργού πετρελαίου αφού από εκεί πραγματοποιείται το 20,1% του συνόλου των παγκόσμιων εξαγωγών, ενώ μέσα στις 15 μεγαλύτερες εξαγωγικές χώρες (Γράφημα 2.1) ανήκουν και το Ιράκ (6,8%), τα Η.Α.Ε (5,7%), το Κουβέιτ (4,5%), το Ιράν (4,3%) και το Κατάρ (2,2%).

Στις χώρες της Ευρώπης πραγματοποιείται το 17,7% των παγκόσμιων εξαγωγών αφού κατέχει τη δεύτερη σε εξαγωγές χώρα, τη Ρωσία (10,9%) με τη Νορβηγία (3,3%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (2,0%) να ακολουθούν. Από την Αφρική εξάγεται το 12,6% με βασικότερους εκπροσώπους τη Νιγηρία (4,0%) και την Ανγκόλα (3,7%). Στην περιοχή της Βόρειας Αμερικής, και κυρίως από τον Καναδά (5,7%), εξάγεται το 9,3%, ενώ από την Ασία το 6,8%, με μεγαλύτερη εξαγωγική χώρα της περιοχής το Καζακστάν (2,9%). Στις χώρες της Λατινικής Αμερικής (εκτός του Μεξικό) μαζί με τις υπόλοιπες χώρες εξαγωγείς της Καραϊβικής πραγματοποιείται μόλις το 6,7% των παγκόσμιων εξαγωγών αργού πετρελαίου.

Οι δεκαπέντε μεγαλύτερες εξαγωγικές χώρες (Γράφημα 2.1) υπέστησαν πολύ μεγάλες μειώσεις στην αξία των εξαγωγών τους από το 2012 έως το 2016, κατά βάση λόγω της τιμής του πετρελαίου. Οι μειώσεις αυτές κυμάνθηκαν από 32,5% για το Ιράκ έως και 72,8% για τη Νιγηρία. Άλλες χώρες που υπέστησαν ταχεία πτώση ήταν: η Βενεζουέλα (-70,4%), το Μεξικό (-66,9%), το Καζακστάν (-65,7%) και η Αγκόλα (-63,4%). Οι δεκαπέντε αυτές χώρες αντιπροσώπευαν το 81,4% του συνόλου των κατά αξία εξαγωγών αργού πετρελαίου το 2016.

### **2.2.2 Χώρες που εισάγουν αργό πετρέλαιο**

Οι παγκόσμιες αγορές εισαγόμενου αργού πετρελαίου ανήλθαν σε 679,1 δισ. δολάρια το 2016, που αποτελεί μείωση της τάξης του 61.9% σε σχέση με το 2012 όπου είχαν ανέλθει στα 1,751 τρισεκατομμύρια δολάρια, και παρ' ότι ο όγκος των εισαγωγών είχε αυξηθεί κατά 4,2%, σε αυτήν τη χρονική περίοδο .

Οι Ασιατικές χώρες πραγματοποίησαν τις εισαγωγές αργού πετρελαίου με την υψηλότερη αξία για το 2016 με αγορές αξίας 331,6 δισεκατομμυρίων δολαρίων ή 49,4% του παγκόσμιου συνόλου. Στην περιοχή της Ασίας βρίσκονται οι τέσσερις από τις πέντε μεγαλύτερες εισαγωγικές χώρες αργού πετρελαίου (Γράφημα 2.1). Η Κίνα είναι πρώτη στη λίστα των χωρών που εισάγουν αργό πετρέλαιο με ποσοστό 17,3% των παγκόσμιων εισαγωγών, ενώ από την Ασία ακολουθούν η Ινδία (9,1%), η Ιαπωνία (7,6%) και η Νότια Κορέα (6,6%).

Στη δεύτερη θέση, τα ευρωπαϊκά έθνη πραγματοποίησαν 28,6% του συνόλου των εισαγωγών με μεγαλύτερες εισαγωγικές χώρες την Ολλανδία (4,4%), τη Γερμανία (4,3%), την Ιταλία (2,8%), την Ισπανία (2,8%), τη Γαλλία (2,7%), το Ηνωμένο Βασίλειο (2,1%) και το Βέλγιο (1,7%).

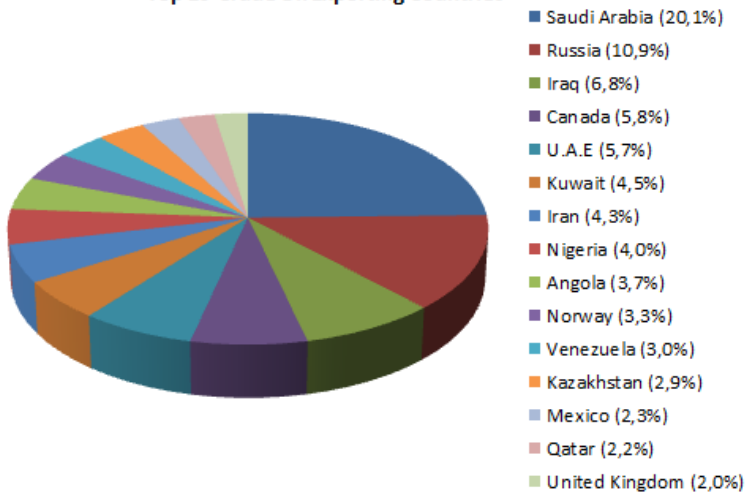
## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Στη Βόρεια Αμερική παραδόθηκε το 17,7% των παγκόσμιων εισαγωγών αργού πετρελαίου. Οι ΗΠΑ (16,1%) παρά το γεγονός ότι παράγουν τεράστιες ποσότητες αργού πετρελαίου, έχουν τόσο μεγάλη κατανάλωση που τις αναγκάζει να εισάγουν τεράστιες ποσότητες πετρελαίου και ανεβάζοντας τους στη δεύτερη θέση των χωρών που εισάγουν αργό πετρέλαιο.

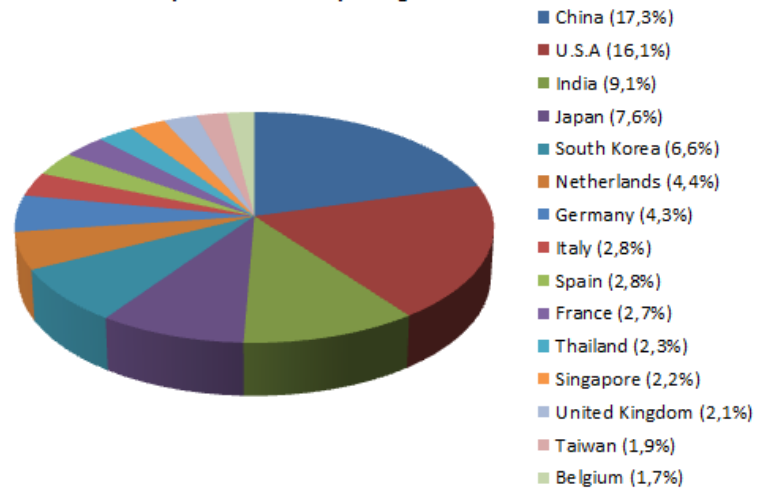
Στη Λατινική Αμερική (εκτός του Μεξικό) και την Καραϊβική πραγματοποιήθηκε το 1,9% των εισαγωγών, στην Αφρική το 1,3% και στις χώρες της Ωκεανίας, συμπεριλαμβανομένης της Αυστραλίας και της Νέας Ζηλανδίας, το 1,2%.

Στις δεκαπέντε μεγαλύτερες εισαγωγικές (Γράφημα 2.1) χώρες πραγματοποιείται το 83,% του συνόλου των εισαγωγών με βάση την αξία. Κανείς από αυτούς τους κορυφαίους εισαγωγείς δεν παρουσίασε αύξηση της αξίας των αγορών αργού πετρελαίου από το 2012 έως το 2016. Μεταξύ των χωρών αυτών, οι εισαγωγείς αργού πετρελαίου με τους ταχύτερους ρυθμούς μείωσης των εισαγωγών από το 2012 είναι το Ηνωμένο Βασίλειο (-70,1%), η Ιαπωνία (-66,8%), η Ιταλία (-66,8%) και οι Ηνωμένες Πολιτείες (-66,4%).

Top 15 Crude Oil Exporting Countries



Top 15 Crude Oil Importing Countries



Source: <http://www.worldstopexports.com>

**Γράφημα 2.1 Οι 15 μεγαλύτερες Εξαγωγικές Χώρες (αριστερά) και Εισαγωγικές Χώρες (δεξιά) ανά αξία και το ποσοστιαίο μερίδιο αγοράς τους**

### **2.2.3 Χώρες που εξαγωγούν προϊόντα πετρελαίου**

Η συνολική αξία των εξαγωγών προϊόντων πετρελαίου ανήλθε σε 504,9 δισ. δολάρια το 2016, παρουσιάζοντας μείωση της τάξης του 50,3% από το 2012, όταν οι εξαγωγές προϊόντων πετρελαίου εκτιμήθηκαν σε 1.015 τρισεκατομμύρια δολάρια και παρά το γεγονός ότι ο όγκος των εξαγωγών για αυτήν την περίοδο αυξήθηκε κατά 18,6%. Σε σχέση με το 2015, η αξία των παγκόσμιων εξαγωγών προϊόντων πετρελαίου μειώθηκε κατά 15,6% .

Με βάση την περιοχή, οι ευρωπαϊκές χώρες μαζί με τις χώρες της Ευρασίας, πραγματοποίησαν τις μεγαλύτερες σε αξία εξαγωγές προϊόντων πετρελαίου για το 2016 με αποστολές αξίας 206,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων ή 41% του παγκόσμιου συνόλου, με βασικούς εκπροσώπους τη Ρωσία (9,1%), την Ολλανδία (7,4%), το Βέλγιο (4%), τη Γερμανία (2,2%), την Ιταλία (10,5%) και το Ηνωμένο Βασίλειο (1,8%). Στη δεύτερη θέση βρέθηκαν οι χώρες της Ασίας όπου πραγματοποίησαν το 39,1%, ενώ το 14,8% προήλθε από τη Βόρεια Αμερική και σχεδόν αποκλειστικά από τις ΗΠΑ που αποτελούν τη μεγαλύτερη εξαγωγική χώρα προϊόντων πετρελαίου με ποσοστό 12,7% των συνολικών παγκόσμιων εξαγωγών.

Η Λατινική Αμερική (εξαιρουμένου του Μεξικό) και η Καραϊβική αντιπροσώπευαν το 2,3% των εξαγωγών πετρελαιοειδών, ενώ αντίστοιχο ποσοστό εξαγωγών επιτεύχθηκε και από τις χώρες της Αφρικής. Με επικεφαλής την Αυστραλία, την Παπούα Νέα Γουινέα και τη Νέα Ζηλανδία, οι εξαγωγές προϊόντων πετρελαίου από τις περιοχές της Ωκεανίας συμπλήρωσαν το ισχνό ποσοστό 0,4% του συνόλου.

### **2.2.4 Χώρες που εισάγουν προϊόντα πετρελαίου**

Το 2016 ο συνολικός όγκος των εισαγωγών προϊόντων πετρελαίου παγκοσμίως έφτασε τα 27.370,5 χιλιάδες βαρέλια την ημέρα (kb/d) παρουσιάζοντας αύξηση της τάξης του 2,3% σε σχέση με το 2015. Στην περιοχή της Ασίας και του Ειρηνικού πραγματοποιήθηκαν οι περισσότερες εισαγωγές προϊόντων πετρελαίου 10.027 kb/d ή το 36% του συνόλου. Η Σιγκαπούρη παρά τη μικρή πτώση των εισαγωγών της (-2,3%), συνεχίζει να βρίσκεται στην κορυφή με όγκο εισαγωγών της τάξης των 2,515,8 kb/d δηλαδή το 9,2% του συνόλου, ενώ και η Κίνα είχε μεγάλο όγκο εισαγωγών με 1.220,3 kb/d (4,5%).

Ιδιαίτερα μεγάλος ήταν ο όγκος των εισαγωγών, στην Ευρώπη και την Ευρασία φτάνοντας τα 8.643,4 kb/d ή το 31% των συνολικών εισαγωγών προϊόντων

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

πετρελαίου, με κορυφαίο εκπρόσωπο την Ολλανδία (7,1%) τον τρίτο μεγαλύτερο εισαγωγέα σε όγκο, προϊόντων πετρελαίου.

Στη Λατινική Αμερική ο όγκος των εισαγωγών έφτασε τα 2.538 kb/d ή 9,3%, ενώ στη Βόρεια Αμερική και σχεδόν αποκλειστικά στις ΗΠΑ (8%), τη δεύτερη μεγαλύτερη χώρα σε όγκο εισαγωγών προϊόντων πετρελαίου παγκοσμίως ο όγκος των εισαγωγών έφτασε τα 2.426,6 kb/d ή 8,9% του συνόλου των εισαγωγών. Η Αφρική και η Μέση Ανατολή ακολούθησαν με τον όγκο των εισαγωγών που πραγματοποιήθηκε στις περιοχές αυτές να αποτελεί το 6,9%, και 6,7% αντίστοιχα του συνολικού όγκου εισαγωγών προϊόντων πετρελαίου.

### **2.3 Φυσικό Αέριο**

Το φυσικό αέριο σχηματίστηκε από τη βραδεία (αναερόβια) αποσύνθεση φυτικής και ζωικής ύλης που υπήρχε παγιδευμένη κάτω από στερεά πετρώματα (υπό μεγάλη πίεση) για πολλά εκατομμύρια έτη. Είναι ένα μείγμα υδρογονανθράκων και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ). Εκτός από το μεθάνιο περιέχει επίσης άλλους υδρογονάνθρακες σε μικρές ποσότητες, καθώς και μερικές άλλες ουσίες όπως διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), άζωτο ( $\text{N}_2$ ), υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), νερό ( $\text{H}_2\text{O}$ ), στερεά σωματίδια κ.α.(αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και πεντάνιο). Η σύσταση του, διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Καθοριστικός παράγοντας για τη σύστασή του, αποτελεί η προέλευσή του και ιδιαίτερα εάν πρόκειται για αμιγώς κοίτασμα φυσικού αερίου ή προκύπτει από κοιτάσματα πετρελαίου. Η εμπορική αξιοποίησή του ξεκίνησε περίπου το 1810 ως καύσιμο σε λάμπες φωτισμού ενώ μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου κατασκευάστηκαν τα πρώτα δίκτυα μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου. Στα προτερήματά του ως πηγή ενέργειας περιλαμβάνονται η δυνατότητα μεταφοράς του σε μεγάλες αποστάσεις μέσω αγωγών και βεβαίως η συγκριτικά φιλική προς το περιβάλλον καύση του.

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καύσιμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Εξορύσσεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Σε αυτές τις κοιλότητες το φυσικό αέριο σχηματίστηκε με τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο σχηματισμού του πετρελαίου.

Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται συνήθως μακριά από τα κύρια κέντρα καταναλώσεως· συνεπώς πρέπει να μεταφερθεί, αν και οι βιομηχανίες χημικής επεξεργασίας είναι συχνά εγκατεστημένες στην περιοχή της παραγωγής. Ο τρόπος μεταφοράς του, καθορίζει και την κατάστασή του. Σε αέρια κατάσταση μεταφέρεται με αγωγούς υπό υψηλή πίεση, ενώ σε υγρή κατάσταση μεταφέρεται με πλοία.

#### **2.3.1 Σχιστολιθικό Φυσικό Αέριο**

Αυτό το είδος αερίου αποθηκεύεται σε λεπτόκοκκα ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία αποτελούνται από πολύ μικρά στρώματα. Χάρη σε αυτήν την πολυστρωματική δομή, οι σχιστολιθικοί σχηματισμοί έχουν εξαιρετικά χαμηλή διαπερατότητα. Η εξόρυξη του φυσικού αερίου γίνεται με δυο τρόπους, ο ένας είναι η "Οριζόντια



γεώτρηση", όπου πρώτα γίνεται μια κανονική κάθετη γεώτρηση και αφού φτάσει στο επιθυμητό βάθος μετά το γεωτρήσιμο στρίβει ώστε να εκμεταλλευτεί το κοίτασμα σε όλη του την έκταση. Ο άλλος τρόπος είναι η "Υδραυλική Ρωγμάτωση" (fracking), μια τεχνική στην οποία νερό, διάφορα χημικά και άμμος διοχετεύονται μέσα στο κοίτασμα για να ξεκλειδώσουν τους υδρογονάνθρακες που παγιδεύονται σε σχηματισμούς σχιστόλιθου ανοίγοντας ρωγμές (σχισμές) στο πέτρωμα και επιτρέποντας στο φυσικό αέριο να ρέει από το σχιστόλιθο μέσα στο "πηγάδι". Όταν χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με οριζόντια γεώτρηση, η υδραυλική ρωγμάτωση επιτρέπει στους παραγωγούς φυσικού αερίου να εξάγουν αέριο με λογικό κόστος. Χωρίς αυτές τις τεχνικές, το φυσικό αέριο δεν ρέει γρήγορα, και δεν μπορούν να παραχθούν από σχιστόλιθο ικανές ποσότητες ώστε να είναι εμπορεύσιμες και να δικαιολογείτε η εξόρυξη τους. Το σχιστολιθικό αέριο έχει αυξήσει σε πολύ μεγάλο βαθμό την παραγωγή φυσικού αερίου στις ΗΠΑ και από χώρα εισαγωγής έχει μετατραπεί και χώρα εξαγωγής φυσικού αερίου.

Παρά τα προφανή πλεονεκτήματα, η εξόρυξη σχιστολιθικού αερίου εγείρει περιβαλλοντικά ζητήματα που συνδέονται και με την παραγωγή του. Η γεώτρηση και η θραύση των πηγαδιών απαιτεί μεγάλες ποσότητες νερού. Σε ορισμένες περιοχές της, η σημαντική χρήση νερού για την παραγωγή σχιστολιθικού φυσικού αερίου μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα νερού για άλλες χρήσεις και μπορεί να επηρεάσει τους υδροφόρους ορίζοντες.

Η διάτρηση και η ρωγμάτωση παράγουν επίσης μεγάλες ποσότητες λυμάτων, τα οποία ενδέχεται να περιέχουν διαλυμένες χημικές ουσίες και άλλες μολυσματικές ουσίες που απαιτούν επεξεργασία πριν από τη διάθεση ή την επαναχρησιμοποίησή τους. Λόγω των ποσοτήτων νερού που χρησιμοποιούνται και της πολυπλοκότητας που υπάρχει στη επεξεργασία ορισμένων χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται, η επεξεργασία και η διάθεση των λυμάτων είναι ένα σημαντικό και δύσκολο ζήτημα.

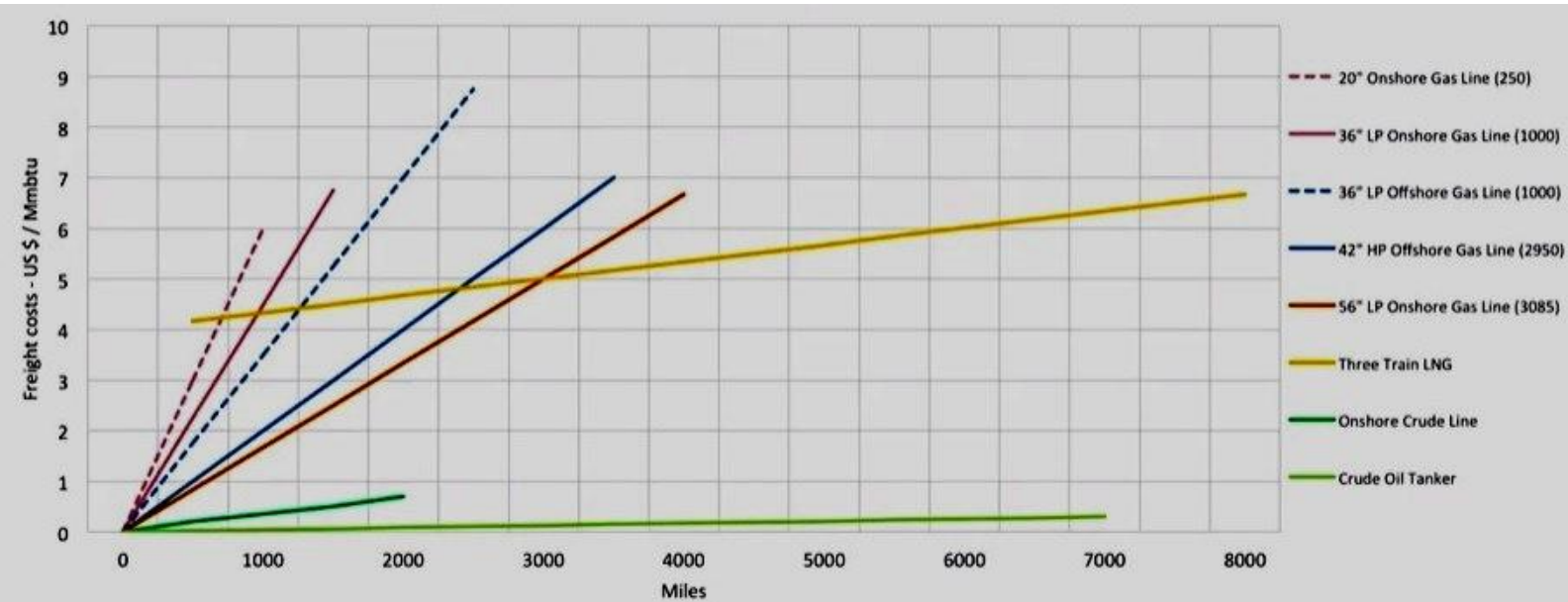
Σε περίπτωση κακής διαχείρισης, το υδραυλικό υγρό ρωγμάτωσης μπορεί να απελευθερωθεί από διαρροές. Η χρήση δυνητικά επικίνδυνων χημικών ουσιών στο ρευστό διάσπασης σημαίνει ότι οποιαδήποτε απελευθέρωση αυτού του υγρού μπορεί να οδηγήσει σε μόλυνση των γύρω περιοχών, συμπεριλαμβανομένων πηγών πόσιμου νερού, και μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τους φυσικούς οικοτόπους.

### **2.3.2 Μεταφορά Φυσικού Αερίου**

Δύο είναι οι βασικοί τρόποι μεταφοράς φυσικού αερίου. Ο πρώτος και πιο εύκολος είναι η μεταφορά του αερίου μέσω αγωγών. Η εναλλακτική λύση είναι η ψύξη του αερίου και η μετατροπή του σε υγρό, δηλαδή υγροποιημένο φυσικό αέριο ή LNG και η μεταφορά του με πλοίο. Και οι δύο τεχνολογίες απαιτούν πολύ μεγάλη επένδυση (CAPEX). Η διαφορά είναι ότι ένας αγωγός φυσικού αερίου είναι μια γραμμική δομή. Συνδέει το σημείο Α με το σημείο Β και εξυπηρετεί μόνο πελάτες που βρίσκονται κατά μήκος της διαδρομής του αγωγού. Μια αλυσίδα LNG είναι πιο ευέλικτη, όχι μόνο επειδή μπορεί να μετατοπιστεί από τη μία κατεύθυνση στην άλλη, αλλά και επειδή μπορεί να εξυπηρετήσει πολλούς πελάτες.

Το κόστος μεταφοράς αερίου μέσω αγωγού είναι ανάλογο με την απόσταση. Για μικρές αποστάσεις, ένας αγωγός είναι συνήθως καλύτερος. Όμως, καθώς αυξάνεται η απόσταση, το κόστος μεταφοράς αερίου με αγωγούς αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς. Βασικό στοιχείο είναι η διάσταση του αγωγού (Γράφημα 2.2). Το κόστος του αγωγού αυξάνεται ως συνάρτηση της διαμέτρου του, αλλά ο όγκος του αερίου που μπορεί να μεταφερθεί μέσω του αγωγού αυξάνεται σε συνάρτηση του τετραγώνου της διαμέτρου. Άρα όσο μεγαλύτερη διάμετρος τόσο χαμηλότερο μοναδιαίο κόστος. Το LNG παρότι υπερτερεί σε μεγάλες αποστάσεις έχει ένα σταθερό αρχικό κόστος που είναι το κόστος της υγροποίησης. Έτσι για πολύ μικρές αποστάσεις, είναι ασύμφορο αφού δεν μπορεί να αντισταθμίσει το κόστος αυτό. Όπως φαίνεται στο παρακάτω γράφημα (Γράφημα 2.2) η μεταφορά μέσω αγωγού αντιπροσωπεύεται από τις γραμμές που ξεκινάνε από κόστος μηδέν αφού για τον αγωγό, μηδενική απόσταση σημαίνει μηδενικό κόστος. Καθώς το μέγεθος (διατομή) του αγωγού αυξάνεται, το κόστος αυξάνεται με χαμηλότερο ρυθμό, Το μέγιστο μέγεθος που χρησιμοποιείται σήμερα, είναι αγωγός διαμέτρου 56 ιντσών(1.42 μέτρα). Για αποστάσεις άνω των 3.000 μιλίων (4.828,032χλμ), η μεταφορά μέσω της αλυσίδας LNG έχει χαμηλότερο κόστος.

Ένα άλλο σημείο υπεροχής της μεταφοράς μέσω της Αλυσίδας LNG, είναι οι πολιτικές αντιπαραθέσεις μέσω χωρών. Στην περίπτωση των αγωγών η χώρα που προμηθεύει το φυσικό αέριο μπορεί να αυξάνει την πολιτική της επιροή, αφού μπορεί να ασκήσει πίεση στις χώρες που προμηθεύει, για δικό της όφελος, όπως έγινε και στην περίπτωση της Ρωσίας με την Ουκρανία. Αντίθετα στην περίπτωση του LNG, δεν υπάρχει αυστηρός περιορισμός ως προς τον προμηθευτή.



Source: <https://www.coursera.org/learn/global-energy/lecture/8TbQJ/gas-transportation-pipelines-and-lng>

**Γράφημα 2.2 Κόστος μεταφοράς πετρελαίου και φυσικού αερίου με διάφορα μεγέθη αγωγών και με Αλυσίδα LNG σε σχέση με την απόσταση**

### 2.3.3 Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG)

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι φυσικό αέριο που έχει μετατραπεί προσωρινά σε υγρή μορφή για τη διευκόλυνση της αποθήκευσης ή της μεταφοράς του αφού ο όγκος του μειώνεται κατά 600 φορές (1/600). Είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό. Το φυσικό αέριο υγροποιείται με πίεση κοντά στην ατμοσφαιρική πίεση για να μην είναι ασταθές. Η θερμοκρασία που υγροποιείται το φυσικό αέριο σε συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης είναι περίπου  $-161^{\circ}\text{C}$ . Κατά τη διαδικασία υγροποίησης απαιτείται προ-επεξεργασία για την αφαίρεση των προσμείξεων όπως νερό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και άλλες ενώσεις του θείου. Απομακρύνοντας αυτές τις προσμίξεις, δεν μπορεί να δημιουργηθούν στερεές ουσίες με την ψύξη του φυσικού αερίου. Σαν αποτέλεσμα, το LNG περιέχει κυρίως μεθάνιο.

Η πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι μικρότερη σε σύγκριση με την πυκνότητα του νερού. Έτσι, αν το LNG χυθεί στο νερό, επιπλέει και εξατμίζεται γιατί είναι ελαφρύτερο από το νερό. Οι ατμοί LNG από την εξάτμιση είναι εύφλεκτοι όταν η συγκέντρωση τους στον αέρα είναι μεταξύ 5% και 15% (κατ'όγκο αέρα). Όταν η συγκέντρωση ατμών LNG στο αέρα υπερβαίνει το 15% δεν αναφλέγεται γιατί υπάρχει λίγο οξυγόνο ενώ όταν είναι κάτω από το 5% δεν αναφλέγεται γιατί είναι πολύ λίγο το φυσικό αέριο.

#### **2.3.4 Χώρες που εξάγουν LNG**

Ο αριθμός των χωρών εξαγωγής επέστρεψε στις 18 το 2016 (Γράφημα 2.3), καθώς η Αγκόλα και η Αίγυπτος επέστρεψαν στην παραγωγή LNG. Η λεκάνη του Ειρηνικού προμήθευσε την πλειοψηφία της νέας χωρητικότητας, αφού μόνο η Αυστραλία εξήγαγε 15,0 MT πρόσθετου LNG. Η Υεμένη, η οποία εξήγαγε LNG κατά το πρώτο εξάμηνο του 2015, δεν εξήγαγε ούτε ένα φορτίο το 2016 εξαιτίας της συνεχιζόμενης αστάθειας στη χώρα. Οι ΗΠΑ, αν και ήδη θεωρείται χώρα εξαγωγής λόγω του εργοστασίου φυσικού αερίου Kenai στην Αλάσκα και μικρές ποσότητες επανεξαγωγής, άρχισε τις εξαγωγές LNG και από το US GOM Sabine Pass LNG.

Με εξαγωγές ύψους 77,2 εκατ. Τόνων, το Κατάρ συνέχισε να είναι ο μεγαλύτερος εξαγωγέας LNG, θέση που κατέχει εδώ και πάνω από μία δεκαετία. Το παγκόσμιο μερίδιο αγοράς του Κατάρ μειώθηκε σε λιγότερο από 30% καθώς η παραγωγή του παραμένει σταθερή ενώ η συνολική έχει αυξηθεί .

Η σειρά των πέντε κορυφαίων εξαγωγέων ανά μερίδιο (Κατάρ, Αυστραλία, Μαλαισία, Νιγηρία, Ινδονησία, αντίστοιχα) παρέμεινε η ίδια μεταξύ 2015 και 2016. Αν και η Αυστραλία παραμένει κατά πολύ δεύτερη μετά από το Κατάρ, κέρδισε σημαντικό έδαφος το 2016 και αναμένεται να κάνει το ίδιο και το 2017. Με ένα πλήρες έτος παραγωγής στα δύο πρώτα τρένα, καθώς και πρόσθετα τρένα επέκτασης, οι ΗΠΑ θα μπορέσουν να ανεβάσουν ακόμα περισσότερο την παραγωγή τους το 2017. Η Αγκόλα είναι έτοιμη να επωφεληθεί αφού το 2017 αναμένεται να ολοκληρώσει ένα πλήρες έτος παραγωγής το 2017.

Η παραγωγή από το Τρινιντάντ μειώθηκε για τρίτη συνεχή χρονιά καθώς οι ελλείψεις πρώτων υλών στο LNG του Ατλαντικό παραμένουν. Μειώσεις ήταν επίσης εμφανείς στην Υεμένη, αν και αυτό είναι απλώς μια συνέχεια της ανωτέρας βίας από την προηγούμενη χρονιά. Παρόλο που είχε ένα ισχυρό έτος το 2015, η παραγωγή στη Νιγηρία μειώθηκε κατά 1,8 τόνους το 2016, καθώς η δολιοφθορά στις περιοχές του Δέλτα του Νίγηρα επηρέασε τις ενδιάμεσες επιχειρήσεις και η εγκατάσταση υπέστη εκτεταμένη συντήρηση κατά το πρώτο εξάμηνο του έτους. Στη Βόρεια Αφρική, η μονάδα ELNG της Αιγύπτου ήταν σε θέση να ξεκινήσει την εξαγωγή του LNG πάλι αφού η Shell συμφώνησε για περιορισμένη πρώτη ύλη από την Αιγυπτιακή Εταιρεία Συμπαραγωγής Φυσικού Αερίου (EGAS). Η Αλγερινή παραγωγή LNG μειώθηκε για δεύτερη συνεχή χρονιά, αν και αυτό οφειλόταν σε απότομη άνοδο των εξαγωγών φυσικού αερίου με αγωγό από την Ιταλία.. Η μόνη ευρωπαϊκή χώρα παραγωγής

LNG, η Νορβηγία, παράγει λίγο περισσότερο LNG από ό, τι το 2015, καταγράφοντας παραγωγή ρεκόρ για τη χώρα, της τάξεως των 4,3 MT, μέσω του Snøhvit LNG.

