

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΔΙΕΘΝΩΝ ΚΑΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑ: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ, ΔΙΚΑΙΟ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ**



**«ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ: ΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ  
ΤΗΣ ΑΞΙΑΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ  
ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ»**

**Ζαφειροπούλου - Ρέππα Αμαλία**

Διπλωματική εργασία υποβληθείσα στο Τμήμα Διεθνών & Ευρωπαϊκών του Πανεπιστημίου  
Πειραιώς για την απόκτηση Μεταπτυχιακού Διπλώματος Ειδίκευσης στην Ενέργεια:  
Στρατηγική, Δίκαιο & Οικονομία

**Πειραιάς, Σεπτέμβριος 2021**



**UNIVERSITY OF PIRAEUS**  
**DEPARTMENT OF INTERNATIONAL & EUROPEAN STUDIES**  
**MASTER PROGRAM IN**  
**ENERGY: STRATEGY, LAW AND ECONOMICS**



**«NATURAL GAS AND INVESTMENTS: A CRITICAL REVIEW  
OF THE VALUE CHAIN AND THE REGULATION  
FRAMEWORK IN INTERNATIONAL AND NATIONAL SCOPE »**

**Zafiropoulou - Reppa Amalia**

Master Thesis to the Department of International and European Studies of the University of Piraeus in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Energy: Strategy, Law and Economics

**Piraeus, Greece, September 2021**



*Η υπογράφουσα, Αμαλία Ζαφειροπούλου - Ρέππα, βεβαιώνω ότι το έργο που εκπονήθηκε και παρουσιάζεται στην υποβαλλόμενη διπλωματική εργασία είναι αποκλειστικά ατομικό δικό μου. Όποιες πληροφορίες και υλικό που περιέχονται έχουν αντληθεί από άλλες πηγές, έχουν καταλλήλως αναφερθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία. Επιπλέον τελώ εν γνώσει ότι σε περίπτωση διαπίστωσης ότι δεν συντρέχουν όσα βεβαιώνονται από μέρους μου, μου αφαιρείται ανά πάσα στιγμή αμέσως ο τίτλος.*

*Πειραιάς, Σεπτέμβριος 2021  
(υπογραφή)*



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγ. κύριο Λιάκουρα Πέτρο για την ευκαιρία που μου έδωσε να συνεργαστώ μαζί του στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας καθώς και για την έμπνευση που μου έδωσε για το παρόν θέμα.

Ευχαριστώ θερμά τις παλιές συμφοιτήτριές μου Ελένη και Μαρίνα για τις συμβουλευτικές τους οδηγίες. Τέλος, να μην παραλείψω την οικογένειά μου, που υπήρξε ο αφανής συντελεστής στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.





# «ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ: ΚΡΙΤΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΑΞΙΑΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟΥ ΠΛΑΙΣΙΟΥ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ»

## Περίληψη

Στις μέρες μας, η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και κινητοποίηση, ως απότοκο της κλιματικής αλλαγής βρίσκεται στην αιχμή του δόρατος του δημόσιου διαλόγου περισσότερο από ποτέ άλλοτε.

Ο επιχειρηματικός κόσμος δεν θα μπορούσε να μείνει ανεπηρέαστος από αυτές τις εξελίξεις. Η αναζήτηση ολοένα οικονομικότερων και φιλικότερων για το περιβάλλον πηγών καυσίμων έχει αποτελέσει κορυφαίο επενδυτικό διακύβευμα τις τελευταίες δεκαετίες.

Μία οικονομικότερη και οικολογικότερη εναλλακτική επιλογή στον ενεργειακό τομέα και στον τομέα της ναυτιλίας έχει αναδειχθεί το υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquid Natural Gas- LNG), ενώ μάλιστα η ναυπήγηση σκαφών και η κατασκευή μηχανών διπλού καυσίμου συνιστούν πλέον μία ενδιαφέρουσα τάση που μπορεί να επιφέρει σημαντικά μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά οφέλη.

Στην παρούσα εργασία θα επιχειρηθεί η επισκόπηση της αξιακής αλυσίδας του LNG μικρής κλίμακας (small-scale LNG, ssLNG) και των συμμετεχόντων στην αγορά αυτού, ενώ κατόπιν θα εκτιμηθούν οι δυνατότητες επέκτασης της αγοράς, αναφορικά κυρίως με τους παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη των υποδομών και με τις προκλήσεις που ενέχει μια τέτοια επέκταση.

Βασικό ερευνητικό ερώτημα της εργασίας είναι κατά πόσον υφίσταται το ρυθμιστικό πλαίσιο για να ευνοηθούν οι σχετικές επενδύσεις και για αυτό το σκοπό θα πραγματοποιηθεί γεωγραφική επισκόπηση του ρυθμιστικού πλαισίου σε διεθνές και σε ελληνικό επίπεδο.

**Σημαντικοί Όροι:** Φυσικό Αέριο, Επενδύσεις, Αξιακή αλυσίδα, Κανονιστικό πλαίσιο



# «NATURAL GAS AND INVESTMENTS: A CRITICAL REVIEW OF THE VALUE CHAIN AND THE REGULATION FRAMEWORK IN INTERNATIONAL AND NATIONAL SCOPE »

## Abstract

Nowadays, environmental awareness and mobilization, as a consequence of climate change, is at the forefront of public debate more than ever.

The business world could not be left unaffected by these developments. The search of for economical and environmentally friendly fuel sources has been the primer target and subject of investments in recent decades.

A more economic and eco-friendly alternative to the energy and shipping sector has been the emergence of liquefied natural gas (Liquid Natural Gas - LNG). Also, shipbuilding and the construction of dual fuel engines are nowadays an interesting trend that could lead to significant long-term environmental benefits.

This paper will attempt to overview the value chain of small - scale LNG and its market participants, then will evaluate market expansion opportunities, especially with regards to the factors favorable to the development of infrastructure along with the challenges associated with such an expansion.

The main research question of this paper is whether there is a regulatory framework to encourage relevant investments and for this purpose a geographical overview of the regulatory framework will be conducted at both international and Greek level.

***Key Words:*** *natural gas, investments, value chain, regulation.*



## **Περιεχόμενα**

<b>Ευχαριστίες.....</b>	<b>vii</b>
<b>Περίληψη.....</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ Η ΑΞΙΑΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΟΥ ΥΦΑ.....</b>	<b>2</b>
2.1. Επισκόπηση της αξιακής αλυσίδας .....	2
2.2. Οι συμμετέχοντες στην αγορά του ssLNG .....	6
<b>3. ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ ssLNG .....</b>	<b>15</b>
3.1. Παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη της αγοράς.....	15
3.2. Προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει η αγορά του ssLNG .....	32
<b>4. ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΩΝ .....</b>	<b>40</b>
4.1. Γενικές παρατηρήσεις.....	40
4.2. Γεωγραφική επισκόπηση .....	43
4.2.1. Ασία-Ειρηνικός.....	43
4.2.2. Νότια Αμερική.....	47
4.2.3. Βόρεια Αμερική .....	49
4.2.4. Μέση Ανατολή και Αφρική.....	50
4.2.5. Ρωσία - Ευρώπη.....	51
4.2.6. Η περίπτωση της Ελλάδας.....	60
<b>5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>62</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>64</b>



## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το φυσικό αέριο θεωρείται ένα φιλικότερο από περιβαλλοντική άποψη καύσιμο σε σχέση με τα υγρά καύσιμα. Ο κρίσιμος παράγοντας που επηρεάζει την ασφάλεια της ενεργειακής τροφοδοσίας και την οικονομικότητα του κύκλου των εργασιών που σχετίζονται με την τροφοδοσία σε LNG είναι η δυνατότητα ανεφοδιασμού των πλοίων που μεταφέρουν το καύσιμο. Για το λόγο αυτό, η ύπαρξη κατάλληλων υποδομών, επαρκούς χωρητικότητας και ικανοποιητικής αξιοπιστίας, είναι θεμελιώδους σημασίας. Το LNG αναδεικνύεται ολοένα και περισσότερο ως μία οικονομικότερη και οικολογικότερη εναλλακτική επιλογή στον ενεργειακό τομέα και στον τομέα της ναυτιλίας, ενώ μάλιστα η ναυπήγηση σκαφών και η κατασκευή μηχανών διπλού καυσίμου συνιστούν πλέον μία ενδιαφέρουσα τάση που μπορεί να επιφέρει σημαντικά μακροπρόθεσμα περιβαλλοντικά οφέλη.

Στον ευρύ τομέα της διεθνούς βιομηχανίας φυσικού αερίου μεγάλο μέρος της συζήτησης σε σχέση με τις σχεδιαζόμενες επενδύσεις αφορά συνήθως την υπερπροσφορά του καυσίμου, την ανέγερση τερματικών σταθμών LNG και τις προοπτικές επενδύσεων σε μεγάλα έργα που αφορούν στην επεξεργασία και τη διανομή του LNG, όπως η επένδυση της Gorgon στην Αυστραλία αξίας 54 δις δολλαρίων. Υπό αυτούς τους όρους, ο τομέας διαμόρφωσης υποδομών LNG μικρής κλίμακας (small-scale LNG, ssLNG) δεν ελκύει την προσοχή των επενδυτών. Πέρα από λίγους συμμετέχοντες στην αγορά του ssLNG ο εν λόγω τομέας δεν βρίσκεται σε πρώτες θέσεις στην προτεραιότητα των βιομηχανιών (Biscardini et al., 2017).

Ο όρος ssLNG αναφέρεται στην άμεση χρήση του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην υγρή του κατάσταση, εν αντιθέσει με το παραδοσιακό μοντέλο της επαναεριοποίησης, και στην επακόλουθη εισαγωγή του στο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. Οι μονάδες υγροποίησης μικρής κλίμακας συνήθως αναπτύσσονται για την εξυπηρέτηση συγκεκριμένων αγορών και η δυναμικότητά τους κυμαίνεται σε επίπεδα κατώτερα των 500,000 τόνων κάθε χρόνο (για την πραγματοποίηση της σύγκρισης, πρέπει να αναφερθεί ενδεικτικά ότι η δυναμικότητα μίας μεγάλης μονάδας της Gorgon είναι περί τους 16 εκατομμύρια τόνους σε ετήσια βάση). Οι μονάδες ssLNG συμμετέχουν στην προσφορά στους τελικούς χρήστες σε σημεία όπου οι παραδοσιακές υποδομές δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν ή σε καταναλωτές που χρειάζονται το καύσιμο σε υγρή μορφή.

## 2. ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΚΑΙ Η ΑΞΙΑΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ ΤΟΥ ΥΦΑ

### 2.1. Επισκόπηση της αξιακής αλυσίδας

Το φυσικό αέριο συνιστά ένα άχρωμο, άοσμο και μη τοξικό μείγμα, πυκνότητας περίπου  $460 \text{ kg/m}^3$ , με χαμηλή ταχύτητα φλόγας που εμφανίζει μεγάλη τάση αναφλεξιμότητας στον αέρα, η οποία αντιστοιχεί σε ένα από τα πιο επικίνδυνα χαρακτηριστικά του. Πρόκειται επίσης για ένα μη διαβρωτικό αέριο μείγμα και σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από  $-110^\circ\text{C}$  αρκετά ελαφρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα, σε αντίθεση με υδρογονάνθρακες όπως το αιθάνιο, το προπάνιο και το βουτάνιο, που σε όλες τις θερμοκρασίες είναι βαρύτεροι σε σχέση με τον αέρα (Guo&Ghalamor, 2005).

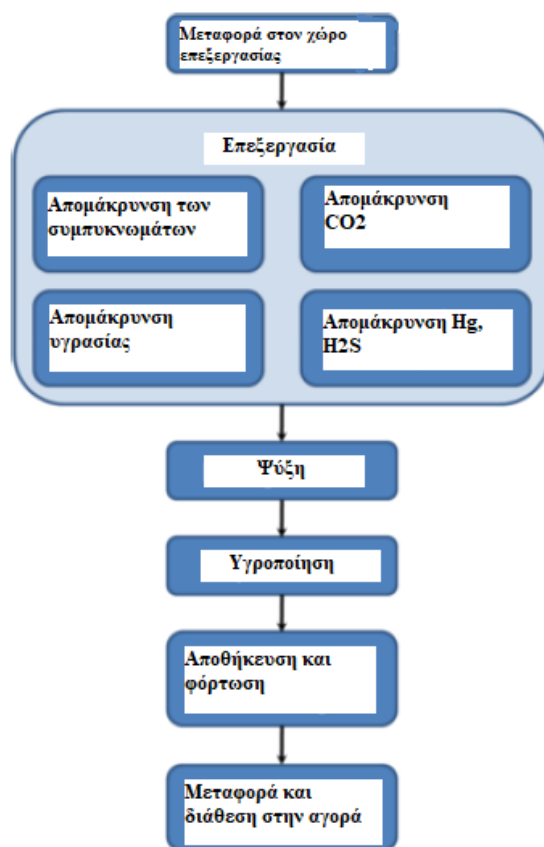
Θεμελιώδες πρόβλημα που συνδέεται με τη διαχείριση του φυσικού αερίου αποτελεί η μεταφορά του. Το μεθάνιο, το συστατικό που συναντάται στο μείγμα στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα, δεν μπορεί να υγροποιηθεί διά της απλής συμπίεσης (αντίθετα με το βουτάνιο, το προπάνιο αλλά και το αιθάνιο) και, ως εκ τούτου, θα πρέπει να ψυχθεί τουλάχιστον σε θερμοκρασία  $-161^\circ\text{C}$ , που αντιστοιχεί στο σημείο βρασμού του καθαρού μεθανίου, όπου και μειώνεται ο όγκος του σε βαθμό  $1/600$ , με αποτέλεσμα να καθίσταται εφικτή και οικονομικά βιώσιμη η θαλάσσια μεταφορά του (Bengtssonetal., 2011).

Η υγροποίηση του φυσικού αερίου πραγματοποιείται γενικά σε εξειδικευμένες παραγωγικές μονάδες, οι οποίες αναφέρονται ως τερματικοί σταθμοί υγροποίησης (LNGliquefactionterminals), που βρίσκονται σε μικρή σχετικά απόσταση σε σχέση με τα πεδία παραγωγής του ορυκτού καυσίμου. Η φόρτωση πραγματοποιείται με τη βοήθεια των αντλιών των τερματικών σταθμών, ενώ η εκφόρτωση με τη βοήθεια των αντλιών των πλοίων.

Πριν την αποθήκευση και τη μεταφορά του φυσικού αερίου μεταφέρεται σε εγκατάσταση επεξεργασίας όπου υφίσταται καθαρισμό για την απομάκρυνση συμπυκνωμένων συστατικών, όπως νερού, πετρελαίου, λάσπης και διαφόρων αερίων (όπως διοξειδίου του άνθρακα και υδροθείου), αλλά και απομάκρυνση υδραργύρου με τη βοήθεια εναλλάκτη θερμότητας. Ακολούθως, το αέριο ψύχεται σταδιακά μέχρι την υγροποίησή του (Cozzani et al., 2011). Έπειτα το LNG αποθηκεύεται σε ειδικές δεξαμενές οι οποίες μπορούν να φορτωθούν σε πλοίο και να μεταφερθούν. Η ελάττωση του όγκου που υφίσταται το LNG σε σχέση με το συμπιεσμένο φυσικό αέριο είναι



τέτοια ώστε η πυκνότητα ενέργειας να είναι 2-4 φορές μεγαλύτερη εκείνης του ντίζελ. Συνοπτικά, η γενική επεξεργασία που υφίσταται το φυσικό αέριο από τη μεταφορά του στον χώρο επεξεργασίας έως τη διάθεσή του στην αγορά απεικονίζεται στο Σχήμα 2.1.



Σχήμα 2.1. Στάδια διαχείρισης LNG (Cozzani et al., 2011).

Σε μία συμβατική εγκατάσταση φόρτωσης, εκφόρτωσης και υποδοχής LNG θα πρέπει να είναι εγκατεστημένος ο ακόλουθος εξοπλισμός.

- α. Δεξαμενές αποθήκευσης
- β. Προβλήτα εκφόρτωσης εφοδιασμένη με «βραχίονες» εκφόρτωσης και «βραχίονες» επιστροφής των ατμών που προκύπτουν από την εξαέρωση (boil-off gas)
- γ. Αντλίες χαμηλής πίεσης, που είναι βυθισμένες εντός των δεξαμενών
- δ. Αντλίες υψηλής πίεσης για τη συμπίεση του LNG μέχρι την πίεση στην οποία λειτουργεί το δίκτυο μεταφοράς. Για τη συμπίεση του LNG απαιτείται τριάντα φορές μικρότερη ενέργεια από τη συμπίεση του φυσικού αερίου.

ε. Συμπιεστές που χρησιμοποιούνται για την επανυγροποίηση των ατμών που προκύπτουν από την εξαέρωση του LNG

στ. Επανυγροποιητής

ζ. Εξατμιστήρες καύσης (για την κάλυψη των φορτίων αιχμής) και θαλασσινού νερού (για την κάλυψη των φορτίων βάσης)

η. Πυρσός για την καύση των περισσευούμενων ατμών που προκύπτουν από την εξαέρωση του LNG

θ. Βοηθητικές εγκαταστάσεις

Οι κρυογονικές δεξαμενές αποθήκευσης είναι σχεδιασμένες να αντέχουν στις πολύ χαμηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται, ενώ η χωρητικότητά τους καθορίζεται από το μέγεθος του τερματικού σταθμού στον οποίον χρησιμοποιούνται. Στους μικρούς τερματικούς σταθμούς (ssLNG terminals) λειτουργούν συνήθως δεξαμενές αποθήκευσης με χωρητικότητα μεταξύ 500 και 1000 m<sup>3</sup>, με σφαιρική ή κυλινδρική μορφή. Το μέγεθος αυτών των δεξαμενών συνεπάγεται την εύκολη διαχείρισή τους, ενώ έχουν τη δυνατότητα να τοποθετηθούν οριζόντια ή κάθετα σε συστοιχία (Wärtsilä, 2016). Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων διαθέτουν κρυογονική χαλύβδινη εσωτερική επιφάνεια και κρυογονική ή μη χαλύβδινη εξωτερική επιφάνεια. Επιπλέον, οι εν λόγω δεξαμενές εμφανίζουν το πλεονέκτημα ότι λόγω της μικρότερης επιφάνειάς τους πραγματοποιείται ανταλλαγή μικρότερων ποσών θερμότητας και, κατά συνέπεια, αποφεύγεται ο μεγάλος βαθμός εξάτμισης του LNG. Στους μεγαλύτερους τερματικούς σταθμούς οι δεξαμενές είναι δυνατόν να έχουν χωρητικότητα 100,000 m<sup>3</sup>. Σε αυτές τις περιπτώσεις οι δεξαμενές κατασκευάζονται από οπλισμένο σκυρόδεμα, για να αποτραπεί η εξάτμιση του LNG (Mokhatab et al., 2014).

Η μεταφορά του LNG λαμβάνει χώρα με τη βοήθεια ειδικά σχεδιασμένων πλοίων, τα οποία εφοδιάζονται με διπλό κύτος, ώστε να προστατεύονται επαρκώς τα συστήματα που είναι υπεύθυνα για τον έλεγχο του φορτίου από βλάβες ή διαρροές. Τα συγκεκριμένα πλοία (Σχήμα 2.2) είναι ένα είδος δεξαμενόπλοιων ή/και εμπορικών σκαφών των οποίων το φορτίο είναι το LNG. Η μεταφορά του τελευταίου πραγματοποιείται με τρόπο αντίστοιχο με τον οποίον λαμβάνει χώρα η μεταφορά του αργού πετρελαίου.



**Σχήμα 2.2.** Πλοίο μεταφοράς LNG (Marinetraffic, 2018).

Το μέγεθος των πλοίων μεταφοράς του LNG, στις περιπτώσεις όπου δεν υφίσταται ολοκληρωμένο σύστημα ssLNG μπορεί να υπερβεί τα 250 m. Για την αποθήκευση του LNG στα πλοία μεταφοράς προβλέπεται η χρήση τριών βασικών ειδών: η πρισματική, η σφαιρική και η δεξαμενή μεμβράνης. Οι πιο συνηθισμένες είναι οι σφαιρικές δεξαμενές, ενώ ακολουθούν οι δεξαμενές μεμβράνης ως προς τη συχνότητα της χρήσης.