### **2.3.5 Χώρες που εισάγουν LNG**

Η προσθήκη της Τζαμάικας και της Κολομβίας ανέβασε τον αριθμό των χωρών εισαγωγής στις 35 το 2016, παρότι συνδιαστικά οι δυο τους προσέθεσαν μόλις 0,15 MT εισαγωγικής δραστηριότητας. Οι τέσσερις χώρες που είχαν εισέλθει στην αγορά το 2015, η Αίγυπτος, το Πακιστάν, η Ιορδανία και η Πολωνία, πρόσθεσαν 7,7 MT το 2016, από τους οποίους οι 4.3 MT προήλθαν από την Αίγυπτο. Η Μάλτα έλαβε το πρώτο της φορτίο τον Ιανουάριο του 2017 και πιθανότατα θα είναι ο μόνος νέος εισαγωγέας LNG το 2017.

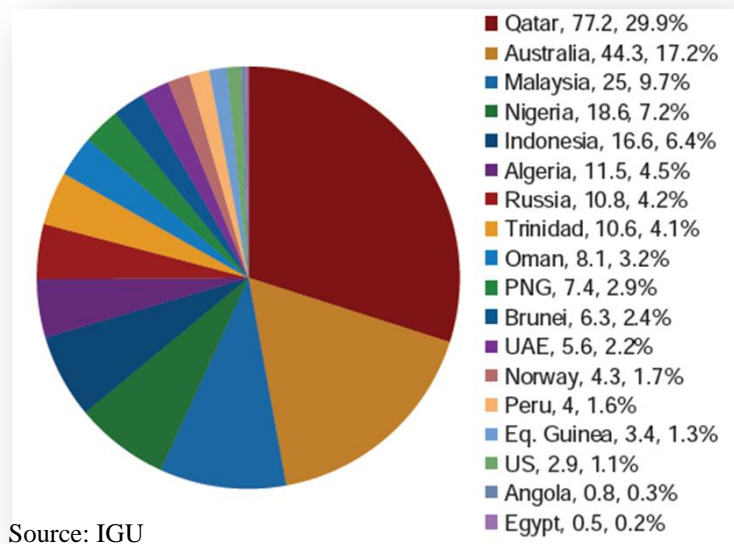
Στις αγορές της Ασίας-Ειρηνικού (συμπεριλαμβάνεται και η Αυστραλία) και της Ασίας συγκεντρώθηκε το, 2016 το 72,4% της συνολικής εισαγωγικής δραστηριότητας LNG (Γράφημα 2.4), σημειώνοντας μικρή αύξηση σε σχέση με το 71,7% που είχε συγκεντρώσει το 2015. Η αύξηση δεν οφείλεται στην Ιαπωνία, που αποτελεί τη μεγαλύτερη εισαγωγική χώρα LNG, αφού οι εισαγωγές της παρουσίασαν μια ελαφριά πτώση, αλλά ούτε και στη Νότια Κορέα που αποτελεί τη δεύτερη εισαγωγική χώρα, αφού οι εισαγωγές της παρέμειναν σταθερές. Η μικρή αύξηση οφείλεται στη μεγάλη αύξηση της ζήτησης τόσο από την Κίνα, όσο και από την Ινδία (+6,9 MT και + 4,5 MT, αντίστοιχα). Η συνεχιζόμενη συγκρατημένη ανάπτυξη σε μικρότερες αγορές όπως της Ταϊλάνδη, του Πακιστάν και της Σιγκαπούρης βοήθησαν αυτές τις περιοχές να διατηρήσουν το σημαντικό ρόλο τους στο παγκόσμιο εμπόριο.

Στην Ευρώπη οι εισαγωγές LNG αυξήθηκαν για δεύτερη συνεχή χρονιά, αν και οι ισχυρές τιμές της λεκάνης του Ειρηνικού κατά το δεύτερο εξάμηνο του 2016, και ιδιαίτερα κατά το τελευταίο τρίμηνο του 2016, συγκράτησαν τα κέρδη από τους παραπάνω 0,6 MT. Οι βορειοδυτικές ευρωπαϊκές αγορές του Ηνωμένου Βασιλείου, του Βελγίου και των Κάτω Χωρών μειώθηκαν συνολικά κατά 3,4 εκατ. (YOY), ως αποτέλεσμα των άμεσα διαθέσιμων άφθονων προμηθειών μέσω αγωγών από τη Ρωσία και τη Νορβηγία. Αντίθετα, οι νεώτερες αγορές της Πολωνίας και της Λιθουανίας συνέβαλαν συνδυαστικά 1,4 MT αύξησης το 2016.

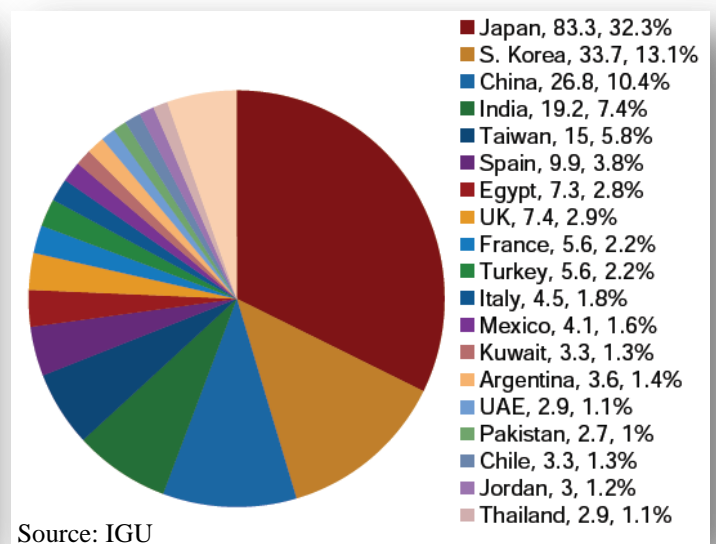
Οι εισαγωγές σε πολλές αγορές της Βόρειας Αμερικής και της Λατινικής Αμερικής μειώθηκαν, φτάνοντας τη συνολική μείωση στους 5,8 MT. Η αύξηση της

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

διαθεσιμότητας των αγωγών στο Μεξικό και η βελτίωση της παραγωγής υδροηλεκτρικής ενέργειας στη Βραζιλία ήταν οι κυριότεροι παράγοντες πίσω από αυτή τη μείωση. Οι μόνες χώρες με που αύξησαν τις εισαγωγές τους στο Δυτικό ημισφαίριο ήταν η Χιλή (+0,3 MT), και οι δυο νέες, η Κολομβία και η Τζαμάικα (συνδυαστικά +0,1 MT). Η αύξηση των εισαγωγών της Χιλής υποστηρίχθηκε εν μέρει από τις πωλήσεις φυσικού αερίου στις Άνδεις προς την Αργεντινή για να καλύψουν τις ανάγκες του χειμώνα, γεγονός που είναι πιθανό να επαναληφθεί και το 2017.



**Γράφημα 2.3 Χώρες που εξάγουν LNG (Ετησία Ποσότητα σε εκατομμύρια τόνους και Μερίδιο Αγοράς)**



**Γράφημα 2.4 Οι Μεγαλύτερες εισαγωγικές χώρες LNG (Ετησία Ποσότητα σε εκατομμύρια τόνους και Μερίδιο Αγοράς)**

Το 2016, το εμπόριο LNG σε παγκόσμιο επίπεδο αυξήθηκε κατά 13.1MT σε σχέση με το 2015, φτάνοντας συνολικά τους σε 258,0 MT, αριθμό ρεκόρ στη ιστορία του εμπορίου LNG. Ωστόσο, αυτό το ρεκόρ πρόκειται να ανατραπεί επανειλημμένα τα επόμενα χρόνια, καθώς πρόσθετες εγκαταστάσεις υγροποίησης θα μπαίνουν στην παραγωγή. Η ετήσια αύξηση της τάξης των 13,1 MT σηματοδοτεί το υψηλότερο επίπεδο από το 2011.

### **2.3.6 Αλυσίδα LNG**

Αντίθετα με τους αγωγούς, η μεταφορά φυσικού αερίου στην υγροποιημένη του μορφή μέσω θαλάσσης έχει κάποια πολύ συγκεκριμένα στάδια. Το φυσικό αέριο αφού εξορυχθεί μεταφέρεται συνήθως με αγωγούς στο τερματικό υγροποίησης, όπου καθαρίζεται και ψύχεται και αφού υγροποιηθεί, είτε αποθηκεύεται, είτε φορτώνεται σε πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το πλοίο αφού φτάσει στον προορισμό του ξεφορτώνει το φορτίο στο τερματικό αεριοποίησης (ή σε FSRU) όπου θερμαίνεται και αφού επανέλθει στην αέρια μορφή του, στη συνέχεια διοχετεύεται στο δίκτυο της περιοχής. Όλα αυτά τα στάδια ονομάζονται "Αλυσίδα LNG".

Τερματικό Υγροποίησης Φυσικού Αερίου: (Liquefaction Plant): Τα τερματικά Υγροποίησης αποτελούν το πρώτο στάδιο στην Αλυσίδα LNG. Τα τερματικά αυτά βρίσκονται κατά βάση κοντά στο κοίτασμα φυσικού αερίου, δηλαδή μόνο στις εξαγωγικές χώρες, και έχουν πολύ μεγαλύτερο κόστος από τα τερματικά επαναεριοποίησης. Η διαδικασία υγροποίησης προσθέτει μεγάλο αρχικό κόστος στη συνολική αλυσίδα μεταφοράς του LNG.

Κατά τη διαδικασία υγροποίησης: το "ακάθαρτο" αέριο έρχεται από τον τόπο εξόρυξης του στο εργοστάσιο υγροποίησης κυρίως μέσω μικρών δικτύων ή αγωγών. Το αέριο φιλτράρεται από όλες τις ακαθαρσίες και απομακρύνονται οι μολυντές για να αποφευχθεί η ψύξη τους και η πρόκληση ζημιάς στον εξοπλισμό. Η μέθοδος υγροποίησης μπορεί να σχεδιαστεί ώστε να καθαριστεί το LNG και να μείνει σχεδόν 100% μεθάνιο.

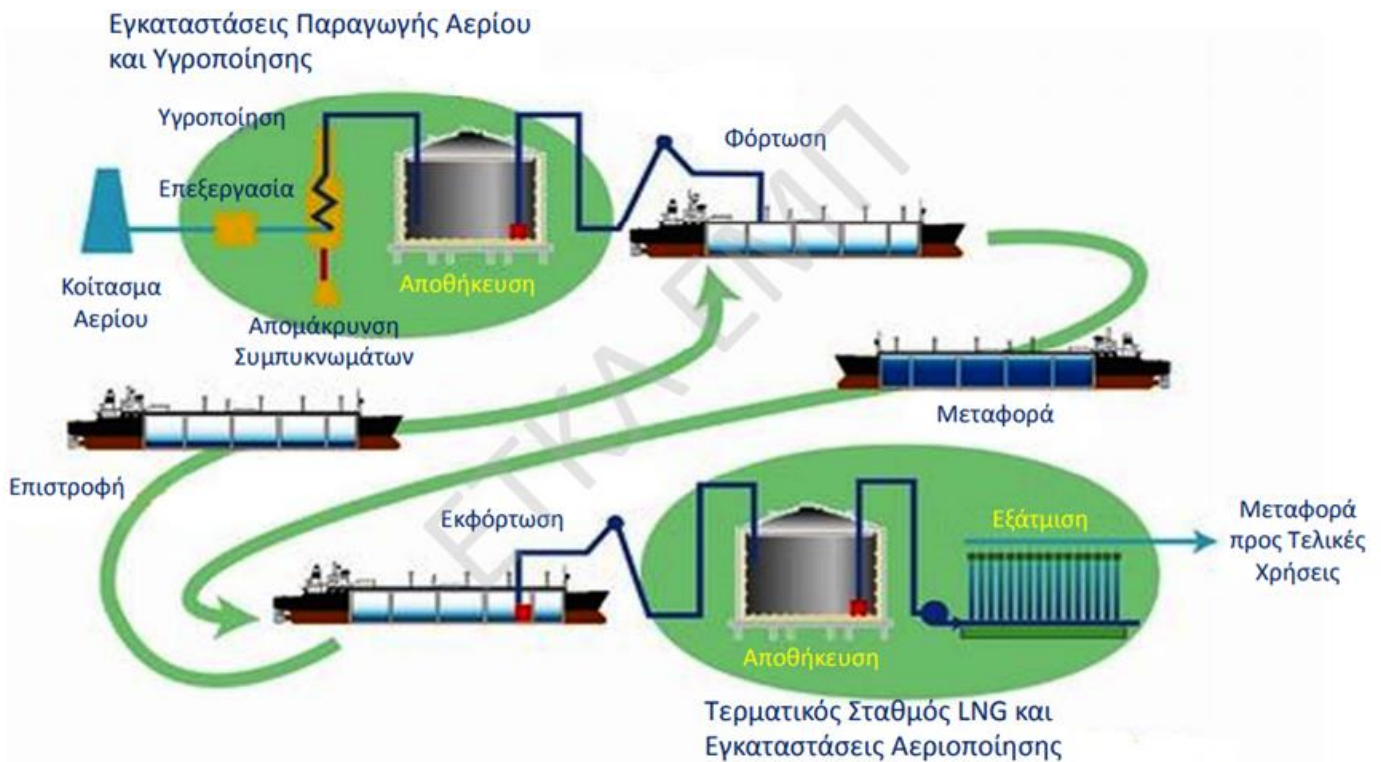
Το τερματικό υγροποίησης μπορεί να αποτελείται από πολλές παράλληλες μονάδες διατεταγμένες με ένα διαδοχικό τρόπο (είναι και ο λόγος για τον οποίο ονομάζονται LNG-τρένα). Το φυσικό αέριο όταν υγροποιείται, ο όγκος μειώνεται κατά έναν παράγοντα 600, πράγμα που σημαίνει ότι το LNG στους  $-160^{\circ}\text{C}$  χρησιμοποιεί 1/600 του χώρου που απαιτείται για μία συγκρίσιμη ποσότητα του αερίου σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση.

Τερματικό Επαναεριοποίησης Φυσικού Αερίου: (Receiving-regasification terminal): Ένας τερματικός σταθμός υποδοχής υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι μια εγκατάσταση στην οποία το υγροποιημένο φυσικό αέριο θερμαίνεται και

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

"επαναεριοποιείται" (επανέρχεται στην αρχική του αέρια κατάσταση) μετά την, από θαλάσσης, μεταφορά του από την περιοχή παραγωγής.

Συνήθως, βρίσκονται κοντά στους "καταναλωτές" τους, δηλαδή τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας, τους προμηθευτές φυσικού αερίου των μεγαλύτερων βιομηχανικών εγκαταστάσεων, καθώς και μικρότερους καταναλωτές, και φυσικά σε σημείο που να επιτρέπει τη σύνδεση με τον αγωγό του δικτύου. Τα τερματικά έχουν και μεγάλες αποθήκες για την αποθήκευση του LNG μέχρι να χρειαστεί και να επαναεριοποιηθεί.



Source: <http://www.chemeng.ntua.gr/courses>

### Εικόνα 2.1 Αλυσίδα LNG

Στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλύσουμε εκτενώς το σημαντικότερο κρίκο της Αλυσίδας LNG. Τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG Carriers)



## **Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> : Δεξαμενόπλοια Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG Carriers)**

### **3.1 Ιστορική Αναδρομή**

Όλα ξεκίνησαν δεκαετία του 1950, όταν το Ηνωμένο Βασίλειο επιδίωκε να μειώσει τη μεγάλη του εξάρτηση από τον άνθρακα, κυρίως στρέφοντας το βλέμμα του στο φυσικό αέριο. Εκείνη την εποχή, η ανακάλυψη του φυσικού αερίου της Βόρειας Θάλασσας ήταν ακόμα μια δεκαετία μακριά και η χώρα δεν είχε γνωστούς πόρους φυσικού αερίου. Έπρεπε να στηρίζεται στο φυσικό αέριο που μεταποιείται από άνθρακα για τις προμήθειες του, και αντιστοιχούσε στο 6% του ενεργειακού μίγματος της χώρας εκείνη τη περίοδο.

Οι δυσκολίες για το Ηνωμένο Βασίλειο είχαν έρθει απότομα στο επίκεντρο το 1952, όταν το "Μεγάλο Νέφος" έπληξε το Λονδίνο. Το Δεκέμβριο εκείνης της χρονιάς ο ουρανός σκοτείνιασε και η ατμόσφαιρα έγινε όπλο θανάτου, η αναπνοή οδηγούσε στο θάνατο και άνθρωποι έπεφταν στον Τάμεση καθώς δεν μπορούσαν να το δουν. Το φαινόμενο που παρέλυσε το Λονδίνο, έμεινε γνωστό ως "The Great Smog of 1952" και διήρκεσε πέντε μέρες, από τις 5 έως τις 9 Δεκεμβρίου του 1952. Στις μέρες αυτές, 4000 άνθρωποι έχασαν τη ζωή τους από αναπνευστικά προβλήματα, αλλά και ατυχήματα που προκλήθηκαν λόγω της σχεδόν ανύπαρκτης ορατότητας. Αυτοκίνητα και τρένα ακινητοποιήθηκαν και θέατρα αλλά και κινηματογράφοι έκλεισαν επειδή το κοινό δε μπορούσε να δει τη σκηνή. Άλλοι 8.000 άνθρωποι πέθαναν τις επόμενες εβδομάδες λόγω έκθεσης τους στο νέφος.

Η αρχή έγινε όταν ένα παχύ στρώμα νέφους σκοτείνιασε τον ουρανό. Ένα φωτοχημικό νέφος, όπως ονομάζεται, το οποίο δημιουργήθηκε από την εκτεταμένη καύση κάρβουνου σε τζάκια για θέρμανση τόσο σε σπίτια όσο και σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αποτέλεσμα ήταν να αυξηθεί κατά πολύ η θερμοκρασία, ενώ σημειώθηκε υψηλή συγκέντρωση ενώσεων, όπως τα οξειδία του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα, οι υδρογονάνθρακες και τα προϊόντα των αντιδράσεών τους.

Το επεισόδιο αυτό είναι ένας από τους βασικούς λόγους για τους οποίους το Κοινοβούλιο του Ηνωμένου Βασιλείου ψήφισε το νόμο για το καθαρό αέρα (Clean Air Act) το 1956. Μεταξύ των πολλών μέτρων της, η νομοθεσία ενθάρρυνε τη χρήση αερίου για οικιακή θέρμανση και μαγειρική. Διεξήχθη έρευνα για άλλες πηγές

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

αερίου, καθώς η διαδικασία παραγωγής αερίου πόλης από την απόσταξη άνθρακα προκαλούσε σημαντική ρύπανση του αέρα, και το αέριο που παραγόταν είχε τη μισή θερμική αξία σε σχέση με το φυσικό αέριο.

Η έρευνα καρποφόρησε στις ΗΠΑ όπου και έγινε πρόταση για δοκιμαστικές αποστολές LNG από τις ΗΠΑ, στο Ηνωμένο Βασίλειο για λογαριασμό του Βρετανικού Συμβουλίου Αερίου (British Gas Council - BGC), πρόταση που έγινε δεκτή. Για να καταστεί δυνατή η διεξαγωγή των δοκιμών, η Constock συμφώνησε να παραχωρήσει ένα σταθμό υγροποίησης στον ποταμό Calcasieu κοντά στη λίμνη Charles, στη Λουιζιάνα, ενώ το Βρετανικό Συμβούλιο Αερίου θα κατασκεύαζε ένα τερματικό σταθμό επαναεριοποίησης στο νησί Canvey κοντά στο "στόμιο" του ποταμού Τάμεση. Η Constock και το Συμβούλιο Αερίου συμφώνησαν να μοιραστούν το κόστος μετατροπής ενός πλοίου ξηρού φορτίου στο απαιτούμενο "πilotικό" πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου και η British Methane Ltd ιδρύθηκε ως εταιρεία κοινής επιχείρησης για την κυριότητα και τη λειτουργία του σκάφους.

Το πλοίο που επιλέχθηκε για τη μετατροπή ήταν το Normarti, ένα πλοίο ξηρού φορτίου του Β' Παγκοσμίου πολέμου τύπου C1. Η μετατροπή πραγματοποιήθηκε στο ναυπηγείο Alabama Drydock & Shipbuilding στο Mobile της Αλαμπάμα. Η επιλογή πλοίου ξηρού φορτίου έγινε επειδή προσέφερε μεγάλες δεξαμενές διπλού πυθμένα και πλευρικές δεξαμενές που θα χρειαζόνταν για τη σημαντική ποσότητα έρματος που θα έπρεπε να μεταφέρει το πλοίο ώστε να επιτευχθεί ο κατάλληλος βαθμός βύθισης του κύτους, αφού το υγροποιημένο φυσικό αέριο έχει χαμηλή πυκνότητα. Το αποτέλεσμα της μετατροπής ήταν το 5.000 κυβικών μέτρων, "Methane Pioneer", ένα σκάφος ορόσημο στην ιστορία της ναυτιλίας μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το πλοίο ήταν εφοδιασμένο με πέντε πρισματικές δεξαμενές αλουμινίου και η μόνωση από ξύλο "balsa" τοποθετήθηκε στην εσωτερική γάστρα του πλοίου με πάχος 0,3 μέτρων. Το "Balsa" ήταν το μόνο διαθέσιμο υλικό εκείνη τη εποχή ικανό να ανταποκριθεί στα απαιτούμενα, αυστηρά κριτήρια.

Το εγχείρημα Methane Pioneer και οι πρωτοποριακές εργασίες έρευνας και ανάπτυξης που πραγματοποίησε η Constock κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950, είχαν αποδείξει τη βιωσιμότητα της μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, με μεγάλα διεθνή ταξίδια δια θαλάσσης. Το Φεβρουάριο του 1962, τα 27.400 κυβικών μέτρων "Methane Princess" και "Methane Progress" ναυλώθηκαν για πρώτη φορά, και ήταν τα πρώτα πλοία μεταφοράς LNG που χρησιμοποιήθηκαν για εμπορικές υπηρεσίες. Τα δίδυμα αυτά πλοία αποτέλεσαν το σύνδεσμο που

δημιούργησε την πρώτη αλυσίδα εφοδιασμού LNG και επέτρεψε την κάλυψη των αναγκών και των δύο μερών.

Το Νοέμβριο του 1961, η βρετανική κυβέρνηση ενέκρινε την αγορά 700.000 τόνων LNG για 15 χρόνια από την Αλγερία (μόλις είχε ανακαλυφθεί φυσικό αέριο στο πεδίο Hassi R'Mel στην έρημο της Σαχάρας), αρχίζοντας από το 1964. Το σκηνικό είχε στηθεί για τη γέννηση της βιομηχανίας LNG.

### **3.2 Κατηγορίες Δεξαμενόπλοιων μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (Με βάση την Χωρητικότητα)**

Από τα πρώτα πλοία της British Methane Ltd μέχρι σήμερα έχουν περάσει πάνω από πενήντα χρόνια και τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς LNG έχουν εξελιχθεί και έχουν διαφοροποιηθεί. Τα πρώτα σαράντα χρόνια τα πλοία με χωρητικότητες από 125.000cm μέχρι 150.000cm ήταν τα πιο συνηθισμένα. Έτσι τα πλοία που ανήκουν σε αυτό το φάσμα χωρητικότητας ονομάζονται δεξαμενόπλοια LNG "Συμβατικού Μεγέθους" (Conventional Size). Στο τέλος του 2016, το 49% του ενεργού στόλου περιλάμβανε χωρητικότητες μεταξύ αυτών των τιμών, κάνοντας τα δεξαμενόπλοια αυτής της κατηγορίας, τα συνηθέστερα του στόλου. Παρ'όλα αυτά το ποσοστό αυτής της χωρητικότητας στον παγκόσμιο στόλο LNGC (LNG Carriers) μειώνεται σταθερά.

Η ανάπτυξη της αγοράς LNG και η αύξηση της ζήτησης επέτρεψε στους εφοπλιστές να παραγγείλουν ακόμα μεγαλύτερα πλοία. Αυτή η νέα τάση έχει ορίσει ως νέο συμβατικό μέγεθος τις χωρητικότητες μεταξύ 150.000cm έως 180.000cm (New Conventional Size). Ήδη το 36% του ενεργού στόλου παγκοσμίως στο τέλος του 2016, άνηκε σε αυτό το φάσμα χωρητικότητας. Το ποσοστό αυτό αναμένεται να αυξηθεί ραγδαία στα επόμενα χρόνια, δεδομένου ότι η μέση χωρητικότητα των δεξαμενόπλοιων που παραδόθηκαν το 2016 ήταν 173.000cm, ενώ η μέση χωρητικότητα του βιβλίου παραγγελιών βρισκόταν περίπου στα 172.000cm, στο τέλος του ίδιου χρόνου. Η αύξηση του μεγέθους των LNGC σχετίζεται μερικώς με την επερχόμενη διαπλάτυνση της διώρυγας του Παναμά, που θα εξυπηρετήσει σκάφη χωρητικότητας έως και 180.000cm.

Τα δεξαμενόπλοια LNG με χωρητικότητα μικρότερη των 60.000 κυβικών μέτρων ανήκουν στην κατηγορία Μικρής Κλίμακας δεξαμενόπλοια LNG (Small Scale LNG Carriers). Υπάρχουν και υποκατηγορίες όπως τα Med-max (Mediterranean maximum

size) με μέγεθος κοντά στα 75,000 κυβικά μέτρα και τα Atlantic-max (Atlantic sea maximum size) με μέγεθος κοντά στα 165,000 κυβικά μέτρα.

**Q-Class:** Το Κατάρ διαθέτει τη μεγαλύτερη ενιαία συγκεντρωμένη ποσότητα φυσικού αερίου που έχει ανακαλυφθεί, στο τομέα North Dome, και έχει κατασκευάσει το μεγαλύτερο συγκρότημα εξαγωγής LNG στον κόσμο στο Ras Laffan για να μεταφέρει το φυσικό αέριο στις παγκόσμιες αγορές. Η περιπέτεια για το Εμιράτο του Κόλπου ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 1996, όταν το δεξαμενόπλοιο LNG των 135.000cm Al Zubarah φόρτωσε το πρώτο, προς εξαγωγή, φορτίο του Ras Laffan. Το Al Zubarah είναι ένα από του συνολικού στόλου δέκα πλοίων σφαιρικών δεξαμενών που κατασκευάστηκαν για να παραδώσει στην Ιαπωνία 6 LNG της Qatari για περίοδο 25 ετών.

Μέχρι το 2000 οι αποστολές υγροποιημένου φυσικού αερίου από το Κατάρ στο εξωτερικό είχαν ανέλθει στα 10,4 MTPA. Μέσα σε τέσσερα χρόνια, το Κατάρ είχε καταστεί ο τέταρτος μεγαλύτερος εξαγωγέας LNG στον κόσμο και είχε ετήσια έσοδα από πωλήσεις φυσικού αερίου ύψους 2,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Αυτό όμως ήταν μόνο ένα αρχικό βήμα. Η χώρα στόχευε επίπεδα παραγωγής 30 MTPA μέχρι το 2007, κάτι που θα την έκανε, το μεγαλύτερο εξαγωγέα LNG στον κόσμο, με τα έσοδα από το φυσικό αέριο να υπερβαίνουν τα έσοδα από το πετρέλαιο για πρώτη φορά. Το Κατάρ στην προσπάθειά του να παράσχει παγκόσμιας κλάσης παράδοση LNG έθεσε νέα πρότυπα στην παραγωγή και τη μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Η Qatar Gas Transport Co Ltd (QGTC) ή Nakilat, ιδρύθηκε το 2004 από το κράτος του Κατάρ για να παρέχει υπηρεσίες θαλάσσιων και ναυτιλιακών υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς των εξαγωγών φυσικού αερίου της χώρας. Σαρανταπέντε δεξαμενόπλοια LNG κατασκευάστηκαν με κόστος 12,5 δισεκατομμυρίων δολαρίων Αμερικής και τρεις νηογνώμονες (ABS, DNV και LR) συμμετείχαν στην ταξινόμηση του στόλου. Τα τρία κορεατικά ναυπηγεία DSME, HHI και SHI κατέγραψαν ένα αξιοσημείωτο επίτευγμα για τον τομέα της ναυπηγικής βιομηχανίας, παραδίδοντας όλο το στόλο των πλοίων Q-Class μέσα σε διάστημα 34 μηνών, μεταξύ Οκτωβρίου 2007 και Αυγούστου 2010 κάνοντας την Nakilat, ιδιοκτήτρια και διαχειρίστρια του μεγαλύτερου στόλου δεξαμενόπλοιων LNG στον κόσμο και δημιουργώντας 2 νέες κατηγορίες δεξαμενόπλοιων LNG. Από τα 45 πλοία, 31 είναι κατηγορίας Q-flex, με χωρητικότητες 210.000–217.000 cm και τα 14 είναι κατηγορίας Q-max, χωρητικότητας 261.700–266.000 cm, και αποτελούν τα μοναδικά

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

δεξαμενόπλοια LNG μεγέθους άνω των 200.000cm. Χάρη στις οικονομίες κλίμακας τα πλοία αυτά, απαιτούν περίπου 40% λιγότερη ενέργεια ανά μονάδα φορτίου.



Source: <http://witherbypublishinggroup.com/Portals/1/pdf/Infographic-LNG-Industry.pdf>

**Εικόνα 3.1 Κατηγορίες Δεξαμενόπλοιων μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού αερίου**

### **3.3 Ειδικές κατηγορίες δεξαμενόπλοιων μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού αερίου**

#### **3.3.1 Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης και Επαναεριοποίησης (FSRU - Floating Storage Regasification Units )**

Οι πλωτές μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (FSRU) είναι ικανές να μεταφέρουν LNG όπως τα παραδοσιακά πλοία μεταφοράς LNG, και επιπλέον προσφέρουν την ενσωματωμένη λειτουργικότητα της επαναεριοποίησης LNG. Παρέχουν μια εναλλακτική μορφή παράδοσης, καθιστώντας το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) προσβάσιμο για τις παράκτιες περιοχές με υπάρχοντα δίκτυα διανομής φυσικού αερίου ή με σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με καύσιμο φυσικού αερίου. Παραδοσιακά, αυτό γίνεται από χερσαίες εγκαταστάσεις επαναεριοποίησης, οι οποίες βρίσκονται κοντά σε λιμενικούς τερματικούς σταθμούς μεταφοράς LNG. Το 2015, πάνω από το 90% της παγκόσμιας αεριοποίησης του LNG πραγματοποιήθηκε σε χερσαίες εγκαταστάσεις. Ωστόσο οι εγκαταστάσεις στην ενδοχώρα συνήθως απαιτούν πολυετή σχεδιασμό και υπόκεινται σε πολύπλοκες διαδικασίες αδειοδότησης, οι οποίες αφορούν την ασφάλεια, το περιβάλλον και άλλους παράγοντες. Όταν κατασκευαστούν, είναι μόνιμες, ανεξάρτητα από τις μεταβολές των ενεργειακών αναγκών. Η μεταφορά της επαναεριοποίησης σε υπεράκτιες μονάδες προσφέρει αρκετά πλεονεκτήματα. Οι σταθερές ή πλωτές υπεράκτιες εγκαταστάσεις αεριοποίησης δεν επηρεάζονται από τους πολυετείς κύκλους σχεδιασμού των παράκτιων εγκαταστάσεων, δεν απαιτούν χώρο στην ξηρά και μπορούν να τοποθετηθούν μακριά από ανθρώπους, λωρίδες ναυτιλίας και λιμενική κίνηση. Οι πλωτές μονάδες αεριοποίησης μπορούν να μετακινηθούν σε μια νέα θέση όταν αλλάξει η κατάσταση της ζήτησης. Απαιτούν χαμηλότερες κεφαλαιουχικές δαπάνες από τις χερσαίες εγκαταστάσεις, είναι ευέλικτες και οικονομικά αποδοτικές και χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο για την προμήθεια φυσικού αερίου σε μικρότερες αγορές ή ως προσωρινές λύσεις ενόσω οι μόνιμες χερσαίες εγκαταστάσεις βρίσκονται υπό κατασκευή.

Οι FSRU παραμένουν συνήθως προσδεδμεμένες ή αγκυροβολημένες στην ίδια θέση για μεγάλα χρονικά διαστήματα, αποθηκεύοντας το υγροποιημένο φυσικό αέριο που λαμβάνουν από τα πλοία μεταφοράς LNG απευθείας στο σκάφος. Σήμερα το 15% περίπου των FSRU εν λειτουργία είναι μεταποιημένα συμβατικά πλοία μεταφοράς LNG με πρόσθετες εγκαταστάσεις επαναεριοποίησης επί του σκάφους.

Καθώς αυξάνεται η ζήτηση, σχεδιάζονται και κατασκευάζονται για το συγκεκριμένο σκοπό περισσότερες FSRU.

### **3.3.2 Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης (FSU - Floating Storage Units )**

Οι Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης (FSU) παρέχουν μια εναλλακτική λύση στις δεξαμενές αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου στην ξηρά. Προέρχονται από μετατροπή δεξαμενόπλοιων LNG, όπως τα FSRU, αλλά χωρίς την μονάδα επαναεριοποίησης. Οι περισσότερες συνδέονται με εγκαταστάσεις επαναεριοποίησης στη ξηρά ή με ξεχωριστή φορτηγίδα. Οι FSU προσφέρουν τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τις χερσαίες δεξαμενές αποθήκευσης, που προσφέρουν οι FSRU σε σχέση με τους τερματικούς σταθμούς επαναεριοποίησης την ξηρά. Συντομότερο χρονοδιάγραμμα και ευελιξία όσον αφορά τη μετεγκατάσταση, τη χρηματοδοτική μίσθωση και πιθανώς λιγότερους περιορισμούς. Επίσης, μια FSU είναι μια ιδανική εναλλακτική λύση όπου δεν υπάρχει διαθέσιμος χώρος στην ξηρά. Μια μετατροπή σε FSU θα χρειάζεται λιγότερους από 12 μήνες σε σύγκριση με περίπου 36-40 μήνες που χρειάζεται για την κατασκευή μιας δεξαμενής στην ξηρά, δηλαδή περίπου το ένα τρίτο του χρόνου. Όσον αφορά το κόστος μετατροπής, ένα δεξαμενόπλοιο LNG, χωρητικότητας 138.000cm<sup>3</sup>, ενδέχεται να κοστίσει 100-150 εκατομμύρια δολάρια ανάλογα με την ηλικία του. Μια αντίστοιχου μεγέθους δεξαμενή στην ξηρά κοστίζει 140 εκατομμύρια δολάρια. Το πλεονέκτημα κόστους κεφαλαίου είναι πολύ μικρό έως και ανύπαρκτο, αλλά είναι χαμηλότερο κόστος για βραχυπρόθεσμες λειτουργίες λόγω μίσθωσης. Η πρώτη FSU βρισκόταν στο τερματικό σταθμό Mejillones LNG στη Χιλή και παρείχε την απαιτούμενη αποθήκευση όσο οι κύριες δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου στην ξηρά βρίσκονταν υπό κατασκευή. Χρησιμοποιήθηκε το BW GDF SUEZ Brussels, το οποίο επέστρεψε στην κανονική του λειτουργία σαν δεξαμενόπλοιο σε LNG το 2014 όταν τέθηκε σε λειτουργία και η δεύτερη δεξαμενή στην ξηρά.

### 3.3.3 Παγοθραυστικά δεξαμενόπλοια Μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου (IceBreaking LNG Carriers)

Το πρώτο παγοθραυστικό δεξαμενόπλοιο LNG στον κόσμο ναυπηγήθηκε στη Νότιο Κορέα και προορίζεται για τη μεταφορά ποσοτήτων υγροποιημένου φυσικού αερίου για το, αξίας πολλών δισεκατομμυρίων, project του Yamal στη χερσόνησο του Γιαμάλ στη Ρωσία. Η ναυπήγηση του νέου δεξαμενόπλοιου LNG, σηματοδοτεί και το ακόμη μεγαλύτερο «άνοιγμα» της Αρκτικής ως ενεργειακής οδού, ενώ, ταυτόχρονα, αποτελεί σταθμό για το ναυπηγικό τομέα της Νοτίου Κορέας.

Η κατασκευή του πρώτου παγοθραυστικού δεξαμενόπλοιου μεταφοράς LNG, από την κορεατική Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering, διήρκεσε 3 χρόνια. Το πλοίο έχει τη δυνατότητα διάτρησης παγετώνων πάχους έως και 2,1 μέτρων και ανήκει στην κλάση ARC7, την υψηλότερη μεταξύ των ήδη υπαρχόντων εμπορικών πλοίων. Σύμφωνα με την Daewoo Shipbuilding, η κατασκευή του κόστισε 320 εκατ. δολάρια, στο πλαίσιο μίας συμφωνίας που προβλέπει άλλα 14 πλοία για τις ανάγκες του Yamal Project. Η τελετή ονοματοδοσίας του πραγματοποιήθηκε στις 3 Ιουνίου 2017. Η εκδήλωση έλαβε χώρα στο Port Bronka (Αγία Πετρούπολη) στο πλαίσιο του 21ου Διεθνούς Οικονομικού Φόρουμ της Αγίας Πετρούπολης, ενώ σε αυτήν παρευρέθηκε και ο Ρώσος Πρόεδρος Vladimir Putin. Το πλοίο πήρε το όνομά του από τον "Christophe de Margerie", τον πρώην Διευθύνοντα Σύμβουλο της Total, ο οποίος είχε διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη επενδυτικών αποφάσεων και της τεχνολογικής βάσης για το έργο Yamal LNG. Επίσης, συνέβαλε σημαντικά και στην ανάπτυξη των οικονομικών σχέσεων μεταξύ Ρωσίας-Γαλλίας, γενικότερα.

Το συγκεκριμένο παγοθραυστικό πλοίο κατασκευάστηκε για το SCF Group (Soncomflot) προκειμένου να παρέχει καθ' όλη τη διάρκεια του έτους μεταφορά LNG στις δύσκολες συνθήκες πάγου που επικρατούν στον Κόλπο του Ob και τη Θάλασσα του Kara. Το πλοίο τέθηκε σε λειτουργία από την Soncomflot στις 27 Μαρτίου 2017, αφού ολοκλήρωσε επιτυχώς τις θαλάσσιες δοκιμές του στον πάγο, στον Αρκτικό Ωκεανό, και παραδόθηκε στη Ρωσία, για τις ανάγκες του Yamal Project, αξίας 27 δισεκατομμυρίων δολαρίων.

Πρόκειται για το πρώτο τάνκερ που μπορεί να σπάει τον πάγο μεταφέροντας παράλληλα τεράστιες ποσότητες LNG. Έχει ικανότητα μεταφοράς ανά ταξίδι μέχρι και 172.600 κυβικά μέτρα LNG, ποσότητα που αντιστοιχεί με την κατανάλωση δύο ημερών στη Νότιο Κορέα, και μέγιστη ταχύτητα 9 χλμ. την ώρα. Έχει μήκος 300 μέτρα και μπορεί να αντέξει θερμοκρασίες έως και 52 βαθμών Κελσίου υπό το μηδέν



## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

χάρη στις ειδικά διαμορφωμένες πλάκες χάλυβα που καλύπτουν την πλώρη και την πρύμνη του, ενώ διαθέτει ένα δίκτυο σωληνώσεων που μεταφέρουν θερμότητα σε όλους τους χώρους του.

Ο σχεδιασμός των παγοθραυστικών δεξαμενόπλοιων LNG του Yamal Project βασίζεται στην τεχνολογία της διπλής δράσης (doubleacting) της Aker Arctic. Ο συνδυασμός των αζιμουθιακών πλωτήρων πρόωσης (δυνατότητα περιστροφής 360 μοιρών) και της παγοθραυστικής πλώρης, σημαίνει ότι τα πλοία μπορούν να σπάσουν τον πάγο και προς τις δύο κατευθύνσεις. Ωστόσο, θα είναι πιο αποτελεσματικά ως παγοθραυστικά όταν μετακινούνται με πρύμνη, καθώς οι πλωτήρες πρόωσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν όχι μόνο για την παροχή προωστικής δύναμης, αλλά και για να διατηρήσουν τους σπασμένους πάγους μακριά από το κύτος.

Τα 15 συνολικά πλοία μισθώθηκαν από την Yamal LNG από τέσσερις εταιρείες: την Soncomflot (1 πλοίο), την MOL (τρία πλοία), Την Dynagas (πέντε πλοία) και την Teekay (έξι πλοία).



Source: <http://www.ship-technology.com>

**Εικόνα 3.2 "Christophe de Margerie", Το πρώτο παγοθραυστικό δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG**

### **3.4 Συστήματα δεξαμενών (Containment Systems)**

Πάνω από 500 διαφορετικά σχέδια κατατέθηκαν από σχεδιαστές δεξαμενών μεταφοράς φορτίων για πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων, προσπαθώντας να κατασκευάσουν και να εξασφαλίσουν δικαιώματα ευρεσιτεχνίας. Μόνο δύο σχέδια τελικά κυριάρχησαν μετά την εκλογίκευση που επέβαλε η αγορά και όλα τα σχέδια βασίστηκαν σε αυτά. Το σχέδιο Moss Rosenberg σφαιρικών δεξαμενών και το σχέδιο της δεξαμενής μεμβράνης.

Και στις δύο περιπτώσεις, οι δεξαμενές έχουν σχεδιαστεί για να υπηρετήσουν δυο βασικούς σκοπούς:

1. Μεταφορά υγροποιημένο φυσικό αέριο σε κρυογονικές θερμοκρασίες .
2. Μόνωση του φορτίου για χαμηλές απώλειες και προστασία του κύτους του πλοίου.

#### **3.4.1 Σύστημα Σφαιρικών δεξαμενών (Moss Rosenberg Containment System)**

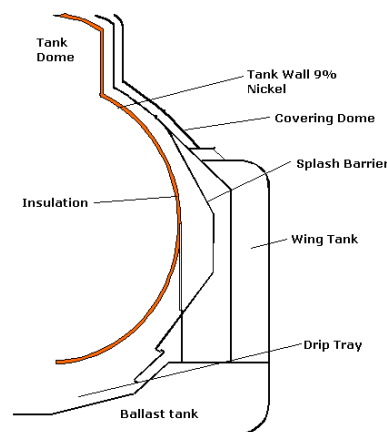
Το σχέδιο Moss Rosenberg ξεκίνησε το 1971 από το ναυπηγείο Moss Rosenberg Verft απο το οποίο πήρε και το όνομα του και είναι ευρέως γνωστό για τις ανεξάρτητες σφαιρικές δεξαμενές, οι οποίες έχουν συχνά το πάνω μέρος τους εκτεθειμένο στα δεξαμενόπλοια LNG (Εικόνα 3.4). Όταν το ναυπηγείο έκλεισε, η εταιρεία μηχανικής Moss Maritime διατήρησε την ανεξάρτητη ιδιοκτησία του σχεδίου δεξαμενής που είχε αναπτύξει. Το ναυπηγείο Kvaerner Masa στη Φιλανδία εξασφάλισε άδεια κατασκευής και σχεδιασμού της δεξαμενής καθώς και το δικαίωμα εμπορίας της πατέντας, για λογαριασμό της Moss Maritime, αυτός είναι και ο λόγος που το σύστημα αυτό λέγεται και Kvaerner-Moss System. Η Moss Maritime και η Kvaerner, βλέποντας τη στροφή της αγοράς προς τα πιο ανταγωνιστικά ναυπηγεία της Ασίας, προέβησαν στην εκτεταμένη προώθηση της τεχνολογίας που είχαν πατεντάρει, καταφέρνοντας να πουλήσουν άδειες κατασκευής της δεξαμενής Moss σε έναν πολύ μεγάλο αριθμό ναυπηγείων. Η Ιαπωνία κυριάρχησε την αγορά των ναυπηγείων από τις αρχές της δεκαετίας του 80, έως και τα τέλη της δεκαετίας του 90, αφού τρία στα πέντε Ιαπωνικά ναυπηγεία είχαν την τεχνογνωσία κατασκευής δεξαμενόπλοιων LNG με δεξαμενή Moss (παρόλο που μερικά από αυτά αργότερα κατασκεύασαν δεξαμενόπλοια με δεξαμενή μεμβράνης).

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1990, τα δεξαμενόπλοια με σφαιρική δεξαμενή Moss ήταν τα δημοφιλέστερα, και η συνολική τους χωρητικότητα ξεπερνούσε τη

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

χωρητικότητα όλων των άλλων δεξαμενόπλοιων με διαφορετικού τύπου δεξαμενές. Το πρώτο δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG με σφαιρικές δεξαμενές ήταν το "Norman Lady" (87600cm) που ναυπηγήθηκε στο Stavanger της Νορβηγίας το 1973.

Αν και τα πρώτα πλοία είχαν δεξαμενές αποθήκευσης φτιαγμένες από 9% νικέλιο-χάλυβα, η τεχνολογία αυτή αντικαταστάθηκε γρήγορα από δεξαμενές αλουμινίου. Οι δεξαμενές αποθήκευσης αλουμινίου αποδείχθηκαν περισσότερο ανθεκτικές σε μηχανικές καταπονήσεις, ρήξεις, και ήταν πιο εύκολο να σχηματίσουν σωστά σε σχήμα σφαίρας. Το κύριο χαρακτηριστικό των σφαιρικών δεξαμενών είναι ο ισημερινός δακτύλιος από τον οποίο η δεξαμενή "κρέμεται". Οι μεγαλύτερες μηχανικές και θερμικές καταπονήσεις είναι ακριβώς στον "δακτύλιο". Αυτό το τμήμα της δομής του πλοίου πρέπει να είναι σε θέση να απορροφήσει τις παραμορφώσεις του κύτους του πλοίου από τη μία πλευρά και τις θερμικές και μηχανικές καταπονήσεις της δεξαμενής από την άλλη. Οι δεξαμενές είναι συνήθως μονωμένες με πολλά διαφορετικά στρώματα, μερικά από τα οποία είναι: υαλοβάμβακας, "φύλλο" αλουμινίου (διαπερατό από ατμούς) και διάφορα είδη αφρών. Οι δεξαμενές είναι εγκιβωτισμένες εντός κενών χώρων και ευρίσκονται εν σειρά από την πλώρη προς την πρύμνη μέσα στο κύτος. Οι χώροι μεταξύ του εσωτερικού κύτους και του εξωτερικού κύτους χρησιμοποιούνται για έρμα και παρέχουν επίσης προστασία στις δεξαμενές φορτίου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως σύγκρουση ή προσάραξη.



Source: [www.marineengineering.org.uk](http://www.marineengineering.org.uk)

**Εικόνα 3.3** Εσωτερική δομή λειτουργίας του συστήματος δεξαμενών Moss-Rosenberg



Source: <http://www.ivt.ntnu.no>

**Εικόνα 3.4** Δεξαμενόπλοιο LNG τύπου Moss Rosenberg με τις χαρακτηριστικές σφαιρικές δεξαμενές

Σε αυτόν τον τύπο δεξαμενών δεν υπάρχει δευτερεύον φράγμα (όπως στις δεξαμενές μεμβράνης) καθώς οι δεξαμενές, κυρίως λόγω της σφαιρικής κατασκευής τους, έχουν υψηλό βαθμό ασφάλειας έναντι θραύσης ή αποτυχίας. Οι δεξαμενές είναι πολύ μονωμένες με περίπου 220 mm αφρού πολυστερενίου για να μειώσουν τις εξατμίσεις (BOG) στο ελάχιστο.

Κάθε δεξαμενή καλύπτεται από ένα σφαιρικό κάλυμμα φτιαγμένο από χάλυβα, ο κύριος σκοπός του οποίου είναι η προστασία της δεξαμενής και της μόνωσης από τον καιρό (Εικόνα 3.3). Το κάλυμμα επιτρέπει επίσης τον έλεγχο των εσωτερικών συνθηκών του χώρου συγκράτησης. Το κατώτερο άκρο κάθε καλύμματος είναι συγκολλημένο στο κατάστρωμα και αποτελεί υδατοστεγή σφράγιση. Ένα εύκαμπτο ελαστικό στεγανοποιητικό χρησιμοποιείται στο σημείο όπου ο θόλος της δεξαμενής προεξέχει από το κάλυμμα. Οι δεξαμενές υποστηρίζονται από μεταλλική ποδιά από τον ισημερινό δακτύλιο, η οποία μεταδίδει το βάρος της δεξαμενής και του φορτίου στο κάτω κύτος. Η ποδιά στερεώνεται στο επάνω μέρος με οριζόντιους δακτυλίους και το κάτω μέρος με κάθετη κυματοειδείς ενίσχυση.

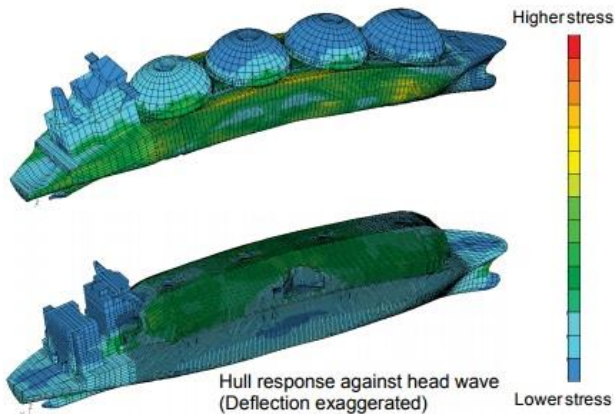
Ανίχνευση διαρροών: Η βάση της φιλοσοφίας σχεδιασμού του Moss συστήματος είναι η έννοια της "διαρροής πριν από την αποτυχία". Αυτό προϋποθέτει ότι το πρώτο εμπόδιο θα αποτύχει σταδιακά και ελεγχόμενα, και όχι ξαφνικά και καταστροφικά. Στην περίπτωση ρωγμών που εμφανίζονται στο υλικό της δεξαμενής, μια μικρή διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου εντός της μόνωσης θα ανιχνεύεται σε πρώιμο στάδιο από το σύστημα ανίχνευσης αερίων που είναι εγκατεστημένο στην περιοχή του ισημερινού δακτυλίου και στο δοχείο συλλογής σταγόνων (Drip tray) (Εικόνα 3.3). Το δοχείο συλλογής σταγόνων, τοποθετημένο απευθείας κάτω από κάθε δεξαμενή φορτίου, είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες θερμοκρασίας για την ανίχνευση της παρουσίας LNG. Οποιαδήποτε διαρροή LNG θα αποστραγγιστεί με βαρύτητα μεταξύ της επένδυσης της δεξαμενής και της μόνωσης στο νότιο ημισφαίριο και θα συγκεντρωθεί στο σωλήνα αποστράγγισης στο δίσκο διάρρηξης και έπειτα στο δοχείο συλλογής σταγόνων. Ο σωλήνας αποστράγγισης στον πυθμένα του χώρου μόνωσης σφραγίζεται σε κανονική λειτουργία από έναν δίσκο διάρρηξης ο οποίος έχει σχεδιαστεί για να αποτυγχάνει σε κρουγονικές θερμοκρασίες.

Το σφαιρικό σχήμα των δεξαμεμών εξασφαλίζει ότι μπορεί να γίνει μερική φόρτωση της δεξαμενής χωρίς να παρουσιαστεί το φαινόμενο του βίαιου κυματισμού ελεύθερων επιφανειών (sloshing). Η "ανοσία" του συστήματος στο βίαιο κυματισμό ελεύθερων επιφανειών είναι πολύ σημαντική αφού διευκολύνει τις φορτοεκφορτώσεις σε τερματικά εκτεθειμένα σε κύματα χωρίς ανάγκη μεταφόρτωσης μεταξύ δεξαμεμών. Επίσης δεν έχει περιορισμούς στην ποσότητα φορτίου κάτι που το κάνει ενδεικτικό για τις πλωτές μονάδες αποθήκευσης

Μέχρι το 2000, το 54% όλων των δεξαμενόπλοιων LNG είχαν σφαιρικές δεξαμενές αποθήκευσης, βασικός λόγος ήταν ότι τα ιαπωνικά ναυπηγεία είχαν άδεια για την κατασκευή μόνο αυτού του τύπου πλοίων, και δεδομένου ότι ταυτόχρονα οι Ιάπωνες είναι οι μεγαλύτεροι εισαγωγείς υγροποιημένου φυσικού αερίου, βοήθησε πολύ ώστε να αναπτυχθεί αυτός ο τύπος δεξαμεμών. Ωστόσο, για τη μεταφορά από τερματικά που βρίσκονται σε πολικές περιοχές, οι σφαιρικές δεξαμενές διατηρούν τα βασικά τους πλεονεκτήματα κάνοντας το Moss Rosenberg σύστημα δεξαμεμών το ενδεδειγμένο για αυτήν την κατηγορία.

Βασικά πλεονεκτήματα των ανεξάρτητων δεξαμεμών τύπου Moss Rosenberg έναντι των δεξαμεμών μεμβράνης είναι ότι είναι ευκολότερα στην επιθεώρηση και τη συντήρηση και είναι πιο δύσκολο να υπάρξουν διαρροές στις δεξαμενές, οι οποίες μπορούν να υποστηρίξουν και μερική φόρτωση, δεδομένου ότι δεν υπάρχει το φαινόμενο του βίαιου κυματισμού ελεύθερων επιφανειών (sloshing effect).

Το σύστημα παρουσιάζει αρκετά μειονεκτήματα και γι αυτό δεν προτιμάται όσο στο παρελθόν. Ο όγκος της γάστρας λόγω του μεγάλου υψομέτρου έχει μεγάλη αεροδυναμική αντίσταση σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος στα καύσιμα. Το σχήμα των δεξαμεμών, προσφέρει αρκετά από τα πλεονεκτήματα του συστήματος αυτού αλλά ταυτόχρονα, αποτελεί και το μεγαλύτερο μειονέκτημα αφού δεν γίνεται τόσο καλή εκμετάλλευση του εσωτερικού χώρου του κύτους με αποτέλεσμα οι άλλες τεχνολογίες να πετυχαίνουν μεγαλύτερες χωρητικότητες σε αντίστοιχα μεγέθη πλοίων. Επίσης με την αύξηση του μεγέθους των πλοίων οι σφαιρική δομή των δεξαμεμών απαιτεί αντίστοιχη αύξηση σε όλες τις διαστάσεις του πλοίου κάνοντας το ασύμφωρο.



Source: Mitsubishi Heavy Industries



**Εικόνα 3.5 Κατανομή καταπονήσεων με ενιαίο κάλυμμα και με ξεχωριστά καλύμματα (Αριστερά). Βελτιωμένη αεροδυναμική αντίσταση στους εμπρόσθιους ανέμους (Δεξιά)**

Εξέλιξη του συστήματος Δεξαμενών Moss: Με την έκρηξη των παραγγελιών και την αύξηση του μέσου μεγέθους των νέων δεξαμενόπλοιων LNG, στο σύστημα δεξαμενών Moss έγιναν κάποιες παρεμβάσεις προσπαθώντας να βελτιωθεί η απόδοση του και να προσπεραστούν τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Ενιαίο κάλυμμα δεξαμενών: Κάποια από τα νέα πλοία έχουν αντικαταστήσει τα σφαιρικά καλύμματα που καλύπτουν κάθε δεξαμενή με ένα ενιαίο κάλυμμα που καλύπτει όλες τις δεξαμενές. Το κάλυμμα αυτό έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα ξεχωριστά καλύμματα σύμφωνα με μελέτες που πραγματοποιήθηκαν πριν αυτό περάσει στην παραγωγή.

α) Καλύτερη αεροδυναμική απόδοση: Μελέτες που έγιναν σε αεροσύραγγες έδειξαν ότι το ενιαίο κάλυμμα προσφέρει σημαντικά καλύτερη αεροδυναμική απόδοση στους εμπρόσθιους ανέμους, ενώ στους πλάγιους ανέμους παραμένει περίπου ίδια σε σχέση με τα συμβατικά πλοία με ξεχωριστά καλύμματα. (Εικόνα 3.5)

β) Βελτίωση δομή του κύτους και της ακαμψίας: Το συνεχές κάλυμμα προσφέρει αυξημένη διαμήκη ακαμψία, με τις τάσεις που ασκούνται να μειώνονται κατά 10% στην κορυφή και 30-40% τη βάση του καλύμματος, μειώνοντας αισθητά την καταπόνηση του πλοίου στους κυματισμούς. Ο σχεδιασμός αυτός λόγω της μικρής καταπόνησης μπορεί να αντέξει ως και 50 χρόνια και είναι ιδανικός για παγοθραυστικά πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου λόγω της



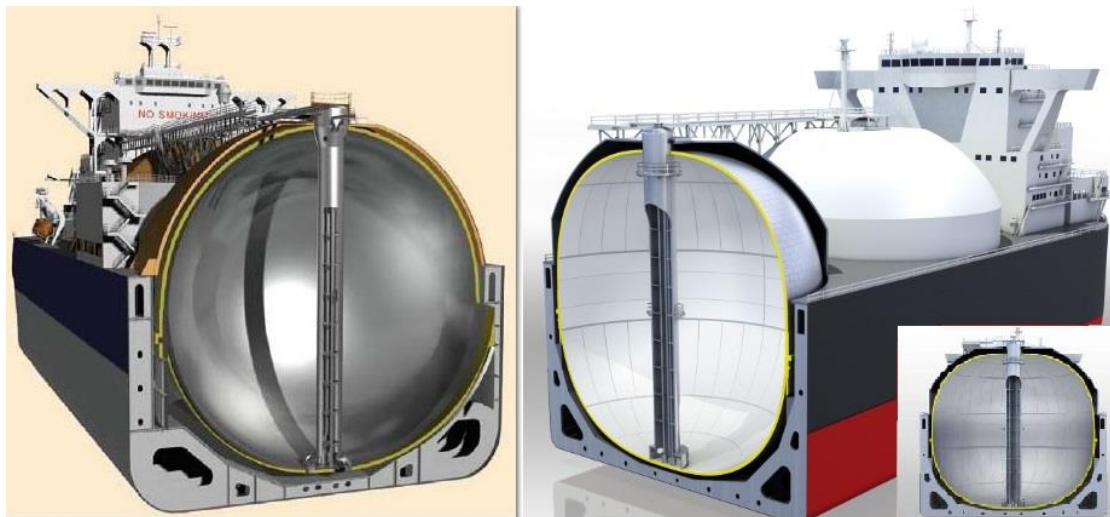
ισχυροποίησης του κύτους και της αυξημένης ακαμψίας, που στα συγκεκριμένα πλοία είναι πολύ βασική. (Εικόνα 3.5)

γ) *Χαμηλότερο κόστος συντήρησης:* Στα συμβατικά ημισφαιρικά καλύμματα δεξαμενών, οι σωληνώσεις, τα ηλεκτρικά καλώδια και οι διάδρομοι πάνω από τα καλύμματα υποστηρίζονται από περίπλοκες κατασκευές. Το συνεχές κάλυμμα των δεξαμενών καθιστά τέτοιες δομές στήριξης περιττές, προσφέροντας χαμηλότερο κόστος και μεγαλύτερη ευκολία στη συντήρηση.

δ) *Μειωμένο βάρος:* Το ενιαίο κάλυμμα σε συνδυασμό με την έλλειψη των περίπλοκων δομών μειώνουν αισθητά το βάρος της κατασκευής.

Μη-σφαιρικές δεξαμενές τύπου Moss: Το βασικό χαρακτηριστικό των δεξαμενών Moss είναι το σφαιρικό τους σχήμα. Το συγκεκριμένο σχήμα προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όμως με την αύξηση της χωρητικότητας των πλοίων οι ακόμα μεγαλύτερες σφαιρικές δεξαμενές θα χρειαζόντουσαν πολύ μεγαλύτερα πλοία κάνοντας τα μη αποδοτικά.

Για να λυθεί το συγκεκριμένο πρόβλημα, τα νέα πλοία αυξάνουν τη χωρητικότητά τους χρησιμοποιώντας μη-σφαιρικές δεξαμενές τύπου Moss. Οι δεξαμενές αυτές είναι παρόμοιες με τις συμβατικές σφαιρικές με τη διαφορά ότι στο κέντρο της σφαίρας έχει προστεθεί ένα κυλινδρικό κομμάτι στον ισημερινό δακτύλιο κάνοντας τη δεξαμενή "ψηλότερη". Έτσι, αυξάνεται η χωρητικότητα του πλοίου χωρίς να αλλάζουν οι διαστάσεις του, όπως φαίνεται στο παρακάτω (Εικόνα 3.6).



Source: <http://www.marineinsight.com>

**Εικόνα 3.6 Κανονική σφαιρική δεξαμενή τύπου Moss (Αριστερά)  
Μη σφαιρική δεξαμενή τύπου Moss (Δεξιά)**

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Το σύστημα δεξαμενών Moss είναι το κεντρικό στοιχείο της καινοτόμου ιδέας Sayaendo που αναπτύχθηκε και κατασκευάστηκε από τη Mitsubishi Heavy Industries (MHI). Ο μοναδικός σχεδιασμός περιλαμβάνει τέσσερις δεξαμενές τύπου Moss που προστατεύονται από ένα συνεχές κάλυμμα ενσωματωμένο στο κύτος του πλοίου και πραγματοποίησε το ντεμπούτο του στο δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG, Seishu Maru(155.000cm), που παραδόθηκε από το συγκρότημα Nagasaki της MHI το Σεπτέμβριο του 2014. Η Wilhemsen Technical Solutions, της οποίας η θυγατρική TI Group ήταν ο προμηθευτής της μόνωσης των δεξαμενών φορτίου, ανέφερε ότι το πλοίο ολοκλήρωσε τις "δοκιμές αερίου" (gas trials) με το πολύ χαμηλό ρυθμό εξάτμισης φορτίου (BOR) 0,08% (V/day) του όγκου φορτίου ανά ημέρα.

Ο σχεδιασμός Sayaendo μεταφέρει 8.000cm περισσότερα από ένα τυπικό πλοίο μεταφοράς LNG με δεξαμενές τύπου Moss 147.000cm χωρίς καμία αύξηση στο πλάτος,, χρησιμοποιώντας τις μη-σφαιρικές δεξαμενές Moss σε σχήμα μπιζελιού που διατηρούν την ίδια διάμετρο της δεξαμενής. Το σχέδιο Sayaendo χρησιμοποιώντας και τις δυο προαναφερθείσες νέες τεχνολογίες για τις δεξαμενές τύπου Moss, αύξησε δραστικά και την απόδοση και τη χωρητικότητα του πλοίου.