Τα πλοία μεταφοράς εκφορτώνουν τις ποσότητες LNG σε ειδικά διαμορφωμένους τερματικούς σταθμούς, όπου το υγροποιημένο καύσιμο αντλείται από το πλοίο προς προώθησή του σε μονωμένες δεξαμενές αποθήκευσης. Στον τερματικό σταθμό, λοιπόν, είναι κατασκευασμένες οι αποβάθρες για τα σκάφη που μεταφέρουν το LNG, οι δεξαμενές αποθήκευσης, οι ψεκαστήρες και άλλος εξοπλισμός, στην περίπτωση των συμβατικών τερματικών σταθμών, για την επαναεριοποίηση του καυσίμου. Ο εξοπλισμός επαναεριοποίησης συνδέεται με το δίκτυο σωληνώσεων μεταφοράς του φυσικού αερίου (Mokhatab et al., 2014).

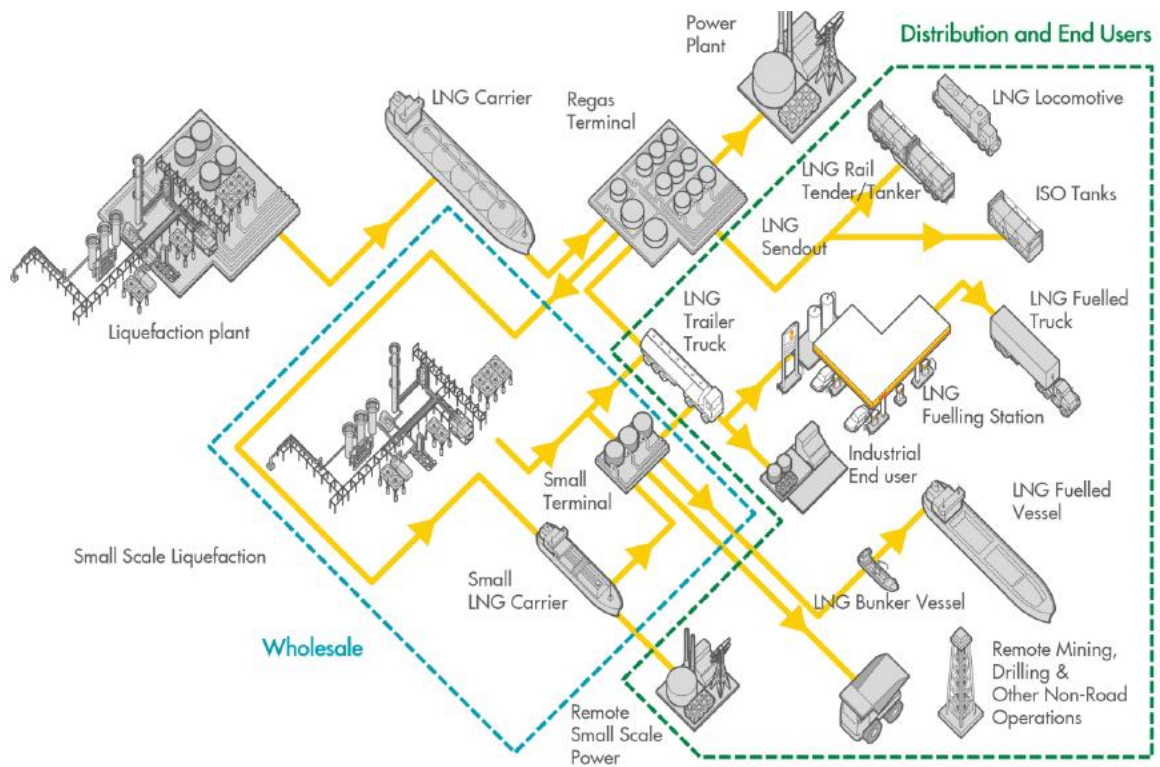
Η αποθήκευση του LNG στα πλοία ρυθμίζεται από τον Διεθνή Κώδικα Μεταφοράς Αερίων (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk ή, απλούστερα, IGCCode), που αποτελεί τμήμα των εκδόσεων του Διεθνούς Οργανισμού Ναυσιπλοΐας οι οποίες σχετίζονται με την ασφάλεια ζωής στη θάλασσα (Safety of Life At Sea, SOLAS). Ο συγκεκριμένος

κώδικας περιλαμβάνει απαιτήσεις αναφορικά με την κατασκευή και την αντοχή των δεξαμενών, με κανόνες υπολογισμού της πίεσης που επιτρέπεται να έχουν οι δεξαμενές και την ρύθμιση της μέγιστης επιτρεπόμενης πίεσης που αφορά στις βαλβίδες εκτόνωσης. Με βάση τον IGCCode γίνονται αποδεκτά συγκεκριμένα μόνον είδη δεξαμενών (IMO, 2014). Στις συγκεκριμένες δεξαμενές επιτυγχάνεται η μεταφορά του LNG σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία που φτάνει περίπου τους  $-163^{\circ}\text{C}$ , πλησίον, δηλαδή, της θερμοκρασίας εξαέρωσης του LNG.

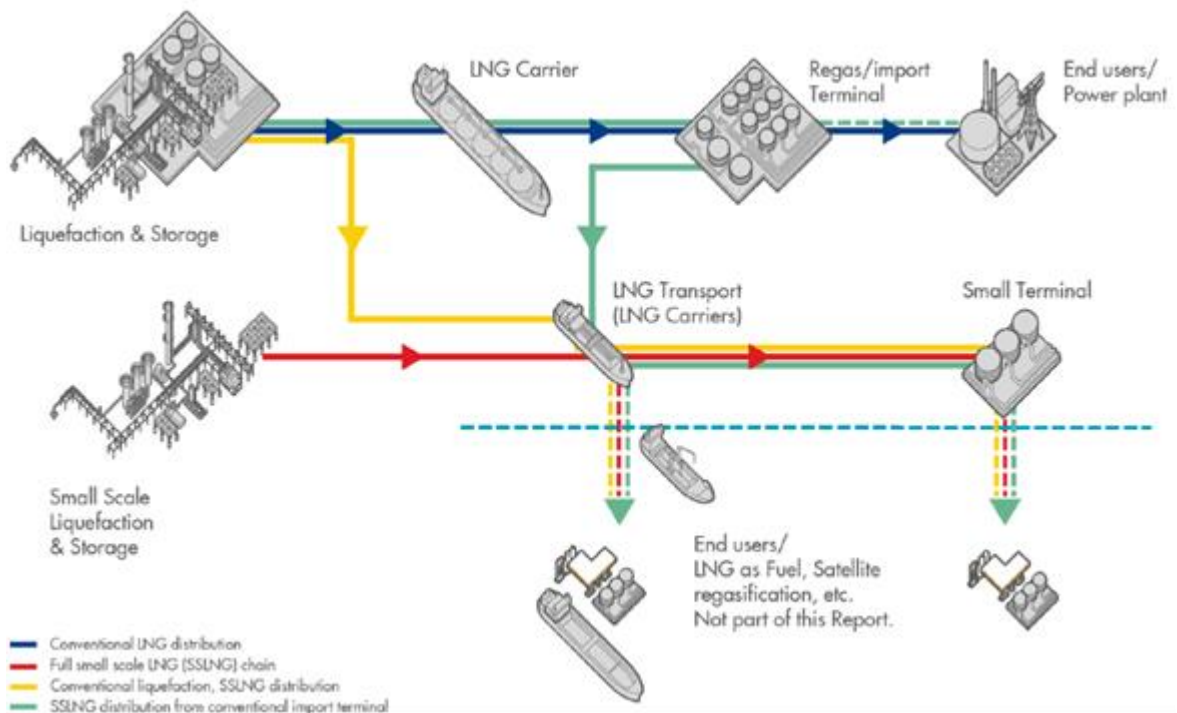
Με βάση τα παραπάνω, καθίσταται σαφές ότι σε σχέση με τους αγωγούς μεταφοράς και διανομής φυσικού αερίου στην αέρια κατάσταση και σε μεγάλες αποστάσεις τα πλοία μεταφοράς LNG εμφανίζουν ως βασικό πλεονέκτημα την ικανότητά τους να μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες καυσίμου (συνήθως περί τα  $160,000 \text{ m}^3\text{LNG}$ ), αφού το προϊόν που μεταφέρεται έχει υποστεί πολύ μεγάλη συμπίκνωση (Alderton, 2004).

## **2.2. Οι συμμετέχοντες στην αγορά του ssLNG**

Αν στο πεδίο διανομής και κατανάλωσης του συμβατικού LNG με βάση το *Σχήμα 2.3.* είναι δυνατόν να αναφερθεί κανείς σε μία «αξιακή αλυσίδα», αποτελούμενη κυρίως από τους επιμέρους τομείς της υγροποίησης, της μεταφοράς, της επαναεριοποίησης και της κατανάλωσης και χρήσης (σε βιομηχανική ή οικιακή κλίμακα), η αγορά του ssLNG περιγράφεται καλύτερα με τον όρο του «αξιακού δικτύου» (value network). Όπως αποτυπώνεται στο *Σχήμα 2.4.*, το ssLNG μπορεί να ληφθεί από μία υφιστάμενη μονάδα LNG, υγροποίησης ή επαναεριοποίησης, που είναι συμβατικής κλίμακας, ενώ μπορεί επίσης να ληφθεί από μία μονάδα μικρής κλίμακας αυτής καθ' εαυτής. Σε σύγκριση με την αξιακή αλυσίδα του συμβατικού LNG, το αξιακό δίκτυο του ssLNG μπορεί να εξυπηρετήσει μεγαλύτερο εύρος χρηστών και καταναλωτών.



Σχήμα 2.3. Αξιακή αλυσίδα του συμβατικού LNG ( ).

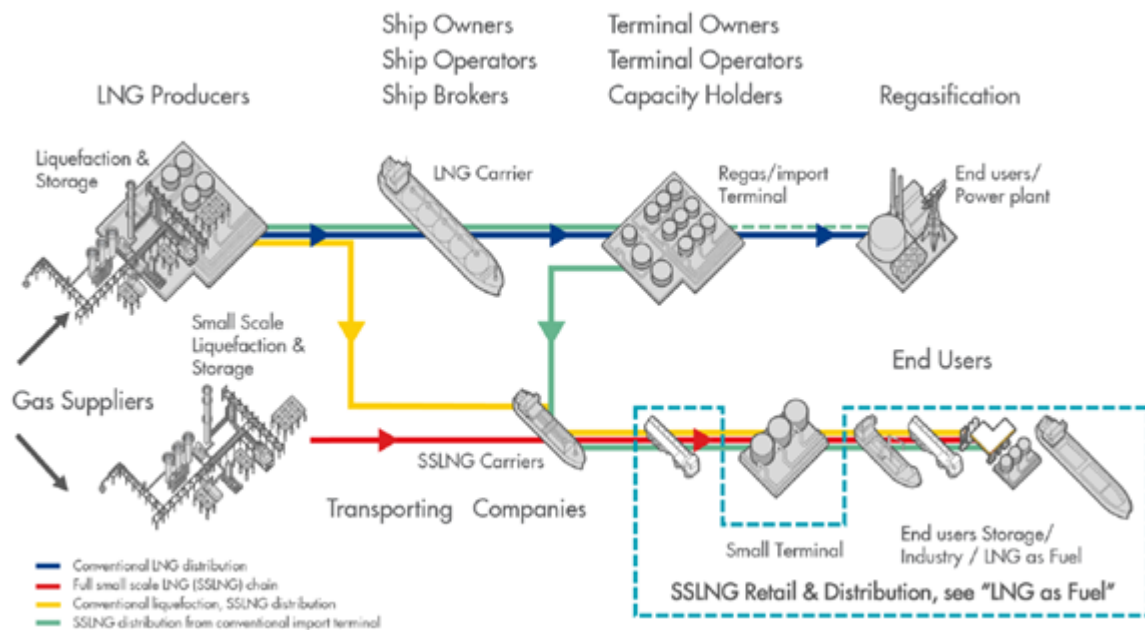


Σχήμα 2.4. Αξιακή αλυσίδα ή αξιακό δίκτυο του ssLNG και σύγκριση με την αξιακή αλυσίδα του συμβατικού LNG ( ).

Πιο συγκεκριμένα, στο *Σχήμα 2.4.* η μπλε γραμμή αφορά στη διανομή του συμβατικού LNG, ενώ οι υπόλοιπες τις παραλλαγές που αντιστοιχούν στη διανομή του ssLNG. Η ολοκληρωμένη αξιακή αλυσίδα ssLNG αναπαρίσταται με την κόκκινη γραμμή, ενώ η παραλαβή του LNG από συμβατική μονάδα υγροποίησης και επακόλουθη διανομή του σε μικρές ποσότητες στο σταθμό ssLNG συμβολίζεται με την κίτρινη γραμμή. Επίσης, η πράσινη διακεκομμένη γραμμή αντιστοιχεί στη μεταφορά μικρών ποσοτήτων καυσίμου από τις μονάδες εισαγωγής και επαναεριοποίησης σε μία τοπική ή απομακρυσμένη μονάδα παραγωγής ενέργειας, η οποία δεν είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. Στην περίπτωση που η ζήτηση σε LNG προέρχεται αποκλειστικά από μικρούς τερματικούς σταθμούς LNG, δεν λαμβάνει χώρα επαναεριοποίηση και η μονάδα που παραλαμβάνει το καύσιμο αναφέρεται ως «σταθμός εισαγωγής» (import terminal, βλ. πράσινη γραμμή). Οι χρήστες και οι καταναλωτές μπορούν ακόμη να εξυπηρετηθούν μέσω των μεγαλύτερων μονάδων αποθήκευσης ή μέσω των μικρών τερματικών σταθμών.

Στο *Σχήμα 2.3.* περιγράφονται οι συμμετέχοντες στην αγορά του ssLNG, μαζί με τις διάφορες επιλογές διαχείρισης του ssLNG κατά μήκος της αξιακής αλυσίδας ή του αξιακού δικτύου. Η επιλογή για την εφαρμογή της εκάστοτε επιλογής εξαρτάται από το επιχειρηματικό μοντέλο (business model) που πρόκειται να ακολουθηθεί και τις διαθέσιμες εναλλακτικές επιλογές της κάθε περιοχής.

Όπως περιγράφεται στο *Σχήμα 2.5.*, υπάρχουν ποικίλες επιλογές για τη διαχείριση του ssLNG διά μέσου του αξιακού δικτύου. Μία από αυτές περιλαμβάνει την έναρξη των εργασιών από μία μονάδα υγροποίησης μεγάλης κλίμακας και, ακολούθως, τη φόρτωση του LNG σε συμβατικά δεξαμενόπλοια μεταφοράς LNG, σε μικρά δεξαμενόπλοια μεταφοράς LNG (έως 30,000 m<sup>3</sup>) ή σε βυτιοφόρα ή αυτοκινητάμαξες, με προορισμό τον τελικό χρήστη ή καταναλωτή (end user). Από τη στιγμή που το καύσιμο φορτώνεται σε συμβατικά σκάφη το LNG μπορεί έπειτα να μεταφερθεί σε τερματικούς σταθμούς εισαγωγής μικρής ή μεγάλης κλίμακας, από όπου μπορεί να φορτωθεί σε μικρότερες ποσότητες και να μεταφερθεί σε συσκευασμένα χύδην φορτία (break-bulk) με μικρά δεξαμενόπλοια χωρητικότητας έως 30,000 m<sup>3</sup> ή με άλλα μέσα μεταφοράς με προορισμό τον τελικό χρήστη ή καταναλωτή. Η συνεισφορά των συμμετεχόντων στη διαχείριση του ssLNG καθορίζεται από το εφαρμοζόμενο κατά τόπους επιχειρηματικό μοντέλο.



**Σχήμα 2.5.** Συμμετέχοντες στην αγορά του ssLNG και εναλλακτικά επιχειρηματικά μοντέλα ( ).

Οι συμμετέχοντες στην αγορά ssLNG, ή άλλως οι «επιχειρηματικοί παίκτες», μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο ενσωματωμένοι στο αξιακό δίκτυο, γεγονός που επίσης καθορίζεται από το εφαρμοζόμενο επιχειρηματικό μοντέλο. Είναι εν τούτοις κοινώς παραδεκτό ότι η αγορά ssLNG αποτελεί ένα νεοφυές επιχειρηματικό πεδίο, εντός μίας νέας αγοράς, στο οποίο επομένως διεισδύουν συνεχώς νέοι συμμετέχοντες, ο αριθμός των οποίων προστίθεται στους παραδοσιακούς επιχειρηματικούς παίκτες οι οποίοι προέρχονται από την αγορά του συμβατικού LNG (Ancona et al., 2018).

Πέραν από τους εμπορικούς συμμετέχοντες (commercial players) και τους συμμετέχοντες που δραστηριοποιούνται στην αλυσίδα του ssLNG (logistic players), θεμελιώδη ρόλο διαδραματίζουν επίσης οι κυβερνήσεις και οι ρυθμιστικές αρχές, διαμορφώνοντας τα χαρακτηριστικά του αξιακού δικτύου και επηρεάζοντας το συνολικό του κόστος. Επίσης, πρέπει να τονιστεί ότι η λειτουργία και οι δραστηριότητες των συμμετεχόντων που περιγράφονται στο παρόν υποκεφάλαιο σε δεδομένο επίπεδο της αξιακής αλυσίδας μπορεί να είναι ποικίλες.

Ορισμένοι από τους συμμετέχοντες αντιστοιχούν στους παραγωγούς φυσικού αερίου και τους παραγωγούς και τους προμηθευτές LNG/ssLNG. Ο προμηθευτής

φυσικού αερίου πωλεί το καύσιμο ως αέρια τροφοδοσία στις μονάδες παραγωγής LNG/ssLNG. Ο παραγωγός LNG δε έχει στην κατοχή του τη μονάδα υγροποίησης του καυσίμου και είναι υπεύθυνος για την ομαλή λειτουργία της. Ο προμηθευτής LNG πωλεί το υγροποιημένο καύσιμο στους συμμετέχοντες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της μεταφοράς ή/και της διανομής του LNG.

Επί παραδείγματι, στην Κίνα (Xinjiang), η εταιρεία Guanghui, δραστηριοποιείται ως παραγωγός LNG, έχοντας στην ιδιοκτησία της και λειτουργώντας μία μικρής κλίμακας μονάδα υγροποίησης φυσικού αερίου. Η συγκεκριμένη εταιρεία προμηθεύεται το φυσικό αέριο από τον τοπικό παραγωγό και προμηθευτή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Μετά την υγροποίησή του, το φυσικό αέριο μεταφέρεται με φορτηγά σε μονάδα επαναεριοποίησης, ενώ διάφοροι χρήστες-πελάτες της εταιρείας χρησιμοποιούν το LNG ως καύσιμο μεταφοράς. Άλλο παράδειγμα περιλαμβάνει τη νορβηγική εταιρεία Skangass η οποία έχει στην ιδιοκτησία της φυσικό αέριο που έχει αγοράσει από εταιρείες παραγωγής και λειτουργεί ως προμηθευτής φυσικού αερίου, συμμετέχοντας σε μία συμφωνία ανάθεσης της επεξεργασίας ορισμένης ποσότητας φυσικού αερίου σε ορισμένο χρονικό διάστημα (tolling agreement) με την εταιρεία Lyse. Η τελευταία αποτελεί την ιδιοκτήτρια της μονάδας υγροποίησης Risavika και λειτουργώντας ως παραγωγός LNG, παρέχει το υγροποιημένο καύσιμο στην Skangass, η οποία πωλεί το ssLNG στους συμμετέχοντες που έπονται κατά μήκος του αξιακού δικτύου.

Σε μια άλλη ευρύτερη κατηγορία συμμετεχόντων υπάγονται οι ιδιοκτήτες των σκαφών μεταφοράς, οι διαχειριστές των τελευταίων, οι ναυλωτές και οι μεσίτες ναυτιλιακών συμβάσεων. Οι πρώτοι εξ' αυτών έχουν στην κατοχή τους τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς του καυσίμου, ενώ οι διαχειριστές αναλαμβάνουν τη λειτουργία του σκάφους, έχοντας συνάψει σχετική συμφωνία με τον πλοιοκτήτη. Οι ναυλωτές διαχειρίζονται το σκάφος καταβάλλοντας ναύλα στον ιδιοκτήτη, ενώ οι μεσίτες ναυτιλιακών συμβάσεων μεσολαβούν μεταξύ των ιδιοκτητών και των ναυλωτών. Για παράδειγμα, ο όμιλος Gasnor ναυλώνει ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG από την πλοιοκτήτρια και διαχειρίστρια εταιρεία Knutsen. Στην περίπτωση που το καύσιμο μεταφέρεται με βυτιοφόρα ή αυτοκινητάμαξες, είναι ευνόητο ότι στους επιχειρηματικούς παίκτες του πεδίου της μεταφοράς υπεισέρχονται οι ιδιοκτήτες και οι διαχειριστές των παραπάνω μέσων μεταφοράς.