Η Mitsubishi Heavy Industries (MHI) όμως δεν σταμάτησε εκεί. Το Νοέμβριο του 2014 ολοκλήρωσε τη μελέτη και το σχεδιασμό ενός ακόμα πιο φιλόδοξου σχεδίου που θα αποτελέσει το διάδοχο του Sayaendo, το σχέδιο αυτό ονομάστηκε "Sayaringo StaGE". Ενώ το Sayaendo έχει σφαιρικές δεξαμενές σε σχήμα μπιζελιού, οι δεξαμενές που υιοθετούνται στο Sayaringo Stage έχουν σχήμα "μήλου" με το πάνω μισό να διογκώνεται περισσότερο από το κάτω μισό. Οι νέες δεξαμενές σε σχήμα μήλου αποτελούν μια βελτιωμένη έκδοση δεξαμενών τύπου Moss και έχουν υιοθετηθεί στο Sayaringo Stage ως μέρος της πρωτοβουλίας της MHI να αναπτύξει ένα σκάφος στη νέα κατηγορία Panamax που δημιουργήθηκε μετά τη διαπλάτυνση της διώρυγας του Παναμά.



### **3.4.2 Σύστημα Δεξαμενών Μembrάνης (Membrane Containment System)**

Τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου με δεξαμενές μεμβράνης αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1960. Οι δεξαμενές αυτού του τύπου είναι ενσωματωμένες στο σκάφος του πλοίου και δεν είναι ανεξάρτητες όπως οι δεξαμενές τύπου Moss.

Το σύστημα δεξαμενών τύπου μεμβράνης αποτελείται από μονωμένες δεξαμενές φορτίου που είναι εγκλεισμένες εντός του εσωτερικού κύτους και βρίσκονται εν σειρά από την πλώρη προς την πρύμνη. Οι χώροι μεταξύ του εσωτερικού κύτους και του εξωτερικού κύτους χρησιμοποιούνται για έρμα και για προστασία των δεξαμενών φορτίου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως σύγκρουση ή προσάραξη. Οι δεξαμενές φορτίου χωρίζονται από άλλα διαμερίσματα, και μεταξύ τους, από εγκάρσια στεγανά παραφράγματα που είναι ξηρά διαμερίσματα.

Σε αυτού του τύπου τις δεξαμενές το φορτίο συγκρατείται από μια λεπτή εύκαμπτη μεμβράνη από ανοξείδωτο ατσάλι ή κράμα νικελίου. Υπάρχουν δύο συστήματα μεμβράνης που χρησιμοποιούνται. Και στις δύο περιπτώσεις η μόνωση τοποθετείται απευθείας στο εσωτερικό του κύτους και το κύριο φράγμα αποτελείται από λεπτή μεταλλική μεμβράνη πάχους μικρότερη του ενός χιλιοστού. Το σύστημα της Gaz Transport NO. 96 χρησιμοποιεί δύο τέτοιες μεμβράνες (πάχους 0,7 mm) κατασκευασμένες από 'Invar' (36% κράμα νικελίου-σιδήρου χαμηλής διαστολής). Η μια, ενεργεί ως το κύριο φράγμα, ενώ η άλλη ως δευτερεύον φράγμα και χωρίζονται μεταξύ τους από κουτιά από κόντρα πλακέ μόνωσης περλίτη (Εικόνα 3.7). Παρόμοια πλαίσια τοποθετούνται μεταξύ του δευτερεύοντος φράγματος και του εσωτερικού κύτους.

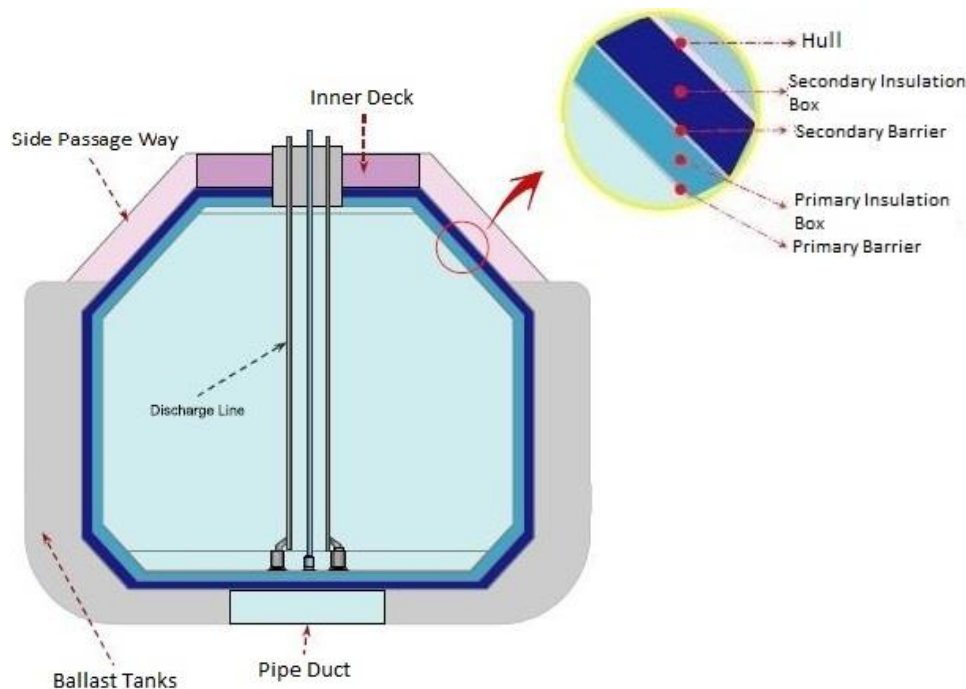
Το Mark III, που αναπτύχθηκε από την Technigaz, έχει μεμβράνη από ανοξείδωτο ατσάλι ως το κύριο φράγμα, ενώ το δευτερεύον φράγμα, που περιλαμβάνεται στη μόνωση, είναι ένα σύνθετο υλικό το οποίο αποτελείται από ένα λεπτό φύλλο αλουμινίου μεταξύ δύο στρώσεων υαλοβάμβακα και ρητίνης.

Μετά από χρόνια ανταγωνισμού, οι δυο γαλλικές εταιρείες Gaz Transport και Technigaz το 1994 συγχωνεύτηκαν και σχημάτισαν την GTT, η οποία αναπτύσσει και προωθεί παραλλήλως, και τα δύο συστήματα δεξαμενών μεμβράνης. Η GTT έχει

δώσει άδεια κατασκευής για αυτά τα δύο είδη δεξαμενής, σε όλους τους μεγάλους κατασκευαστές δεξαμενόπλοιων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Μετά τη συγχώνευση τους οι δυο εταιρίες δημιούργησαν και ένα νέο σύστημα δεξαμενών το οποίο συνδυάζει τα καλύτερα υλικά και από τα δυο συστήματα, Mark III και No. 96. Το σύστημα αυτό ονομάστηκε CS1 System (Combined System One). Η κύρια μεμβράνη, η οποία είναι σε επαφή με το φορτίο, είναι κατασκευασμένη από Invar, με πάχος 0,7 χιλιοστά, ενώ η δευτερεύουσα αποτελείται από Triplex. Η κύρια και δευτερεύουσα μόνωση αποτελείται από πάνελ αφρού πολουρεθάνης. Μόνο τρία πλοία, από ένα ναυπηγείο, έχουν κατασκευαστεί με την τεχνολογία CS1. Τα υπόλοιπα ναυπηγεία έχουν αποφασίσει να διατηρήσουν την παραγωγή του Mark III και No. 96.

Το σύστημα μεμβράνης εξασφαλίζει ότι όλα τα υδροστατικά φορτία του φορτίου μεταδίδονται μέσω των μεμβρανών και της μόνωσης στο εσωτερικό του κύτους του πλοίου. Επίσης ελαχιστοποιεί την ανταλλαγή θερμότητας, μεταξύ του φορτίου και του εσωτερικού κύτους.



Source: <http://www.liquefiedgascarrier.com>

**Εικόνα 3.7** Εσωτερική δομή του συστήματος δεξαμενών μεμβράνης

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Οι χώροι μόνωσης μέσα στις δυο μονώσεις (κύρια και δευτερεύουσα) διατηρούνται υπό ατμόσφαιρα αζώτου ελεγχόμενης πίεσης. Η πίεση του αζώτου εντός του χώρου της κύριας μόνωσης δεν πρέπει ποτέ να υπερβαίνει την πίεση της δεξαμενής φορτίου, προκειμένου να αποφευχθεί η κατάρρευση της μεμβράνης εκ των έσω.

Η σχεδίαση της μόνωσης πρέπει να εξασφαλίζει ότι:

- α) Η ροή θερμότητας στη δεξαμενή περιορίζεται σε τέτοιο βαθμό ώστε ο ρυθμός εξάτμισης (boil off rate) είναι χαμηλός
- β) Το μέταλλο κατασκευής του εσωτερικού του κύτους δεν θα επιτύχει θερμοκρασία χαμηλότερη της ελάχιστης σχεδιαστικής του τιμής, ακόμη και σε περίπτωση βλάβης του κύριου φράγματος.
- γ) Οποιοσδήποτε εκτροπές που προκύπτουν από εφαρμοζόμενες παραμορφώσεις και τάσεις μπορούν να απορροφηθούν από το κύριο φράγμα.

Εκτός από τα παραπάνω, η μόνωση λειτουργεί ως φράγμα για την αποτροπή οποιασδήποτε επαφής μεταξύ του νερού έρματος και του πρωτογενούς φράγματος, σε περίπτωση διαρροής μέσω του εσωτερικού κύτους.

Αλλοίωση ή αποτυχία του συστήματος μόνωσης: Το συνολικό σύστημα μόνωσης έχει σχεδιαστεί για να διατηρεί τις απώλειες από την εξάτμιση του φορτίου (BOG) σε αποδεκτό επίπεδο και για να προστατεύει το ατσάλι του εσωτερικού κήτους από τις υπερβολικά χαμηλές θερμοκρασίες. Πιθανή αποτυχία των μεμβρανών ή της μόνωσης είναι οι πιο πιθανοί λόγοι αποτυχίας του συστήματος. Εάν η απόδοση της συνολικής μόνωσης υποβαθμιστεί για οποιονδήποτε λόγο, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι η μείωση της θερμοκρασίας του εσωτερικού κήτους, και άρα μια "κρύα κηλίδα" και αύξηση των απωλειών από την αύξηση της εξάτμισης του φορτίου από την πληγείσα δεξαμενή. Εάν είναι απαραίτητο, η αυξημένη ποσότητα του αερίου από την εξάτμιση του φορτίου μπορεί να εξαχθεί στην ατμόσφαιρα μέσω του εξαερισμού και του θερμαντήρα αερίου. Ωστόσο, η θερμοκρασία του ατσάλινου εσωτερικού κύτους πρέπει να διατηρείται εντός αποδεκτών ορίων για την αποφυγή πιθανών ρωγμών.

Παρότι η ποιότητα ατσαλιού του εσωτερικού κύτους έχει επιλεγεί για να αντέχει την ελάχιστη θερμοκρασία που πιθανόν να εμφανιστεί κατά τη λειτουργία του, η παρατεταμένη λειτουργία σε θερμοκρασίες κάτω από τους μηδέν βαθμούς Κελσίου θα προκαλέσει συσσώρευση πάγου στην επένδυση, η οποία με τη σειρά της θα προκαλέσει περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας λόγω της μονωτικής επίδρασης του

πάγου. Για να αποφευχθεί αυτό, μπορούν να τοποθετηθούν θερμαντικά πηνία στους χώρους των στεγανών περιφραγμάτων, επαρκούς χωρητικότητας ώστε να μπορεί να διατηρηθεί η θερμοκρασία του ατσαλιού του εσωτερικού κύτους σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από μηδέν βαθμούς Κελσίου ακόμα και στις χειρότερες συνθήκες.

Οι αισθητήρες θερμοκρασίας διανέμονται κατά κανόνα σε διάφορα σημεία κατά μήκος της επιφάνειας του εσωτερικού κύτους, αλλά εκτός αν δημιουργηθεί μια "κρύα κηλίδα" πολύ κοντά σε έναν από αυτούς για να εντοπιστεί, οι αισθητήρες κατα βάση χρησιμεύουν μόνο για να μας δίνουν μια γενική ένδειξη της θερμοκρασίας του μετάλλου. Μέχρι σήμερα, ο μόνος αξιόπιστος τρόπος ανίχνευσης "κρύων κηλίδων" είναι οι συχνές οπτικές επιθεωρήσεις των χώρων έρματος κατά τη διάρκεια των ταξιδιών που το πλοίο μεταφέρει φορτίο.

Στην περίπτωση που τελικά ανιχνευθεί μια κρύα κηλίδα, είτε με το εσωτερικό σύστημα μέτρησης της θερμοκρασίας του κύτους είτε με οπτικό έλεγχο, πρέπει να καταγραφεί η έκταση και η θέση του σχηματισμού πάγου. Οι μικρές τοπικές κρύες κηλίδες δεν είναι κρίσιμες και, υπό την προϋπόθεση ότι παρακολουθούνται στενά και καταγράφονται ώστε να γίνεται έλεγχος για περαιτέρω αλλοίωση ή εξάπλωση του σχηματισμού πάγου, δεν απαιτείται περαιτέρω δράση. Αν η κρύα κηλίδα είναι εκτεταμένη ή τείνει να εξαπλωθεί γρήγορα, θα πρέπει να γίνει ψεκασμός με θαλασσινό νερό ή αλατόνερο.

Τα βασικά πλεονεκτήματα του συστήματος δεξαμενής μεμβράνης είναι το πρισματικό σχήμα των δεξαμενών, το οποίο επιτρέπει τη χρήση με βέλτιστο τρόπο του διαθέσιμου χώρου εντός του σκαριού του πλοίου. Με τις δεξαμενές φορτίου να είναι βυθισμένες βαθιά μέσα στο σκαρί, κάτω από ένα χαμηλό κατάστρωμα, τα πλοία με δεξαμενή μεμβράνης, δεν χρειάζονται τη γέφυρα του σκάφους να είναι ψηλά ώστε να έχουν καλή ορατότητα. Γι' αυτό το λόγο, τα σκάφη αυτού του τύπου, έχουν το συνηθισμένο σχήμα "squat". Εκτός από την ορατότητα το σχήμα και ο τρόπος κατασκευής των δεξαμενών τις κάνουν ιδανικές για τα νέα, αυξημένου μεγέθους, LNG πλοία αφού μπορεί να γίνει αύξηση του χώρου φορτίου χωρίς να χρειάζεται να αυξηθεί δραστικά το μέγεθος του πλοίου και το κόστος, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται οικονομίες κλίμακας, ενώ η ανταγωνιστική τεχνολογία για την ίδια χωρητικότητα φορτίου χρειάζεται αρκετά μεγαλύτερο μέγεθος πλοίου (GT). Το χαμηλό κατάστρωμα μειώνει τις αεροδυναμικές αντιστάσεις κάνοντας το ευκολότερο στις μανούβρες σε χαμηλές ταχύτητες εντός των λιμανιών και πολύ πιο αποδοτικό

στα ταξίδια. Τα παραπάνω πλεονεκτήματα γίνονται ακόμα πιο εμφανή όσο μεγαλώνει το μέγεθος των πλοίων.

Όλα τα παραπάνω κατέστησαν το σύστημα δεξαμενών μεμβράνης το κυρίαρχο σύστημα. Στα τέλη του 2016, το 73% του ενεργού στόλου περιλάμβανε πλοία με δεξαμενή μεμβράνης ενώ αυτό το ποσοστό αναμένεται να ανέβει ακόμη περισσότερο, αφού παραμένει το δημοφιλέστερο σύστημα και στις παραγγελίες νέων πλοίων.

Το βασικό μειονέκτημα του συστήματος δεξαμενών μεμβράνης είναι ότι δεν μπορεί να υποστηρίξει μερική φόρτωση των δεξαμενών αφού λόγω των τεράστιων ενιαίων δεξαμενών παρουσιάζεται το φαινόμενο του βίαιου κυματισμού ελεύθερων επιφανειών (sloshing effect). Το φαινόμενο αυτό είναι η κίνηση του φορτίου LNG μέσα στις δεξαμενές, ως αποτέλεσμα της κίνησης του σκάφους, λόγω των κυμάτων της θάλασσας και του ανέμου. Σε συγκεκριμένες περιστάσεις, στο φορτίο LNG δημιουργούνται κύματα τα οποία όταν προσκρούουν στα τοιχώματα της δεξαμενής, ενδέχεται να προκαλέσουν ζημιά στο πρωταρχικό φράγμα (μεμβράνη) και στα κουτιά που υποστηρίζουν την πρωταρχική μεμβράνη. Για να αντισταθμιστεί το ρίσκο από τις ζημιές λόγω sloshing, η GTT συμβουλεύει τα σκάφη με δεξαμενές μεμβράνης να ταξιδεύουν με τις δεξαμενές γεμάτες σε ποσοστό μικρότερο του 10% ή μεγαλύτερο του 90%. Σε περιπτώσεις που απαιτείται μερική φόρτωση της δεξαμενής, όπως για παράδειγμα σε πλωτές μονάδες αποθήκευσης LNG ή μονάδες επαναεριοποίησης (FSRU), έχουν αναπτυχθεί συστήματα δεξαμενής μεμβράνης που είναι εξοπλισμένα με ειδικά ενισχυμένα κουτιά.

Εξέλιξη του συστήματος Δεξαμενών Μεμβράνης: Κατά τη διάσκεψη και έκθεση Gastech 2014 στη Σεούλ, η GTT ανακοίνωσε την ενίσχυση του χαρτοφυλακίου της μέσω των συστημάτων Mark V και NO 96 MAX. Και τα δύο προσφέρουν μειώσεις στην εξάτμιση του φορτίου, με εγγυημένο ρυθμό εξάτμισης φορτίου (BOR-Boil of Rate) 0,09% του όγκου φορτίου ανά ημέρα σε συνδυασμό με τη βελτιστοποίηση της διαδικασίας κατασκευής και κόστους.

Ο σχεδιασμός Mark V, μια παραλλαγή του συστήματος Mark III, διαθέτει ένα νέο, μεταλλικό δευτερεύον φράγμα και παραγγέλθηκε για πρώτη φορά στο τελευταίο τρίμηνο του 2016 από την Gaslog. Το δεξαμενόπλοιο χωρητικότητας 180.000 κυβικών μέτρων, θα κατασκευαστεί στο ναυπηγείο της Samsung Heavy Industry και αναμένεται να παραδοθεί το 2019.

Διαθέσιμο είναι, και το σύστημα NO 96 Max που αποτελεί αναβάθμιση του NO 96 GW και ενσωματώνει μια καινοτόμο διάταξη κιβωτίου μόνωσης "τύπου κολόνας". Στο NO 96 GW, το γυάλινο μαλλί αντικατέστησε το υλικό θερμομόνωσης περλίτη του συστήματος NO 96.

Μια νέα εκδοχή του συστήματος δεξαμενής μεμβράνης, το KC-1, έχει αναπτυχθεί από την Kogas (Korea Gas Corporation) και έχει προγραμματιστεί να τοποθετηθεί σε δύο δεξαμενόπλοια που έχει παραγγείλει η SK Shipping.

Το σύστημα KC-1 σχεδιάστηκε από την Kogas σε συνεργασία με την Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering, τη Hyundai Heavy Industries και τη Samsung Heavy Industries και χρησιμοποίησε τεχνογνωσία από Κορεάτες υποεργολάβους και πανεπιστήμια. Το κίνητρο, τόσο σε εταιρικό όσο και σε εθνικό επίπεδο, ήταν να μειωθεί η εξάρτηση από την ξένη τεχνολογία και τις σχετικές οικονομικές δαπάνες. Παρά το γεγονός ότι τα κορεάτικα ναυπηγεία είναι η κυρίαρχη παγκόσμια δύναμη στην κατασκευή πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου, η βιομηχανία ισχυρίζεται ότι τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας ισοδυναμούν με περίπου 4-5% των τιμών νέας κατασκευής (newbuild) και πρέπει να καταβάλλονται σε ξένους δικαιοπαρόχους της βασικής τεχνολογίας συστημάτων δεξαμενών.

Υποστηρίζεται ότι η δομή του KC-1 είναι απλούστερη και συνεπώς λιγότερο δαπανηρή για να κατασκευαστεί από τα υπάρχοντα σχέδια μεμβράνης και ότι η φύση του κύριου και δευτερεύοντος φράγματος προσφέρει υψηλότερη ακεραιότητα όσον αφορά τη διαρροή και την πρόληψη του θερμικού σοκ.

Τα ναυπηγεία της Κορέας δίνουν πολύ σημασία στη μείωση της εξάρτησης από ξένες τεχνολογίες στα συστήματα δεξαμενών, μια κίνηση που θα μπορούσε τελικά να επηρεάσει σημαντικά τη ναυπηγική βιομηχανία, κάτι που φάνηκε από την ανάπτυξη πολλών νέων προτάσεων σχεδιασμού συστημάτων από μεμονωμένους Κορεάτες κατασκευαστές. Έτσι, οι μέχρι τώρα περιορισμένες επιλογές που διατίθενται στην αγορά πελατών έχουν διευρυνθεί όχι μόνο από το KC-1 αλλά και από λύσεις από πολύ μεγάλες εταιρίες που πρωταγωνιστούν στην παραγωγή δεξαμενόπλοιων LNG , όπως η Samsung, η Daewoo και η Hyundai.

Το μέγεθος των εταιριών αυτών όμως δεν έχει σταθεί ικανό να πείσει τους συντηρητικούς εφοπλιστές και τους ναυλωτές να τα προτιμήσουν αντί των ήδη δοκιμασμένων και επιτυχημένων υπάρχοντων συστημάτων δεξαμενών μεταφοράς

υγροποιημένου φυσικού αερίου. Το KC-1 που ήδη παραγγέλθηκε από την SK Shipping μπορεί να ανοίξει το δρόμο για νέες επιλογές.

### **3.4.3 Σύστημα πρισματικών δεξαμενών (SPB Prismatic Containment System)**

Ο τρίτος και λιγότερο διαδεδομένος τύπος συστήματος δεξαμενής για φορτίο LNG, είναι το SPB το οποίο δημιουργήθηκε από την εταιρεία Ishikawajima-Harima Heavy Industries (IHI) (πλέον JMU) πριν από 30 χρόνια. Ο σκοπός του ήταν να αποτελέσει την Ιαπωνική απάντηση στις εισαγόμενες από Ευρώπη τεχνολογίες δεξαμενών LNG, το Νορβηγικό σύστημα Moss και το Γαλλικό σύστημα μεμβράνης. Το SPB καταφέρνει να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα του συστήματος δεξαμενής μεμβράνης και του συστήματος Moss, ενώ ταυτόχρονα ξεπερνά τα μειονεκτήματα και των δύο συστημάτων.

Το πρισματικό σχήμα των δεξαμενών εξασφαλίζει μεγάλο ποσοστό εκμετάλλευσης του χώρου του πλοίου για τις δεξαμενές LNG, με αποτέλεσμα το κατάστρωμα να είναι επίπεδο και να μην προεξέχει. Αυτό κάνει εύκολη την τοποθέτηση εγκαταστάσεων και σωληνώσεων επάνω κατάστρωμα, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει και μειώνει σε μεγάλο βαθμό τη συντηρησή τους.

Οι μεγάλες δεξαμενές SPB υποδιαιρούνται σε τέσσερις χώρους από έναν κεντρικό άξονα, ένα υδατοστεγές διάφραγμα και ένα εγκάρσιο διάφραγμα. Αυτή η υποδιαίρεση, με την ενισχυμένη δομή πλάκας τόσο του κελύφους όσο και των εσωτερικών στοιχείων στήριξης, ενισχύει το σύστημα SPB για να αποφευχθεί το φαινόμενο του βίαιου κυματισμού ελεύθερων επιφανειών (sloshing effect) σε όλα τα επίπεδα πλήρωσης των δεξαμενών.

Επιπλέον, οι δεξαμενές SPB απαιτούν μόνο μερικό δευτερεύον φράγμα. Οι ανθεκτικές πρισματικές δεξαμενές συμμορφώνονται με την αρχή της διαρροής πριν από την αποτυχία, έτσι ώστε εάν εμφανιστεί ρωγμή λόγω κόπωσης, θα διαδοθεί αργά, αγοράζοντας χρόνο για τη λήψη των απαραίτητων μέτρων.

Βασικό πλεονέκτημα αποτελεί και το πρισματικό σχήμα αφού είναι τα πιο αποδοτικά ως προς την εκμετάλλευση του χώρου από όλα τα συστήματα που χρησιμοποιούνται.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Οι δεξαμενές μπορούν να φτιαχτούν και σε άλλα σχήματα ώστε να εκμεταλεύονται περισσότερους χώρους του εσωτερικού του πλοίου (π.χ. σχήμα πλώρης)

Τα υλικά κατασκευής τους είναι το αλουμίνιο, ανοξείδωτο ατσάλι ή ατσάλι νικελίου 9 τοις εκατό. Το αλουμίνιο είναι η ελαφρύτερη επιλογή και έχει επιλεγεί για όλα τα πλοία που έχουν κατασκευαστεί μέχρι σήμερα με αυτό το σύστημα.

Τα παραπάνω κάνουν το SPB να φαίνεται το καταλληλότερο σύστημα δεξαμενών για τα FLNG και FSRU τα οποία απαιτείται να παραμείνουν υπεράκτια και να λειτουργούν με ασφάλεια για πολλά χρόνια χωρίς να περάσουν δεξαμενισμό. Το βασικό μειονέκτημα του συστήματος δεξαμενών SPB ήταν το υψηλό κόστος σε σχέση με τα ανταγωνιστικά, αυτό ήταν και που εμπόδισε τη διευρυμένη υιοθέτησή του από πολλές ναυτιλιακές εταιρείες.

Το 2014, η Japan Marine United (JMU), που ιδρύθηκε το 2013 όταν η Universal Shipbuilding ένωσε τις δυνάμεις της με την IHI Marine United που σχεδίασε το σύστημα SPB, εξασφάλισε παραγγελίες για τέσσερα δεξαμενόπλοια LNG, χωρητικότητας 165.000cm, τα οποία θα είναι και τα πρώτα δεξαμενόπλοια LNG συμβατικού τύπου και μεγέθους με αυτό το σύστημα, αφού κατάφερε να ξεπεράσει το μόνο πραγματικό μειονέκτημα αυτού του συστήματος, που ήταν το υψηλό κόστος του.

Το IHI-SPB χρησιμοποιήθηκε αρχικά σε δύο δεξαμενόπλοια LNG που παραδόθηκαν το 1993 για να εξυπηρετήσουν μακροπρόθεσμο συμβόλαιο με τη Philips / Marathon να μεταφέρει LNG από την Αλάσκα στον Ιάπωνα αγοραστή Tokyo Gas. Το παραδειγματικό ρεκόρ υπηρεσίας του Polar Eagle και του Arctic Sun με τη διατήρηση 20 ετών αδιάκοπης λειτουργίας στα ταραχώδη νερά του βόρειου Ειρηνικού έχει δώσει στην JMU μια σταθερή βάση για ανανεωμένες προσπάθειες μάρκετινγκ.

Με την πιθανότητα διεθνούς αδειοδότησης, το σύστημα δεξαμενής SPB θα μπορούσε να γίνει ένας σοβαρός ανταγωνιστής στην αγορά συστημάτων δεξαμενών LNG. Στην Ιαπωνία, η εταιρεία JMU έχει ήδη εκπονήσει έρευνα σε συνεργασία με ένα ναυπηγείο, με σκοπό να διαπιστώσουν το κατά πόσο οι δεξαμενές τύπου SPB μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν δεξαμενές καυσίμου LNG.





Source: www.cultofsea.com

**Εικόνα 3.8 Οι Βασικοί Τύποι Συστημάτων δεξαμενών πλοίων μεταφοράς LNG**

Όλα τα συστήματα δεξαμενής, στηρίζονται στη μεγάλη κόστους μόνωση, η οποία κρατά το LNG σε χαμηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του ταξιδιού για τη μεταφορά του και περιορίζει στο ελάχιστο την εξάτμισή του. Παρόλα αυτά η εξάτμιση του αερίου δεν μπορεί να αποφευχθεί στο 100%, έτσι περίπου το 0,15% του φορτίου εξατμίζεται ημερησίως. Ωστόσο, η ακριβής ποσότητα εξατμιζόμενου αερίου, καθορίζεται τελικώς από τη μόνωση του πλοίου, η οποία με τη σειρά της ποικίλει ανάλογα με το σύστημα δεξαμενών του σκάφους.

### **3.5 Boil-Off Gas (Εξάτμιση Φορτίου)**

Η κρυογονική είναι η επιστήμη και η τεχνολογία των πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Παραδοσιακά, το πεδίο κρυογονικών μετρήσεων αρχίζει σε θερμοκρασίες κάτω από τους -153,15 βαθμούς Κελσίου. Η κρυογονική μηχανική περιλαμβάνει κυρίως την πρακτική χρήση φαινομένων χαμηλής θερμοκρασίας και ασχολείται με την ανάπτυξη και τη βελτίωση διαδικασιών και εξοπλισμού χαμηλών θερμοκρασιών.

Ένα κρυογονικό υγρό τυπικά διατηρείται σε χαμηλές θερμοκρασίες σε ένα δοχείο αποθήκευσης. Η αποθήκευση αποτελεί μεγάλη πρόκληση λόγω της εγγενούς εισροής θερμότητας από το περιβάλλον. Η επίδραση της εισόδου θερμότητας είναι η θέρμανση του κρυογονικού υγρού.

Αν όγκος του δοχείου είναι σταθερός τότε θα προκληθεί αύξηση της πίεσης στο δοχείο αποθήκευσης. Για να παραμείνει σταθερή η πίεση οι βρασμοί υγρού και οι ατμοί "βρασμού" απελευθερώνονται από το δοχείο (εξαερισμός).

Οι ατμοί που δημιουργούνται λόγω της εισόδου θερμότητας περιβάλλοντος (διατηρώντας σταθερή πίεση στο δοχείο αποθήκευσης) ονομάζονται "Boil-off". Το μέτρο για την εξάτμιση (Boil-off) είναι η ποσότητα ατμών ανά μονάδα χρόνου. Μπορεί να είναι ένα απόλυτο μέτρο kg/h, kg/ημέρα ή σχετικό μέτρο -% εξατμισμένο από το συνολικό ποσό ανά μονάδα χρόνου (π.χ 0,05%/day). Η μονάδα μέτρησης περιέχει το χρόνο στον παρονομαστή, επομένως, το Boil-off Rate εκφράζει το ρυθμό μεταβολής του φορτίου λόγω των εξατμίσεων.

Τα περισσότερα δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου έχουν το πρόβλημα των απωλειών λόγω εξατμίσεων που λαμβάνει χώρα κατά την αποθήκευση, τη φόρτωση ή την εκφόρτωση και το ταξίδι του πλοίου. Το LNG αποθηκεύεται σε υγρή κατάσταση σε θερμοκρασία κάτω από το σημείο βρασμού και σε ατμοσφαιρική πίεση. Ως αποτέλεσμα της ατελούς μόνωσης, η θερμότητα εισέρχεται στη δεξαμενή φορτίου κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά. Έτσι, ένα μέρος του φορτίου LNG εξατμίζεται και το ονομάζουμε Boil-Off Gas (BOG).