Άλλοι επιχειρηματικοί παίκτες περιλαμβάνουν τους ιδιοκτήτες και τους διαχειριστές τερματικών σταθμών (terminal owners, terminal operators), αλλά και τους «κατόχους χωρητικότητας» (capacity holders). Ο ιδιοκτήτης ενός τερματικού σταθμού συνάπτει συμβόλαιο με τον διαχειριστή του σταθμού, ο οποίος με τη σειρά του είναι συμβαλλόμενος με τον κάτοχο χωρητικότητας. Ο τελευταίος διαθέτει τις ποσότητες του καυσίμου και αξιοποιεί τις υπηρεσίες του τερματικού σταθμού για τη διαχείριση αυτού. Για παράδειγμα, ο όμιλος DongEnergy (κάτοχος χωρητικότητας) προμηθεύεται LNG το οποίο διαχειρίζεται ο τερματικός σταθμός Gate στο Rotterdam, η διαχειρίστρια εταιρεία του οποίου ταυτίζεται με την ιδιοκτήτρια εταιρεία.

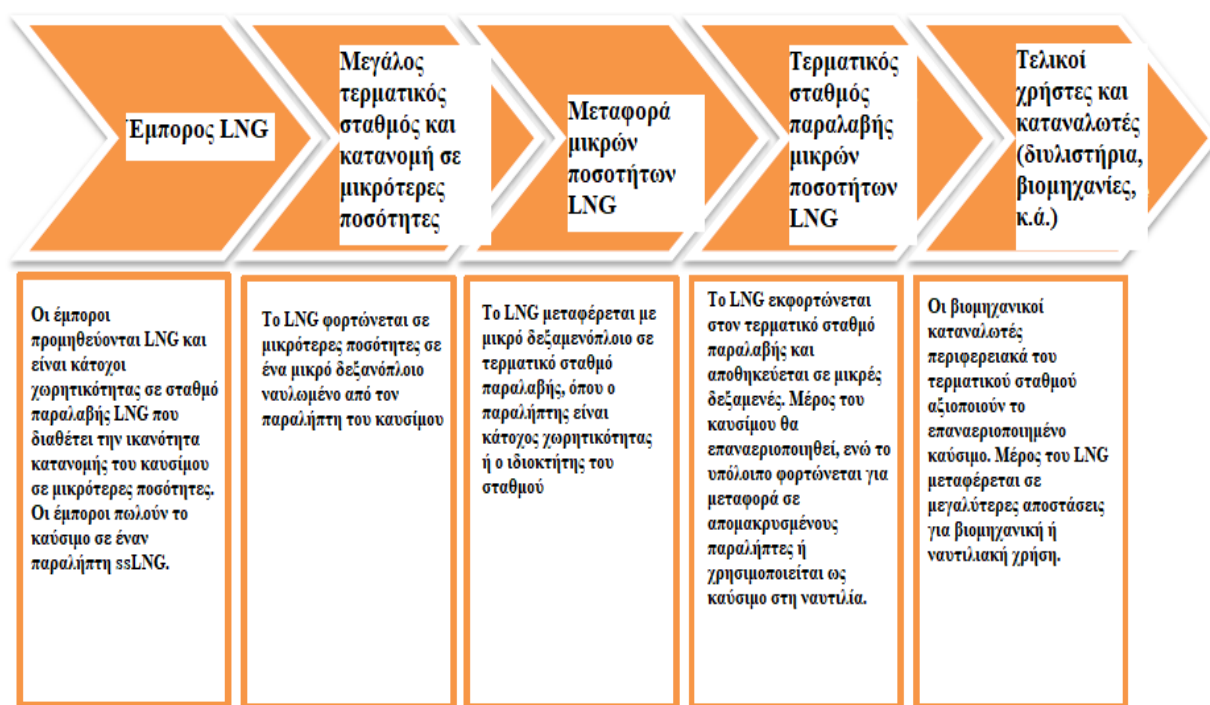
Σε μια άλλη ευρύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται οι παραλήπτες του LNG (off-takers), οι οποίοι αντιστοιχούν είτε στις μονάδες επαναεριοποίησης είτε στους χρήστες και τους καταναλωτές του καυσίμου, όπως για παράδειγμα η σουηδική χαλυβουργία SSAB. Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται επίσης και οι επιχειρήσεις οι οποίες λειτουργούν ως διανομείς του καυσίμου σε μικρότερες ποσότητες και σε περαιτέρω παραλήπτες, μικρότερης κλίμακας.

Σε μια ειδική κατηγορία εντάσσονται οι «ολοκληρωμένοι» επιχειρηματικοί παίκτες (integrated players) που αντιστοιχούν στις επιχειρήσεις, οι οποίες μετέχουν στο σύνολο του αξιακού δικτύου. Τέτοια παραδείγματα συνιστούν οι διεθνείς πετρελαϊκές εταιρείες που προμηθεύουν το φυσικό αέριο, παράγουν το LNG στις δικές τους μονάδες, μεταφέρουν το υγροποιημένο καύσιμο, το οποίο κατόπιν κατανέμουν σε μικρότερες ποσότητες και το πωλούν σε βιομηχανικούς χρήστες, όπως σε «βαριές» βιομηχανίες, οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. Είναι ευνόητο ότι οι ολοκληρωμένοι παίκτες της αγοράς του ssLNG διαθέτουν σημαντικά περιουσιακά στοιχεία που συμμετέχουν στο αξιακό δίκτυο. Μικρότερη ευελιξία χαρακτηρίζει τους ολοκληρωμένους παίκτες που αναφέρονται ως έμποροι ssLNG, οι οποίοι αν και μπορεί να συμμετέχουν σε πολλές θέσεις κατά μήκος της αξιακής αλυσίδας, όπως για παράδειγμα να συμπεριλαμβάνονται στους κατόχους χωρητικότητας ενός μικρού ή μεγαλύτερου τερματικού σταθμού και, ταυτοχρόνως, στους ναυλωτές δεξαμενόπλοιων μεταφοράς LNG, συνήθως δεν κατέχουν τα απαιτούμενα περιουσιακά στοιχεία.

Τέλος, μια άλλη κατηγορία αφορά στους κυβερνητικούς φορείς και τις ρυθμιστικές αρχές, παράγοντες που επιδρούν σε τμήμα ή στο σύνολο των κατά τόπους αξιακών αλυσίδων του ssLNG, διά της ρυθμίσεως της αγοράς του καυσίμου ή

λειτουργώντας ως παραλήπτες ενός τοπικού τερματικού σταθμού που παραλαμβάνει το LNG. Οι ρυθμιστικές αρχές μπορεί να διαχειρίζονται την ασφάλεια εφοδιασμού σε εθνικό επίπεδο, προσδιορίζοντας παράλληλα την προσβασιμότητα και τους δασμούς. Σε μια τέτοια περίπτωση, συνήθως ο εθνικός διαχειριστής συστήματος μεταφοράς (transmission system operator, TSO) είναι υπεύθυνος για την ασφάλεια εφοδιασμού. Σε πολλές χώρες η ενεργειακή αγορά του φυσικού αερίου υπάγεται σε ρυθμιστικό καθεστώς το οποίο περιορίζει τα κέρδη μιας μονάδας διαχείρισης LNG, ιδίως όταν η εν λόγω μονάδα είναι συνδεδεμένη με το εθνικό δίκτυο διανομής φυσικού αερίου.

Ενδεικτικά, στο Σχήμα 2.6. παρατίθεται η αλυσίδα προμήθειας ssLNG που αφορά τη μεταφορά του καυσίμου στον τερματικό σταθμό Gate και, ακολούθως, στο Nynåshamn της Σουηδίας.



**Σχήμα 2.6.** Αξιακή αλυσίδα διαχείρισης ssLNG από το Rotterdam της Ολλανδίας στο Nynåshamn της Σουηδίας (IGU, 2015).

Οι πραγματικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμμετεχόντων στο αξιακό δίκτυο του ssLNG ποικίλλουν, ανάλογα με τη δυναμική της αγοράς και το ρυθμιστικό πλαίσιο. Οι υπάρχουσες πρακτικές στην αγορά του ssLNG αφορούν κυρίως στην προμήθεια LNG από εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας οι οποίες έχουν τη δυνατότητα να κατανέμουν το καύσιμο σε μικρότερες ποσότητες (π.χ. στη Βόρεια Ευρώπη). Άλλες

υφιστάμενες πρακτικές περιλαμβάνουν τη λειτουργία μικρών μονάδων υγροποίησης οι οποίες τροφοδοτούνται από απομονωμένες περιοχές παραγωγής φυσικού αερίου, όπως στον Ισημερινό και την Κίνα.

Στον Πίνακα παρουσιάζονται χαρακτηριστικοί συμμετέχοντες, μερικοί εκ των οποίων θεωρούνται ολοκληρωμένοι επιχειρηματικοί παίκτες.

**Πίνακας.** Χαρακτηριστικοί συμμετέχοντες στην αγορά του ssLNG (IGU, 2015).

Ρόλος	Δραστηριότητα της αξιακής αλυσίδας						
	Ολοκληρωμένη αξιακή αλυσίδα	Παροχή φυσικού αερίου	Υγροποίηση	Μεταφορά		Αποθήκευση και τερματικοί σταθμοί	Επαναεριοποίηση
				Χερσαία	Θαλάσσια		
Ίδιοκτήτες φυσικού αερίου, κάτοχοι χωρητικότητας	EWC, PetroChina, China Natural Gas Co. Ltd, Shell	Pacific Rubiales, SinoPac, PetroChina, CNOOC	CNOOC, PetroChina, Skangass, Pacific Rubiales, Gasnor AS (Shell)		Gasnor AS (Shell), AGA (Linde)	Eneco, Gasnor AS (Shell)	Enagas, Pacific Rubiales, PGN
Ίδιοκτήτες/διαχειριστές περιουσιακών στοιχείων	Shell, PetroChina	Pacific Rubiales, EWC	Petrobras, Gasnor AS (Shell), Exmar, EWC, Guanghui, Linde, Prometheuss	IOCL, Enagas, Gasnor AS (Shell), Skangass, Guanghui,	MISC, Jaccar Holding, Anthony Veder, Norgas, IM Skaugen, Sirius	Gate, Fluxys, Gothenburg, Vopak, Skangass, Gasunie, Guanghui, Linde, IOCL	Saibu Gas, Gasnor AS (Shell), Lyse (Skangass), Exmar, Engages

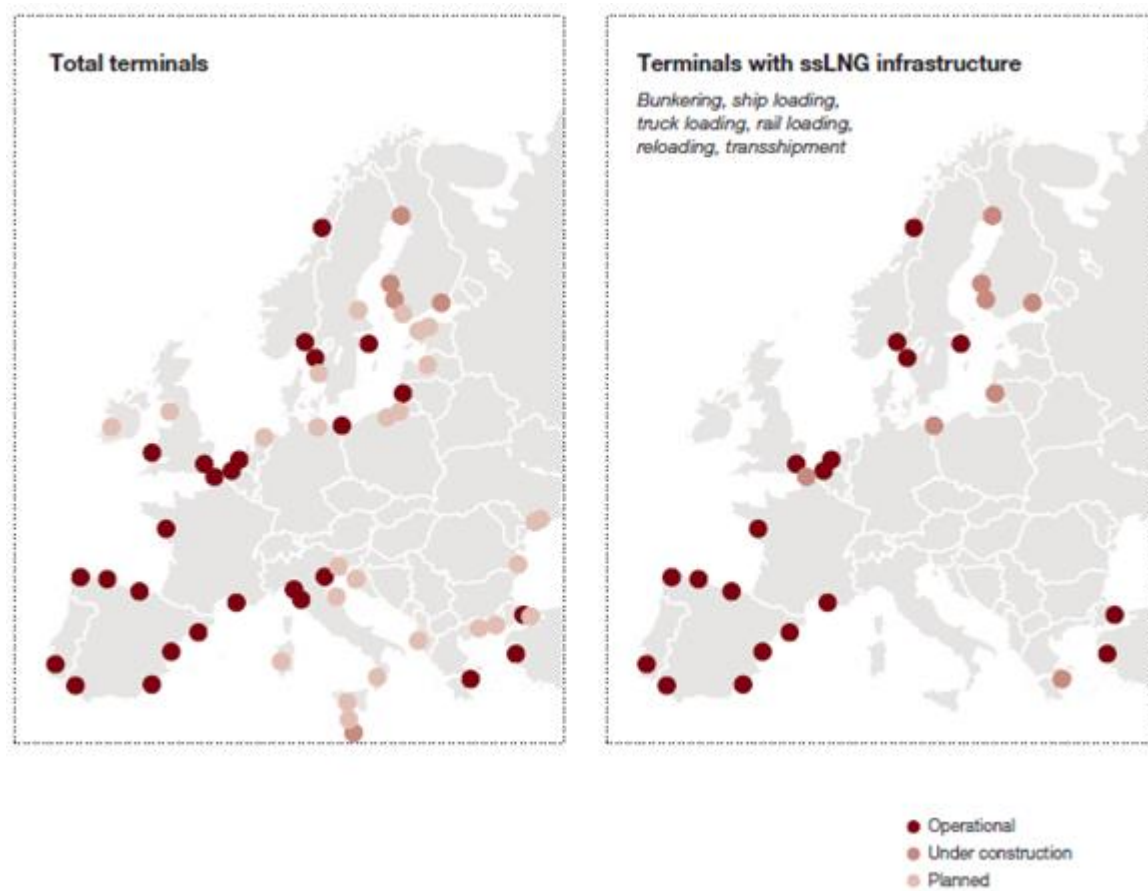
				AGA (Linde)			
Υπεύθυνοι σύναψης συμβολαίων			China Petroleum Eng., CIMC, Salof, Linde, B&V, Wison, HQCEC	Chart- Ferox, Cryolo r, Indox, Cazgir		Fluor, Cryo AB (Linde), Cryostar (Linde), Chart- Ferox, Aritas, CIMC	Linde, Chart- Ferox
Πάροχοι τεχνολογίας			APCI, B&V, Linde, Salof, Chart, GE, Hamworth y, HQCEC, Chengdu Cryogenic s, Sichuan Air, Nordon, Shell	West- port	Knutsen, Exmar, Teekay, TGE Marine, Wartsila	Chart, Cryo (Linde), TGE Gas Eng.	Linde
Κυβερνητικοί φορείς, ρυθμιστικές αρχές	EU (DG- Energy), NDRC (PRC)		FERC, BPMigas, SKK Migas	ADR	SIGTTO , GIGNL, IMO	OFGEM (UK), (Βραζιλία), FERC	ANP

### 3. ΟΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΤΟΥ ssLNG

#### 3.1. Παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη της αγοράς

Επί του παρόντος (2018) η αγορά ssLNG συνιστά έναν τομέα που μόλις έχει αρχίσει να αναπτύσσεται, αλλά που αναμένεται να διευρυνθεί με ταχείς ρυθμούς. Η περιφερειακή αγορά που εμφανίζει τη μεγαλύτερη ανάπτυξη σε υποδομές και σε δραστηριότητα που αφορά τη διαχείριση του ssLNG εντοπίζεται στην Κίνα, όπου οι κρατικοί φορείς επιχειρούν να αντιμετωπίσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση στα μεγάλα αστικά κέντρα και όπου η διαθεσιμότητα του φυσικού αερίου και η διαφορά της τιμής του με εκείνης του ντίζελ καθιστά βιώσιμη την ανέγερση υποδομών ssLNG. Η Κίνα επίσης έχει να επιδείξει τον μεγαλύτερο αριθμό φορτηγών που κινούνται με LNG (πλέον των 200,000 οχημάτων) και αναμένεται να παραμείνει η κυρίαρχη αγορά επί τουλάχιστον μία δεκαετία. Ο κινεζικός παράγοντας υλοποιεί μία επιθετική πολιτική ανέγερσης υποδομών ανεφοδιασμού LNG που έχει ως στόχο την κατασκευή περίπου 3000 σταθμών ανεφοδιασμού LNG/CNG (συμπιεσμένου φυσικού αερίου, compressed natural gas) έως το 2025, σχέδιο που έχουν επωμιστεί οι ChinaCleanEnergy και ENNEnergyHoldings. Η Κίνα έχει επίσης ανεγείρει 19 LNG σταθμούς ανεφοδιασμού σκαφών και σκοπεύει να κατασκευάσει άλλους 23. Οι ΗΠΑ συνιστούν επίσης έναν σημαντικό χώρο ανάπτυξης των υποδομών ssLNG. Στον τομέα της μεταφοράς, η εξισορροπητική αγωραπωλησία του καυσίμου (arbitrage) αποτελεί τον βασικό παράγοντα προώθησης αυτής της ανάπτυξης λόγω του πλεονάσματος σχιστολιθικού αερίου (shalegas). Οι αυστηρότεροι περιβαλλοντικοί κανονισμοί αναφορικά με τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων που έχουν καθιερωθεί στον τομέα της ναυτιλίας συνιστούν επίσης ένα κίνητρο προώθησης της διαχείρισης του ssLNG στη Βόρεια Αμερική αλλά και την Ευρώπη, ιδίως στις περιοχές της Σκανδιναβίας και της Βαλτικής. Πρέπει να σημειωθεί ότι η Νορβηγία συνιστά πρωτοπόρο στο χώρο της αγοράς του ssLNG. Στην ευρωπαϊκή ήπειρο, όπως απεικονίζεται στο *Σχήμα 3.1*, το διαρκώς διευρυνόμενο δίκτυο υποδομών ssLNG εντοπίζεται κυρίως στη Βόρεια Ευρώπη και την Ισπανία, αλλά βαθμιαία επεκτείνεται στην Ελλάδα και την Τουρκία. Ακόμη, σε ό,τι αφορά τον τρίτο πιο σημαντικό τομέα χρήσης του ssLNG, ήτοι την ηλεκτροπαραγωγή, υφίστανται σημαντικές ευκαιρίες για νησιωτικές υποδομές ssLNG που μπορούν να αποτελέσουν αξιόλογους παράγοντες προώθησης της ανάπτυξης της εν λόγω αγοράς, ιδίως σε χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας, όπως στην Ινδονησία, τις

Φιλιππίνες και τη Βιρμανία, αλλά και σε νησιά της Μεσογείου, όπως στη Σαρδηνία και τη Μάλτα, όπου σχεδιάζεται η κατασκευή ανέγερσης υποδομών LNG.

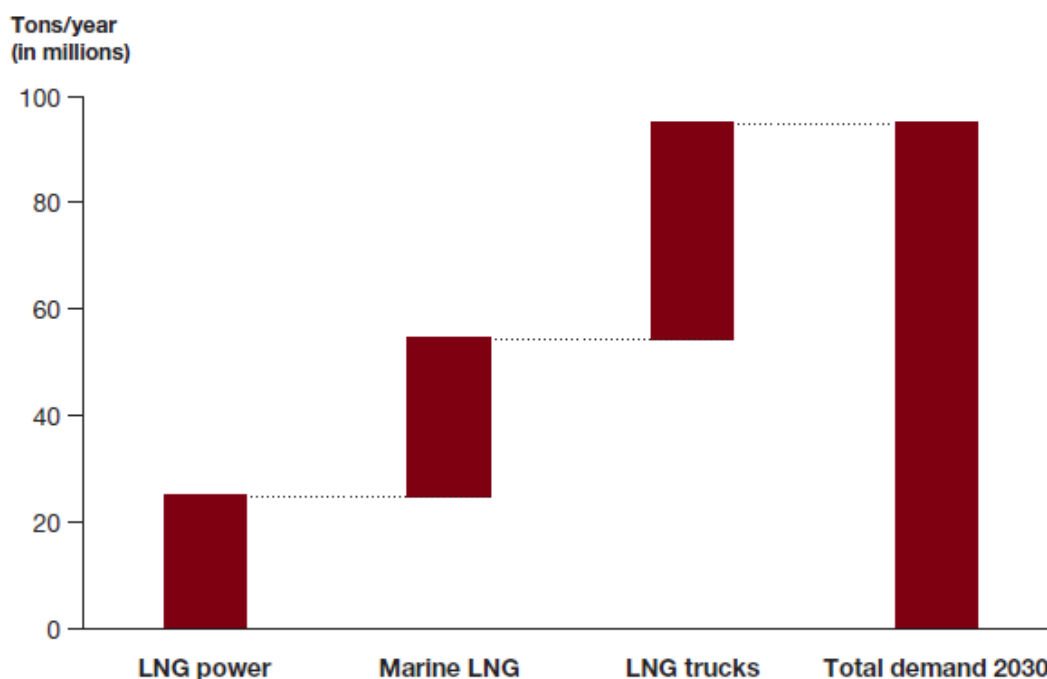


**Σχήμα 3.1.** Τερματικοί σταθμοί εισαγωγής LNG και ssLNG (υφιστάμενοι, υπό κατασκευή και υπό σχεδιασμό) στον ευρωπαϊκό χώρο (Bockerini et al., 2017).

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα επιχειρηματικά σχέδια διαχείρισης του ssLNG αφορούν πολλαπλά κίνητρα. Η παραγωγή ssLNG, όπως έγινε σαφές παραπάνω, θεωρείται σημαντικό πεδίο ιδίως στην Άπω Ανατολή, τη Βόρειο Αμερική και τη Βόρειο Ευρώπη. Η σημασία των επιμέρους παραγόντων για την ανάπτυξη των κατά τόπους υποδομών μπορεί να διαφοροποιείται από τη μία γεωγραφική περιοχή στην άλλη. Για παράδειγμα, στη Σκανδιναβία το βασικό κίνητρο είναι η ύπαρξη των περιβαλλοντικών περιορισμών, ενώ στις ΗΠΑ, ο οικονομικός παράγοντας. Στην Κίνα στην ανάπτυξη των υποδομών έχουν επιδράσει τόσο οικονομικές όσο και περιβαλλοντικές παράμετροι. Στα κίνητρα προώθησης της ανάπτυξης, ιδίως πρόσφατα, έχουν υπεισέλθει γεωπολιτικά δεδομένα για τις εθνικές κυβερνήσεις, οδηγώντας τους

καταναλωτές σε μια προσπάθεια διεύρυνσης της ενεργειακής τους ανεξαρτησίας και της αυτονομίας από προμηθευτές φυσικού αερίου μέσω αγωγών.

Σημαντικές όμως είναι και οι εκτιμήσεις της ζήτησης, οι οποίες με τη σειρά τους ανατροφοδοτούν την ανάπτυξη της αγοράς. Γενικά, οι προβλέψεις για την αύξηση της ζήτησης σε ssLNG είναι ιδιαίτερα ευοίωνες. Η Διεθνής Ένωση Φυσικού Αερίου (International Gas Union) προβλέπει μία αύξηση της ετήσιας διεθνούς ζήτησης σε ssLNG στα επίπεδα των 30 εκατομμυρίων τόνων το 2020, ενώ η Engie εκτιμά επίπεδα ζήτησης της τάξης των 75-90 εκατομμυρίων τόνων έως το 2030, εκ των οποίων το 26% θα χρησιμοποιείται για ηλεκτροπαραγωγή, το 32% στη ναυτιλία (άλλα με δυνατότητες περαιτέρω αύξησης μετά το 2030) και το 42% στη μεταφορά με φορτηγά (Σχήμα 3.2).



**Σχήμα 3.2.** Προβλέψεις της Engie για τη ζήτηση σε ssLNG το 2030 (Biscardini et al., 2017).

Προς επίρρωση των παραπάνω, στον Πίνακα 3.1 δίνεται η ενεργειακή κατανάλωση κατά τα έτη 2010-2013 σε τομείς όπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί το ssLNG, καθώς και οι εκτιμήσεις της TNO για τα επίπεδα ενεργειακής ζήτησης το 2025 σε κάθε γεωγραφική περιφέρεια και ανά χρήση.

**Πίνακας 3.1.** Ενεργειακή κατανάλωση ανά χρήση και ανά γεωγραφική ενότητα (2010-2013 και εκτιμήσεις για το 2025) (TNO, 2014).

Μtoe/yr	Φορτηγά		Σιδηρόδρομος		Ναυτιλία			Ηλεκτροπαραγωγή		
	2010	2025	2010	2025	2010	2025 (Διεθνώς)	2025 (ECA)	2013	2025	
Ασία-Ειρηνικός	254	388	30	37	112	140	9	69	106	
B. Αμερική	187	217	15	15	37	23	7	22	26	
Ευρώπη	157	179	13	13	67	48	19	16	18	
Κεντρική και Νότια Αμερική	90	134	7	7	22	29	1	29	44	
Μέση Ανατολή	105	142	7	7	22	28	2	69	94	
Λοιπές περιοχές	97	164	13	13	15	20	2	24	41	
Σύνολο	889	1225	86	94	276	289	40	229	327	
Σύνολο 2025 (%)	62		5		15			2	17	

Προκύπτει, λοιπόν, από τον Πίνακα 3.1 αναφορικά με την υποκατάσταση των ενεργειακών πηγών από το ssLNG, ότι η αγορά της μεταφοράς με φορτηγά συνιστά τον τομέα που εμφανίζει τη μεγαλύτερη ενεργειακή ζήτηση (περί το 62% της συνολικής ενεργειακής ζήτησης για το 2025). Ευρύ πεδίο αποτελεί επίσης και η διεθνής ναυτιλία, που αντιστοιχεί στο 17% της προς υποκατάσταση ενεργειακής ζήτησης, με

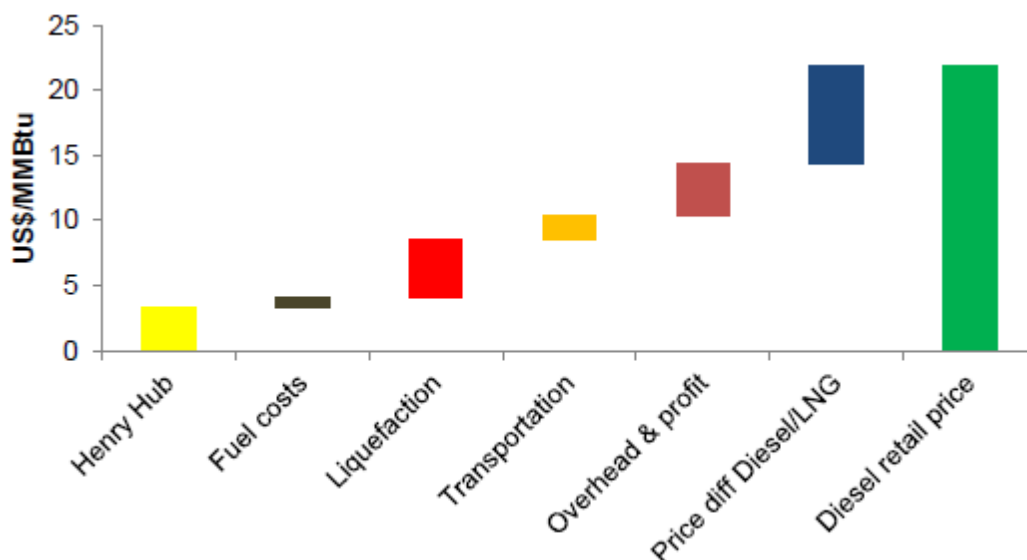


ιδιαίτερη δυναμική μετά το 2020 ή το 2025, όταν λόγω των διεθνών απαιτήσεων που αφορούν στα καύσιμα ναυτιλίας θα είναι αναγκαία η μείωση της περιεκτικότητάς τους σε θείο στα επίπεδα του 0.5% και κάτω. Η μεταφορά σε περιοχές όπου υφίστανται περιβαλλοντικοί περιορισμοί (ECA) αντιστοιχεί σε μικρό, αλλά σημαντικό λόγω των περιορισμών που έχουν επιβληθεί, ποσοστό. Εκτιμάται δε ότι ο αριθμός και το εύρος των ECA μπορεί να αυξηθεί, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αναθεώρηση προς τα πάνω της προβλεπόμενης ζήτησης. Επιπλέον, η ηλεκτροπαραγωγή όπου χρησιμοποιούνται υγρά καύσιμα αποτελεί επίσης ενδιαφέροντα τομέα, αν και αναφέρεται αβεβαιότητα ως προς τις εκτιμήσεις του ακριβούς όγκου ssLNG που μπορεί να υποκαταστήσει τα υγρά ορυκτά καύσιμα, κάτι που ισχύει και για τον τομέα των σιδηροδρόμων, από τη στιγμή που το αντίστοιχο ποσοστό (5%) περιλαμβάνει τόσο τη χρήση ντίζελ όσο και τη χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για την κίνηση των αμαξοστοιχιών (TSO, 2014).

Με γνώμονα τις παραπάνω παρατηρήσεις, μπορεί να ειπωθεί ότι οι θεμελιώδεις παράγοντες που προωθούν την αγορά του ssLNG είναι οι ακόλουθοι:

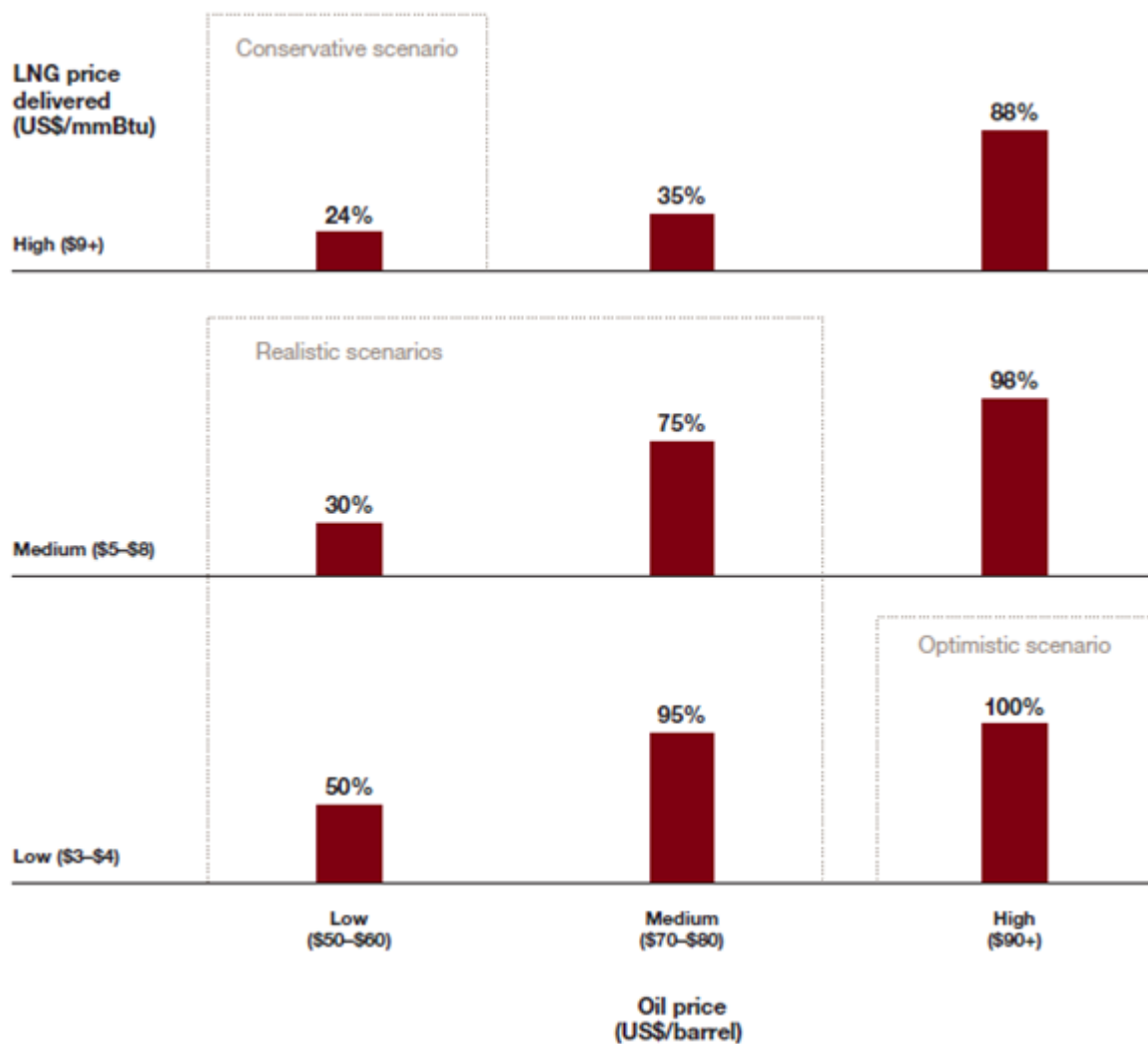
1. Οικονομικοί: Το LNG χαρακτηρίζεται από ανταγωνιστικό πλεονέκτημα ως προς το κόστος έναντι των εναλλακτικών ενεργειακών επιλογών για τους χρήστες και τους καταναλωτές, συμπεριλαμβανομένων των περιπτώσεων απουσίας υποδομών διανομής φυσικού αερίου. Στο Σχήμα 3.3. απεικονίζεται το συγκεκριμένο οικονομικό πλεονέκτημα που αφορά τη χρήση του LNG ως καυσίμου μεταφοράς έναντι του ντίζελ.
2. Περιβαλλοντικοί: Η χρήση του ssLNG μπορεί να συνεπάγεται ελκυστικά περιβαλλοντικά οφέλη τόσο αναφορικά με τη διαδικασία παραγωγής του φυσικού αερίου (αποτροπή της καύσης του διαφεύγοντος αερίου-flaring), αλλά και με τη χρήση και κατανάλωση αυτές καθ' εαυτές (LNG για μεταφορά, ηλεκτροπαραγωγή και θέρμανση), σε σύγκριση με τα υπόλοιπα ορυκτά καύσιμα. Ενδεικτικά, τα περιβαλλοντικά οφέλη αφορούν στις μειωμένες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, οξειδίων του θείου, οξειδίων του αζώτου, αιωρούμενων σωματιδίων και την παραγωγή θορύβου.
3. Πολιτικοί: Οι κυβερνητικές αποφάσεις για αύξηση των επιπέδων ενεργειακής ανεξαρτησίας και ασφάλειας του εφοδιασμού για ένα δεδομένο κράτος ή μια δεδομένη περιοχή ευνοούν ή πρόκειται να ευνοήσουν την ανάπτυξη επιχειρηματικών σχεδίων

διαχείρισης του ssLNG ως εναλλακτικής επιλογής για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του κράτους ή της γεωγραφικής περιοχής.



**Σχήμα 3.3.** Οικονομικό πλεονέκτημα του LNG έναντι του ντίζελ ως καυσίμων μεταφοράς (IGU, 2015).

Πράγματι, ο πιο πιθανός σημαντικός παράγοντας για την ανάπτυξη του ssLNG πρόκειται να είναι η αυξανόμενη απόκλιση μεταξύ της τιμής του LNG και των υγρών ορυκτών καυσίμων. Στο Σχήμα 3.4. απεικονίζονται τα διαφορετικά σενάρια, συντηρητικά και ρεαλιστικά, της διαμόρφωσης της τιμής των παραπάνω καυσίμων. Όπως παρατηρείται, έως το 2030, αν η τιμή του LNG παραμείνει μεταξύ 3\$ και 4\$ ανά mmBtu, ενώ η τιμή του πετρελαίου κυμανθεί σε επίπεδα άνω των 90\$ ανά βαρέλι, η ζήτηση σε ssLNG θα είναι τετραπλάσια σε σχέση με τη ζήτηση που θα προέκυπτε αν το κόστος του LNG ήταν μεγαλύτερο από 9\$ ανά mmBtu και η τιμή του πετρελαίου κυμαινόταν μεταξύ 50\$-60\$.



**Σχήμα 3.4.** Συντηρητικό και ρεαλιστικά σενάρια για τη διαμόρφωση της τιμής του LNG έναντι της τιμής του πετρελαίου (Bockerini et al., 2017).

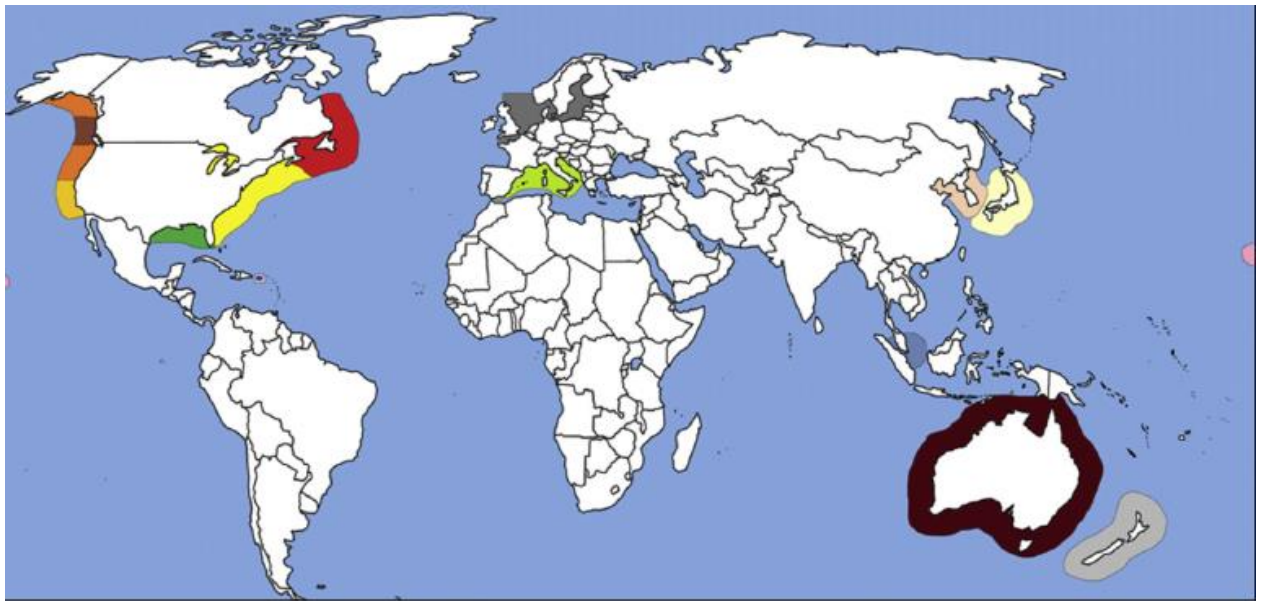
Από οικονομική σκοπιά και σε απόλυτα μεγέθη, πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η αγορά του ssLNG χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρότερα πάγια κόστη σε σύγκριση με την αγορά διαχείρισης του συμβατικού LNG. Επίσης, στον τομέα των χερσαίων μεταφορών, ιδίως με τη χρήση φορητών, το πάγιο κόστος των επενδύσεων εμφανίζει ευελιξία σε σχέση με την τάξη μεγέθους, ενώ ταυτόχρονα είναι σχετικά χαμηλό (π.χ. περίπου 600,000 € για έναν σταθμό ανεφοδιασμού οχημάτων). Οι επενδύσεις δε για τον ενεργειακό μετασχηματισμό στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής σε μονάδες που δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου, οι οποίες είναι περί τα 200,000 € κατά μέσο όρο, συνήθως διασφαλίζονται μέσω ενός μακροπρόθεσμου συμβολαίου με τους τελικούς χρήστες, αν και οι τελευταίοι απαιτείται να εξασφαλίζουν

μία ισχυρή παρουσία στην αγορά της ηλεκτροπαραγωγής. Γενικά, για εταιρείες που έχουν ήδη σημαντική σωρευμένη εμπειρία στη διανομή LNG, το ssLNG μπορεί να αποτελέσει μία διεργασία σχετικά εύκολα προσαρμόσιμη στις μικρότερες ποσότητες που διακινούνται, με ευελιξία ικανοποίησης της ζήτησης που προέρχεται από ένα πλήθος αναδυόμενων τομέων κεντρικών για την οικονομική δραστηριότητα.

Το περιβαλλοντικό κίνητρο για την υιοθέτηση του ssLNG στον τομέα της ναυτιλίας είναι ισχυρό. Η σύγχρονη ναυτιλία αντιμετωπίζει τρεις νέες πραγματικότητες που τα τελευταία έτη μεταβάλλουν τις επιλογές γύρω από τις επενδύσεις σε καύσιμα ναυτιλίας. Αρχικά, οι φορείς λήψης αποφάσεων, οι ερευνητές που αναλύουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της ναυτιλιακής δραστηριότητας και οι υπεύθυνοι για ζητήματα της ανθρώπινης υγείας ενδιαφέρονται ολοένα και περισσότερο για τις επιπτώσεις που προκύπτουν από τις εκπομπές ρύπων κοντά σε παράκτιες πόλεις με μεγάλο πληθυσμό. Οι Corbett & Fishbeck (1997) παρατηρούν ότι καθ' όλη τη διάρκεια της ιστορίας τα σκάφη εξέπεμπαν ιδιαίτερα μεγάλες ποσότητες ρύπων στην ατμόσφαιρα. Αν και είναι γεγονός ότι με την πάροδο του χρόνου γενικά έχει βελτιωθεί η περιβαλλοντική επίδοση των πλοίων, η διεθνής ναυτιλία εξακολουθεί να αποτελεί ένα μεγάλο τμήμα του προβλήματος της ρύπανσης σε τοπικό επίπεδο, ιδίως κατά μήκος των παράκτιων ζωνών, από τη στιγμή που το 70% των εκπομπών επηρεάζουν μία έκταση που εκτείνεται μέχρι και 400 km στο εσωτερικό της ξηράς. Οι αναλύσεις των ετών 2007-2012 έδειξαν ότι η διεθνής ναυτιλία παραμένει προβληματική από άποψη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας και οι εκπομπές που προκύπτουν από ναυτιλιακές δραστηριότητες μπορούν να συμβάλλουν καίρια στην υποβάθμιση της ανθρώπινης υγείας (IMO, 2014).