Πολύ μεγάλο μέρος BOG παράγεται και κατά τη φόρτωση και την εκφόρτωση του LNG στα στις δεξαμενές των πλοίων, το μεγαλύτερο μέρος του όμως παράγεται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού. Το BOG που απελευθερώνεται κατά τη διάρκεια του ταξιδιού ενός δεξαμενόπλοιου LNG μπορεί να συμβεί λόγω των ακόλουθων λόγων.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

1. Από την εισροή θερμότητας στις δεξαμενές φορτίου λόγω της διαφοράς μεταξύ της θερμοκρασίας στις δεξαμενές φορτίου και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος καθότι η μόνωση δεν μπορεί να είναι τέλεια.
2. Λόγω ψεκασμών με LNG στο πάνω μέρος των δεξαμενών του πλοίου με σκοπό να παραμείνουν σε χαμηλή θερμοκρασία κατά τη διάρκεια των ταξιδιών χωρίς φορτίο,
3. Εξαιτίας του φαινομένου του βίαιου κυματισμού ελεύθερων επιφανειών (sloshing effect) του φορτίου σε μερικές γεμάτες δεξαμενές, η κίνηση και ο κυματισμός του φορτίου προκαλεί τριβή στο εσωτερικό τοίχωμα της δεξαμενής δημιουργώντας θερμότητα.

Συμπερασματικά, η ποσότητα του BOG κατά τη διάρκεια του ταξιδιού του πλοίου αλλάζει ανάλογα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, της θερμοκρασίας της θάλασσας, της τραχύτητας της θάλασσας και του περιεχομένου της δεξαμενής φορτίου. Ο πρώτος λόγος όμως είναι και ο βασικότερος, αφού συμβαίνει σε όλες τις συνθήκες.

Το BOR είναι κατά μέσο όρο 0,12-0,15% ανά ημέρα αν και τα νέα συστήματα δεξαμενών θα έχουν χαμηλότερο από 0,10% ανά ημέρα. Τα παραπάνω ποσοστά (0,12-0,15% ανά ημέρα) ίσως να φαίνονται ασήμαντα και μέσα στα αποδεκτά όρια των απωλειών αλλά θα φανεί παρακάτω ότι δεν είναι.

Στο άρθρο του "Walid M Bahgat"- Proposed Method for Dealing with Boil-off Gas on board LNG Carriers during Loaded Passage που δημοσιεύτηκε το 2015 στο περιοδικό "International Journal of Multidisciplinary and Current Research" γίνεται μια προσπάθεια τα μικρά αυτά ποσοστά να μετατραπούν σε κανονικά κόστη και να γίνει αντιληπτή η πραγματική τάξη μεγέθους του κόστους των απωλειών του BOG.

Θεωρώντας ως δεδομένο ότι ένα πλοίο έχει απώλειες της τάξης 0,12%/ημέρα και με την τιμή 564\$/τόνο LNG σε δείγμα 267 πλοίων προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα.

- Για δεξαμενόπλοιο LNG χωρητικότητας **135.000** κυβικών μέτρων οι απώλειες είναι περίπου 74,61 τόνοι ανά ημέρα που μεταφράζεται σε **42.080\$/ημέρα**.
- Για δεξαμενόπλοιο LNG χωρητικότητας **170.000** κυβικών μέτρων οι απώλειες είναι περίπου 93,96 τόνοι ανά ημέρα που μεταφράζεται σε **52.994\$/ημέρα**.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

- Για τα δεξαμενόπλοιο Q-Max της QatarGas χωρητικότητας **266.000** κυβικών μέτρων οι απώλειες φτάνουν τους 147,02 τόνους ανα ημέρα που μεταφράζεται σε **82.920 \$/ημέρα**.

Τα μεγάλα αυτά ποσά είναι και ο λόγος που το BOG είναι τόσο σημαντικό στη βιομηχανία μεταφοράς και αποθήκευσης του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Τρόποι διαχείρισης του BOG: Το BOG είναι ένα αναγκαίο πρόβλημα που πρέπει να αντιμετωπιστεί. Είναι κατά βάση μεθάνιο, είναι ελαφρύτερο από τον αέρα και εξαιρετικά εύφλεκτο σε περίπτωση που κάποια πηγή φωτιάς το πλησιάσει.

Η πιο απλή λύση είναι να απελευθερωθεί μέσω εξαερισμού στην ατμόσφαιρα η απλή η καύση του σε μια μονάδα καύσης φυσικού αερίου. Κάτι τέτοιο όμως θα ήταν μη αποδοτικό αλλά ακόμα και επικίνδυνο αφού παράγει τοξικούς υδρατμούς και είναι και απαγορευμένο σε πολλές περιοχές.

Μια λύση που χρησιμοποιείται ευρέως είναι η καύση του BOG από τις μηχανές του πλοίου σαν εναλλακτικό καύσιμο για την πρόωση του πλοίου. Το παλαιότερο ,και μέχρι πριν λίγα χρόνια σχεδόν αποκλειστικό, σύστημα πρόωσης των πλοίων μεταφοράς φυσικού αερίου, οι τουρμπίνες αμού, μπορεί να κάψει στα καζάνια του BOG. Η θερμική του όμως απόδοση είναι αισθητά μικρή σε σχέση με τα νέα συστήματα πρόωσης κάτι που θα αναληθεί κατά την αναφορά στα συστήματα πρόωσης.

Άλλος τρόπος διαχείρισης του BOG είναι η εγκατάσταση μιας μικρής μονάδας υγροποίησης η οποία θα επαναυγροποιεί το αέριο, και μετά θα εισάγεται ξανά στις δεξαμενές φορτίου. Αυτή η λύση γενικά δεν προτιμάται λόγω αυξημένου κόστους εγκατάστασης της μονάδας επαναυγροποίησης και του αυξημένου χώρου που χρειάζεται, είναι όμως η λύση που προτιμήθηκε από την QatarGas για τα Q-Flex και Q-Max.

Στο άρθρο που αναφέρθηκε παραπάνω του "Walid M Bahgat" προτάσσεται ένας ακόμη τρόπος διαχείρισης του BOG. Η χρήση μίας δεξαμενής (ή για τα πολύ μεγάλα πλοία δυο δεξαμενές), η οποία θα έχει μέγεθος λίγο μεγαλύτερο του υπολογιζόμενου BOG κατά το ταξίδι και στην οποία θα αποθηκεύεται και θα φυλάσσεται υπό πίεση και σε υψηλότερη θερμοκρασία μέχρι το τέλος του ταξιδιού όπου και θα ξεφορτώνεται στο τερματικό αεριοποίησης.

### **3.6 Συστήματα πρόωσης (Propulsion Systems)**

Από τη στιγμή που κατασκευάστηκαν τα πρώτα πλοία μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου τη δεκαετία του 1960, η επιλογή του σωστού συστήματος πρόωσης ήταν κάπως διαφορετική από εκείνη των άλλων τύπων πλοίων. Εκείνη την περίοδο όλα τα είδη πλοίων είχαν τις τουρμπίνες ατμού σαν τη βασική επιλογή συστήματος πρόωσης, κάτι που λίγο αργότερα άλλαξε με τους, χαμηλής ταχύτητας πετρελαιοκινητήρες να γίνονται το βασικό σύστημα για όλα τα υπόλοιπα είδη πλοίων. Όμως εκτός από την παροχή αποτελεσματικής, ασφαλούς και αξιόπιστης προώθησης για το πλοίο, πρέπει επίσης να υπάρχει και τρόπος αντιμετώπισης του BOG από τις δεξαμενές φορτίου. Το BOG όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι το αέριο που αποβάλλεται από τη δεξαμενή φορτίου με σκοπό να διατηρηθεί η πίεση της δεξαμενής σταθερή..

Το μόνο σύστημα πρόωσης διαθέσιμο που έδινε λύση στο ζήτημα του BOG ήταν το σύστημα πρόωσης των τουρμπίνων ατμού. Η συνήθης τακτική, είναι να διοχετεύεται η ποσότητα του BOG από τη δεξαμενή στον ανεφοδιασμό των τουρμπινών ατμού του πλοίου. Η λύση αυτή, παρότι αξιόπιστη δεν είναι αποδοτική. Για περίπου 40 χρόνια το σύστημα πρόωσης των τουρμπίνων ατμού ήταν η μόνη διαθέσιμη πρακτική επιλογή για τα πλοία μεταφοράς LNG. Από το 2000 και έπειτα ωστόσο, τα συστήματα πρόωσης των, πλοίων μεταφοράς LNG έχουν υποστεί μεγάλες καινοτομίες και βελτιώσεις που αποσκοπούν στη μείωση κατανάλωσης καυσίμου, κατά τη διάρκεια του ταξιδιού.

Μετά την αύξηση της τιμής στα καύσιμα από το 2000 και έπειτα, το ζήτημα του κόστους των καυσίμων απέκτησε ακόμα μεγαλύτερη σημασία. Σε μια προσπάθεια να συγκεράσουν το στόχο της χαμηλής κατανάλωσης καυσίμου με την ανάγκη κατανάλωσης του BOG, καινοτόμα συστήματα, έχουν κάνει διάφορες προσεγγίσεις, που ποικίλουν ανάλογα με το πλάνο μεταφοράς, με παραμέτρους όπως η χωρητικότητα του πλοίου, η ταχύτητά του, η διάρκεια των μελλοντικών του ταξιδιών και άλλες παραμέτρους που αφορούν στο σχεδιασμό του ταξιδιού του. Η οποιαδήποτε σύγκριση των εναλλακτικών πλάνων για τα συστήματα πρόωσης και παραγωγής ενέργειας των δεξαμενόπλοιων LNG πρέπει να σταθμίζει την πολυπλοκότητα της μεταφοράς του LNG. Στις μέρες μας, οι επιλογές συστημάτων πρόωσης για δεξαμενόπλοια LNG είναι οι εξής:

### **3.6.1 Τουρμπίνες ατμού**

Οι τουρμπίνες ατμού είναι το κατ' επιλογή δημοφιλέστερο σύστημα πρόωσης των πλοίων μεταφοράς LNG. Συνήθως, δύο λέβητες δημιουργούν επαρκή ποσότητα ατμού για να τροφοδοτήσουν τις κυρίως προωθητικές τουρμπίνες και τις βοηθητικές μηχανές. Οι λέβητες, μπορούν να είναι είτε μερικώς είτε πλήρως ανεφοδιασμένοι με βαρύ μαζούτ (HFO). Ένα σημαντικό πλεονέκτημα του συστήματος πρόωσης με τουρμπίνες ατμού είναι το γεγονός πως δεν είναι απαραίτητη η μονάδα καύσης αερίου (GCU), αφού όλο το εξατμιζόμενο αέριο χρησιμοποιείται στους λέβητες. Το κόστος συντήρησης και λειτουργίας του συστήματος πρόωσης με τουρμπίνες ατμού είναι σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με υπόλοιπα συστήματα, εξαιτίας της απλότητας στο σχεδιασμό του.

Από την άλλη, η χαμηλή θερμική απόδοση και το αυξημένο κόστος μεταφοράς είναι ξεκάθαρα μειονεκτήματα. Τα μεγάλα δεξαμενόπλοια LNG απαιτούν μεγαλύτερη ισχύ από αυτήν που τα υπάρχοντα σχέδια τουρμπίνων ατμού μπορούν να αποδώσουν. Επιπλέον, η επάνδρωση των σκαφών με μηχανικούς εξειδικευμένους στη λειτουργία των συστημάτων τουρμπίνων ατμού γίνεται όλο και πιο δύσκολη, αφού η συγκεκριμένη τεχνολογία χάνει έδαφος στην αγορά, έτσι όλο και πιο λίγοι ναυτικοί ενδιαφέρονται να αποκτήσουν αυτή την εξειδίκευση.

### **3.6.2 Dual-Fuel Diesel Electric (DFDE)**

Μετά από σχεδόν σαράντα χρόνια απόλυτης κυριαρχίας του συστήματος τουρμπίνων ατμού, στο στόλο LNG, το 2001 η ναυτιλιακή GDF SUEZ (και έπειτα μετονομαζόμενη σε ENGIE), παρήγγειλε τα πρώτα δεξαμενόπλοια LNG που επρόκειτο να προωθηθούν με DFDE. Το σύστημα DFDE έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί και με ντίζελ και με BOG, βελτιώνοντας έτσι την απόδοση του σκάφους κατά 25% με 30% έναντι του παραδοσιακού συστήματος πρόωσης με τουρμπίνες ατμού. Το σύστημα πρόωσης DFDE είναι εξοπλισμένο με ηλεκτρικό σύστημα πρόωσης τροφοδοτούμενο από διπλού καυσίμου και μέτριας ταχύτητας μηχανές ντίζελ. Οι μηχανές διπλού καυσίμου, όταν έχουν ενεργοποιημένο το σύστημα αερίου, λειτουργούν με φυσικό αέριο χαμηλής πίεσης και ένα μικρό ποσοστό ντίζελ που χρησιμοποιείται ως υγρός σπινθήρας. Οι μηχανικοί σε αυτά τα δεξαμενόπλοια, έχουν ανά πάσα στιγμή τη δυνατότητα να κάνουν εναλλαγή από το φυσικό αέριο χαμηλής πίεσης στο παραδοσιακό ντίζελ.

Αυτό το σύστημα πρόωσης πρέπει να είναι εξοπλισμένο έτσι ώστε να μπορεί να διαχειριστεί παραπάνω ποσότητες BOG. Σε αντίθεση με το σύστημα πρόωσης με

τουμπίνες ατμού, μια μονάδα καύσης αερίου (GCU) είναι απαραίτητη αφού προσφέρει τη δυνατότητα καύσης του BOG, όταν παραστεί η ανάγκη. Επιπλέον, η μονάδα καύσης αερίου είναι απαραίτητη για την απομάκρυνση των υπολειμμάτων φυσικού αερίου, προτού οι δεξαμενές φορτίου υποβληθούν σε επιθεώρηση. Ο προαναφερόμενος εξοπλισμός που απαιτείται από αυτό το σύστημα πρόωσης για τη διαχείριση του εξαμιζόμενου αερίου, αυξάνει τις απαιτήσεις συντήρησης των μηχανών.

### **3.6.3 Tri-Fuel Diesel Electric (TFDE)**

Λίγο μετά την υιοθέτηση του συστήματος πρόωσης DFDE, τα πλοία TFDE, προσέφεραν επιπλέον βελτίωση στη λειτουργία των συστημάτων πρόωσης, αφού είχαν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν με βαρύ μαζούτ, ντίζελ και αέριο, βελτιστοποιώντας έτσι την απόδοση σε διάφορες ταχύτητες. Ενόσω ο υπάρχων στόλος κυριαρχείται ακόμα από το σύστημα πρόωσης τουρμπινών ατμού, περίπου το 25% των πλοίων εν ενεργεία είναι εξοπλισμένα με το σύστημα πρόωσης TFDE. Επιπλέον το βιβλίο παραγγελιών περιλαμβάνει σκάφη που προορίζονται να λειτουργήσουν με το σύστημα πρόωσης TFDE σε ποσοστό μεγαλύτερο του 28%.

### **3.6.4 Πετρελαιοκινητήρες χαμηλής ταχύτητας με μονάδα επαναυγροποίησης (Slow-Speed Diesel (SSD) with BOG Re-liquefaction Plant)**

Άλλο ένα σύστημα πρόωσης για πλοία LNG έκανε την εμφάνισή του στα μέσα της δεκαετίας του 2000, το οποίο είχε αρχικά αναπτυχθεί, παράλληλα με τα σχέδια ανάπτυξης των μεγάλων τρένων υγροποίησης της Qatarī. Αντί να χρησιμοποιηθεί το BOG για τη δημιουργία πρόωσης και τη δημιουργία ηλεκτρικής ενέργειας, τα σκάφη είναι εξοπλισμένα με τις συμβατικές μηχανές πετρελαίου χαμηλής ταχύτητας, που λειτουργούν με συστήματα γεννητριών, καταναλώνοντας μαζούτ (HFO), ή απλό ντίζελ (MDO).

Αντιθέτως, το BOG επαναυγροποιείται στο σύνολό του και επαναδιοχετεύεται στις δεξαμενές φορτίου. Μία επιπλέον μονάδα καύσης αερίου, δίνει τη δυνατότητα καύσης του BOG, αν παραστεί η ανάγκη. Το σύστημα αυτό επιτρέπει τη μεταφορά του LNG φορτίου χωρίς την παραμικρή απώλεια. Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα, ειδικά αν το βαρύ μαζούτ ή το ντίζελ είναι φθηνότερα εν συγκρίσει με την καύση του εξαμιζόμενου αερίου ως καύσιμο πρόωσης.

Κατά τη διάρκεια ενός ταξιδιού έρματος, η θερμοκρασία της δεξαμενής φορτίου διατηρείται με τον ψεκασμό της με το επαναυγροποιημένο φυσικό αέριο. Αυτό

βοηθάει στη μείωση της αρχικής αύξησης του BOG στα φορτωμένα ταξίδια. Όλος ο στόλος Q-Class είναι εξοπλισμένος με το συγκεκριμένο σύστημα πρόωσης.

### **3.6.5 Τύπου M (M-Type), Ηλεκτρονικά ελεγχόμενος ψεκασμός αερίου (ME-GI)**

Περίπου το 37% των σκαφών στο βιβλίο παραγγελιών είναι σχεδιασμένα να δεχτούν την τελευταία καινοτομία στο σχεδιασμό μεταφοράς του LNG. Τη μηχανή ME-GI, η οποία αξιοποιεί τις, υψηλής πίεσης και αργού ψεκασμού, μηχανές. Σε αντίθεση με τα πλοία της κατηγορίας Q-Class τα οποία δεν μπορούν να δεχτούν BOG στις μηχανές τους, οι ME-GI μηχανές βελτιστοποιούν τη χωρητικότητα των μηχανών χαμηλής ταχύτητας λειτουργώντας άμεσα με BOG, ή πετρέλαιο αν χρειαστεί, αντί να επαναυγροποιούν το φυσικό αέριο. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει την οικονομική βελτιστοποίηση οποιαδήποτε στιγμή. Ένα δεξαμενόπλοιο LNG με μηχανή ME-GI, χωρητικότητας 170.000cm, σε λειτουργία αερίου, το οποίο είναι πλήρως φορτωμένο και λειτουργεί στην ταχύτητα που είναι σχεδιασμένο, θα καταναλώσει περίπου 15% με 20% λιγότερο καύσιμο από το ίδιο σκάφος που φέρει το TFDE σύστημα πρόωσης. Το σύστημα πρόωσης ME-GI υπολογίζεται ότι φέρεται από τον ίδιο αριθμό σκαφών στο βιβλίο παραγγελιών, όσο και τα συστήματα πρόωσης TDFE και DFDE. Τα πιο οικονομικά από πλευράς κατανάλωσης καυσίμου συστήματα πρόωσης, φαίνεται να προσελκύουν το ενδιαφέρον των εφοπλιστών, αφού ο μεγάλος όγκος των νέων παραγγελιών περιλαμβάνει σκάφη με σύστημα πρόωσης ME-GI. Το 2016, ο παγκόσμιος στόλος LNG, περιελάμβανε εννέα δεξαμενόπλοια που χρησιμοποιούσαν το συγκεκριμένο σύστημα πρόωσης, ενώ άλλα είκοσι δεξαμενόπλοια που αναμένεται να παραδοθούν το 2017.

### **3.6.6 Δίχρονη μηχανή χαμηλής πίεσης της Wärtsilä (X-DF)**

Η εταιρεία Wärtsilä, παρουσίασε τη δίχρονη, χαμηλής πίεσης μηχανή της το 2014. Αυτό το εναλλακτικό σύστημα πρόωσης αντί του DFDE υπολογίζεται πως θα προσφέρει μείωση στις κεφαλαιουχικές δαπάνες της τάξης του 15 με 20% μέσω ενός απλούστερου, και χαμηλότερου κόστους, συστήματος διαχείρισης του LNG και του φυσικού αερίου. Σημαντικά οφέλη έχουν επανειλημμένα επιτευχθεί με την εξάλειψη του συστήματος συμπίεσης αερίου υψηλής πίεσης. Επιπλέον, τα συστήματα μείωσης των οξειδίων του αζώτου (NOX), ενδέχεται να μην είναι απαραίτητα.

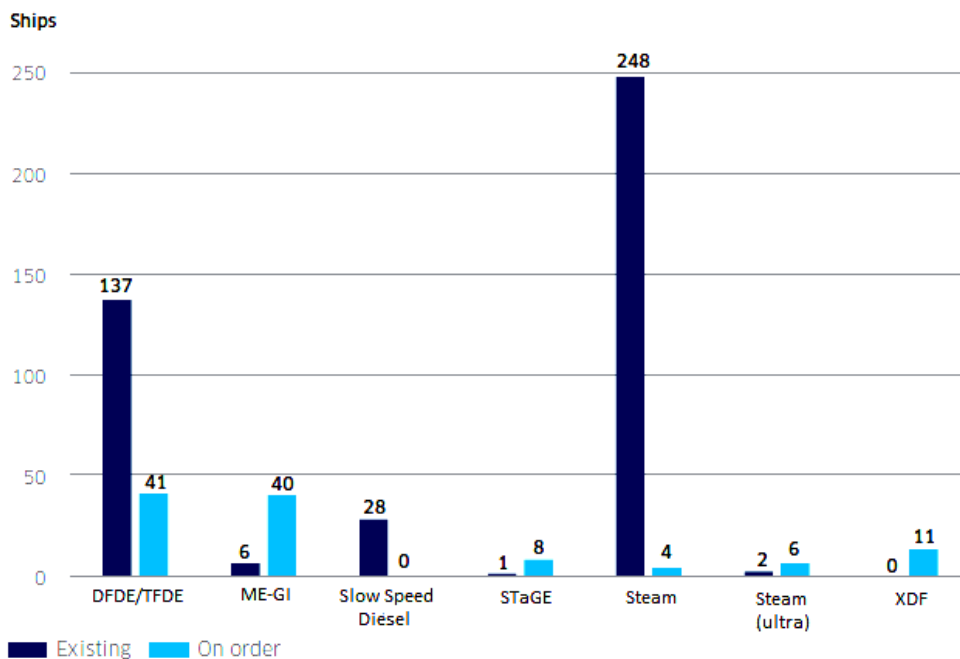


### 3.6.7 Τουρμπίνα ατμού και Μηχανές Αερίου (STaGE)

Το STaGE (Steam Turbine and Gas Engines) είναι ένα υβριδικό σύστημα πρόωσης που συνδυάζει μια τουρμπίνα ατμού και κινητήρες που μπορούν να τροφοδοτηθούν με αέριο και αναπτύχθηκε από την Mitsubishi Heavy Industries(MHI) για το σχέδιο Sayaringo STaGE. Τα συστατικά του συστήματος πρόωσης STaGE είναι μια μονάδα Ultra Steam Turbine (UST), μια πολύ αποδοτική θαλάσσια τουρμπίνα ατμού που αναπτύσσεται ανεξάρτητα από την MHI, ένας πετρελαιοκινητήρας διπλού καυσίμου ικανός να λειτουργεί τόσο με αέριο όσο και με πετρέλαιο, καθώς και ένας ηλεκτρικός κινητήρας πρόωσης. Η αποδοτικότητα της μονάδας έχει βελτιωθεί σημαντικά με την αποτελεσματική χρήση της απορριπτόμενης θερμότητας του κινητήρα από την UST, με αποτέλεσμα ένα σύστημα πρόωσης που επιτρέπει πλοήγηση υψηλής απόδοσης σε όλο το εύρος των ταχυτήτων.

### 3.6.8 Άλλα συστήματα πρόωσης

Προκειμένου να βελτιωθεί η επίδοση του παραδοσιακού συστήματος πρόωσης με τουρμπίνες ατμού, αναπτύχθηκε η μηχανή αναθέρμανσης του ατμού. Ο σχεδιασμός της βασίζεται στον κύκλο αναθέρμανσης, όπου ο ατμός που χρησιμοποιείται στην τουρμπίνα, αναθερμαίνεται έτσι ώστε να βελτιώσει την αποδοτικότητα της μηχανής. Αυτή η βελτίωση στην προσαρμογή ατμού διατήρησε τα πλεονεκτήματα της απλής τουρμπίνας ατμού ενώ την ίδια ώρα βελτίωσε συνολικά την απόδοση της μηχανής.



Source: BRS Annual Review 2017

**Γράφημα 3.1 Κατανομή συστημάτων πρόωσης του υπάρχοντος στόλου (2016) και των νέων παραγγελιών**

### **3.7 Στόλος (Fleet)**

Όπως συμβαίνει σε όλους του κλάδους της ναυτιλίας, η ανάπτυξη του στόλου των δεξαμενόπλοιων LNG αντικατοπτρίζει τις καμπύλες της παγκόσμιας πολιτικής και οικονομίας και περιστασιακά, φυσικά φαινόμενα, παρά τις προσπάθειες ταύτισης και ευθυγράμμισης με την ανάθεση νέων εξαγωγικών έργων.

Η ανάπτυξη του στόλου επηρεάστηκε από απρογραμμάτιστα γεγονότα όπως η παγκόσμια οικονομική κρίση του 2008, το τσουνάμι το 2011 στην Ιαπωνία και η κατάρρευση των τιμών της ενέργειας το 2014.

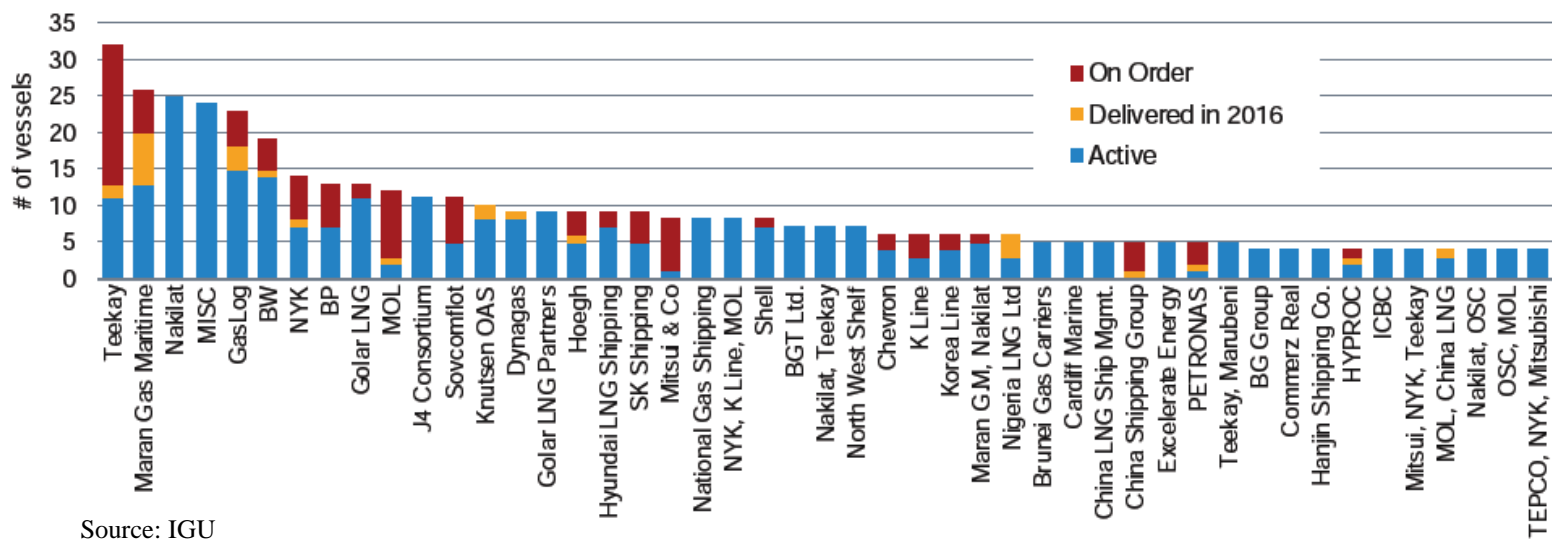
Τέτοιες αποκλίσεις έχουν προκαλέσει περιόδους υπό-προσφοράς της χωρητικότητας του στόλου, και πολύ συχνότερα υπέρ-προσφοράς της. Ωστόσο, οι ιδιοκτήτες δεξαμενόπλοιων LNG που εκτέθηκαν στην αγορά spot συνήθως δεν χρειάστηκε να υπομείνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα μειωμένους ναύλους λόγω υπερπροσφοράς της χωρητικότητας, καθώς είτε η ζήτηση για φυσικό αέριο ανέκαμπτε είτε παραδίδονταν έστω και με καθυστέρηση νέες μονάδες υγροποίησης.

Στα τέλη του 2016, υπήρχαν συνολικά 439 LNG δεξαμενόπλοια, χωρητικότητας μεγαλύτερης των 60.000cm, στον παγκόσμιο στόλο LNG, τα οποία είτε ήταν ναυλωμένα, είτε βρίσκονταν σε ετοιμότητα να ναυλωθούν. Από αυτά, τα 23 ήταν ναυλωμένα ως πλωτές μονάδες επαναεριοποίησης (FSRUs) και τρία ήταν ναυλωμένα ως πλωτές μονάδες αποθήκευσης (FSU). Το 49% του στόλου έχει χωρητικότητες από 125.000 έως και 150.000cm (Conventional Size) με το ποσοστό αυτό να μειώνεται αφού η χωρητικότητα αποθήκευσης των δεξαμενόπλοιων συνεχίζει να αυξάνεται όσο οι ναυλωτές δείχνουν προτίμηση σε μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια, τα οποία μειώνουν την τιμή μονάδας του μεταφερόμενου LNG. Αυτή η τάση προς μεγαλύτερες χωρητικότητες έχει αυξήσει το ποσοστό των πλοίων με χωρητικότητες από 150.000 έως και 180.000cm (New Conventional Size) στο 36% του στόλου, ενώ τα Q-Class (Q-flex και Q-Max) με 45 πλοία και χωρίς μεταβολή του αριθμού τους από το 2010 αποτελούν περίπου το 11% του στόλου και το 18% της συνολικής του χωρητικότητας.

Το 73% του στόλου στο τέλος του 2016 είχε σύστημα δεξαμενών μεμβράνης ενώ το υπόλοιπο 27% είχε σύστημα δεξαμενών Moss. Τα 2 πλοία με το σύστημα SPB αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό (<1%) και έτσι δεν συμπεριλαμβάνονται στη μέτρηση.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

Στο Γράφημα 3.2 παρουσιάζονται οι μεγαλύτερες εταιρίες σε κατοχή και παραγγελίες πλοίων μεταφοράς LNG. Η Ελλάδα είναι η χώρα με την μεγαλύτερη σε χωρητικότητα ναυτιλία στο κόσμο. Παρά την παραδοσιακή ενασχόληση των Ελλήνων εφοπλιστών με όλα τα είδη πλοίων, μόλις στις αρχές του 21<sup>ου</sup> αιώνα έδειξαν ενδιαφέρον για τα δεξαμενόπλοια LNG. Σε λιγότερο από δεκαπέντε χρόνια ο Ελληνόκτητος στόλος LNG δεξαμενόπλοιων είναι ο δεύτερος στο κόσμο μετά τον Ιαπωνικό. Οι μεγαλύτερες ελληνικές εταιρίες είναι: Η MARAN GAS του Ιωάννη Αγγελικούση, Η GASLOG του Πήτερ Λιβανού και η Η DYNAGAS του Γιώργου Προκοπίου.