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των πρόσφατων ετών, έχουν υιοθετηθεί αυστηρότερα μέτρα από τον IMO, με στόχο τον περιορισμό των εκπομπών των οξειδίων του θείου και του αζώτου. Το Παράρτημα VI του MARPOL 73/78 αναθεωρήθηκε, έντεκα χρόνια μετά την σύνταξή του. Το Σχέδιο τροποποίησης του Παραρτήματος έλαβε την έγκριση εκ μέρους της Υποεπιτροπής Χύδην Υγρών και Αερίων του IMO τον Φεβρουάριο του 2008 (Anderssonetal., 2016). Το Παράρτημα VI θέτει όρια εκπομπών στα οξείδια του αζώτου και τα οξείδια του θείου από τις καύσεις των πλοίων, απαγορεύοντας τις εκπομπές συστατικών που επιβαρύνουν το περιβάλλον καταστρέφοντας το στρατοσφαιρικό όζον. Επιπροσθέτως, τόσο ο IMO όσο και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν καθορίσει «προστατευόμενες» περιοχές που καλούνται

Περιοχές Ελέγχου των Εκπομπών (EmissionControlAreas, ECAs), όπου τα όρια των εκπομπών από ναυτιλιακές δραστηριότητες είναι περισσότερο αυστηρά. Οι εν λόγω περιοχές απεικονίζονται στο Σχήμα 3.5. Η MARPOL καθορίζει τα όρια εκπομπών οξειδίων του θείου και του αζώτου τόσο στις ζώνες ECAs όσο και στα διεθνή ύδατα. Ο Πίνακας 3.2 περιγράφει τους περιορισμούς που αφορούν στο περιεχόμενο θείου στα καύσιμα και οι οποίοι έχουν θεσπιστεί από τη MARPOL, με γνώμονα τον στόχο σταθερού περιορισμού του περιεχόμενου θείου κατά τα επόμενα έτη. Ο Πίνακας 3.3 περιγράφει τους περιορισμούς που σχετίζονται με τις εκπομπές οξειδίων του αζώτου ως συνάρτηση της μέγιστης ταχύτητας της μηχανής σε συνθήκες λειτουργίας. Οι σχετικές προδιαγραφές, που είναι γνωστές ως TierIII εφαρμόστηκαν το 2016 και στοχεύουν στη βαθμιαία μείωση των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (ο στόχος ήταν 80% μέχρι το 2016). Τα όρια TierI και TierII ισχύουν σε διεθνές επίπεδο, ενώ τα όρια TierIII μόνον στις ζώνες ECAs.



Σχήμα 3.5. Ζώνες ECAs (Burel et al., 2013).

**Πίνακας 3.2.** Πρόγραμμα περιορισμού των εκπομπών οξειδίων του θείου (Burel et al., 2013).

Ημερομηνία εφαρμογής	Διεθνές όριο (% κ.β.)	Ημερομηνία εφαρμογής	Όριο ECA (% κ.β.)
Πριν την 1.1.2010	4.5	Πριν την 1.7.2010	1.5
Μετά την 1.1.2012	3.5	Μετά την 1.7.2010	1.0
Μετά την 1.1.2020	0.5	Μετά την 1.1.2015	0.1

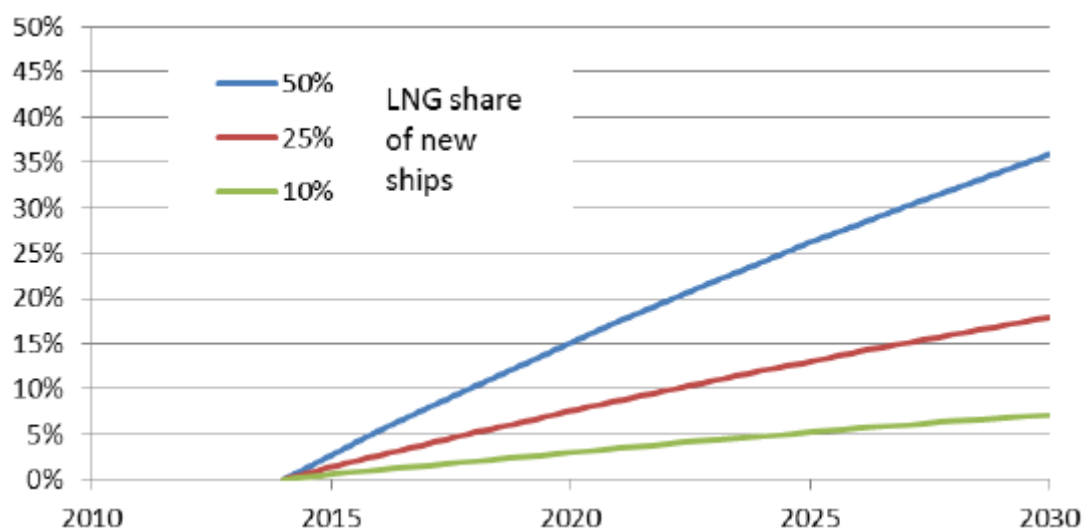
**Πίνακας 3.3.** Πρόγραμμα περιορισμού των εκπομπών οξειδίων του αζώτου. Με n συμβολίζονται οι στροφές της μηχανής σε rpm (Burel et al., 2013).

Tier	Έτος εφαρμογής	Όριο εκπομπών NO <sub>x</sub> (g/kWh)		
		n<13 0	130≤n≤200 0	n≥2000
Tier I	2000	17.0	$45 \times n^{-0.2}$	9.8
Tier II	2011	14.4	$44 \times n^{-0.23}$	7.7
Tier III	2016 (στις ζώνες ECAs)	3.4	$9 \times n^{-0.2}$	1.96

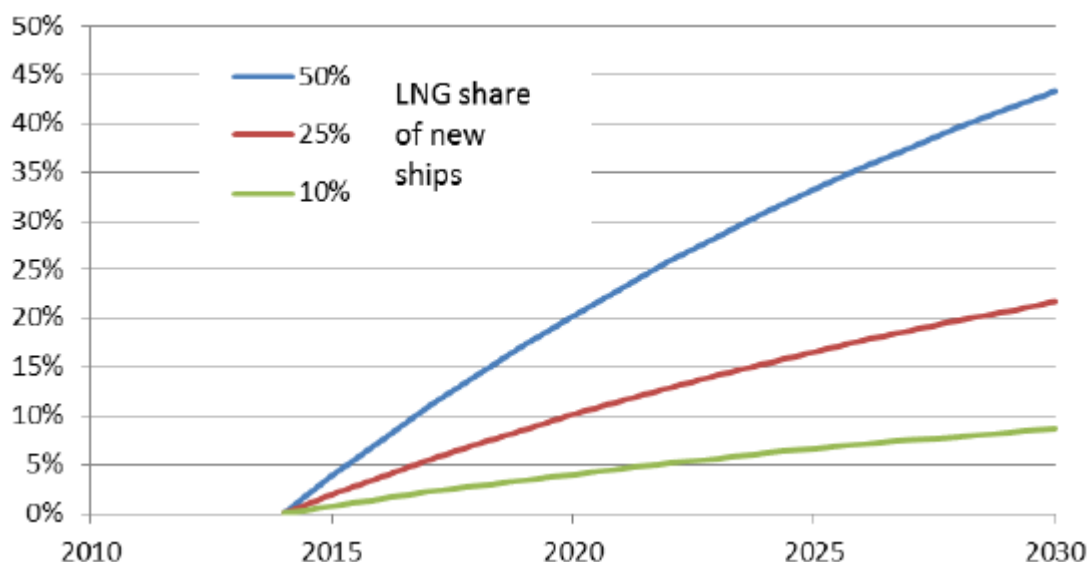
Οι εκπομπές οξειδίων του θείου είναι ευθέως ανάλογες του περιεχομένου του καυσίμου στο θείο. Για αυτόν τον λόγο, η πρωταρχική προσέγγιση προς την κατεύθυνση περιορισμού των εκπομπών οξειδίων του θείου είναι η θέσπιση ορίων για την περιεκτικότητά του στο καύσιμο. Επί παραδείγματι, ο περιορισμός των επιπέδων θείου από 2.7% σε 0.5% οδηγεί στη μείωση των εκπομπών οξειδίων του θείου κατά 80% περίπου. Επιπροσθέτως, καθώς το μεγαλύτερο μέρος των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων από τις μηχανές ναυτιλίας σχετίζεται με τις θεικές ενώσεις που περιέχονται στο καύσιμο, η μείωση της περιεκτικότητας του καυσίμου σε θείο αφορά

και στον περιορισμό των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων. Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνουν το ότι ο περιβαλλοντικός παράγοντας συνιστά βασικό κίνητρο διεύρυνσης της αγοράς του ssLNG.

Με βάση την ανταγωνιστικότητα του ssLNG από τη σκοπιά της οικονομικής και περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, έχουν καταρτιστεί διάφορα σενάρια και αναλύσεις εκτίμησης του μελλοντικού μεριδίου της αγοράς LNG στη ναυτιλία. Μία από αυτές είναι η προβολή της TNO (2014). Γενικότερα, το μερίδιο του LNG στον τομέα της ναυτιλίας εξαρτάται από ποικίλους παράγοντες, με σημαντικότερους τον αριθμό των νεοαυπηγηθέντων σκαφών, το μερίδιο του LNG στα νεοαυπηγηθέντα σκάφη και στις μηχανές που αντικαθίστανται, καθώς και από το πλήθος των παλαιών νηζελοκίνητων σκαφών τα οποία αποσύρονται. Στις παραδοχές της εν λόγω ανάλυσης υπεισέρχεται ο ρυθμός επέκτασης του στόλου (2.5% και 5% ετησίως) και ο ρυθμός αντικατάστασης των παλαιότερων σκαφών (3%), ενώ αναλύονται τρία σενάρια αναφορικά με το μερίδιο του LNG στα νεοαυπηγηθέντα πλοία, ήτοι 50%, 25% και 10%. Τα αποτελέσματα αναπαρίστανται στα Σχήματα 3.6. και 3.7.



**Σχήμα 3.6.**



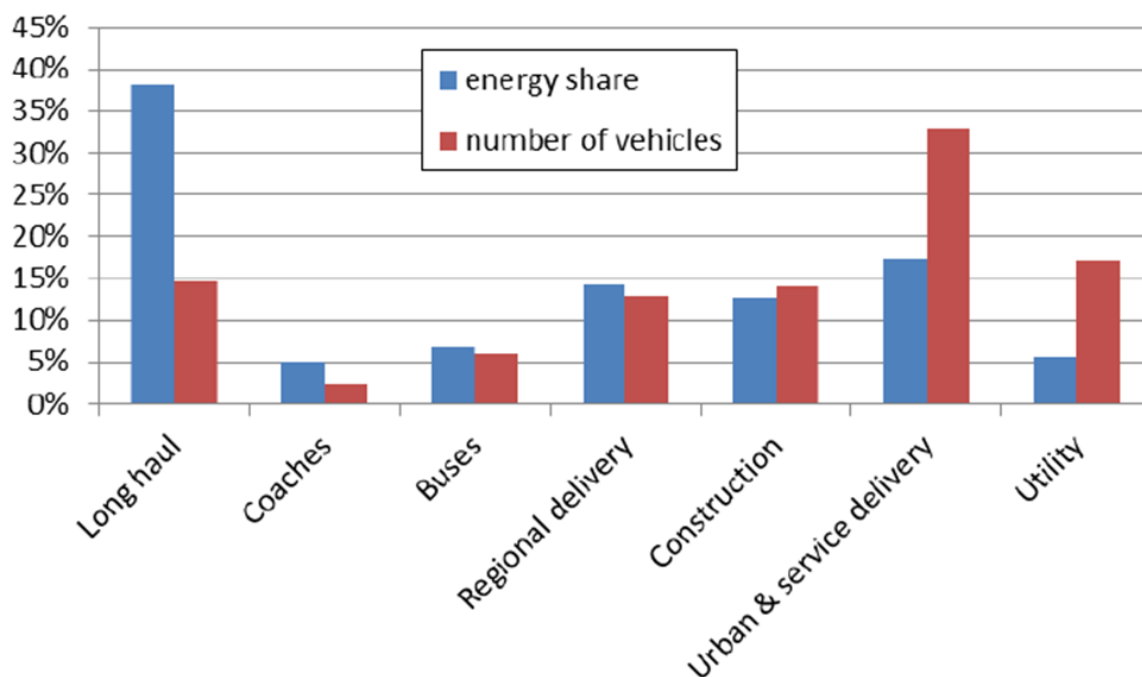
**Σχήμα 3.7.**

Στο πεδίο των χερσαίων μεταφορών, το βασικό κίνητρο αποτελεί η οικονομικότητα της χρήσης του ssLNG. Πέραν της οικονομικά ανταγωνιστικής τιμής του LNG έναντι του ντίζελ, η προθυμία των ιδιοκτητών φορτηγών για αλλαγή καυσίμου σχετίζεται κυρίως με την ευκολία ή μη της χρήσης του LNG, ήτοι με τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα στους χώρους διάθεσης, καθώς και με την απόδοση της μηχανής των οχημάτων. Αν η χρήση του LNG συνδυαστεί με τη μείωση του συνολικού κόστους για τους ιδιοκτήτες των φορτηγών και την επιτάχυνση της ανάκτησης του κεφαλαίου της αρχικής επένδυσης, το καύσιμο θα αποτελέσει στον εν λόγω τομέα μία περισσότερο ελκυστική εναλλακτική επιλογή. Οι τυπικοί τελικοί χρήστες περιλαμβάνουν ιδιοκτήτες «βαρέων» οχημάτων (heavy-dutytrucks), ιδιοκτήτες φορτηγών μεταφοράς εμπορευμάτων, διαχειριστές εφοδιαστικών αλυσίδων μεγάλης κλίμακας, αλλά και μεταφορικές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο του λιανεμπορίου. Το γεγονός ότι το LNG θεωρείται ως καύσιμο που η χρήση του οδηγεί σε καθαρότερη καύση και πιο βιώσιμο από περιβαλλοντική άποψη δίνει ένα επιπρόσθετο κίνητρο για την υιοθέτησή του από τις παραπάνω εταιρείες.

Αναλυτικότερα, στο Σχήμα 3.8. παρατίθεται μία ανάλυση της ενεργειακής κατανάλωσης και του αριθμού των οχημάτων που μπορούν να τροφοδοτηθούν από LNG στον ευρωπαϊκό χώρο. Η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να θεωρηθεί αντιπροσωπευτική και για άλλες γεωγραφικές περιφέρειες, παρά τις κατά τόπους

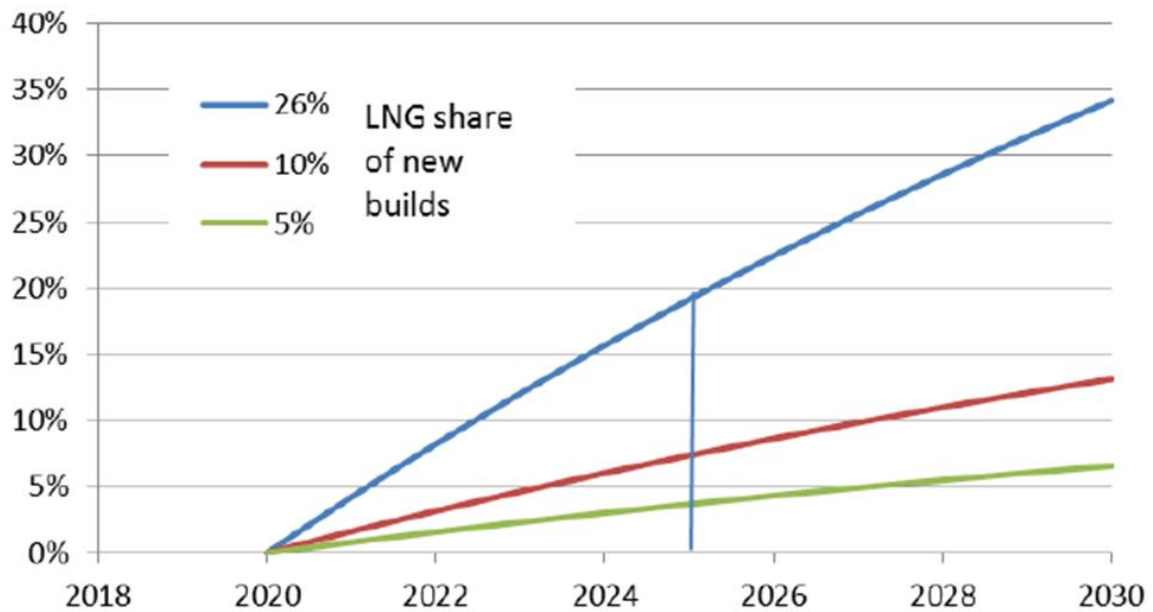


διαφορές. Τα οχήματα που αντιστοιχούν στους καλύτερους «υποψηφίους» για τον ενεργειακό μετασχηματισμό είναι όσα εμφανίζουν μεγάλη ενεργειακή κατανάλωση συγκριτικά με τον αριθμό των οχημάτων που ανήκουν στην εκάστοτε κατηγορία. Τα μεγάλα εμπορικά φορτηγά αποτελούν ιδανική κατηγορία για τον ενεργειακό μετασχηματισμό, αλλά σε αυτή την περίπτωση απαιτείται η ανέγερση κατάλληλων υποδομών σε όλη την περιοχή εμπορικής δραστηριοποίησης των οχημάτων. Το εύρος μετακίνησης ενός φορτηγού LNG εκτιμάται ως 1000 km. Άλλες κατηγορίες περιλαμβάνουν τα εμπορικά φορτηγά μεταφοράς σε μικρότερες αποστάσεις, καθώς και τα λεωφορεία μεγάλων και μικρών αποστάσεων. Το χαμηλότερο επίπεδο θορύβου των μηχανών κατανάλωσης φυσικού αερίου αποτελεί μία επιπρόσθετη αιτία για τη χρήση του ssLNG. Με βάση, λοιπόν, τα στοιχεία του Σχήματος για τα νέα βαρέα οχήματα εκτιμάται ότι το μέγιστο μερίδιο της ενεργειακής αγοράς αντιστοιχεί στα μεγάλα εμπορικά φορτηγά και είναι της τάξης του 50%, ενώ 25% είναι το αντίστοιχο ποσοστό για τα λεωφορεία μεγάλων και μικρών αποστάσεων, καθώς και για τα εμπορικά φορτηγά μικρότερων αποστάσεων. Για τις υπόλοιπες κατηγορίες, αν ληφθούν υπ' όψιν οι αποστάσεις που διανύονται κάθε χρόνο και πρακτικά ζητήματα, θεωρείται ότι το ssLNG δεν συνιστά ορθολογική επιλογή και, κατά συνέπεια, το εν δυνάμει ποσοστό της αγοράς είναι 0%. Εν τούτοις, μέρος των οχημάτων αυτών μπορεί να τροφοδοτηθεί με CNG, γεγονός που συνηγορεί υπέρ της ανέγερσης σταθμών ανεφοδιασμού σε CNG και LNG. Για την Ασία, τον Ειρηνικό, τη Βόρειο Αμερική και τη Μέση Ανατολή τα αντίστοιχα ποσοστά του μεριδίου της αγοράς εκτιμώνται ως παρόμοια με τα ευρωπαϊκά. Για την Κεντρική και τη Νότια Αμερική τα νέα βαρέα οχήματα εκτιμώνται ως 10%, εν μέρει λόγω του μειωμένου ενδιαφέροντος για τη χρήση του LNG και της έντονης εστίασης στη χρήση των βιοκαυσίμων. Τέλος, για τις υπόλοιπες περιοχές του πλανήτη, το ποσοστό των νέων οχημάτων εκτιμάται ως 5% (TNO, 2014).



**Σχήμα 3.8.** Ενεργειακή κατανάλωση και αριθμός βαρέων οχημάτων για κάθε κατηγορία στην Ευρώπη (AEA, 2011).

Ένα σενάριο του TNO (2014) για τη χρήση του ssLNG σε βαρέα οχήματα αφορά στην προβολή της κατανάλωσης του καυσίμου μεταξύ 2020 και 2030. Στο εν λόγω σενάριο γίνεται η παραδοχή ότι υφίστανται επαρκείς υποδομές για την κάλυψη των μεριδίων της αγοράς των βαρέων οχημάτων που περιγράφηκαν παραπάνω. Οι προβολές αναπαρίστανται στο Σχήμα 3.9. Παρατηρείται ότι στην περίπτωση που το μερίδιο της αγοράς των νέων οχημάτων που κινούνται με τη χρήση LNG είναι 26%, 10% και 5%, το μερίδιο της αγοράς στο σύνολο των οχημάτων είναι αντιστοίχως 19%, 7% και 4% για το έτος 2025. Για την παρούσα ανάλυση θεωρείται ετήσιος ρυθμός αύξησης του στόλου 5% και ετήσιος ρυθμός αντικατάστασης 12%. Οι μεγαλύτερες αγορές για τα βαρέα φορτηγά που χρησιμοποιούν LNG είναι η Ασία, η Βόρειος Αμερική, η Ευρώπη και η Μέση Ανατολή (TNO, 2014).



**Σχήμα 3.9.** Ποσοστό βαρέων φορτηγών που κινούνται με τη χρήση LNG σε σχέση με το ποσοστό των νέων οχημάτων που υιοθετούν το καύσιμο (TNO, 2014).

Στον τομέα της ηλεκτροπαραγωγής, η απόφαση αλλαγής από το ντίζελ, το υγραέριο και το μαζούτ στο LNG σχετίζεται σημαντικά με την οικονομικότητα των εναλλακτικών επιλογών. Η επένδυση που απαιτείται για τον ενεργειακό μετασχηματισμό μιας ενεργειακής βιομηχανίας είναι σχετικά μικρότερη σε σχέση με τις υπόλοιπες εφαρμογές (κίνηση φορτηγών και ναυτιλιακή χρήση), ενώ δεν απαιτείται η ανέγερση υποδομών μεγάλης κλίμακας για να συνεχισθούν αδιατάρακτα οι διαδικασίες της ηλεκτροπαραγωγής μετά τον ενεργειακό μετασχηματισμό. Σε πολλές περιπτώσεις, όπως και στον τομέα των φορτηγών, οι χρήστες που υλοποιούν τον εν λόγω μετασχηματισμό θα κινητοποιηθούν από τα οφέλη της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Ο κεντρικός παράγοντας για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου τομέα της αγοράς αντιστοιχεί στη διαμόρφωση ενός αποδοτικού και βιώσιμου δικτύου διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς οι περισσότεροι από τους τελικούς χρήστες, στους οποίους αφορά ο συγκεκριμένος μετασχηματισμός βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες και δεν μπορούν να συνδεθούν στο εθνικό δίκτυο διανομής φυσικού αερίου.

Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, άλλες παράμετροι που επιταχύνουν τις διαδικασίες διεύρυνσης της εν λόγω αγοράς αφορούν στην ωρίμανση της σχετικής τεχνολογίας και τα χρηματοδοτικά σχήματα που αφορούν στις επενδύσεις σε υποδομές

ssLNG. Από τη σκοπιά της τεχνολογίας, οι διεργασίες υγροποίησης φυσικού αερίου σε μικρή κλίμακα καθίστανται ολοένα και πιο αποδοτικές από ενεργειακή και, γενικότερα, οικονομική άποψη, ενώ τα μηχανολογικά χαρακτηριστικά και τα χαρακτηριστικά ασφαλείας των μηχανών, π.χ. των μηχανών διπλού καυσίμου στα δεξαμενόπλοια LNG, εξελίσσονται με ταχείς ρυθμούς. Πιο συγκεκριμένα, στον τομέα της ναυτιλίας, η αξιοποίηση μηχανών διπλού καυσίμου ενδιαφέρει ιδιαίτερα από τον τομέα των επιβατηγών, των κρουαζιερόπλοιων, των οχηματαγωγών, καθώς και των σκαφών που χρησιμοποιούν σύστημα δυναμικής τοποθέτησης. Με δεδομένη τη σημασία του LNG ως καυσίμου πλοίων που είναι οικονομικά ανταγωνιστικό, όλες σχεδόν οι μεγάλες ναυτιλιακές εταιρείες έχουν ναυπηγήσει εμπορικά πλοία που κινούνται με κατανάλωση LNG, ενώ άλλες προετοιμάζονται στο να προβούν σε κάτι τέτοιο (Boylston, 2012).

Σε ό,τι αφορά στη χρηματοδότηση, η διαθεσιμότητα σχετικά «φθηνού» χρήματος μπορεί σε περιφερειακό επίπεδο να καταστήσει τις επενδύσεις σε υποδομές ssLNG ακόμη πιο ελκυστικές, προσελκύνοντας νέους επιχειρηματικούς παίκτες στην αγορά του ssLNG. Τα σχετικά έργα απαιτούν, συγκριτικά με τις υποδομές διαχείρισης του συμβατικού LNG, μικρότερο πάγιο κόστος, καθώς είναι μικρότερης κλίμακας, αλλά ακόμη και έτσι οι περισσότερες επιχειρήσεις χρειάζονται ένα ορισμένο επίπεδο δεσμεύσεων εκ μέρους των πελατών. Οι επιχορηγήσεις και το δημοσιονομικό καθεστώς περιλαμβάνονται επίσης στους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη της εν λόγω αγοράς, καθώς σε ορισμένες περιπτώσεις τα έργα υποδομών ssLNG μπορεί να βοηθήσουν αποφασιστικά στην αύξηση της κατανάλωσης του φυσικού αερίου είτε στη ναυτιλία είτε στην τροφοδότηση απομακρυσμένων περιοχών, οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες με το εθνικό δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. Επομένως, οι κατά τόπους αρχές μπορούν να παράσχουν δημοσιονομικά «πακέτα» με ελκυστικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι σε θέση να υποστηρίξουν την ανάπτυξη των υποδομών ssLNG. Διάφορες χώρες της Ευρώπης έχουν προτείνει την ανέγερση τερματικών σταθμών εισαγωγής ssLNG που θα υποστηρίζονται από επιχορηγήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Το ύψος των τελευταίων μπορεί να κυμαίνεται ακόμη και στο 10-20% του κόστους ανέγερσης των τερματικών σταθμών. Σε διαφορετική περίπτωση η διαχείριση ορυκτών καυσίμων που είναι λιγότερο βιώσιμα από περιβαλλοντική άποψη μπορεί να υπόκειται σε υψηλότερα επίπεδα φορολόγησης. Οικονομικά κίνητρα για την

προώθηση της αγοράς του ssLNG μπορεί να περιλαμβάνουν επίσης μικρότερα τέλη ελλιμενισμού.

Σε συνδυασμό με τα παραπάνω κίνητρα, αναφέρονται και οι ακόλουθοι παράγοντες που ευνοούν τη διεύρυνση της υπό μελέτη αγοράς:

1. Μεγάλο μέγεθος της αγοράς των τομέων που σχετίζονται με την κατανάλωση του ssLNG, όπως της ναυτιλίας μεταφορών μικρών αποστάσεων, της χερσαίας μεταφοράς και της μεταφοράς με φορτηγά.
2. Οι προαναφερθέντες τομείς αναπτύσσονται ιδιαίτερα στις αναδυόμενες οικονομίες, στις χώρες των οποίων παρατηρείται μάλιστα θερμό επενδυτικό ενδιαφέρον.
3. Ορισμένοι κυβερνητικοί φορείς, όπως στον χώρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχουν θεσπίσει εθνικούς στόχους για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη δικτύων διαχείρισης ssLNG, οι οποίοι, όπως προαναφέρθηκε, μπορούν να υλοποιηθούν με τη βοήθεια ενωσιακών επιχορηγήσεων.
4. Η απαλλαγή από τον ειδικό φόρο κατανάλωσης για τα οχήματα που κινούνται με τη χρήση φυσικού αερίου.

### 3.2. Προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπίσει η αγορά του ssLNG

Παρά τα αξιόλογα κίνητρα και τις ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη των υποδομών ssLNG και την εν γένει διεύρυνση της αγοράς του εν λόγω καυσίμου, υφίστανται σημαντικά εμπόδια για το σχεδιασμό και τη λειτουργία των υποδομών και, γενικότερα, την ανάπτυξη του τομέα. Πολλές από τις συγκεκριμένες προκλήσεις αναμένεται να αντιμετωπιστούν με την πάροδο του χρόνου, τη διεύρυνση των εμπειρικών δεδομένων και την τεχνολογική και βιομηχανική ωρίμανση.

Κατά τους Bockerini et al. (2017) οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η υπό διαμόρφωση αγορά του ssLNG είναι κυκλικής φύσης. Με άλλα λόγια, ενώ απαιτείται η πραγματοποίηση περαιτέρω επενδύσεων στην κατασκευή υποδομών, ιδίως στην ανέγερση παράκτιων εγκαταστάσεων αποθήκευσης, για την αύξηση της ζήτησης και της ευελιξίας των δραστηριοτήτων της αξιακής αλυσίδας του ssLNG, οι επιχειρηματικοί παίκτες είναι σχετικά απρόθυμοι να προχωρήσουν στις εν λόγω επενδύσεις μέχρι την αποκρυστάλλωση των επιπέδων της ζήτησης. Είναι επίσης γεγονός ότι το ssLNG θα πρέπει να ανταγωνιστεί, ώστε βαθμιαία να τείνει να υποκαθιστά, τα συμβατικά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στους τομείς που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο Υποκεφάλαιο, των οποίων η τεχνολογία επεξεργασίας και εν γένει διαχείρισης είναι σαφώς πιο ώριμη και αφορά δεκαετίες σωρευμένης εμπειρίας και υλοποιημένων επενδύσεων σε μηχανολογικό εξοπλισμό και σε επιστημονική έρευνα. Εν τέλει, η αβεβαιότητα σε σχέση με το ρυθμιστικό πλαίσιο μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω σε ορισμένους τομείς της αγοράς του ssLNG και η αντίληψη των υφιστάμενων αλλά και των εν δυνάμει ζητημάτων ασφαλείας, ιδίως στον τομέα της ναυτιλιακής χρήσης, μπορεί να επιβραδύνουν σημαντικά την ανάπτυξη του τομέα, αν όχι διεθνώς, τουλάχιστον στις περιφερειακές και τις τοπικές αγορές διαχείρισης του καυσίμου.

Η κύρια πρόκληση της αγοράς ssLNG αφορά τα κόστη που σχετίζονται με την έλλειψη εμπειρίας αναφορικά με τις οικονομίες κλίμακας, αλλά και με τη χρήση δαπανηρών υλικών (π.χ. κρυογονικά υλικά). Ειδικότερα στη μεταφορά ssLNG με δεξαμενόπλοια το αρχικό κόστος της επένδυσης εκτιμάται υψηλότερο ανά τόνο καυσίμου συγκριτικά με τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς συμβατικού LNG. Επί παραδείγματι, το κόστος επένδυσης για ένα δεξαμενόπλοιο μεταφοράς LNG χωρητικότητας 215,000 m<sup>3</sup> είναι περίπου 250 εκατομμύρια δολάρια, το αντίστοιχο

κόστος για ένα σκάφος χωρητικότητας 135,000 m<sup>3</sup> είναι περί τα 170 εκατομμύρια δολάρια και το αντίστοιχο κόστος για ένα σκάφος χωρητικότητας 28,000 m<sup>3</sup> είναι περί τα 80 εκατομμύρια δολάρια (Bourgeois, 2011). Εν γένει, το πάγιο κόστος της επένδυσης για την αγορά δεξαμενόπλοιων μεταφοράς ssLNG είναι εντός του εύρους 5,000-15,000 \$ ανά τόνο, ενώ για την αγορά δεξαμενόπλοιων μεταφοράς συμβατικού LNG μεταξύ του εύρους 2,000-5,000 \$ ανά τόνο. Μία σύνοψη του κόστους της πάγιας επένδυσης για σκάφη διαφορετικής χωρητικότητας δίνεται στον Πίνακα 3.4.

**Πίνακας 3.4.** Κόστος πάγιας επένδυσης για δεξαμενόπλοια μεταφοράς ssLNG διαφορετικής χωρητικότητας (IGU, 2015).

Χωρητικότητα (m <sup>3</sup> )	Πάγιο κόστος (M\$)	Πάγιο κόστος (k\$/m <sup>3</sup> )	Τυπικός αριθμός προσωπικό	Τυπικό κόστος ελλειμνισμού (Ευρώπη)
215,000	250	6	30-35	100-200 k\$ ανά επίσκεψη
135,000	170	6.5	25-35	75-150 k\$ ανά επίσκεψη
28,000	80	15	15-20	25-40 k\$ ανά επίσκεψη

Στον ίδιο τομέα, ήτοι της μεταφοράς ssLNG με δεξαμενόπλοια, το λειτουργικό κόστος της διεργασίας είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο κόστος μεταφοράς συμβατικού LNG. Σε απόλυτο κόστος, στα δεξαμενόπλοια μεταφοράς ssLNG εργάζεται προσωπικό με λιγότερα μέλη σε σχέση με τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς συμβατικού LNG. Επίσης, όταν σχεδιάζονται με κατάλληλο τρόπο, τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς ssLNG σχετίζονται με αρκετά μειωμένο κόστος ελλειμνισμού και αγκυροβόλησης. Ακόμη, στις περιπτώσεις όπου το προσωπικό του σκάφους διαχειρίζεται τους δορυφορικούς σταθμούς επαναεριοποίησης, εξοικονομούνται περαιτέρω δαπάνες. Εν τούτοις, το λειτουργικό κόστος ανά τόνο LNG και ανά μίλι

είναι γενικά υψηλότερο και το εν λόγω μέγεθος αντανακλάται στο ημερήσιο κόστος. Το τυπικό κόστος για τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς ssLNG είναι 30,000 \$ ανά ημέρα για σκάφος χωρητικότητας 15,000 m<sup>3</sup> και 35,000 \$ ανά ημέρα για σκάφος χωρητικότητας 20,000 m<sup>3</sup>, εξαιρουμένης της δαπάνης για την προμήθεια καυσίμου.

Επιπλέον, από μηχανικής πλευράς, για τους μεγάλους επιχειρηματικούς παίκτες της αγοράς, ως σημαντικό εμπόδιο αναφέρεται η ανάπτυξη αποδοτικών από άποψη κόστους και κατάλληλων για την εκάστοτε χρήση τεχνολογικών λύσεων, χωρίς να αγνοούνται τα διεθνή και τα εταιρικά πρότυπα ποιότητας, κυρίως σε ό,τι αφορά στην ασφάλεια της λειτουργίας των εγκαταστάσεων. Το ζήτημα της ασφάλειας θα πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω, καθώς για τους νεοεισερχόμενους στην αγορά του ssLNG η εξασφάλιση, η λειτουργία και η συντήρηση ασφαλών και αξιόπιστων συστημάτων μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική πρόκληση, ιδιαίτερα όταν υπάρχει έλλειψη εμπειρίας. Εξάλλου είναι γενικά παραδεκτό ότι επί του παρόντος δεν είναι εύκολα διαθέσιμο το σύνολο του εξοπλισμού ασφαλείας που διέπει την αγορά του ssLNG, για αυτό και αναφέρεται ότι μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις της αγοράς ssLNG αντιστοιχεί στην προμήθεια ποιοτικού εξοπλισμού ασφαλείας που είναι ταυτοχρόνως και οικονομικά ανταγωνιστικός (IGU, 2015). Πέραν τούτου, δεν υπάρχει ομοφωνία για τις αποστάσεις ασφαλείας κατά τη διάρκεια φόρτωσης και εκφόρτωσης, ζήτημα ουσιαστικό αν ληφθεί υπ' όψιν η ανάγκη ορισμένων διαχειριστών να προμηθεύουν LNG για ναυτιλιακή χρήση κατά τη διάρκεια εμπορικών δραστηριοτήτων ή σε πυκνά κατοικημένες περιοχές.

Επιπροσθέτως, το δίκτυο υπηρεσιών και διεργασιών διαχείρισης ssLNG, όπως κατέστη σαφές στο Κεφάλαιο 2, περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό συμμετεχόντων και το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την ανάγκη διαχείρισης πολλών και μικρών ποσοτήτων ssLNG, συνεπάγεται την ανάγκη υιοθέτησης και αδιάλειπτης εφαρμογής προτύπων και κανονισμών που θα εγγυώνται υψηλά επίπεδα ασφαλείας για την ομαλή και απρόσκοπτη λειτουργία της αγοράς του καυσίμου. Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμη η αναλυτικότερη αναφορά σε ζητήματα ασφαλείας που δρουν ως εμπόδια για τη διεύρυνση της αγοράς του ssLNG, μιας και η προμήθεια αξιόπιστων και οικονομικών συστημάτων συνιστά έναν από τους μεγαλύτερους παράγοντες επιβράδυνσης της επέκτασης του χώρου αυτού. Σε αυτή τη βάση, τα εμπόδια για την ανάπτυξη νέων προτύπων και κανονισμών ασφαλείας είναι τα ακόλουθα:



1. Η κρυογενική φύση του LNG, δεδομένου ότι το LNG αποτελεί το πρώτο και αποκλειστικό κρυογενικό καύσιμο που προσφέρεται σε μία αγορά μεγάλης κλίμακας ενέχει ορισμένα πολύ ιδιαίτερα τεχνικά προβλήματα. Για παράδειγμα, κανένα άλλο συμβατικό καύσιμο δεν συνοδεύεται από την παραγωγή ατμών εξατμισμένου καυσίμου (boil-off gas).
2. Τα διεθνή χαρακτηριστικά της αγοράς LNG συνεπάγονται την ανάγκη για διεθνή ή τουλάχιστον περιφερειακά πρότυπα διεπαφής. Ένα παράδειγμα αναφέρεται στα νεοαυπηγηθέντα δεξαμενόπλοια μικρού και μεγάλου μεγέθους, ορισμένα από τα οποία διαθέτουν δεξαμενές πίεσης, ενώ τα υπόλοιπα σκάφη διαθέτουν συμβατικές δεξαμενές. Και τα δύο είδη σκαφών θα χρειαστεί κάποια στιγμή να ελλιμενισθούν στον ίδιο τερματικό σταθμό και ενδεχομένως στον ίδιο όπου θα ελλιμενισθούν δεξαμενόπλοια μεταφοράς συμβατικού LNG.
3. Η δυσκολία για την ενσωμάτωση νέων υποδομών σε περιοχές οι οποίες εμφανίζουν έντονη δραστηριότητα, όπως σε λιμάνια που παρουσιάζουν μεγάλη κίνηση ή/και τα οποία βρίσκονται κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα. Συνήθως, στους συγκεκριμένους χώρους υφίστανται ήδη αυστηροί κανονισμοί που υπαγορεύονται από την τοπική, την εθνική ή την υπερεθνική νομοθεσία.
4. Η ανάγκη για τη δημιουργία μίας κοινής βάσης και ενός κοινού πλαισίου δράσης και καθορισμού των χαρακτηριστικών της αγοράς του ssLNG και προσδιορισμού του δυναμικού της αγοράς αυτής μεταξύ των συμβαλλόμενων μερών διαφορετικής κατηγορίας (προμηθευτές LNG, πάροχοι τεχνολογίας, τελικοί χρήστες, κυβερνητικοί φορείς, κοινή γνώμη, κ.ά.). Επιπλέον, το πλήθος των μελών του εξειδικευμένου επιστημονικού ή/και τεχνικού προσωπικού που επί του παρόντος διαθέτουν τη γνώση του πώς το LNG μπορεί με ασφάλεια να μεταφερθεί, να διανεμηθεί και να αποθηκευτεί σε περιβάλλον μικρής κλίμακας είναι περιορισμένο σε σύγκριση με το όραμα των συμμετεχόντων και τη δυναμική που δείχνει να εμφανίζει η αγορά του ssLNG.
5. Οι μονάδες διαχείρισης LNG βρίσκονται συχνά στο ενδιάμεσο τμήμα μεταξύ της χερσαίας και της υπεράκτιας δραστηριότητας. Οι θαλάσσιες μονάδες γενικά διέπονται από τους διεθνείς κανονισμούς, ενώ οι χερσαίες μονάδες ρυθμίζονται από τους εθνικούς κανονισμούς.

6. Καθώς δεν έχει μέχρι στιγμής κατανοηθεί και προσδιοριστεί πλήρως το δυναμικό της αγοράς του ssLNG, έχει καταστεί αρκετά δύσκολο να καθοριστούν ακριβώς ορισμένα από τα απαραίτητα πρότυπα και ορισμένοι από τους αναγκαίους κανονισμούς. Για παράδειγμα, επί του παρόντος δεν υπάρχει κάποια υπηρεσία μεταφοράς LNG μεταξύ σκαφών κατά την πρόωσή τους. Ωστόσο, η παραπάνω δραστηριότητα μπορεί να θεωρηθεί συνηθισμένη για τον τομέα της μεταφοράς συμβατικών καυσίμων.