Source: IGU

Γράφημα 3.2 Οι μεγαλύτερες εταιρίες σε κατοχή και παραγγελίες δεξαμενόπλοιων LNG

### 3.7.1 Διαμόρφωση στόλου

Ο συνολικός στόλος των πλοίων που μπορούν να μεταφέρουν LNG, μαζί με τα μικρής κλίμακας LNG δεξαμενόπλοια (Small-scale LNG Carriers) και πλοία που μπορούν να μεταφέρουν και άλλα είδη αερίων (multigas ships), στο τέλος του 2016 αριθμούσε περίπου 480 πλοία. Οι κατηγορίες αυτές αποτελούν ποσοστό μικρότερο του 9% του συνολικού στόλου και δεν θα απασχολήσουν την παρούσα εργασία, παρά μόνο στην παρακάτω ανάλυση.

Σύμφωνα με το άρθρο του "Mike Corkhill" στις 9/6/2017 στον ιστότοπο <http://www.lngworldshipping.com>, στις 2 Ιουνίου 2017 παραδόθηκε το χωρητικότητας 174.000cm LNG δεξαμενόπλοιο Cesi Beihai που αποτελεί πλοίο ορόσημο αφού είναι το πλοίο νούμερο "500" του συνολικού στόλου των πλοίων

μεταφοράς LNG. Σύμφωνα με το άρθρο χρειάστηκαν 34 χρόνια από την έναρξη εμπορικών αποστολών LNG για το στόλο των δεξαμενόπλοιων LNG να φτάσει τα εκατό πλοία το 1998. Μέσα σε λιγότερο από οκτώ χρόνια, ο στόλος έσπασε το φράγμα των 200 πλοίων και χρειάστηκε μόλις λίγο πάνω από 30 μήνες για να φτάσει τα 300 πλοία, τον Ιανουάριο του 2009. Το πλοίο που ανέβασε το στόλο στα 400 του εν υπηρεσία στόλου, ήταν η πλωτή μονάδα αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (FSRU) της Høegh LNG, χωρητικότητας 170.000cm PGN FSRU, που παραδόθηκε τον Απρίλιο του 2014. Το φράγμα των 600 αναμένεται να σπάσει το 2019.

Κατά τη διάρκεια του 2016 συνολικά 31 νέα LNG δεξαμενόπλοια (συμπεριλαμβανομένων δύο FSRUs) παραδόθηκαν από τα ναυπηγεία, σημειώνοντας μια αύξηση της τάξεως του 7% σε σύγκριση με τα αντίστοιχα πλοία που παραδόθηκαν το 2015. Τα νεοναυπηγημένα πλοία που μπήκαν στην αγορά το 2016, ήταν περισσότερο σύμφωνα με την αύξηση της χωρητικότητας υγροποίησης από ότι τα αντίστοιχα του 2015, όπου 29 νεοναυπηγημένα είχαν παραδοθεί, ενώ η νέα χωρητικότητα υγροποίησης είχε αυξηθεί μόνο κατά 4,7 εκατομμύρια τόνους ετησίως (MTPA). Κατά τη διάρκεια του 2016 συνολικά 26,5 MTPA νέας χωρητικότητας υγροποίησης μπήκε στην αγορά, ωστόσο, η συσσώρευση της χωρητικότητας μεταφοράς των προηγούμενων χρόνων, συνέχισε να κατακλύζει την αγορά, διατηρώντας τα ναύλα σε ιστορικά χαμηλά.

### **3.7.2 Ηλικία του στόλου**

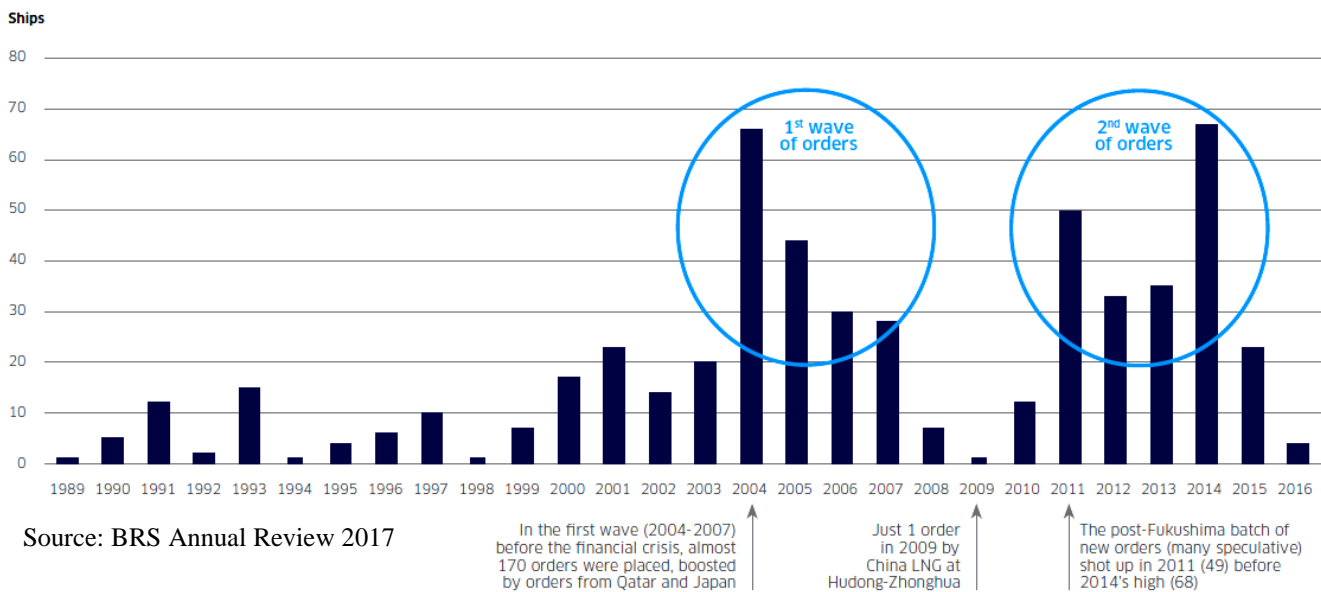
Στο τέλος του 2016, το 56% του στόλου είχε ηλικία μικρότερη των δέκα ετών, γεγονός ενδεικτικό της έκρηξης των νέων παραγγελιών που συνόδευσε την αύξηση στη χωρητικότητα υγροποίησης στα μέσα του 2000 και ξανά στις αρχές του 2010. Γενικά, οι εφοπλιστές, σκέφτονται πρωτίστως την ασφάλεια και το κόστος διαχείρισης, όταν εξετάζουν την απόσυρση ενός σκάφους, όταν αυτό φθάσει την ηλικία των 40 ετών περίπου. Περίπου το 6% των ενεργών LNG δεξαμενόπλοιων είχαν ηλικία μεγαλύτερη των 30 χρόνων το 2016, τα σκάφη αυτά θα συνεχίσουν να σπρώχνονται εκτός αγοράς όσο τα νεότερα, μεγαλύτερα και αποδοτικότερα σκάφη συνεχίσουν να προστίθενται στον υπάρχων στόλο.

Τυπικά, όταν ένας εφοπλιστής εξετάζει τις επιλογές που έχει για ένα παλαιότερο σκάφος, δηλαδή να το μετατρέψει ή να το αποσύρει για παλιοσίδερα, το πλοίο είναι "παγιδευμένο". Ωστόσο, το σκάφος ενδέχεται να ξαναμπεί στην αγορά. Στα τέλη του

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

2016, 18 σκάφη (κυρίως δεξαμενόπλοια τύπου Moss με σύστημα πρόωσης τουρμπίνων ατμού και χωρητικότητα μικρότερη των 150.000cm) ήταν παγιδευμένα. Από αυτά, ποσοστό μεγαλύτερο του 77% ήταν ηλικίας μεγαλύτερης των 30 χρόνων, ενώ όλα ήταν ηλικίας μεγαλύτερης των δέκα χρόνων.

Όσο τα νεοαυπηγημένα δεξαμενόπλοια παραδίδονται από τα ναυπηγεία, οι εφοπλιστές εξετάζουν τις ευκαιρίες μετατροπής παλαιότερων σκαφών τα οποία δεν είναι πλέον ανταγωνιστικά στην αγορά ναύλωσης, με σκοπό να επεκτείνουν την περίοδο χρήσης τους. Το 2016, δύο σκάφη αποσύρθηκαν από την αγορά, πουλώντας τις δεξαμενές τους για παλιοσίδερα. Σε αντίθεση με το 2015, που τέσσερα σκάφη είχαν προγραμματιστεί για μετατροπή, ώστε να γίνουν είτε FLNG, είτε πλωτές μονάδες αποθήκευσης(FSU), το 2016 δεν παρατηρήθηκε κανένα δεξαμενόπλοιο να προορίζεται για κάποια μετατροπή.



### Γράφημα 3.3 Ετήσιες παραγγελίες δεξαμενόπλοιων LNG και γεγονότα που τις διαμόρφωσαν

#### 3.7.3 Νέες Παραγγελίες (Orderbook)

Όσον αφορά τις νέες παραγγελίες, είναι σημαντικό να σημειωθεί ο κυκλικός χαρακτήρας αυτής της αγοράς, αφού για παράδειγμα, 67 παραγγελίες πραγματοποιήθηκαν το 2014, αλλά μόνο 6 το 2016 (Γράφημα 3.3). Ένα παρόμοιο φαινόμενο παρατηρήθηκε το 2009 όπου πραγματοποιήθηκε μόνο μια παραγγελία, σαν συνέπεια της οικονομικής κρίσης του 2008, ενώ το 2011 μετά το τσουνάμι στην

Φουκουσίμα πραγματοποιήθηκαν 50 παραγγελίες (Γράφημα 3.3). Για το λόγο αυτό, είναι δύσκολο να προβλεφθεί η δραστηριότητα των παραγγελιών για το 2017.

Το 2016, τα τρία μεγάλα κορεατικά ναυπηγεία (Samsung Heavy Industries, Hyundai Heavy Industries, DSME) κατέγραψαν μόνο 2 παραγγελίες το καθένα, ενώ δεν υπήρξαν παραγγελίες ούτε στην Κίνα ούτε στην Ιαπωνία.

Στα τέλη του 2016, το βιβλίο παραγγελιών περιείχε 121 δεξαμενόπλοια, που αναμένονται να παραδοθούν μέχρι το 2022, από τα οποία, μόνο 6 παραγγέλθηκαν κατά τη διάρκεια του 2016, αυτό σηματοδοτεί μια σημαντική μείωση της τάξης του 77% από έτος σε έτος (YOY) σε σχέση με την αντίστοιχη παραγγελία για το 2015, που συμπεριλάμβανε 28 δεξαμενόπλοια, εκ των οποίων ένα ήταν FSRU. Αυτή η μείωση στις παραγγελίες ναυπήγησης νέων σκαφών συμπίπτει με την επιβράδυνση των επενδυτικών σχεδίων υγροποίησης αφού με τη διαφαινόμενη υπερπροσφορά, πολλά σχέδια υγροποίησης ανέβαλαν την τελική επενδυτική απόφαση (FID-Final Investment Decision), βάζοντας σε αναμονή οποιαδήποτε παραγγελία για νέο σκάφος. Με το βιβλίο παραγγελιών επιβαρυνόμενο με παραγγελίες που έγιναν καθαρά σε κερδοσκοπική βάση, μόνο το 66% των δεξαμενόπλοιων αυτή τη στιγμή είναι προ-ναυλωμένα, κάτι που δημιουργεί πολλές ευκαιρίες συνεργασίας με πιθανούς ναυλωτές, αφού το υπόλοιπο 44% των δεξαμενόπλοιων, είναι ουσιαστικά διαθέσιμο, Σαν συνέπεια, πολλοί από τους πιθανούς επενδυτές που θα μπορούσαν να απορροφήσουν τα επενδυτικά σχέδια, κάλυπταν τις ανάγκες τους για πλοία από αυτές τις παραγγελίες. Οι παραγγελίες του 2015, ήταν επίσης συνδεδεμένες με την υπερπροσφορά των Ηνωμένων Πολιτειών σε LNG, συγκεκριμένα με αγοραστές από την Ασία. Η πλειοψηφία των παραγγελιών το 2016, είναι προγραμματισμένες να παραδοθούν στα τέλη του 2019. Όλα τα σκάφη που παραγγέλθηκαν το 2016 θα έχουν χωρητικότητα μεγαλύτερη ή ίση με 170.000cm.

Πολλές ανεξάρτητες ναυτιλιακές εταιρείες βρίσκονται ήδη στη διαδικασία να αυξήσουν δραματικά τη χωρητικότητα του στόλου τους, στον απόηχο της πυρηνικής καταστροφής στη Φουκουσίμα. Ενώ η εταιρεία Golar παρήγγειλε κερδοσκοπικά νέα σκάφη, οι ανταγωνιστές της, όπως η Maran Gas Maritime και η GasLog LNG έδωσαν παραγγελίες κυρίως βάσει των μακροπρόθεσμων συμφωνιών ναύλωσης με τις πετρελαϊκές εταιρείες.

Από τα 77 ναυλωμένα σκάφη στο βιβλίο παραγγελιών, το 20% είναι συνδεδεμένο με εταιρείες που θεωρούνται παραγωγοί LNG (όπως για παράδειγμα η Sonatrach, η Yamal LNG, κλπ.). Οι αγοραστές LNG αποτελούν το 38% των νέων παραγγελιών σε σκάφη, αφού οι εταιρείες αυτές προετοιμάζονται για την απορρόφηση του LNG της Αυστραλίας και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής. Στους υπόλοιπους ναυλωτές περιλαμβάνονται εταιρείες με διάφορες στρατηγικές για την προσέγγιση της αγοράς.

### **3.7.4 Το κόστος των σκαφών και το πλάνο παράδοσης**

Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 2000, το μέσο κόστος ανά κυβικό μέτρο δεξαμενόπλοιου LNG παρέμεινε σε στενό εύρος. Όμως, η ραγδαία ανάπτυξη της ζήτησης για καινοτόμα σκάφη, που ξεκίνησε το 2014, ειδικά για σκάφη με σύστημα πρόωσης TFDE, οδήγησε στην αύξηση του μέσου κόστους ανά σκάφος από τα 1.300\$/cm το 2005, στα 1.700\$/cm το 2014. Αυτό προκλήθηκε κυρίως από τα παγοθραυστικά σκάφη της Yamal LNG, τα οποία έχουν μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας από τα συνηθισμένα δεξαμενόπλοια. Ωστόσο, το 2016, το κόστος για τα σκάφη με σύστημα πρόωσης TFDE, έπεσε στα 1092\$/cm. Τα ναυπηγεία της Κορέας, που υπέφεραν από τη γενική πτώση της ναυτιλίας, ήταν αρκετά επιθετικά με τις τιμές τους, με αποτέλεσμα να αναγκάσουν τα ναυπηγεία της Ιαπωνίας και της Κίνας να προσφέρουν και αυτά ανταγωνιστικές τιμές για τη ναυπήγηση νέων πλοίων.

Πέρα από ελάχιστες εξαιρέσεις, τα σκάφη παραδίδονται από τα ναυπηγεία μέσα σε 30 με 50 μήνες μετά την παραγγελία του πλοιοκτήτη. Παρόλα αυτά, το χρονοδιάγραμμα παράδοσης ποικίλει ανάλογα με το σύστημα πρόωσης του πλοίου. Για παράδειγμα, όταν τα πρώτα σκάφη με το σύστημα πρόωσης DFDE είχαν παραγγελθεί στις αρχές του 2000, ο χρόνος παράδοσης είχε επεκταθεί, αφού τα ναυπηγεία έπρεπε να υιοθετήσουν τις νέες προδιαγραφές των πλοίων. Τα σκάφη με στο σύστημα πρόωσης DFDE που παραδόθηκαν το 2006, είχαν μέσο χρόνο παράδοσης 60 μήνες, από την ημερομηνία της παραγγελίας έως την ημερομηνία παράδοσης.

### **3.7.5 Τα ταξίδια του στόλου και η αξιοποίηση των σκαφών**

Ο συνολικός αριθμός ταξιδιών που ολοκληρώθηκε το 2016 αυξήθηκε, μιας και νέα χωρητικότητα προστέθηκε στην αγορά, και οι περιοχές της Αφρικής και της Μέσης Ανατολής αναδείχθηκαν ως σημαντικοί εισαγωγείς LNG. Συνολικά 4.246 ταξίδια πραγματοποιήθηκαν το 2016, σηματοδοτώντας μία αύξηση 5% σε σχέση με

τα αντίστοιχα ταξίδια που πραγματοποιήθηκαν το 2015. Οι εμπορικές συναλλαγές παραδοσιακά πραγματοποιήθηκαν με τοπικό χαρακτήρα και σταθερές διαδρομές, εξυπηρετώντας μακροπρόθεσμα point to point συμβόλαια, όμως, η ραγδαία επέκταση του εμπορίου LNG την τελευταία δεκαετία συνοδεύτηκε από αύξηση των εμπορικών διαδρομών. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του 2016 η εισαγωγή της νέας χωρητικότητας στις αγορές του Ατλαντικού και του Ειρηνικού έβαλε φρένο στην αναπτυσσόμενη τάση του διατλαντικού εμπορίου.

Με δεδομένη την περιφερειοποίηση του εμπορίου το 2016, ο μέσος όρος ναυτικών μιλίων που αναλογούν σε κάθε ταξίδι μειώθηκε. Επίσης, με την πολυαναμενόμενη ολοκλήρωση της διαπλάτυνσης της Διώρυγας του Παναμά, η απόσταση ταξιδιού από την ακτή του κόλπου των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής ως την Ιαπωνία έχει πλέον μειωθεί στα 9.500 ναυτικά μίλια, εν συγκρίσει με τα 14.400 ναυτικά μίλια που είναι μέσω της Διώρυγας του Σουέζ. Ωστόσο, η διαπλάτυνση της Διώρυγας του Παναμά, δεν έχει αξιοποιηθεί στο βαθμό που είχε καλλιεργηθεί. Η ισοτιμία των τιμών μεταξύ του Ατλαντικού και του Ειρηνικού έχει περιορίσει τις χωρητικότητες από την αγορά του Ατλαντικού από το να φθάσουν στην Ασιατική αγορά, μέσω της Διώρυγας του Παναμά, με εξαίρεση την τελευταία περίοδο του κρύου Ασιατικού χειμώνα, η οποία συνέπεσε με την απρόσμενη διακοπή στην παραγωγή.

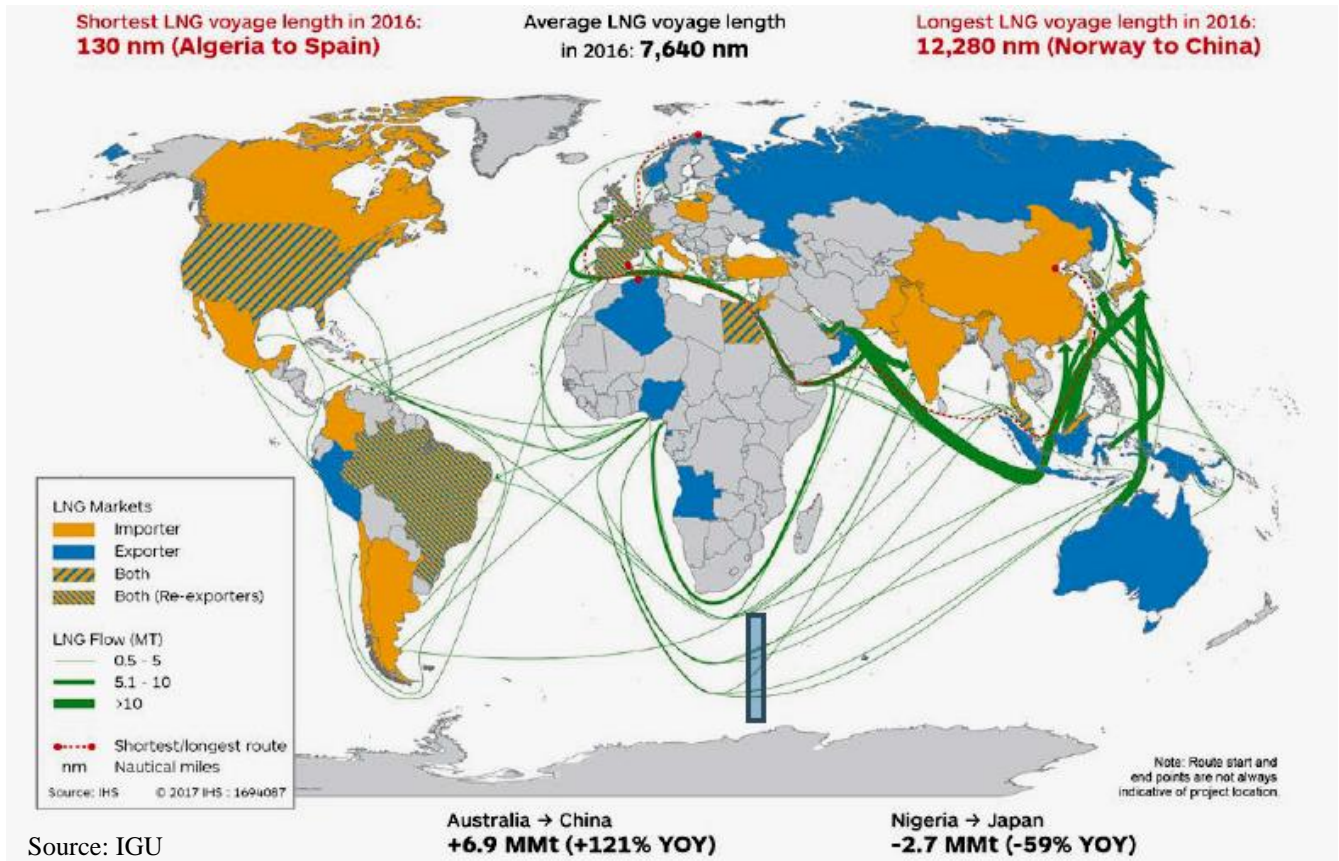
Το 2016, το μακρύτερο ταξίδι, από το Τρινιντάντ στην Κίνα γύρω από το ακρωτήριο της καλής ελπίδας, πραγματοποιήθηκε μόνο από ένα σκάφος. Ωστόσο, δύο άλλα φορτία LNG από τον Ατλαντικό εστάλησαν στην Άπω Ανατολή, μέσω παρόμοιας διαδρομής μέσω του ακρωτηρίου της καλής ελπίδας. Αντιστρόφως, το κοντύτερο ταξίδι, μια πιο παραδοσιακή διαδρομή μέσω Αλγερίας στο τερματικό Cartagena της Ισπανίας, πραγματοποιήθηκε μόνο μία φορά. Τα ταξίδια μέσω της Αλγερίας προς τα τέσσερα νότια τερματικά της Ισπανίας, πραγματοποιήθηκαν 59 φορές το 2016. Το πιο κοινό ταξίδι το 2016, ήταν από την Αυστραλία στην Ιαπωνία, αφού 386 τέτοια ταξίδια ολοκληρώθηκαν κατά τη διάρκεια του χρόνου, σηματοδοτώντας 29% αύξηση από χρόνο σε χρόνο (YOY).

Η διαθεσιμότητα σε δεξαμενόπλοια παρέμεινε υψηλή από το 2014 και έπειτα, αφού η αύξηση της χωρητικότητας υγροποίησης κωλυσιεργεί λόγω τη εισροής των νεοαναπηγημένων δεξαμενόπλοιων στην αγορά. Ωστόσο, ένα ποσοστό των διαθέσιμων δεξαμενόπλοιων είχε μεγαλύτερο ποσοστό αξιοποίησης από τα υπόλοιπα,



## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

αφού οι ιδιοκτήτες τους προσέφεραν από νωρίς ναύλα χαμηλότερα της τιμής της αγοράς ώστε να διατηρήσουν ψυχρές τις δεξαμενές τους και να δημιουργήσουν ένα ιστορικό για το δεξαμενόπλοιο σε πολλαπλά λιμάνια.



**Εικόνα 3.9 Οι βασικότερες διαδρομές του στόλου LNG**

Ως αποτέλεσμα αυτής της κίνησης, πολλά δεξαμενόπλοια πραγματοποίησαν απλά (one way) ταξίδια ή ταξίδεψαν με ζημιογόνα ναύλα, ώστε να βρεθούν σε λιμάνια που έχουν πιθανότητα να βρουν καλύτερα ναύλα, ενώ τα υπόλοιπα δεξαμενόπλοια έμειναν αδρανή. Η ανάδυση των εμπόρων, όπως Trafigura και Vitol, βοήθησε επιπλέον στην αξιοποίηση των δεξαμενόπλοιων. Αυτοί οι έμποροι, δεν έχουν καμία μακροπρόθεσμη δέσμευση με κάποιο δεξαμενόπλοιο· αντιθέτως, χρησιμοποιούν την αγορά στιγμιαίων ναύλων (spot) για να καλύψουν τις ανάγκες τους σε σκάφη.

Ενθαρρυντικό σημείο είναι τα FSRUs, για τα οποία η τρέχουσα ζήτηση είναι υψηλή. Οι επενδυτές (project developers) έχουν αρχίσει να εξετάζουν την συγχώνευση των αγορών, σαν λύση για την υπερπροσφορά που εμφανίζεται στο

LNG. Τα FSRUs είναι ιδανικά για τις αγορές που έχουν στάσιμη ή φθίνουσα εγχώρια παραγωγή αερίου, ή ενδιαφέρονται να αλλάξουν τα ακριβά υγρά καύσιμα με το φυσικό αέριο σε σύντομο χρονικό διάστημα, διαθέτοντας περιορισμένα κεφάλαια για την αλλαγή αυτή. Ορισμένοι πλοιοκτήτες έχουν ήδη ξεκινήσει να παραγγέλνουν τα απαραίτητα εξαρτήματα ώστε να είναι έτοιμοι για την πιθανή μετατροπή των δεξαμενόπλοιων που διαθέτουν στο μέλλον. Μόλις αυτά τα εξαρτήματα τους παραδοθούν, τα ναυπηγεία έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιήσουν την μετατροπή κάθε δεξαμενόπλοιου σε 6 με 8 μήνες. Το πρώτο δίμηνο του 2017, έχουν επιβεβαιωθεί τρεις παραγγελίες για FSRUs.

### **3.8 Αγορά ναύλωσης**

Οι τιμές ναύλωσης κατά το 2016 παρέμειναν αρκετά χαμηλά, όσο νέα χωρητικότητα συνέχισε να μπαίνει στην αγορά και το μοτίβο εμπορίου έγινε πιο περιφερειοποιημένο. Ακόμα και στην περίοδο που οι συμφωνίες ναύλωσης έπιασαν ιστορικό υψηλό, η κορεσμένη αγορά περιόρισε τις σημαντικές αυξήσεις στα ναύλα. Η ψαλίδα μεταξύ των τιμών ναύλωσης των παλαιότερων δεξαμενόπλοιων με τουρμπίνες ατμού και των τιμών ναύλωσης των νεότερων δεξαμενόπλοιων τύπου DFDE/TFDE, έχει ανοίξει, αφού οι ναυλωτές προτιμούν σε υπερβολικό βαθμό τα μεγαλύτερα και αποδοτικότερα από πλευράς κατανάλωσης καυσίμου δεξαμενόπλοια.

Συνολικά, 31 δεξαμενόπλοια παραδόθηκαν από τα ναυπηγεία μέσα στο 2016, εκ των οποίων τα δύο ήταν FSRU και το ένα είχε μετατραπεί σε πλωτή μονάδα αποθήκευσης. Από τα 31 δεξαμενόπλοια που παραδόθηκαν, τα 28 είτε είχαν προναυλωθεί για κάποιο από τα πολλά νεοσύστατα επενδυτικά πλάνα υδροποίησης παγκοσμίως, είτε θα αντικαταστήσουν πλοία που είναι ήδη ναυλωμένα. Έξι νέα τρένα υδροποίησης ξεκίνησαν να λειτουργούν το 2016 με συνολική χωρητικότητα υδροποίησης 26,5 MTPA. Αυτό συμπίπτει με το γενικό κανόνα της βιομηχανίας που λέει πως για κάθε MTPA χωρητικότητας υδροποίησης, απαιτείται ένα δεξαμενόπλοιο. Παρόλα αυτά, πολλά από αυτά τα δεξαμενόπλοια παραδόθηκαν πρόωρα, κατά τη διάρκεια του 2015, μαζί με άλλα δεξαμενόπλοια τα οποία είχαν παραγγελθεί χωρίς να έχουν συνδεθεί με κάποιο επενδυτικό σχέδιο, αυξάνοντας την προσφορά στην αγορά. Η εισαγωγή των 29 νεοναυπηγημένων δεξαμενόπλοιων στον παγκόσμιο στόλο το 2015, συν 31 επιπλέον το 2016 ήταν πολύ περισσότερα απ' ό

απαιτούνταν για τη διαχείριση της αύξησης κατά 24,4 ΜΤΡΑ της αγοράς, την ίδια χρονική περίοδο.

Το κλείσιμο της παραγωγής και οι διακοπές στην Υεμένη, την Αγκόλα και την Αίγυπτο, μαζί με τη μείωση των εξαγωγών του Τρινιντάντ αύξησαν ακόμα περισσότερο την προσφορά στην αγορά. Με τις στιγμιαίες τιμές ναύλωσης στις αγορές του Ατλαντικού και του Ειρηνικού να βρίσκονται σχεδόν σε ισοτιμία καθ'όλη τη διάρκεια του 2016, οι ευκαιρίες για εξισορροπητική κερδοσκοπία (arbitrage) περιορίστηκαν, με αποτέλεσμα την περιφερειοποίηση της αγοράς και την ελάττωση των ναυτικών μιλίων ανά ταξίδι. Ο όγκος των εμπορευμάτων με προέλευση την αγορά του Ατλαντικού και προορισμό την Άπω Ανατολή ελαττώθηκε κατά 50% από χρόνο σε χρόνο (YOY basis).

Οι τιμές στιγμιαίας ναύλωσης για το μεγαλύτερο κομμάτι του 2016 παρέμειναν χαμηλές και σταθερές κατά τη διάρκεια του χρόνου (Γράφημα 3.4). Τα ναύλα για τα δεξαμενόπλοια με TFDE/DFDE κινήθηκαν κατά μέσο όρο στα 34.000\$ ανά ημέρα εν συγκρίσει με τα 36.000\$ ανά ημέρα το 2015 σηματοδοτώντας μια ετήσια μείωση της τάξης του 6%. Σε ό,τι αφορά τα συμβατικά δεξαμενόπλοια τουρμπινών ατμού, εμφανίστηκε μια πιο δραματική ετήσια πτώση στα ναύλα της τάξης του 25%, με τη μέση τιμή ναύλωσης να βρίσκεται στα 20.000\$/d ανά ημέρα το 2016, σε σύγκριση με τα 27.000\$/d το 2015. Αυτές οι μειώσεις αποτελούν μια ακόμα απόδειξη της προτίμησης που έδειξε η αγορά στα νεότερα, μεγαλύτερα και πιο αποδοτικά στην κατανάλωση καυσίμου δεξαμενόπλοια των τύπων TFDE/DFDE. Τα δεξαμενόπλοια των τύπων TFDE/DFDE προτιμήθηκαν στις επί τόπου συμφωνίες ναύλωσης, αφήνοντας τα παλαιότερα δεξαμενόπλοια με τουρμπίνες ατμού στην αδράνεια για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καταλήγοντας να λειτουργούν ως δεξαμενές αποθήκευσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο κρυογενικός εξοπλισμός να θερμαίνεται και με τη σειρά του να απαιτεί την ψύξη του σκάφους προτού επιστρέψει στην ενεργό δράση, έχοντας σαν συνέπεια παραπάνω χρόνο και έξοδα.