Όλα τα παραπάνω δύνανται να αντιμετωπιστούν πλήρως ή μερικώς με την ανάπτυξη τοπικών και εθνικών κανονισμών από τις χώρες με τη μεγαλύτερη σωρευμένη εμπειρία στην αγορά του ssLNG, με την εστίαση του ενδιαφέροντος των υπερεθνικών ομίλων για τη διαμόρφωση κοινών προτύπων και κανονισμών, αλλά και με την εστίαση του ενδιαφέροντος των φορέων προτυποποίησης αυτών καθ' εαυτών στον προσδιορισμό συγκεκριμένων αξόνων για τη σύσταση των προτύπων.

Επίσης, με δεδομένο ότι δεν αντιμετωπίζουν όλα τα επιχειρηματικά σχέδια τις ίδιες δυσκολίες, πολλές από τις επιχειρηματικές ευκαιρίες στην αγορά του ssLNG καθίστανται υλοποιήσιμες μόνον εφόσον έχει διαμορφωθεί μία ολοκληρωμένη αλυσίδα εφοδιασμού, από την πηγή (εξόρυξη ή αγωγός μεταφοράς/διανομής) στους τελικούς χρήστες. Πολλοί συμμετέχοντες έχουν αναλάβει τη διαχείριση διαφόρων σταδίων της αλυσίδας εφοδιασμού, όμως υπάρχουν πολύ λίγα παραδείγματα ομίλων που έχουν επιτύχει στη λειτουργία μίας ολοκληρωμένης αλυσίδας εφοδιασμού μικρής κλίμακας. Σε αυτή την περίπτωση, η πρόκληση είναι η αποτελεσματική και ανταγωνιστική λειτουργία, σε συνδυασμό με τον σχεδιασμό, μιας ολοκληρωμένης αλυσίδας εφοδιασμού.

Επιπροσθέτως, η έλλειψη μιας σταθερής πολιτικής και σταθερών και μακροπρόθεσμων ρυθμίσεων στο πεδίο του ssLNG, ιδίως σε λιγότερο αναπτυγμένες αγορές, με ανεπαρκή εμπειρία στη διαχείριση του συμβατικού LNG, συνιστά ένα ακόμη εμπόδιο, η υπέρβαση του οποίου μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εφαρμογή των διαθέσιμων διεθνών κανονισμών και προτύπων (IGU, 2015).

Ως επιπλέον εμπόδια έχουν αναφερθεί και οι εξής παράμετροι (TNO, 2014 - IGU, 2015):

1. Τα ακατάλληλα οικονομικά χαρακτηριστικά της αρχικής διανομής του LNG. Παρά το γεγονός ότι μπορεί να υφίστανται οι τερματικοί σταθμοί διαχείρισης του καυσίμου, στην πρώιμη φάση υλοποίησης του επιχειρηματικού σχεδίου ο αριθμός των σκαφών ή/και των άλλων οχημάτων μεταφοράς του ssLNG ενδέχεται να είναι υπερβολικά μικρός για να αξιοποιηθούν με τον πλέον αποδοτικό τρόπο οι υφιστάμενες εγκαταστάσεις. Η συγκεκριμένη κατάσταση μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλο χρόνο αποπληρωμής του επενδυμένου κεφαλαίου (payback period).

2. Η υφιστάμενη σχετικά μικρή διαφορά μεταξύ του μοναδιαίου κόστους του LNG και του αντίστοιχου κόστους των συμβατικών καυσίμων, σε συνδυασμό με την όποια αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις της διαμόρφωσης της τιμής του LNG μετά την εφαρμογή της νομοθεσίας που αφορά στη χρήση καυσίμων μειωμένης περιεκτικότητας σε θείο. Το κόστος του LNG απαιτείται να είναι μικρότερο σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, καθώς ο μηχανολογικός εξοπλισμός που αφορά στη χρήση του LNG και οι εγκαταστάσεις οι οποίες εξυπηρετούν την τροφοδοσία του καυσίμου είναι εν γένει περισσότερο δαπανηρά σε σχέση με τον αντίστοιχο εξοπλισμό και τις αντίστοιχες εγκαταστάσεις που σχετίζονται με τη διαχείριση των συμβατικών ορυκτών καυσίμων.

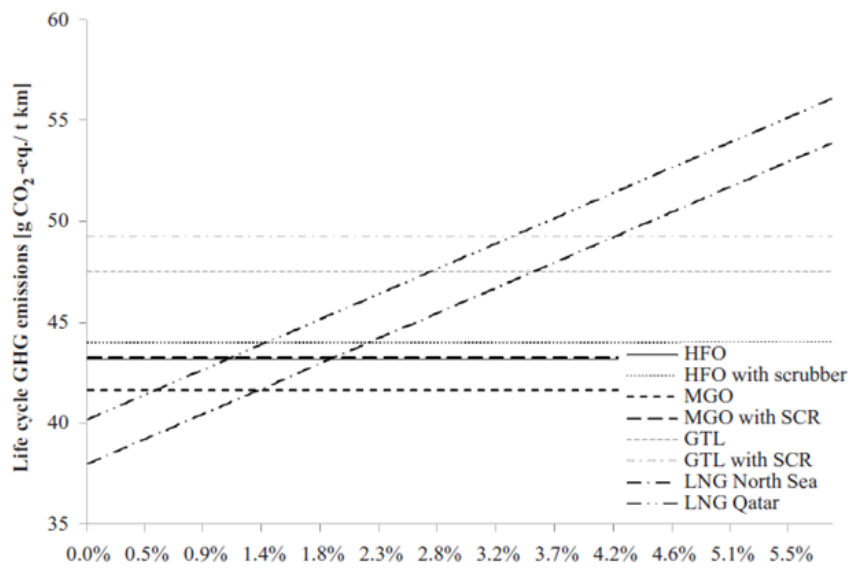
3. Το υφιστάμενο πλεόνασμα χωρητικότητας μεταφοράς σε ορισμένους μεταφορικούς τομείς (π.χ. στον τομέα των χερσαίων μεταφορών της Ευρωπαϊκής Ένωσης) έχει ως αποτέλεσμα το μειωμένο επενδυτικό ενδιαφέρον για τη διεύρυνση της παρούσας χωρητικότητας.

4. Λόγω του μεγέθους τους, οι δεξαμενές LNG δεν μπορούν να ενσωματωθούν με άμεσο τρόπο στο κύτος των σκαφών, εν αντιθέσει με τις δεξαμενές αποθήκευσης του ντίζελ. Επιπλέον, η χρήση του LNG σε σκάφη απαιτεί το σχεδιασμό και την προμήθεια ειδικού μηχανολογικού εξοπλισμού και για αυτόν τον λόγο την καλύτερη ευκαιρία για τις πλοιοκτήτριες εταιρείες για τον ενεργειακό μετασχηματισμό των υπηρεσιών τους, ήτοι την αλλαγή του καυσίμου από συμβατικό υγρό καύσιμο ναυτιλίας σε LNG, αποτελεί η αγορά νέων σκαφών. Αυτό με τη σειρά του σημαίνει ότι το πλήθος των νέων σκαφών που ναυπηγούνται σε ετήσια βάση συνιστά έναν καλό δείκτη του μέγιστου ρυθμού ανάπτυξης του στόλου διαχείρισης του LNG.

Πέραν, ωστόσο, των οικονομικών ζητημάτων και των θεμάτων που άπτονται της τυποποίησης των δραστηριοτήτων και της διαμόρφωσης του κατάλληλου πλαισίου ασφαλείας, το LNG, από τη σκοπιά του φαινομένου της υπερθέρμανσης του πλανήτη,

δεν μπορεί να θεωρηθεί το φιλικότερο, τουλάχιστον με τις υφιστάμενες πρακτικές διαχείρισης και μεταφοράς. Στο «φαινόμενο του θερμοκηπίου» υπεισέρχεται και το μεθάνιο, αέριο το οποίο εκπέμπεται σε ποικίλα σημεία των δραστηριοτήτων διαχείρισης και επεξεργασίας του LNG. Το εν λόγω αέριο εκτιμάται ότι είναι 25 φορές δραστικότερο, ως προς την ικανότητα να επιφέρει αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα και για αυτόν τον λόγο, η έκλυσή του ακόμη και σε μικρές ποσότητες μπορεί να επιταχύνει την υπερθέρμανση του πλανήτη. Μάλιστα, οι εν λόγω διαρροές είναι δύσκολο να εκτιμηθούν και να ποσοτικοποιηθούν, αφού μπορεί να λαμβάνουν χώρα τυχαία. Ωστόσο, θα πρέπει να εκτιμήσουμε σωστά τις όποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, καθώς το συγκεκριμένο περιβαλλοντικό ζήτημα μπορεί μακροπρόθεσμα να αποβεί μία σημαντική πρόκληση στο πεδίο της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τόσο του LNG, όσο και του ssLNG. Μάλιστα, η διάσπαση του LNG σε μικρότερες ποσότητες (συνεπώς, η διακίνηση του ssLNG) μπορεί να επιτείνει το φαινόμενο.

Οι Bentsson et al. (2011) εκτιμούν ότι οι εκπομπές μεθανίου είναι σημαντικά υψηλότερες στην περίπτωση που χρησιμοποιείται LNG (περί τα 4 g CO<sub>2</sub> ανά λειτουργική μονάδα, σε σύγκριση με 1 g ή λιγότερο που αντιστοιχεί στις άλλες εξεταζόμενες εναλλακτικές). Οι εκπομπές προέρχονται κυρίως από τη διαφυγή μεθανίου από τη μηχανή, αλλά γενικά παρατηρούνται σε όλα τα στάδια του κύκλου ζωής, ενώ η ποσοτικοποίησή τους είναι αρκετά δύσκολη, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αβεβαιότητα αναφορικά με την εκτίμηση του συνολικού οικολογικού αποτυπώματος. Στο Σχήμα 5.7 περιγράφεται ενδεικτικά πώς η αύξηση των διαφυγόντων ποσοτήτων μεθανίου μπορεί να επηρεάσει το εκτιμώμενο δυναμικό υπερθέρμανσης. Όπως παρατηρείται, στην περίπτωση του LNG, η εξάρτηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας από το συγκεκριμένο ποσοστό είναι ισχυρή και ως εκ τούτου θα πρέπει να πραγματοποιείται η βέλτιστη διαχείριση του καυσίμου σε όλα τα στάδια της χρήσης, συμπεριλαμβανομένης της επίβλεψης και κατάλληλης συντήρησης του εξοπλισμού, ενώ χρειάζεται μεγαλύτερη έρευνα στην ποσοτικοποίηση των συγκεκριμένων διαρροών.



**Σχήμα 5.7.** Εξάρτηση αερίων θερμοκηπίου από τη διαρροή μεθανίου (Bengtsson et al., 2011).

## 4. ΔΙΕΘΝΕΣ ΣΥΝΟΛΟ ΚΑΝΟΝΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΤΥΠΩΝ

### 4.1. Γενικές παρατηρήσεις

Παρατηρώντας τις πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα της αγοράς του ssLNG, μπορεί να σημειωθεί ότι η διαμόρφωση νέων τεχνικών προτύπων για τις μονάδες, τα μέσα μεταφοράς και οι λειτουργικές διεργασίες έχουν βασιστεί στην προσαρμογή των αντίστοιχων προτύπων που χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην καλώς ανεπτυγμένη αγορά του συμβατικού LNG ή σε ορισμένες εξειδικευμένες αγορές, ιδίως τα αμερικανικά πρότυπα NFPA 59A και 49 CFR 193 για τις ΗΠΑ και τα ευρωπαϊκά πρότυπα που παρέχονται από τον CEN, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης. Ως εκ τούτου, οργανισμοί όπως η Ένωση Διαχειριστών Δεξαμενοπλοίων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Τερματικών Σταθμών (Society of International Gas Carrier and Terminal Operators, SIGTTO) και η νεοϊδρυθείσα Ένωση Φυσικού Αερίου για τη Χρήση του ως Καυσίμου Ναυτιλίας (Society for Gas as a Marine Fuel, SGMF) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην θέσπιση ενός βασικού επιπέδου εναρμόνισης των κανονισμών και των προτύπων (IGU, 2015).

Μία άλλη σημαντική πηγή τεχνογνωσίας (“know-how”) και εμπειρίας, έστω και έμμεση, αποτελεί η βιομηχανία παραγωγής και επεξεργασίας κρυογενικού φυσικού αερίου και δευτερευόντως ο ευρύς τομέας της διαχείρισης επιβλαβών συστατικών. Άλλα πρότυπα και άλλες οδηγίες παρέχονται από το χώρο της ναυτιλίας που σχετίζεται με τη διαχείριση του LNG. Πιο συγκεκριμένα, ο IMO συνιστά έναν ιδιαίτερα δραστήριο φορέα ικανό να παρέχει πρακτικές κατευθυντήριες οδηγίες υψηλής ποιότητας, τόσο σε περιβαλλοντικά θέματα όσο και σε θέματα ασφαλείας.

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Standard Organization, ISO) διερευνά επίσης νέα πρότυπα, σε πρωτογενές επίπεδο, τα οποία καλύπτουν τις κύριες περιοχές ενδιαφέροντος της αγοράς του ssLNG. Μέχρι στιγμής, η προσέγγιση του ISO στοχεύει περισσότερο στην καθοδήγηση και θέσπιση προτύπων υψηλού επιπέδου, παρά στην ανάπτυξη αναλυτικών και περιεκτικών πλαισίων. Επομένως, έως τώρα έχει εκδώσει λίγα αρχεία για πρακτική χρήση, αλλά αρκετά είναι υπό ανάπτυξη από διάφορες ομάδες εργασίας. Στον Πίνακα 4.1. αναφέρεται ενδεικτικά ένα πλήθος διεθνών προτύπων, συνήθως μη σχεδιασμένων ειδικά για την αγορά του ssLNG, αλλά εφαρμόσιμων, τουλάχιστον εν μέρει, σε αυτήν και αποτελούντων τη βάση για την εφαρμογή οποιασδήποτε σχετικής εργασίας στο πεδίο του σχεδιασμού εγκαταστάσεων

διαχείρισης LNG. Αντίστοιχα πρότυπα και οδηγίες έχουν εκδοθεί ή είναι υπό διαμόρφωση για τα πεδία της ασφάλειας και την εκπαίδευση του προσωπικού (IGU, 2015).

**Πίνακας 4.1.** Θεσπισμένα και υπό διαμόρφωση πρότυπα για τον σχεδιασμό εγκαταστάσεων LNG (με βάση την IGU (2015)).

<b>Θεσπισθέντα</b>
NFPA 59A Πρότυπο για την Παραγωγή, τη Διαχείριση και την Αποθήκευση του Υγροποιημένου Φυσικού αερίου (LNG)
EN 1473:2007 Εγκατάσταση και Εξοπλισμός για το LNG - Σχεδιασμός παράκτιων εγκαταστάσεων
EN 1474-1:2008 Εγκατάσταση και Εξοπλισμός για το LNG - Σχεδιασμός και δοκιμή των συστημάτων θαλάσσιας μεταφοράς - Μέρος 1: Σχεδιασμός και δοκιμή των βραχιόνων μεταφοράς (αναθεωρημένο ως DIS 16904:2016)
EN 1474-2:2008 Εγκατάσταση και Εξοπλισμός για το LNG - Σχεδιασμός και δοκιμή των συστημάτων θαλάσσιας μεταφοράς - Μέρος 2: Σχεδιασμός και δοκιμή των αγωγών μεταφοράς
EN 1474-2:2008 Εγκατάσταση και Εξοπλισμός για το LNG - Σχεδιασμός και δοκιμή των συστημάτων θαλάσσιας μεταφοράς - Μέρος 3: Υπεράκτια συστήματα μεταφοράς
BS 4089:1999 Προδιαγραφές της συνδεσμολογίας των μεταλλικών αγωγών για το υγραέριο και το υγροποιημένο φυσικό αέριο
EN 60079-0 2009 Εκρηκτικές Ατμόσφαιρες
EN 12065:1997 Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός για το υγροποιημένο φυσικό αέριο - Δοκιμή συμπυκνωμάτων αφρού σχεδιασμένων για την παραγωγή αφρού μεσαίας και υψηλής διόγκωσης και πυροσβεστικών κόνεων χρησιμοποιούμενων έναντι των πυρκαγιών από υγροποιημένο φυσικό αέριο

EN 12066:1997 Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός για το υγροποιημένο φυσικό αέριο - Δοκιμή μονωτικών εσωτερικών επιφανειών για την αποθήκευση του υγροποιημένου φυσικού αερίου
EN 12308:1998 Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός για το LNG - Δοκιμή καταλληλότητας φλαντζών σχεδιασμένων για συνδέσμους που χρησιμοποιούνται στις σωληνώσεις μεταφοράς του LNG
EN 1252-1:1998 Κρυογενικά δοχεία - Υλικά - Μέρος 1: Απαιτήσεις αντοχής για θερμοκρασίες κάτω από -80oC
EN 12567:2000 Βιομηχανικές βαλβίδες - Βαλβίδες απομόνωσης για το LNG - Προδιαγραφές καταλληλότητας και κατάλληλες δοκιμές πιστοποίησης
EN 13645:2002 Εγκαταστάσεις και εξοπλισμός για το LNG - Σχεδιασμός παράκτιων εγκαταστάσεων με χωρητικότητα αποθήκευσης μεταξύ 5 t και 200 t
EN 1626:2008 Κρυογενικά δοχεία - Βαλβίδες για κρυογενικά δοχεία
ISO 28460:2010 Εγκατάσταση και εξοπλισμός για τη διεπαφή σκάφους-σταθμού και τις διαδικασίες ελλιμενισμού για το LNG
ISO/TS 16901:2015 Οδηγίες για την ανάλυση επικινδυνότητας του σχεδιασμού παράκτιων εγκαταστάσεων LNG συμπεριλαμβανομένης της διεπαφής σκάφους-ακτής
ISO/TS 16903:2015 Χαρακτηριστικά του LNG που επηρεάζουν τον σχεδιασμό και την επιλογή υλικών
ISO 16904:2016 Σχεδιασμός και δοκιμή των βραχιόνων θαλάσσιας μεταφοράς LNG για συμβατικούς παράκτιους τερματικούς σταθμούς
ISO/TR 17977:2015 Μη συμβατικά συστήματα μεταφοράς LNG
ISO/TS 18683:2015 Οδηγίες για συστήματα και εγκαταστάσεις για τη χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου
ISO 20088-1:2016 Προσδιορισμός της αντοχής μονωτικών υλικών στην κρυογενική διαρροή



## **Υπό διαμόρφωση**

ISO/AWI TR 18624 Οδηγίες για τη σύλληψη, τον σχεδιασμό και τη δοκιμή δεξαμενών αποθήκευσης LNG

Αναφορικά με τις ρυθμίσεις στην αγορά του ssLNG, η βελτίωση των υφιστάμενων εθνικών ρυθμίσεων έχει ταυτοποιηθεί ως μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις για την ομαλή ανάπτυξη της αγοράς από πολλούς ομίλους, εταιρείες και συμβούλους που υπεισέρχονται στις νέες πρωτοβουλίες για τη διεύρυνση των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διαχείριση του ssLNG. Οι αιτίες για την ύπαρξη του μεγάλου κενού στο πεδίο των ρυθμίσεων μπορεί να συσχετισθεί με τη μεγάλη απόσταση που πρέπει να διανυθεί μέχρι την ωρίμανση του επιχειρηματικού περιβάλλοντος της αγοράς του ssLNG και με την ανάγκη των κυβερνήσεων να κατανοήσουν καλύτερα το εύρος και τη διείσδυση της νέας αγοράς, λαμβάνοντας παράλληλα υπ' όψιν τους τον ρυθμό αντικατάστασης των παραδοσιακών καυσίμων και την ανάγκη για μία πιο ευκρινή εικόνα του περιβαλλοντικού οφέλους και των ζητημάτων ασφαλείας που σχετίζονται με τη χρήση και τη διαχείριση του ssLNG αντιστοίχως. Από την πλευρά των χωρών που δραστηριοποιούνται πιο έντονα στην αγορά του LNG έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένα βήματα προς την κατεύθυνση της διαμόρφωσης ενός ώριμου ρυθμιστικού πλαισίου και της οργάνωσης λειτουργικών πλαισίων και των σχετικών διαδικασιών προώθησης αυτών.