Οι "traders" που ασχολούνται αποκλειστικά με το LNG έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην απορρόφηση της παραπάνω χωρητικότητας. Στη σχετικά νέα τάση της διασφάλισης χωρητικότητας μέσω βραχυπρόθεσμων προσφορών, όπως εμφανίστηκε σε αγορές όπως αυτή της Αργεντινής, της Αιγύπτου και του Πακιστάν, οι ναυλωτές συμμετέχουν στο παγκόσμιο εμπόριο του LNG χωρίς να χρειάζεται να δεσμευτούν με μακροπρόθεσμα συμβόλαια ναύλωσης. Με τη ναυτιλιακή αγορά να βρίσκεται σε

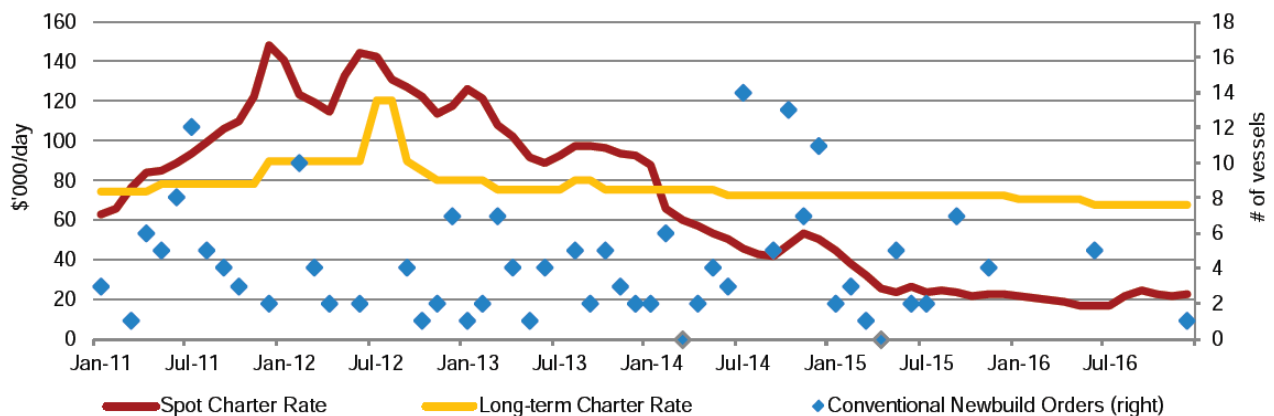
υπερπροσφορά, οι ναυλωτές παίρνουν σύντομες θέσεις στην αγορά και τις καλύπτουν με χωρητικότητες από την spot LNG αγορά με βραχυπρόθεσμες συμφωνίες ναύλωσης. Όσο οι συνθήκες στην αγορά του LNG γίνονται πιο ρευστές, οι βραχυπρόθεσμες συμφωνίες θα αρχίσουν να επικρατούν. Συνολικά, οι βραχυπρόθεσμες συμφωνίες ναύλωσης (δηλαδή συμφωνίες ναύλωσης έως έξι μήνες) κατά τη διάρκεια του 2016, εκτιμάται ότι έφτασαν τις 280, σε σύγκριση με τις 175 του 2015, με τους ναυλωτές να απαρτίζουν το ένα τρίτο του συνολικού αριθμού συμφωνιών ναύλωσης. Στο μεγαλύτερο μέρος τους, οι τιμές στιγμιαίας ναύλωσης παρέμειναν σταθερές για το 2016, ωστόσο, παρατηρήθηκε αύξηση τους για την αγορά του Ατλαντικού, το τελευταίο τρίμηνο του 2016. Ένα άλμα στις τιμές στιγμιαία; ναύλωσης στην αγορά της Βορειοανατολικής Ασίας το Δεκέμβρη, είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του εμπορίου στη λεκάνη του Ειρηνικού. Η αύξηση στη διάρκεια των ταξιδιών που σχετίζεται με το διατλαντικό εμπόριο, δημιούργησε έλλειμμα χωρητικότητας την αγορά του Ατλαντικού. Δυσανάλογα μεγάλος αριθμός δεξαμενόπλοιων LNG παρατηρήθηκε στην περιοχή του Ειρηνικού. Στον ήδη υπάρχον μεγάλο αριθμό πλοίων στην αγορά της περιοχής, προστίθενται και τα νέα πλοία που παραδίδονται από τα ναυπηγεία της Κορέας, της Ιαπωνίας και της Κίνας. Οι εφοπλιστές διστάζουν να επανατοποθετήσουν τα δεξαμενόπλοιά τους από την αγορά του Ειρηνικού στην αγορά του Ατλαντικού και να επωμιστούν το κόστος των καυσίμων που θα προκύψει.

Η ποσότητα του LNG ανά δεξαμενόπλοιο που παραδόθηκε συμπεριλαμβάνοντας και τα αδρανή δεξαμενόπλοια, έφτασε τους 0,62 MT για το 2016, εν συγκρίσει με τους 0,73 MT το 2011, πριν ξεκινήσει ο κύκλος ανάπτυξης δεξαμενόπλοιων. Η ανάπτυξη της χωρητικότητας συνεχίζει να ξεπερνά τη νέα ικανότητα υγροποίησης, που έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της προσφοράς. Αντίθετα, η αξιοποίηση των σκαφών βρισκόταν στο υψηλότερο επίπεδο της το 2011, μετά την καταστροφή στη Φουκοσίμα, η οποία απαιτούσε σημαντική αύξηση στην ποσότητα LNG που προερχόταν από την αγορά του Ατλαντικού. Την περίοδο εκείνη όσοι ενδιαφέρονταν για τη ναύλωση ενός σκάφους ήταν γενικά απρόθυμοι να υπογράψουν μακροχρόνια συμβόλαια σε μια τέτοια ισχυρή αγορά ναύλων, καθώς τα μακροπρόθεσμα επιτόκια είχαν φτάσει κοντά στο "νεκρό" σημείο όπου η μακροχρόνια ναύλωση κόστιζε το ίδιο με την αγορά ενός καινούργιου πλοίου. Οι διατλαντικές συναλλαγές μεταξύ των αγορών του Ατλαντικού και του Ειρηνικού συνεχίστηκαν έντονα τα επόμενα τρία χρόνια, αφού οι επενδυτές εκμεταλλεύτηκαν τη δυνατότητα arbitrage που

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

αναπτύχθηκε μεταξύ αυτών των αγορών. Η επεκταμένη απόσταση ταξιδιού μεταξύ των αγορών του Ατλαντικού και του Ειρηνικού επιβάρυνε τον παγκόσμιο στόλο LNG, προκαλώντας την εκτόξευση των ναύλων και οδήγησε τους πλοιοκτήτες να παραγγείλουν νέα δεξαμενόπλοια σε κερδοσκοπική βάση.

Το 2017, συνολικά 55 επιπλέον δεξαμενόπλοια (συμπεριλαμβανομένων 4 FSRUs, μίας μονάδας FLNG και μίας μονάδας FLNG που έχει μετατραπεί) πρόκειται να παραδοθούν από τα ναυπηγεία, ενώ 36,8 επιπλέον MTPA νέας χωρητικότητας υγροποίησης, αναμένεται να μπει στην αγορά. Παρ'όλη την αύξηση στις νεοσύστατες επιχειρήσεις χωρητικότητας υγροποίησης, η ταυτόχρονη αύξηση στην παράδοση νέων σκαφών, θα διατηρήσει την τρέχουσα αναντιστοιχία μεταξύ της διαθέσιμης χωρητικότητας και της χωρητικότητας υγροποίησης, διατηρώντας τα ναύλα σε ιστορικά χαμηλές τιμές.



Source: IGU

**Γράφημα 3.4 Οι τιμές στιγμιαίας και μακροχρόνιας ναυλωσης και οι παραγγελίες δεξαμενόπλοιων LNG (2011-2016)**

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρά τις δυσκολίες των τελευταίων χρόνων, η αγορά ενέργειας, συνεχίζει να αναπτύσσεται, έστω και με χαμηλότερους ρυθμούς. Με την αλλαγή του μείγματος καυσίμων και την στροφή σε καύσιμα με χαμηλότερες εκπομπές ρύπων, ο άνθρακας (κάρβουνο) χάνει σταθερά έδαφος και φαίνεται ότι το φυσικό αέριο σύντομα θα τον ξεπεράσει και θα γίνει το δεύτερο πιο περιζήτητο καύσιμο μετά το πετρέλαιο.

Οι εκπομπές ρύπων από την αγορά της ενέργειας έχουν παραμείνει στα ίδια επίπεδα για τρία συναπτά έτη σε αντίθεση με τα προηγούμενα δέκα χρόνια που αυξάνονταν με ετήσιο ρυθμό 2,5%. Μένει να φανεί αν αυτό αποτελεί σημαντικό βήμα προς τους στόχους της συμφωνίας του Παρισιού ή οφείλετε στην κυκλικότητα της αγοράς.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ενεργειακά φορτία με συνεχώς αυξανόμενες τάσεις. Η μεταφορά του φυσικού αερίου μέσω αγωγών είναι αρκετά συμφέρουσα και απλή, αλλά περιορίζεται από την γραμμική τους φύση, και την δυνατότητα που δίνουν στο προμηθευτή να τους χρησιμοποιήσει για την άσκηση πολιτικής και οικονομικής επιρροής. Η μεταφορά μέσω Αλυσίδας LNG έχει μεγάλο αρχικό κόστος λόγω υγροποίησης και η απόσταση μεταφοράς πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη ώστε να μπορεί να το καλύψει. Για αποστάσεις μεγαλύτερες των 3000 μιλίων, η μεταφορά με αλυσίδα LNG είναι φθηνότερη σε σχέση με τον αγωγό. Επίσης, προσφέρει ευελιξία λόγω λιγότερων περιορισμών προμηθευτή ειδικά με την εμφάνιση των FSRUs

Το εμπόριο LNG σπάει κάθε χρόνο και νέο ρεκόρ, και με την παράδοση των τερματικών υγροποίησης τα τελευταία χρόνια αναμένεται να συνεχίσει και για τα επόμενα χρόνια, ενώ οι χώρες εισαγωγής και εξαγωγής LNG αυξήθηκαν για άλλη μια χρονιά.

Η συνεχώς αναπτυσσόμενη αγορά του LNG έχει οδηγήσει στην παραγγελία ακόμη μεγαλύτερων πλοίων με αποτέλεσμα η μέση χωρητικότητα ανά πλοίο να έχει ανέβει και ως συμβατικού μεγέθους να θεωρούνται πλέον τα πλοία με χωρητικότητες από 150.000cm έως και 180.000cm.

Μεγάλη είναι η τρέχουσα ζήτηση για τα FSRUs τα όποια είναι ιδανικά για τις αγορές που έχουν στάσιμη ή φθίνουσα εγχώρια παραγωγή αερίου, ή ενδιαφέρονται

να αλλάξουν τα ακριβά υγρά καύσιμα με το φυσικό αέριο σε σύντομο χρονικό διάστημα, διαθέτοντας περιορισμένα κεφάλαια για την αλλαγή αυτή.

Το σύστημα δεξαμενών μεμβράνης παραμένει ο απόλυτος κυρίαρχος αυξάνοντας συνεχώς το ποσοστό του στο στόλο. Στο σύστημα δεξαμενών Moss, παρά τις νέες καινοτομίες εξέλιξης του από κάποια Ιαπωνικά ναυπηγεία, δεν έχουν ξεπεραστεί τα μειονεκτήματα, που αναδείχτηκαν με την αύξηση του μεγέθους των πλοίων. Το σύστημα δεξαμενών SPB επιστρέφει, κερδίζοντας μετά από σχεδόν 30 χρόνια νέες παραγγελίες, τις πρώτες για πλοία νέου συμβατικού μεγέθους.

Τα μεγαλύτερα κορεατικά ναυπηγεία, που έχουν την μερίδα του λέοντος στην κατασκευή νέων LNG πλοίων (70%), κάνουν μεγάλη προσπάθεια να προωθήσουν τα δικά τους συστήματα δεξαμενών, και να απαλλαγούν από τα τεράστια έξοδα που πληρώνουν για την τεχνογνωσία (4-5%). Όμως, οι δύσπιστοι εφοπλιστές δύσκολα θα προτιμήσουν να αλλάξουν τα ήδη επιτυχημένα συστήματα για καινούργια

Το αναπόφευκτο και ακριβό BOG σε συνδυασμό με τη σημασία που δίνεται στο κόστος των καυσίμων, οδήγησε στην δημιουργία πολλών νέων συστημάτων πρόωσης. Τα συστήματα αυτά, εκμεταλλεύονται με τον καλύτερο δυνατό τρόπο το BOG και μειώνουν την κατανάλωση πάνω από 30% σε σχέση με το για πολλά χρόνια μοναδικό σύστημα πρόωσης των τουρμπινών ατμού.

Ο στόλος των δεξαμενόπλοιων LNG, παρά το μεγάλο κόστος των πλοίων, αυξάνεται με πολύ γρήγορο ρυθμό. Οι περισσότερες παραγγελίες έγιναν βασιζόμενες σε κάποιο επερχόμενο επενδυτικό σχέδιο υγροποίησης, αλλά ένα μεγάλο ποσοστό τους έγινε καθαρά κερδοσκοπικά. Η αγορά ήδη υποφέρει από την υπερπροσφορά με τις τιμές στιγμιαίας ναύλωσης να βρίσκονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα και παρά τις επερχόμενες ολοκληρώσεις έργων οι τιμές αναμένεται να παραμείνουν χαμηλά και για τα επόμενα χρόνια.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (αλφαβητικά)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
AAMIRA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2010	260,912	SSD	9443401
ABADI	Brunei Gas Carriers	Mitsubishi	Conventional	2002	135,269	Steam	9210828
ADAM LNG	Oman Shipping Co (OSC)	Hyundai	Conventional	2014	162,000	TFDE	9501186
AL AAMRIYA	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Daewoo	Q-Flex	2008	206,958	SSD	9338266
AL AREESH	Nakilat, Teekay	Daewoo	Conventional	2007	148,786	Steam	9325697
AL BAHIYA	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2010	205,981	SSD	9431147
AL BIDDA	J4 Consortium	Kawaski	Conventional	1999	135,466	Steam	9132741
AL DAAYEN	Nakilat, Teekay	Daewoo	Conventional	2007	148,853	Steam	9325702
AL DAFNA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2009	261,988	SSD	9443683
AL DEEBEL	MOL, NYK, K Line	Samsung	Conventional	2005	142,795	Steam	9307176
AL GATTARA	Nakilat, OSC	Hyundai	Q-Flex	2007	216,200	SSD	9337705
AL GHARIYA	Commerz Real, Nakilat, PRONAV	Daewoo	Q-Flex	2008	205,941	SSD	9337987
AL GHARIYA	Commerz Real, Nakilat, PRONAV	Daewoo	Q-Flex	2008	205,941	SSD	9337987
AL GHARRAFA	Nakilat, OSC	Hyundai	Q-Flex	2008	216,200	SSD	9337717
AL GHASHAMIYA	Nakilat	Samsung	Q-Flex	2009	211,885	SSD	9397286
AL GHUWAIIRIYA	Nakilat	Daewoo	Q-Max	2008	257,984	SSD	9372743
AL HAMLA	Nakilat, OSC	Samsung	Q-Flex	2008	211,862	SSD	9337743
AL HAMRA	National Gas Shipping Co	Kvaerner Masa	Conventional	1997	137,000	Steam	9074640
AL HUWAILA	Nakilat, Teekay	Samsung	Q-Flex	2008	214,176	SSD	9360879
AL JASRA	J4 Consortium	Mitsubishi	Conventional	2000	135,855	Steam	9132791
AL JASSASIYA	Maran G.M, Nakilat	Daewoo	Conventional	2007	142,988	Steam	9324435
AL KARAANA	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2009	205,988	SSD	9431123
AL KHARAITIYAT	Nakilat	Hyundai	Q-Flex	2009	211,986	SSD	9397327
AL KHARSAAH	Nakilat, Teekay	Samsung	Q-Flex	2008	211,885	SSD	9360881
AL KHATTIYA	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2009	205,993	SSD	9431111
AL KHAZNAH	National Gas Shipping Co	Mitsui	Conventional	1994	137,540	Steam	9038440
AL KHOR	J4 Consortium	Mitsubishi	Conventional	1996	135,295	Steam	9085613
AL KHUWAIR	Nakilat, Teekay	Samsung	Q-Flex	2008	211,885	SSD	9360908
AL MAFYAR	Nakilat	Samsung	Q-Max	2009	261,043	SSD	9397315
AL MARROUNA	Nakilat, Teekay	Daewoo	Conventional	2006	149,539	Steam	9325685
AL MAYEDA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2009	261,157	SSD	9397298
AL NUAMAN	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2009	205,981	SSD	9431135
AL ORAIQ	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Daewoo	Q-Flex	2008	205,994	SSD	9360790
AL RAYYAN	J4 Consortium	Kawaski	Conventional	1997	134,671	Steam	9086734
AL REKAYYAT	Nakilat	Hyundai	Q-Flex	2009	211,986	SSD	9397339
AL RUWAIS	Commerz Real, Nakilat, PRONAV	Daewoo	Q-Flex	2007	205,941	SSD	9337951
AL SADD	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2009	205,963	SSD	9397341
AL SAFLIYA	Commerz Real, Nakilat, PRONAV	Daewoo	Q-Flex	2007	210,100	SSD	9337963
AL SAHLA	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Hyundai	Q-Flex	2008	211,842	SSD	9360855
AL SAMRIYA	Nakilat	Daewoo	Q-Max	2009	258,054	SSD	9388821
AL SHAMAL	Nakilat, Teekay	Samsung	Q-Flex	2008	213,536	SSD	9360893
AL SHEEHANIYA	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2009	205,963	SSD	9360831
AL THAKHIRA	K Line, Qatar Shpg.	Samsung	Conventional	2005	143,517	Steam	9298399
AL THUMAMA	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Hyundai	Q-Flex	2008	216,235	SSD	9360843
AL UTOURIYA	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Hyundai	Q-Flex	2008	211,879	SSD	9360867
AL WAJBAH	J4 Consortium	Mitsubishi	Conventional	1997	134,562	Steam	9085625
AL WAKRAH	J4 Consortium	Kawaski	Conventional	1998	134,624	Steam	9086746
AL ZUBARAH	J4 Consortium	Mitsui	Conventional	1996	135,510	Steam	9085649
ALTO ACRUX	TEPCO, NYK, Mitsubishi	Mitsubishi	Conventional	2008	147,798	Steam	9343106
AMADI	Brunei Gas Carriers	Hyundai	Conventional	2015	155,000	team Rehe	9682552
AMALI	Brunei Gas Carriers	Daewoo	Conventional	2011	147,228	TFDE	9496317
AMANI	Brunei Gas Carriers	Hyundai	Conventional	2014	155,000	TFDE	9661869
AMUR RIVER	Dynagas	Hyundai	Conventional	2008	146,748	Steam	9317999
ARCTIC AURORA	Dynagas	Hyundai	Conventional	2013	154,880	TFDE	9645970
ARCTIC DISCOVERER	K Line, Statoil, Mitsui, Iino	Mitsui	Conventional	2006	139,759	Steam	9276389
ARCTIC LADY	Hoegh	Mitsubishi	Conventional	2006	147,835	Steam	9284192
ARCTIC PRINCESS	Hoegh, MOL, Statoil	Mitsubishi	Conventional	2006	147,835	Steam	9271248
ARCTIC SPIRIT	Teekay	I.H.I.	Conventional	1993	87,305	Steam	9001784
ARCTIC VOYAGER	K Line, Statoil, Mitsui, Iino	Kawaski	Conventional	2006	140,071	Steam	9275335
ARKAT	Brunei Gas Carriers	Daewoo	Conventional	2011	147,228	TFDE	9496305



## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (συνέχεια)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
ARWA SPIRIT	Teekay, Marubeni	Samsung	Conventional	2008	163,285	DFDE	9339260
ASEEM	MOL, NYK, K Line, SCI, Nakilat, Petri	Samsung	Conventional	2009	154,948	TFDE	9377547
ASIA ENDEAVOUR	Chevron	Samsung	Conventional	2015	154,948	TFDE	9610779
ASIA ENERGY	Chevron	Samsung	Conventional	2014	154,948	TFDE	9606950
ASIA EXCELLENCE	Chevron	Samsung	Conventional	2015	154,948	TFDE	9610767
ASIA VISION	Chevron	Samsung	Conventional	2014	154,948	TFDE	9606948
ATLANTIC ENERGY	Sinokor Merchant Marine	Kockums	Conventional	1984	132,588	Steam	7702401
BACHIR CHIHANI	Sonatrach	CNIM	Conventional	1979	129,767	Steam	7400675
BARCELONA KNUTSEN	Knutsen OAS	Daewoo	Conventional	2009	173,400	TFDE	9401295
BEBATIK	Shell	Chantiers de l'Atla	Conventional	1972	75,056	Steam	7121633
BEIDOU STAR	MOL, China LNG	Hudong-Zhonghua	Conventional	2015	172,000	MEGI	9613159
BELANAK	Shell	Ch.De La Ciotat	Conventional	1975	75,000	Steam	7347768
BERGE ARZEW	BW	Daewoo	Conventional	2004	138,089	Steam	9256597
BILBAO KNUTSEN	Knutsen OAS	IZAR	Conventional	2004	135,049	Steam	9236432
BRITISH DIAMOND	BP	Hyundai	Conventional	2008	151,883	DFDE	9333620
BRITISH EMERALD	BP	Hyundai	Conventional	2007	154,983	DFDE	9333591
BRITISH INNOVATOR	BP	Samsung	Conventional	2003	136,135	Steam	9238040
BRITISH MERCHANT	BP	Samsung	Conventional	2003	138,517	Steam	9250191
BRITISH RUBY	BP	Hyundai	Conventional	2008	155,000	DFDE	9333606
BRITISH SAPPHIRE	BP	Hyundai	Conventional	2008	155,000	DFDE	9333618
BRITISH TRADER	BP	Samsung	Conventional	2002	138,248	Steam	9238038
BROOG	J4 Consortium	Mitsui	Conventional	1998	136,359	Steam	9085651
BU SAMRA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2008	260,928	SSD	9388833
BW GDF SUEZ BOSTON	BW, ENGIE	Daewoo	Conventional	2003	138,059	Steam	9230062
BW GDF SUEZ BRUSSELS	BW	Daewoo	Conventional	2009	162,514	DFDE	9368314
BW GDF SUEZ EVERETT	BW	Daewoo	Conventional	2003	138,028	Steam	9243148
BW GDF SUEZ PARIS	BW	Daewoo	Conventional	2009	162,524	TFDE	9368302
BW PAVILION LEEARA	BW	Hyundai	Conventional	2015	161,880	TFDE	9640645
BW PAVILION VANDA	BW Pavilion LNG	Hyundai	Conventional	2015	161,880	TFDE	9640437
CADIZ KNUTSEN	Knutsen OAS	IZAR	Conventional	2004	135,240	Steam	9246578
CASTILLO DE SANTISTEBAN	Anthony Veder	STX	Conventional	2010	173,673	TFDE	9433717
CASTILLO DE VILLALBA	Anthony Veder	IZAR	Conventional	2003	135,420	Steam	9236418
CATALUNYA SPIRIT	Teekay	IZAR	Conventional	2003	135,423	Steam	9236420
CELESTINE RIVER	K Line	Kawaski	Conventional	2007	145,394	Steam	9330745
CESI GLADSTONE	Chuo Kaiun/Shinwa Chem.	Hudong-Zhonghua	Conventional	2016	174,000	TFDE	9672820
CESI QINGDAO	China Shipping Group	Hudong-Zhonghua	Conventional	2016	174,000	TFDE	9672832
CHEIKH BOUAMAMA	HYPROC, Sonatrach, Itochu, MOL	Universal	Conventional	2008	74,245	Steam	9324344
CHEIKH EL MOKRANI	HYPROC, Sonatrach, Itochu, MOL	Universal	Conventional	2007	73,990	Steam	9324332
CLEAN ENERGY	Dynagas	Hyundai	Conventional	2007	146,794	Steam	9323687
CLEAN HORIZON	Avoca Maritime Corp Ltd	Hyundai	Conventional	2015	162,000	TFDE	9655444
CLEAN OCEAN	Dynagas	Hyundai	Conventional	2014	162,000	TFDE	9637492
CLEAN PLANET	Dynagas	Hyundai	Conventional	2014	162,000	TFDE	9637507
CLEAN VISION	Dynagas	Hyundai	Conventional	2016	162,000	TFDE	9655456
COOL EXPLORER	Thenamaris	Samsung	Conventional	2015	160,000	TFDE	9640023
COOL RUNNER	Thenamaris	Samsung	Conventional	2014	160,000	TFDE	9636797
COOL VOYAGER	Thenamaris	Samsung	Conventional	2013	160,000	TFDE	9636785
CORCOVADO LNG	Cardiff Marine	Daewoo	Conventional	2014	159,800	TFDE	9636711
CREOLE SPIRIT	Teekay	Daewoo	Conventional	2016	173,400	MEGI	9681687
CUBAL	Mitsui, NYK, Teekay	Samsung	Conventional	2012	154,948	TFDE	9491812
CYGNUS PASSAGE	TEPCO, NYK, Mitsubishi	Mitsubishi	Conventional	2009	145,400	Steam	9376294
DAPENG MOON	China LNG Ship Mgmt.	Hudong-Zhonghua	Conventional	2008	147,200	Steam	9308481
DAPENG STAR	China LNG Ship Mgmt.	Hudong-Zhonghua	Conventional	2009	147,200	Steam	9369473
DAPENG SUN	China LNG Ship Mgmt.	Hudong-Zhonghua	Conventional	2008	147,200	Steam	9308479
DISHA	MOL, NYK, K Line, SCI, Nakilat	Daewoo	Conventional	2004	136,026	Steam	9250713
DOHA	J4 Consortium	Mitsubishi	Conventional	1999	135,203	Steam	9085637
DUHAIL	Commerz Real, Nakilat, PRONAV	Daewoo	Q-Flex	2008	210,100	SSD	9337975
DUKHAN	J4 Consortium	Mitsui	Conventional	2004	137,672	Steam	9265500
DWIPUTRA	P.T. Humpuss Trans	Mitsubishi	Conventional	1994	127,386	Steam	9043677
EAST ENERGY	Sinokor Merchant Marine	Chantiers de l'Atla	Conventional	1977	122,255	Steam	7360136
EJNAN	K Line, MOL, NYK, Mitsui, Nakilat	Samsung	Conventional	2007	143,815	Steam	9334076

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (συνέχεια)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
EKAPUTRA 1	P.T. Humpuss Trans	Mitsubishi	Conventional	1990	136,400	Steam	8706155
ENERGY ADVANCE	Tokyo Gas	Kawaski	Conventional	2005	144,590	Steam	9269180
ENERGY ATLANTIC	Alpha Tankers	STX	Conventional	2015	157,521	TFDE	9649328
ENERGY CONFIDENCE	Tokyo Gas, NYK	Kawaski	Conventional	2009	152,880	Steam	9405588
ENERGY FRONTIER	Tokyo Gas	Kawaski	Conventional	2003	144,596	Steam	9245720
ENERGY HORIZON	NYK, TLTC	Kawaski	Conventional	2011	177,441	Steam	9483877
ENERGY NAVIGATOR	Tokyo Gas, MOL	Kawaski	Conventional	2008	147,558	Steam	9355264
ENERGY PROGRESS	MOL	Kawaski	Conventional	2006	144,596	Steam	9274226
ESSHU MARU	Mitsubishi, MOL, Chubu Electric	Mitsubishi	Conventional	2014	155,300	Steam	9666560
EXCALIBUR	Excelerate, Teekay	Daewoo	Conventional	2002	138,000	Steam	9230050
EXCEL	Exmar, MOL	Daewoo	Conventional	2003	135,344	Steam	9246621
EXCELSIOR	Exmar	Daewoo	FSRU	2005	138,000	Steam	9239616
EXPRESS	Exmar, Excelerate	Daewoo	FSRU	2009	150,900	Steam	9361445
FRAIHA	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Daewoo	Q-Flex	2008	205,950	SSD	9360817
FUJI LNG	Cardiff Marine	Kawaski	Conventional	2004	144,596	Steam	9275359
FUWAIRIT	K Line, MOL, NYK, Nakilat	Samsung	Conventional	2004	138,262	Steam	9256200
GALEA	Shell	Mitsubishi	Conventional	2002	135,269	Steam	9236614
GALICIA SPIRIT	Teekay	Daewoo	Conventional	2004	137,814	Steam	9247364
GALLINA	Shell	Mitsubishi	Conventional	2002	135,269	Steam	9236626
GANDRIA	Golar LNG	HDW	Conventional	1977	123,512	Steam	7361934
GASELYS	GDF SUEZ, NYK	Chantiers de l'Atle	Conventional	2007	151,383	DFDE	9320075
GASLOG CHELSEA	GasLog	Hanjin H.I.	Conventional	2010	153,600	DFDE	9390185
GASLOG GENEVA	Anthony Veder	Samsung	Conventional	2016	174,000	TFDE	9707508
GASLOG GIBRALTAR	GasLog	Samsung	Conventional	2016	174,000	TFDE	9707510
GASLOG GLASGOW	GasLog	Samsung	Conventional	2016	174,000	TFDE	9687021
GASLOG GREECE	GasLog	Samsung	Conventional	2016	170,520	TFDE	9687019
GASLOG SALEM	GasLog	Samsung	Conventional	2015	155,000	TFDE	9638915
GASLOG SANTIAGO	GasLog	Samsung	Conventional	2013	154,948	TFDE	9600530
GASLOG SARATOGA	GasLog	Samsung	Conventional	2014	155,000	TFDE	9638903
GASLOG SAVANNAH	GasLog	Samsung	Conventional	2010	154,948	TFDE	9352860
GASLOG SEATTLE	GasLog	Samsung	Conventional	2013	154,948	TFDE	9634086
GASLOG SHANGHAI	GasLog	Samsung	Conventional	2013	154,948	TFDE	9600528
GASLOG SINGAPORE	GasLog	Samsung	Conventional	2010	154,948	TFDE	9355604
GASLOG SKAGEN	GasLog	Samsung	Conventional	2013	154,948	TFDE	9626285
GASLOG SYDNEY	GasLog	Samsung	Conventional	2013	154,948	TFDE	9626273
GDF SUEZ GLOBAL ENERGY	GDF SUEZ	Chantiers de l'Atle	Conventional	2004	74,130	Steam	9269207
GDF SUEZ POINT FORTIN	MOL, Sumitomo, LNG JAPAN	Imabari	Conventional	2010	154,982	Steam	9375721
GEMMATA	Shell	Mitsubishi	Conventional	2004	135,269	Steam	9253222
GHASHA	National Gas Shipping Co	Mitsui	Conventional	1995	137,100	Steam	9038452
GIGIRA LAITEBO	MOL, Itochu	Hyundai	Conventional	2010	173,870	TFDE	9360922
GIMI	Golar LNG	Rosenberg Verft	Conventional	1976	122,388	Steam	7382732
GOLAR ARCTIC	Golar LNG	Daewoo	Conventional	2003	137,814	Steam	9253105
GOLAR BEAR	Golar LNG	Samsung	Conventional	2014	160,000	TFDE	9626039
GOLAR CELSIUS	Golar LNG	Samsung	Conventional	2013	160,000	TFDE	9626027
GOLAR CRYSTAL	Golar LNG	Samsung	Conventional	2014	160,000	TFDE	9624926
GOLAR FROST	Golar LNG	Samsung	Conventional	2014	160,000	TFDE	9655042
GOLAR GLACIER	ICBC	Hyundai	Conventional	2014	162,500	TFDE	9654696
GOLAR GRAND	Golar LNG Partners	Daewoo	Conventional	2005	145,700	Steam	9303560
GOLAR ICE	ICBC	Samsung	Conventional	2015	160,000	TFDE	9637325
GOLAR KELVIN	ICBC	Hyundai	Conventional	2015	162,000	TFDE	9654701
GOLAR MARIA	Golar LNG Partners	Daewoo	Conventional	2006	145,700	Steam	9320374
GOLAR MAZO	Golar LNG Partners	Mitsubishi	Conventional	2000	135,000	Steam	9165011
GOLAR PENGUIN	Golar LNG	Samsung	Conventional	2014	160,000	TFDE	9624938
GOLAR SEAL	Golar LNG	Samsung	Conventional	2013	160,000	TFDE	9624914
GOLAR SNOW	ICBC	Samsung	Conventional	2015	160,000	TFDE	9635315
GRACE ACACIA	NYK	Hyundai	Conventional	2007	146,791	Steam	9315707
GRACE BARLERIA	NYK	Hyundai	Conventional	2007	146,770	Steam	9315719
GRACE COSMOS	MOL, NYK	Hyundai	Conventional	2008	146,794	Steam	9323675
GRACE DAHLIA	NYK	Kawaski	Conventional	2013	177,425	Steam	9540716
GRAND ANIVA	NYK, Sovcomflot	Mitsubishi	Conventional	2008	145,000	Steam	9338955

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (συνέχεια)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
GRAND ELENA	NYK, Sovcomflot	Mitsubishi	Conventional	2007	147,968	Steam	9332054
GRAND MEREYA	MOL, K Line, Primorsk	Mitsui	Conventional	2008	145,964	Steam	9338929
HANJIN MUSCAT	Hanjin Shipping Co.	Hanjin H.I.	Conventional	1999	138,366	Steam	9155078
HANJIN PYEONG TAEK	Hanjin Shipping Co.	Hanjin H.I.	Conventional	1995	130,366	Steam	9061928
HANJIN RAS LAFFAN	Hanjin Shipping Co.	Hanjin H.I.	Conventional	2000	138,214	Steam	9176008
HANJIN SUR	Hanjin Shipping Co.	Hanjin H.I.	Conventional	2000	138,333	Steam	9176010
HISPANIA SPIRIT	Teekay	Daewoo	Conventional	2002	137,814	Steam	9230048
HYUNDAI AQUAPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	2000	134,400	Steam	9179581
HYUNDAI COSMOPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	2000	134,308	Steam	9155157
HYUNDAI ECOPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	2008	146,790	Steam	9372999
HYUNDAI GREENPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	1996	125,000	Steam	9075333
HYUNDAI OCEANPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	2000	134,300	Steam	9183269
HYUNDAI TECHNOPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	1999	134,524	Steam	9155145
HYUNDAI UTOPIA	Hyundai LNG Shipping	Hyundai	Conventional	1994	125,182	Steam	9018555
IBERICA KNUITSEN	Knutsen OAS	Daewoo	Conventional	2006	135,230	Steam	9326603
IBRA LNG	OSC, MOL	Samsung	Conventional	2006	145,951	Steam	9326689
IBRI LNG	OSC, MOL, Mitsubishi	Mitsubishi	Conventional	2006	145,173	Steam	9317315
ISH	National Gas Shipping Co	Mitsubishi	Conventional	1995	137,512	Steam	9035864
K. ACACIA	Korea Line	Daewoo	Conventional	2000	138,017	Steam	9157636
K. FREESIA	Korea Line	Daewoo	Conventional	2000	138,015	Steam	9186584
K. JASMINE	Korea Line	Daewoo	Conventional	2008	142,961	Steam	9373008
K. MUGUNGWHA	Korea Line	Daewoo	Conventional	2008	148,776	Steam	9373010
KITA LNG	Cardiff Marine	Daewoo	Conventional	2014	159,800	TFDE	9636723
KUMUL	MOL, China LNG	Hudong-Zhonghua	Conventional	2016	169,147	SSD	9613161
LA MANCHA KNUITSEN	Knutsen OAS	Hyundai	Conventional	2016	176,300	MEGI	9721724
LALLA FATMA N'SOUMER	HYPROC	Kawaski	Conventional	2004	144,888	Steam	9275347
LARBI BEN M'HIDI	HYPROC	CNIM	Conventional	1977	129,500	Steam	7400663
LENA RIVER	Dynagas	Hyundai	Conventional	2013	154,880	TFDE	9629598
LIJMILIYA	Nakilat	Daewoo	Q-Max	2009	258,019	SSD	9388819
LNG ABALAMABIE	Nigeria LNG Ltd	Samsung	Conventional	2016	170,000	MEGI	9690171
LNG ABUJA II	Nigeria LNG Ltd	Samsung	Conventional	2016	175,180	DFDE	9690169
LNG ADAMAWA	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2005	142,656	Steam	9262211
LNG AKWA IBOM	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2004	142,656	Steam	9262209
LNG AQUARIUS	Hanochem	General Dynamics	Conventional	1977	126,750	Steam	7390181
LNG BARKA	OSC, OG, NYK, K Line	Kawaski	Conventional	2008	152,880	Steam	9341299
LNG BAYELSA	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2003	137,500	Steam	9241267
LNG BENUE	BW	Daewoo	Conventional	2006	142,988	Steam	9267015
LNG BONNY II	Nigeria LNG Ltd	Hyundai	Conventional	2015	177,000	DFDE	9692002
LNG BORNO	NYK	Samsung	Conventional	2007	149,600	Steam	9322803
LNG CROSS RIVER	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2005	142,656	Steam	9262223
LNG DREAM	NYK	Kawaski	Conventional	2006	147,326	Steam	9277620
LNG EBISU	MOL, KEPCO	Kawaski	Conventional	2008	147,546	Steam	9329291
LNG ENUGU	BW	Daewoo	Conventional	2005	142,988	Steam	9266994
LNG FINIMA II	Nigeria LNG Ltd	Samsung	Conventional	2015	170,000	DFDE	9690145
LNG FLORA	NYK, Osaka Gas	Kawaski	Conventional	1993	125,637	Steam	9006681
LNG FUKUROKUJU	MOL, KEPCO	Kawasaki Sakai	Conventional	2016	164,700	team Reheat	9666986
LNG IMO	BW	Daewoo	Conventional	2008	148,452	Steam	9311581
LNG JAMAL	NYK, Osaka Gas	Mitsubishi	Conventional	2000	136,977	Steam	9200316
LNG JUPITER	Osaka Gas, NYK	Kawaski	Conventional	2009	152,880	Steam	9341689
LNG JUROJIN	MOL, KEPCO	Mitsubishi	Conventional	2015	155,300	team Reheat	9666998
LNG KANO	BW	Daewoo	Conventional	2007	148,565	Steam	9311567
LNG KOLT	STX Pan Ocean	Hanjin H.I.	Conventional	2008	153,595	Steam	9372963
LNG LAGOS II	Nigeria LNG Ltd	Hyundai	Conventional	2016	177,000	DFDE	9692014
LNG LERICI	ENI	Sestri	Conventional	1998	63,993	Steam	9064085
LNG LIBRA	Hoegh	General Dynamics	Conventional	1979	126,000	Steam	7413232
LNG LOKOJA	BW	Daewoo	Conventional	2006	148,471	Steam	9269960
LNG MALEO	MOL, NYK, K Line	Mitsui	Conventional	1989	127,544	Steam	8701791
LNG MARS	Osaka Gas, MOL	Mitsubishi	Conventional	2016	153,000	team Reheat	9645748
LNG OGUN	NYK	Samsung	Conventional	2007	149,600	Steam	9322815
LNG ONDO	BW	Daewoo	Conventional	2007	148,478	Steam	9311579

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (συνέχεια)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
LNG OYO	BW	Daewoo	Conventional	2005	142,988	Steam	9267003
LNG PIONEER	MOL	Daewoo	Conventional	2005	138,000	Steam	9256602
LNG PORT-HARCOURT II	Nigeria LNG Ltd	Samsung	Conventional	2015	170,000	MEGI	9690157
LNG PORTOVENERE	ENI	Sestri	Conventional	1996	65,262	Steam	9064073
LNG RIVER NIGER	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2006	142,656	Steam	9262235
LNG RIVER ORASHI	BW	Daewoo	Conventional	2004	142,988	Steam	9266982
LNG RIVERS	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2002	137,500	Steam	9216298
LNG SATURN	MOL	Mitsubishi	Conventional	2016	153,000	team Rehe	9696149
LNG SOKOTO	BGT Ltd.	Hyundai	Conventional	2002	137,500	Steam	9216303
LNG VENUS	Osaka Gas, MOL	Mitsubishi	Conventional	2014	155,300	Steam	9645736
LOBITO	Mitsui, NYK, Teekay	Samsung	Conventional	2011	154,948	TFDE	9490961
LUSAIL	K Line, MOL, NYK, Nakilat	Samsung	Conventional	2005	142,808	Steam	9285952
MADRID SPIRIT	Teekay	IZAR	Conventional	2004	135,423	Steam	9259276
MAGELLAN SPIRIT	Teekay, Marubeni	Samsung	Conventional	2009	163,194	DFDE	9342487
MALANJE	Mitsui, NYK, Teekay	Samsung	Conventional	2011	154,948	TFDE	9490959
MARAN GAS ACHILLES	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2015	174,000	MEGI	9682588
MARAN GAS AGAMEMNON	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2016	174,000	MEGI	9682590
MARAN GAS ALEXANDRIA	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2015	164,000	TFDE	9650054
MARAN GAS AMPHIPOLIS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2016	173,400	DFDE	9701217
MARAN GAS APOLLONIA	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2014	164,000	TFDE	9633422
MARAN GAS ASCLEPIUS	Maran G.M, Nakilat	Daewoo	Conventional	2005	142,906	Steam	9302499
MARAN GAS CORONIS	Maran G.M, Nakilat	Daewoo	Conventional	2007	142,889	Steam	9331048
MARAN GAS DELPHI	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2014	159,800	TFDE	9633173
MARAN GAS EFESSOS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2014	159,800	TFDE	9627497
MARAN GAS HECTOR	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2016	174,000	TFDE	9682605
MARAN GAS LINDOS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2015	159,800	TFDE	9627502
MARAN GAS MYSTRAS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2015	159,800	TFDE	9658238
MARAN GAS OLYMPIAS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2016	173,400	TFDE	9732371
MARAN GAS PERICLES	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2016	174,000	DFDE	9709489
MARAN GAS POSIDONIA	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2014	164,000	TFDE	9633434
MARAN GAS SPARTA	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2015	162,000	TFDE	9650042
MARAN GAS TROY	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2015	159,800	TFDE	9658240
MARIA ENERGY	Tsakos	Hyundai	Conventional	2016	174,000	TFDE	9659725
MARIB SPIRIT	Teekay	Samsung	Conventional	2008	163,280	DFDE	9336749
MEKAINES	Nakilat	Samsung	Q-Max	2009	261,137	SSD	9397303
MERIDIAN SPIRIT	Teekay, Marubeni	Samsung	Conventional	2010	163,285	TFDE	9369904
MESAIMEER	Nakilat	Hyundai	Q-Flex	2009	211,986	SSD	9337729
METHANE ALISON VICTORIA	BG Group	Samsung	Conventional	2007	145,000	Steam	9321768
METHANE BECKI ANNE	GasLog	Samsung	Conventional	2010	167,416	TFDE	9516129
METHANE HEATHER SALLY	BG Group	Samsung	Conventional	2007	145,000	Steam	9321744
METHANE JANE ELIZABETH	GasLog	Samsung	Conventional	2006	145,000	Steam	9307190
METHANE JULIA LOUISE	Mitsui & Co	Samsung	Conventional	2010	167,416	TFDE	9412880
METHANE LYDON VOLNEY	Shell	Samsung	Conventional	2006	145,000	Steam	9307205
METHANE MICKIE HARPER	BG Group	Samsung	Conventional	2010	167,400	TFDE	9520376
METHANE NILE EAGLE	BG, GasLog	Samsung	Conventional	2007	145,000	Steam	9321770
METHANE PATRICIA CAMILA	BG Group	Samsung	Conventional	2010	167,416	TFDE	9425277
METHANE PRINCESS	Golar LNG Partners	Daewoo	Conventional	2003	136,086	Steam	9253715
METHANE RITA ANDREA	GasLog	Samsung	Conventional	2006	145,000	Steam	9307188
METHANE SHIRLEY ELISABETH	GasLog	Samsung	Conventional	2007	142,800	Steam	9321756
METHANE SPIRIT	Teekay, Marubeni	Samsung	Conventional	2008	163,195	TFDE	9336737
METHANIA	Distrigas	Boelwerf	Conventional	1978	131,235	Steam	7357452
MILAHA QATAR	Nakilat, Qatar Shpg., SocGen	Samsung	Conventional	2006	145,140	Steam	9321732
MILAHA RAS LAFFAN	Nakilat, Qatar Shpg., SocGen	Samsung	Conventional	2004	136,199	Steam	9255854
MIN LU	China LNG Ship Mgmt.	Hudong-Zhonghua	Conventional	2009	145,000	Steam	9305128
MIN RONG	China LNG Ship Mgmt.	Hudong-Zhonghua	Conventional	2009	145,000	Steam	9305116
MOURAD DIDOUCHE	Sonatrach	Chantiers de l'Atla	Conventional	1980	126,190	Steam	7400704
MOZAH	Nakilat	Samsung	Q-Max	2008	261,988	SSD	9337755
MRAWEH	National Gas Shipping Co	Kvaerner Masa	Conventional	1996	135,000	Steam	9074638
MUBARAZ	National Gas Shipping Co	Kvaerner Masa	Conventional	1996	135,000	Steam	9074626
MURWAB	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Naki	Daewoo	Q-Flex	2008	205,971	SSD	9360805



## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (συνέχεια)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
NEO ENERGY	Tsakos	Hyundai	Conventional	2007	146,838	Steam	9324277
NIZWA LNG	OSC, MOL	Kawaski	Conventional	2005	145,469	Steam	9294264
NKOSSA II	AP Moller	Mitsubishi	Conventional	1992	78,488	Steam	9003859
NORTHWEST SANDERLING	North West Shelf Venture	Mitsubishi	Conventional	1989	125,452	Steam	8608872
NORTHWEST SANDPIPER	North West Shelf Venture	Mitsui	Conventional	1993	125,042	Steam	8913150
NORTHWEST SEAEAGLE	North West Shelf Venture	Mitsubishi	Conventional	1992	125,541	Steam	8913174
NORTHWEST SHEARWATER	North West Shelf Venture	Kawaski	Conventional	1991	125,660	Steam	8608705
NORTHWEST SNIPE	North West Shelf Venture	Mitsui	Conventional	1990	127,747	Steam	8608884
NORTHWEST STORMPETREL	North West Shelf Venture	Mitsubishi	Conventional	1994	125,525	Steam	9045132
NORTHWEST SWAN	North West Shelf Venture	Daewoo	Conventional	2004	140,500	Steam	9250725
OAK SPIRIT	Teekay	Daewoo	Conventional	2016	173,400	MEGI	9681699
OB RIVER	Dynagas	Hyundai	Conventional	2007	146,791	Steam	9315692
OCEAN QUEST	GDF SUEZ	Newport News	Conventional	1979	126,540	Steam	7391214
ONAIZA	Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2009	205,963	SSD	9397353
PACIFIC ARCADIA	NYK	Mitsubishi	Conventional	2014	145,400	Steam	9621077
PACIFIC ENLIGHTEN	Kyushu Electric, TEPCO, Mitsubishi,	Mitsubishi	Conventional	2009	147,800	Steam	9351971
PACIFIC EURUS	TEPCO, NYK, Mitsubishi	Mitsubishi	Conventional	2006	135,000	Steam	9264910
PACIFIC NOTUS	TEPCO, NYK, Mitsubishi	Mitsubishi	Conventional	2003	137,006	Steam	9247962
PALU LNG	Cardiff Marine	Daewoo	Conventional	2014	159,800	TFDE	9636735
PAPUA	MOL, China LNG	Hudong-Zhonghua	Conventional	2015	172,000	TFDE	9613135
POLAR SPIRIT	Teekay	I.H.I.	Conventional	1993	88,100	Steam	9001772
PRACHI	NYK	Hyundai	Conventional	2016	173,000	TFDE	9723801
PROVALYS	GDF SUEZ	Chantiers de l'Atl	Conventional	2006	151,383	DFDE	9306495
PSKOV	Sovcomflot	STX	Conventional	2014	170,200	TFDE	9630028
PUTERI DELIMA	MISC	Chantiers de l'Atl	Conventional	1995	127,797	Steam	9030814
PUTERI DELIMA SATU	MISC	Mitsui	Conventional	2002	134,849	Steam	9211872
PUTERI FIRUS	MISC	Chantiers de l'Atl	Conventional	1997	127,689	Steam	9030840
PUTERI FIRUS SATU	MISC	Mitsubishi	Conventional	2004	134,865	Steam	9248502
PUTERI INTAN	MISC	Chantiers de l'Atl	Conventional	1994	127,694	Steam	9030802
PUTERI INTAN SATU	MISC	Mitsubishi	Conventional	2002	134,770	Steam	9213416
PUTERI MUTIARA SATU	MISC	Mitsui	Conventional	2005	134,861	Steam	9261205
PUTERI NILAM	MISC	Chantiers de l'Atl	Conventional	1995	127,756	Steam	9030826
PUTERI NILAM SATU	MISC	Mitsubishi	Conventional	2003	134,833	Steam	9229647
PUTERI ZAMRUD	MISC	Chantiers de l'Atl	Conventional	1996	127,751	Steam	9030838
PUTERI ZAMRUD SATU	MISC	Mitsui	Conventional	2004	134,870	Steam	9245031
RAAHI	MOL, NYK, K Line, SCI, Nakilat	Daewoo	Conventional	2004	138,077	Steam	9253703
RAMDANE ABANE	Sonatrach	Chantiers de l'Atl	Conventional	1981	126,190	Steam	7411961
RASHEEDA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2010	260,912	MEGI	9443413
RIBERA DEL DUERO KNUTSEN	Knutsen OAS	Daewoo	Conventional	2010	173,400	TFDE	9477593
RIOJA KNUTSEN	Knutsen OAS	Hyundai	Conventional	2016	176,300	MEGI	9721736
SALALAH LNG	OSC, MOL	Samsung	Conventional	2005	148,174	Steam	9300817
SCF MELAMPUS	Sovcomflot	STX	Conventional	2015	170,200	TFDE	9654878
SCF MITRE	Sovcomflot	STX	Conventional	2015	170,200	TFDE	9654880
SEISHU MARU	Mitsubishi, NYK, Chubu Electric	Mitsubishi	Conventional	2014	155,300	Steam	9666558
SENSHU MARU	MOL, NYK, K Line	Mitsui	Conventional	1984	125,835	Steam	8014473
SERI ALAM	MISC	Samsung	Conventional	2005	145,572	Steam	9293832
SERI AMANAH	MISC	Samsung	Conventional	2006	142,795	Steam	9293844
SERI ANGGUN	MISC	Samsung	Conventional	2006	145,100	Steam	9321653
SERI ANGKASA	MISC	Samsung	Conventional	2006	142,786	Steam	9321665
SERI AYU	MISC	Samsung	Conventional	2007	143,474	Steam	9329679
SERI BAKTI	MISC	Mitsubishi	Conventional	2007	149,886	Steam	9331634
SERI BALHAF	MISC	Mitsubishi	Conventional	2009	154,567	TFDE	9331660
SERI BALQIS	MISC	Mitsubishi	Conventional	2009	154,747	TFDE	9331672
SERI BEGAWAN	MISC	Mitsubishi	Conventional	2007	149,964	Steam	9331646
SERI BIJAKSANA	MISC	Mitsubishi	Conventional	2008	149,822	Steam	9331658
SERI CAMELLIA	PETRONAS	Hyundai	Conventional	2016	150,200	team Rehe	9714276
SESTAO KNUTSEN	Knutsen OAS	IZAR	Conventional	2007	135,357	Steam	9338797
SEVILLA KNUTSEN	Knutsen OAS	Daewoo	Conventional	2010	173,400	TFDE	9414632
SHAGRA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2009	261,988	SSD	9418365
SHAHAMAH	National Gas Shipping Co	Kawaski	Conventional	1994	137,756	Steam	9035852

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

**Πίνακας 1: Ο ενεργός LNG στόλος στα τέλη του 2016 (συνέχεια)**

Ship Name	Shipowner	Shipbuilder	Type	Delivery Year	Capacity (cm)	Propulsion	IMO #
SHAHAMAH	National Gas Shipping Co	Kawaski	Conventional	1994	137,756	Steam	9035852
SHEN HAI	China LNG, CNOOC, Shanghai LNG	Hudong-Zhonghua	Conventional	2012	142,741	Steam	9583677
SIMASMA	Maran G.M, Nakilat	Daewoo	Conventional	2006	142,971	Steam	9320386
SK SPLENDOR	SK Shipping	Samsung	Conventional	2000	135,540	Steam	9180231
SK STELLAR	SK Shipping	Samsung	Conventional	2000	135,540	Steam	9180243
SK SUMMIT	SK Shipping	Daewoo	Conventional	1999	135,933	Steam	9157624
SK SUNRISE	Iino Kaiun Kaisha	Samsung	Conventional	2003	135,505	Steam	9247194
SK SUPREME	SK Shipping	Samsung	Conventional	2000	136,320	Steam	9157739
SOHAR LNG	OSC, MOL	Mitsubishi	Conventional	2001	135,850	Steam	9210816
SOLARIS	GasLog	Samsung	Conventional	2014	155,000	TFDE	9634098
SONANGOL BENGUELA	Mitsui, Sonangol, Sojitz	Daewoo	Conventional	2011	160,500	Steam	9482304
SONANGOL ETOSHA	Mitsui, Sonangol, Sojitz	Daewoo	Conventional	2011	160,500	Steam	9482299
SONANGOL SAMBIZANGA	Mitsui, Sonangol, Sojitz	Daewoo	Conventional	2011	160,500	Steam	9475600
SOUTHERN CROSS	MOL, China LNG	Hudong-Zhonghua	Conventional	2015	169,295	Steam Reheat	9613147
SOYO	Mitsui, NYK, Teekay	Samsung	Conventional	2011	154,948	TFDE	9475208
SPIRIT OF HELA	MOL, Itochu	Hyundai	Conventional	2009	173,800	TFDE	9361639
STENA BLUE SKY	Stena Bulk	Daewoo	Conventional	2006	142,988	Steam	9315393
STENA CLEAR SKY	Stena Bulk	Daewoo	Conventional	2011	173,593	TFDE	9413327
STENA CRYSTAL SKY	Stena Bulk	Daewoo	Conventional	2011	173,611	TFDE	9383900
SUNRISE	Shell	Dunkerque Ateliers	Conventional	1977	126,813	Steam	7359670
TAITAR NO. 1	CPC, Mitsui, NYK	Mitsubishi	Conventional	2009	144,627	Steam	9403669
TAITAR NO. 2	MOL, NYK	Kawaski	Conventional	2009	144,627	Steam	9403645
TAITAR NO. 3	MOL, NYK	Mitsubishi	Conventional	2010	144,627	Steam	9403671
TAITAR NO. 4	CPC, Mitsui, NYK	Kawaski	Conventional	2010	144,596	Steam	9403657
TANGGUH BATUR	Sovcomflot, NYK	Daewoo	Conventional	2008	142,988	Steam	9334284
TANGGUH FOJA	K Line, PT Meratus	Samsung	Conventional	2008	154,948	TFDE	9349007
TANGGUH HIRI	Teekay	Hyundai	Conventional	2008	151,885	TFDE	9333632
TANGGUH JAYA	K Line, PT Meratus	Samsung	Conventional	2008	154,948	TFDE	9349019
TANGGUH PALUNG	K Line, PT Meratus	Samsung	Conventional	2009	154,948	TFDE	9355379
TANGGUH SAGO	Teekay	Hyundai	Conventional	2009	151,872	TFDE	9361990
TANGGUH TOWUTI	NYK, PT Samudera, Sovcomflot	Daewoo	Conventional	2008	142,988	Steam	9325893
TEMBEK	Nakilat, OSC	Samsung	Q-Flex	2007	211,885	SSD	9337731
TENAGA LIMA	MISC	CNIM	Conventional	1981	127,409	Steam	7428445
TESSALA	HYPROC	Hyundai	Conventional	2016	171,800	TFDE	9761243
TRINITY ARROW	K Line	Imabari	Conventional	2008	152,655	Steam	9319404
TRINITY GLORY	K Line	Imabari	Conventional	2009	152,675	Steam	9350927
UMM AL AMAD	NYK, K Line, MOL, Iino, Mitsui, Nakilat	Daewoo	Q-Flex	2008	206,958	SSD	9360829
UMM AL ASHTAN	National Gas Shipping Co	Kvaerner Masa	Conventional	1997	137,000	Steam	9074652
UMM BAB	Maran G.M, Nakilat	Daewoo	Conventional	2005	143,708	Steam	9308431
UMM SLAL	Nakilat	Samsung	Q-Max	2008	260,928	SSD	9372731
VALENCIA KNUITSEN	Knutsen OAS	Daewoo	Conventional	2010	173,400	TFDE	9434266
VELIKIY NOVGOROD	Sovcomflot	STX	Conventional	2014	170,471	TFDE	9630004
WEST ENERGY	Sinokor Merchant Marine	Chantiers de l'Atlantique	Conventional	1976	122,255	Steam	7360124
WILFORCE	Teekay	Daewoo	Conventional	2013	155,900	TFDE	9627954
WILPRIDE	Teekay	Daewoo	Conventional	2013	156,007	TFDE	9627966
WOODSIDE CHANEY	Maran Gas Maritime	Hyundai	Conventional	2016	174,000	SSD	9682576
WOODSIDE DONALDSON	Teekay, Marubeni	Samsung	Conventional	2009	162,620	TFDE	9369899
WOODSIDE GOODE	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2013	159,800	TFDE	9633161
WOODSIDE REES WITHERS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2016	173,400	DFDE	9732369
WOODSIDE ROGERS	Maran Gas Maritime	Daewoo	Conventional	2013	159,800	TFDE	9627485
YARI LNG	Cardiff Marine	Daewoo	Conventional	2014	159,800	TFDE	9636747
YENISEI RIVER	Dynagas	Hyundai	Conventional	2013	154,880	TFDE	9629586
YK SOVEREIGN	SK Shipping	Hyundai	Conventional	1994	124,582	Steam	9038816
ZARGA	Nakilat	Samsung	Q-Max	2010	261,104	SSD	9431214
ZEKREET	J4 Consortium	Mitsui	Conventional	1998	134,733	Steam	9132818

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Liquefied gas carrier: <http://www.liquefiedgascarrier.com/moss-rosenberg-containment-system.html>
- Liquefied gas carrier: <http://www.liquefiedgascarrier.com/LNG-vessel-construction.html>
- Witherby Publishing Group:  
<http://witherbypublishinggroup.com/Portals/1/pdf/Infographic-LNG-Industry.pdf>
- Δρίτσουλας Μουσιάδης Χρήστος, Ι. Τ. Σελίδες Χρηστών Α.Π.Θ:  
<http://users.auth.gr/kallery/thepetroleum.pdf>
- Rising performance, widening options in LNG containment.* (2014).  
<http://www.motorship.com>.
- (2017). [energia.gr](http://www.energia.gr): [http://www.energia.gr/article.asp?art\\_id=111230](http://www.energia.gr/article.asp?art_id=111230)
- Bahgat, W. M. (2015). Proposed Method for Dealing with Boil-off Gas on board LNG Carriers during. *International Journal of Multidisciplinary and Current Research* .
- BP. (2017). *Statistical Review Of World Eenergy*.
- BRS Group. (2017). *SHIPPING AND SHIPBUILDING MARKETS Annual Review*.
- Chakraborty, S. (2017). Marine in sight: [www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-liquefied-gas-carriers/](http://www.marineinsight.com/naval-architecture/understanding-design-liquefied-gas-carriers/)
- Corkhill, M. (2017). Lng World Shipping: <http://www.lngworldshipping.com>
- Corkhill, M. (2017, June 09). LNG World Shipping:  
[http://www.lngworldshipping.com/news/view,global-lng-fleet-hits-500-vessels\\_48030.htm](http://www.lngworldshipping.com/news/view,global-lng-fleet-hits-500-vessels_48030.htm)
- Đorđe Dobrota, B. L. (2013). *Problem of Boil - off in LNG*.

## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

International Gas Union. (2017). *World LNG Report*.

International Group of Liquefied Natural Gas Importers. (2017). *The LNG industry GIIGNL Annual Report*.

Koichi Sato, H. C. (n.d.). *GAS TECHNOLOGY INSTITUTE*.

[http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/8-8-Henry\\_Chung.pdf](http://www.gastechnology.org/Training/Documents/LNG17-proceedings/8-8-Henry_Chung.pdf)

Luciani, G. (2017). Coursera: <https://www.coursera.org/learn/global-energy/lecture/8TbQJ/gas-transportation-pipelines-and-Ing>

Organization of the Petroleum Exporting Countries (OPEC). (2017). *Annual Statistical Bulletin*.

Randhawa. Cult of the Sea: <https://www.cultofsea.com/tanker/gas-tanker-types-tanks-cargo/>

Sacchi, A. (2011). <http://www.pomorskodobro.com>. Types of LNG Carriers.

Society of International Gas Tanker and Terminal Operators Ltd (SIGTTO). (2014). *LNG Shipping at 50*.

TOYODA Masanobu, K. H. (n.d.). *Intrinsically Safe Cryogenic Cargo Containment System of*. Ανάκτηση από IHI Corporation: [https://www.ihico.jp/var/ezwebin\\_site/storage/original/application/d6d8d7ae6d68a89773ca622c85f6ae9a.pdf](https://www.ihico.jp/var/ezwebin_site/storage/original/application/d6d8d7ae6d68a89773ca622c85f6ae9a.pdf)

*United Nations Economic Commission for Europe* . (n.d.). Ανάκτηση από UNESE-United Nations Economic Commission for Europe : [http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp29grpe/LNG\\_TF-02-06e.pdf](http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2011/wp29grpe/LNG_TF-02-06e.pdf)

WORKMAN, D. (2017). World's top Exports: <http://www.worldstopexports.com>

Αντωνοπούλου, Α. (2016). Το νέφος που δηλητηρίασε το Λονδίνο....

EMΠ. Ανάκτηση από Σχολή Χημικών Μηχανικών EMΠ:

<http://www.chemeng.ntua.gr/courses/pngtech/files/Liquified%20Natural%20Gas-1.pdf>



## Η Εξέλιξη των Πλοίων Μεταφοράς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου

ΚΙΡΕΑΣ. (n.d.). Ανάκτηση από ΚΙΡΕΑΣ: [http://kireas.org/lng.htm#lng\\_0](http://kireas.org/lng.htm#lng_0)

Τεριακίδης, Γ. (2017). Ανάκτηση από ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΑ:

<http://www.naftikachronika.gr/2017/01/29/giorgos-teriakidis-parochi-energeias-se-anadyomenes-agores/>