## **4.2. Γεωγραφική επισκόπηση**

### **4.2.1. Ασία-Ειρηνικός**

Η Κίνα ρυθμίζει την αγορά του φυσικού αερίου διά της Επιτροπής Εθνικής Ανάπτυξης και Αναμόρφωσης (National Development and Reform Commission, NDRC). Παρά το σημαντικό μερίδιο που κατέχει το LNG ως προς το εγχωρίως παραγόμενο φυσικό αέριο, οι εισαγωγές υγροποιημένου καυσίμου κατά τα τελευταία έτη έχουν αυξηθεί σε σημαντικό βαθμό. Για τη γεφύρωση της απόστασης μεταξύ των χαμηλών τιμών του εγχωρίως παραγόμενου φυσικού αερίου και των τιμών του εισαγόμενου LNG, το καθεστώς της τιμολόγησης υφίσταται μία μεταρρύθμιση που

λαμβάνει χώρα εδώ και 15 έτη, διαδικασία που επιταχύνθηκε κατά την περίοδο 2013-2014. Η NDRC καθιερώνει συνεχώς μία τιμή οροφής για το LNG και τη βενζίνη. Κατά τα τελευταία έτη, η απόσταση μεταξύ των παραπάνω καυσίμων έχει διατηρηθεί σταθερή, προς όφελος του LNG, στα επίπεδα του 20%. Κάθε νέο σχέδιο υγροποίησης ssLNG απαιτεί την έγκριση της NDRC προτού να ξεκινήσει η υλοποίησή του (IGU, 2015).

Η Ιαπωνία συνιστά ένα από τα πρώτα κράτη που δραστηριοποιήθηκαν στη μεταφορά LNG με τη βοήθεια βυτιοφόρων. Η μεταφορά του καυσίμου με βυτιοφόρα σε τερματικό σταθμό μικρής κλίμακας (που ονομάστηκε «δορυφορικός τερματικός σταθμός») ξεκίνησε το 1970 από την Tokyo Gas Co., Ltd. Η αποπληρωμή του αρχικού κεφαλαίου του αγωγού φυσικού αερίου που είχε κατασκευασθεί δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί, καθώς το μήκος του ήταν μεγάλο παρά τη σχετικά μικρή ζήτηση σε καύσιμο μεταξύ της δορυφορικής περιοχής και του τερματικού σταθμού εισαγωγής. Το υψηλό κόστος κατασκευής των αγωγών και το ανεπτυγμένο σύστημα χερσαίων συγκοινωνιών έχουν, από ιστορική σκοπιά, ενισχύσει την ανάπτυξη της ιαπωνικής αγοράς του ssLNG. Στην Ιαπωνία δεν έχει κατασκευασθεί εκτεταμένο δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου και η τροφοδοσία σε καύσιμο εδράζεται στο μεγάλο αριθμό τερματικών σταθμών παραλαβής LNG, οι οποίοι ανέρχονται στους 33, ενώ ορισμένοι βρίσκονται υπό κατασκευή. Ο μεγάλος αριθμός των τερματικών σταθμών αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο που επιτρέπει την επανεξαγωγή το καυσίμου και συνιστά άλλον έναν σημαντικό λόγο για τη διεύρυνση της αγοράς του ssLNG. Στην Ιαπωνία υφίστανται επίσης οδοί διανομής του LNG μέσω μικρών σκαφών και σιδηροδρόμων. Η μεταφορά του LNG με τη βοήθεια μικρών σκαφών θεωρείται αποτελεσματική για τη χονδρική αγορά του ssLNG για τη συγκεκριμένη νησιωτική χώρα, ενώ η μεταφορά του καυσίμου με αμαξοστοιχίες μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλα υψόμετρα, ώστε να αποφευχθούν τα τροχαία ατυχήματα λόγω των παγωμένων δρόμων.

Στην Ιαπωνία οι σταθμοί εισαγωγής LNG ρυθμίζονται από το «Νόμο για τις Επιχειρήσεις Αερίου», το «Νόμο για τις Επιχειρήσεις Ηλεκτρισμού» ή το «Νόμο για την Ασφάλεια που αφορά Αέρια Υψηλής Πίεσης», αναλόγως με το κύριο επιχειρηματικό πεδίο της εταιρείας που διαχειρίζεται τον εκάστοτε τερματικό σταθμό. Ενώ η πώληση και η μεταφορά του αερίου μέσω αγωγών οφείλουν να συμμορφώνονται με το «Νόμο για τις Επιχειρήσεις Αερίου», η διανομή του LNG με φορτηγά ή με αμαξοστοιχίες απαιτείται να συμμορφώνεται με τον «Νόμο για την Ασφάλεια που

αφορά Αέρια Υψηλής Πίεσης». Ο τελευταίος ρυθμίζει την παραγωγή, την αποθήκευση, την πώληση, την εισαγωγή, την κατανάλωση και την απόρριψη του αερίου υψηλής πίεσεως με στόχο την αποτροπή των ατυχημάτων, αν και υπάρχουν ορισμένες εξαιρέσεις στις οποίες η ρύθμιση πραγματοποιείται μέσω άλλων νομοθετικών κειμένων. Ο «Νόμος για την Ασφάλεια στη Ναυτιλία» και άλλα σχετικά ρυθμιστικά κείμενα που αφορούν στις θαλάσσιες μεταφορές είναι εφαρμόσιμα στο πεδίο της μεταφοράς LNG με πλωτά μέσα και η διαδικασία μεταφοράς LNG με σκάφη είναι απαραίτητο να εγκριθεί από το ιαπωνικό λιμενικό και από άλλα ενδιαφερόμενα μέρη σε ειδική επιτροπή λιμενικής ασφαλείας.

Στην Ινδία η παραγωγή, η πώληση, η εισαγωγή, η εξαγωγή, η χρήση, καθώς και το σύνολο των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη διαχείριση εκρηκτικών και εύφλεκτων υλικών, συμπεριλαμβανομένου του LNG, ρυθμίζονται από τον «Νόμο περί εκρηκτικών» του 1884, τον «Νόμο περί πετρελαίου» του 1934 και το «Νόμο περί εύφλεκτων ουσιών» του 1952. Ο Οργανισμός Ασφαλείας Πετρελαίου και Εκρηκτικών (Petroleum & Explosives Safety Organization, PESO) αντιστοιχεί στη θεσπισμένη αρχή της Ινδίας, η οποία υπάγεται στο Υπουργείο Εμπορίου και Βιομηχανίας. Ο PESO είναι υπεύθυνος για τη διοικητική επίβλεψη της εφαρμογής των παραπάνω νομοθετικών κειμένων, ενώ παράλληλα ευθύνεται για τη διαμόρφωση του πλαισίου των εθνικών κανονισμών, σε συνεργασία με τη Διεύθυνση Πετρελαιοβιομηχανίας και Ασφαλείας (Oil Industry & Safety Directorate, OISD) και με άλλα σώματα, αξιολογώντας την εφαρμογή νέων τεχνολογιών που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε περιοχές όπου υπάρχει αυξημένος κίνδυνος εκδήλωσης ατυχήματος. Η OISD ιδρύθηκε το 1986 και έκτοτε ενισχύει τις προσπάθειες της Ινδίας να εξασφαλιστούν οι υψηλότερες προδιαγραφές ασφαλείας, γεγονός που διασφαλίζει τη μεγιστοποίηση των επιπέδων επαγγελματικής ασφαλείας και την ελαχιστοποίηση της πιθανότητας απώλειας ζωών και περιουσιών. Η OISD επιχειρεί, επίσης, να διαμορφώσει και να εφαρμόσει μια σειρά μέτρων αυτορρύθμισης τα οποία στοχεύουν στην αφαίρεση των απαρχαιωμένων προδιαγραφών, αλλά και στην τυποποίηση και την αναβάθμιση των υφιστάμενων προτύπων για να επιτευχθούν υψηλά επίπεδα ασφαλείας. Για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση των λειτουργιών των τερματικών σταθμών LNG στην Ινδία εφαρμόζονται πρότυπα όπως τα OISD-194, NFPA59A κ.ά. Οι δημοσιεύσεις της OISD σε καμία περίπτωση δεν αντικαθιστούν τις θεσπισμένες ρυθμίσεις του PESO, του Ανώτερου Μηχανισμού Ελέγχου των Εκρηκτικών (Chief

Controller of Explosives, CCE), της Επιθεώρησης των Εργοστασίων ή άλλων θεσπισμένων ρυθμίσεων που πρέπει να ακολουθούνται. Από τις δορυφορικές μονάδες διαχείρισης LNG που διαθέτουν δοχεία πίεσεως ακολουθούνται οι κανονισμοί που διέπουν τα στατικά και κινητά δοχεία πίεσεως, στους οποίους υπάγονται επίσης και τα βυτιοφόρα μεταφοράς LNG. Πρόσφατα οι κανονισμοί για τα δοχεία πίεσεως υφίστανται αναθεώρηση η οποία στοχεύει στην προσθήκη επιπλέον κανονισμών για την αποθήκευση και τη χερσαία μεταφορά του καυσίμου.

Στο Ιράν δεν υφίσταται μέχρι στιγμής μονάδα επεξεργασίας LNG. Η πρώτη μονάδα υγροποίησης συμβατικού LNG είναι υπό κατασκευή και αναμένεται να λειτουργήσει στα τέλη του 2018. Οι λειτουργίες της αγοράς του LNG θα διέπονται από το Ιρανικό Πρότυπο για το Πετρέλαιο (Iranian Petroleum Standard, IPS) και θα αφορούν επίσης και την αγορά ssLNG. Το Ιράν θα μπορούσε να αποτελεί έναν σημαντικό δυνάμει εξαγωγέα LNG, αλλά οι διεθνείς οικονομικές κυρώσεις απαγορεύουν επί του παρόντος την επιτάχυνση των απαιτούμενων εργασιών και των διαδικασιών σύναψης συμβολαίων (TNO, 2014).

Στην Ταϊλάνδη βρίσκονται σε λειτουργία τόσο ένας τερματικός σταθμός διαχείρισης συμβατικού LNG όσο και ένας αντίστοιχος σταθμός που είναι υπεύθυνος για την υγροποίηση ssLNG (βιομηχανική περιοχή Map Ta Phut και επαρχία Sukhotai, αντιστοίχως). Η τελευταία μονάδα έχει κατασκευασθεί με στόχο την παραγωγή προστιθέμενης αξίας στις διεργασίες εξόρυξης φυσικού αερίου που παράγεται σε τοπικό επίπεδο και ως αναγκαία λύση για τον περιορισμό των ατμοσφαιρικών εκπομπών των σχετικών διεργασιών. Οι δύο μονάδες ακολουθούν τους ίδιους διεθνείς κανονισμούς, σύμφωνα με τα πρότυπα NFPA59A, ASME, API, NFPA 52 (Κώδικας Συστήματος Αερίων Καυσίμων Οχημάτων). Με βάση τα πρότυπα της Ταϊλάνδης, οι μονάδες διαχείρισης LNG ελέγχονται για την εναρμόνισή τους με τα πρότυπα του Ινστιτούτου Μηχανικών της Ταϊλάνδης (Engineering Institute of Thailand, EIT) και τα πρότυπα της ταϊλανδέζικης βιομηχανίας (Thailand Industrial Standards, TIS).

Αναφορικά με τις θεσπισμένες ρυθμίσεις, ο τομέας ενεργειακών βιομηχανιών του Υπουργείου Ενεργείας είναι υπεύθυνος για την προώθηση της χρήσης του φυσικού αερίου και την ενεργειακή αποδοτικότητα, επιθεωρώντας τον ανταγωνισμό των επενδυτών στις ενεργειακές επιχειρήσεις με το να παρέχει υψηλά πρότυπα ποιότητας και ασφάλειας σε ζητήματα διαχείρισης του φυσικού αερίου και προωθώντας την

ανάπτυξη συστημάτων «καθαρής» ενέργειας που είναι φιλικά προς το περιβάλλον. Το Υπουργείο Βιομηχανίας του Βασιλείου της Ταϊλάνδης είναι υπεύθυνο για την προώθηση και τη ρύθμιση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης του LNG, βάσει νομοθετικών κειμένων όπως του «Νόμου περί Βιομηχανίας» του 1969, της Υπουργικής Ρύθμισης για τον τομέα των βιομηχανιών φυσικού αερίου (2006), του Νόμου περί Προστασίας του Εθνικού Περιβάλλοντος του 1992, της Υπουργικής Ειδοποίησης για τις Ασκήσεις Ετοιμότητας και Αντιμετώπισης Καταστάσεων Εκτάκτου Ανάγκης στις Βιομηχανίες (2009), κ.ά.

#### **4.2.2. Νότια Αμερική**

Η αγορά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου στη Βραζιλία ρυθμίζεται από τους Ομοσπονδιακούς Νόμους 9478/1997 (Νόμος περί Πετρελαίου) και από τον Ομοσπονδιακό Νόμο 11909/2009 (Νόμος περί Φυσικού Αερίου). Ο Εθνικός Οργανισμός Πετρελαίου (National Petroleum Agency, ANP) είναι υπεύθυνος για τη ρύθμιση, τον συντονισμό και την επίβλεψη των δραστηριοτήτων της εξερεύνησης για κοιτάσματα, της ανάπτυξης, της παραγωγής, της διύλισης, της διανομής και της πώλησης. Οι δραστηριότητες της παραγωγής, της επαναεριοποίησης και της διανομής του LNG υπάγονται σε μια σειρά πολλών διοικητικών κανονισμών εκδοθέντων από τον ANP οι οποίοι διασφαλίζουν την εναρμόνιση των παραπάνω δραστηριοτήτων με τις ομοσπονδιακές και τις τεχνικές προδιαγραφές, συμπεριλαμβανομένων των προδιαγραφών που έχουν θεσπιστεί από τον Οργανισμό για τα Βραζιλιάνικα Εθνικά Πρότυπα (Brazilian National Standards Association, ABNT), το Εθνικό Ινστιτούτο Μετρολογίας (National Institute of Metrology, INMETRO) και τις συστάσεις από τον Διεθνή Οργανισμό της Νομικής Μετρολογίας (International Organization of Legal Metrology, OIML), τον ISO και τον Εθνικό Οργανισμό Πυροπροστασίας των ΗΠΑ (National Fire Protection Association, NFPA 59-A).

Ακόμη, πρέπει να αναφερθεί ότι το Ομοσπονδιακό Διάταγμα 7382/2010 ορίζει ότι κάθε μονάδα που σχεδιάζεται με στόχο την υγροποίηση του φυσικού αερίου ή την επαναεριοποίηση του LNG απαιτεί για την ανέγερσή της την έγκριση του ANP. Επίσης, ο Κανονισμός 118/2000 του ANP ρυθμίζει τις δραστηριότητες της κατασκευής, της λειτουργίας και της διανομής του LNG, οι οποίες θα πρέπει να ακολουθούν τα πρότυπα του ABNT και του INMETRO στους τομείς της διακίνησης

και της διαχείρισης των υλικών, τη χερσαία μεταφορά επιβλαβών συστατικών, καθώς και την κατασκευή, την εγκατάσταση και την επιθεώρηση των φορτηγών μεταφοράς και των προφυλακτών τους. Η ανέγερση σταθμών διανομής LNG και η μεταφορά του καυσίμου υπάγονται επιπλέον σε περιφερειακές, πυροσβεστικές και περιβαλλοντικές ρυθμίσεις, καθώς επίσης και σε ρυθμίσεις των αρχών ελέγχου των χερσαίων μεταφορών, όπου αυτό θεωρείται αναγκαίο. Τέλος, το Πρότυπο του ABNT, NBR 15244/2005 καθιέρωσε ορισμένα κριτήρια για τον σχεδιασμό, την ανέγερση και τη λειτουργία των σταθμών ανεφοδιασμού με LNG (IGU, 2015).

Στον Ισημερινό, οι δραστηριότητες θαλάσσιας και χερσαίας μεταφοράς του LNG υπάγονται στο Τεχνικό Πρότυπο INEN 2590/2011, το οποίο έχει δημοσιευθεί από το Εθνικό Ινστιτούτο Τυποποίησης (National Institute of Technical Standards, INEN).

Στην Κολομβία, το Ομοσπονδιακό Διάταγμα 0381/2012 επέτρεψε στο Υπουργείο Εξόρυξης και Ενέργειας να έχει τη δυνατότητα ρύθμισης της βιομηχανίας φυσικού αερίου της χώρας και πιο συγκεκριμένα να διαμορφώνει τους διοικητικούς και τεχνικούς κανονισμούς που αφορούν στην εξερεύνηση για κοιτάσματα, την παραγωγή, τη μεταφορά και την εξαγωγή του φυσικού αερίου. Το εν λόγω υπουργείο δημοσίευσε μια σειρά προκαταρκτικών τεχνικών κανονισμών για τη ρύθμιση του σχεδιασμού, της χωροθέτησης, της ανέγερσης και της λειτουργίας μονάδων παραγωγής LNG και εγκαταστάσεων υγροποίησης φυσικού αερίου. Οι συγκεκριμένοι κανονισμοί καλύπτουν και επιπλέον πτυχές που σχετίζονται με το προσωπικό το οποίο εργάζεται σε δραστηριότητες που υπάγονται στη βιομηχανία του LNG. Οι τελευταίες πρόκειται να ρυθμιστούν από ένα μεγάλο εύρος διεθνών προτύπων, όπως των NFPA 10 έως 5000, ACI 301 έως 376, API 6, 625 κ.ά.

Στη Βολιβία το Ανώτατο Διάταγμα Νο. 2159/2014 ενέκρινε τις Τεχνικές Ρυθμίσεις για τον Σχεδιασμό, την Κατασκευή, τη Λειτουργία, τη Συντήρηση και τη Διακοπή Λειτουργίας των Μονάδων Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου και των Σταθμών Επαναεριοποίησης LNG, ορίζοντας επίσης ότι η Ρυθμιστική Αρχή θα διαμορφώσει το ρυθμιστικό πλαίσιο που είναι αναγκαίο για την ολοκλήρωση και την εφαρμογή των τεχνικών κανονισμών. Εν τούτοις, οι τεχνικοί κανονισμοί δεν θα είναι εφαρμόσιμοι για τη μεταφορά μικρών ποσοτήτων LNG και για τα οχήματα μεταφοράς LNG.

### 4.2.3. Βόρεια Αμερική

Τα έργα ssLNG που εξυπηρετούν τη χονδρική αγορά του ssLNG των ΗΠΑ υπάγονται ξεχωριστά σε ρυθμιστικούς κανονισμούς οικονομικής φύσης, ρυθμίσεις οι οποίες αφορούν στις εγκαταστάσεις και ρυθμιστικούς κανονισμούς ασφαλείας αναφορικά με το εμπόριο φυσικού αερίου εντός των πολιτειών του κράτους, την εξαγωγή του εγχωρίως παραγόμενου LNG, των εισαγωγών, καθώς και το διαπολιτειακό εμπόριο φυσικού αερίου. Το σύνθετο πλέγμα των ρυθμίσεων είναι σύμφωνο με το ομοσπονδιακό διοικητικό σύστημα των ΗΠΑ, το οποίο και καθιστά ξεκάθαρα τα όρια των πεδίων δικαιοδοσίας ανάλογα με τις αγορές που εξυπηρετούνται.

Τα έργα LNG που σχετίζονται με το αμερικανικό διαπολιτειακό δίκτυο αγωγών φυσικού αερίου υπάγονται στη δικαιοδοσία της Ομοσπονδιακής Ρυθμιστικής Επιτροπής Ενέργειας (Federal Energy Regulatory Commission, FERC), αρμόδια για τη θέσπιση των τελών που αφορούν τους αγωγούς, καθώς και τον έλεγχο των συμβάσεων της εν λόγω αγοράς. Η FERC σχετίζεται με τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των εταιρειών διανομής φυσικού αερίου σε τοπικό επίπεδο και των καταναλωτών φυσικού αερίου που συνδέονται άμεσα με το δίκτυο, μέσω επίσημων διοικητικών διαδικασιών. Τα οικονομικά και λειτουργικά ζητήματα που αντιμετωπίζουν τα ενδιαφερόμενα μέρη συνιστούν τα κύρια θέματα των παραπάνω διαδικασιών. Οι μονάδες LNG αυτές καθ' εαυτές επιθεωρούνται και ελέγχονται ως προς το αν ακολουθούν τις απαιτήσεις ασφαλείας οι οποίες έχουν θεσπιστεί από το κυβερνητικό Τμήμα Ασφάλειας στις Μεταφορές, τους Αγωγούς και τη Διακίνηση Επικίνδυνων Υλικών (Department of Transportation, Pipelines and Hazardous Materials Safety Administration, PHMSA) και έχουν κωδικοποιηθεί υπό τον Κώδικα Ομοσπονδιακών Ρυθμίσεων 49, Μέρος 193 (49 Code of Federal Regulations (CFR) 193). Το προσωπικό της FERC που ειδικεύεται σε θέματα ασφαλείας συνεργάζεται με το προσωπικό του PHMSA και η δράση του επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό τις διαδικασίες και τις εγκρίσεις που αφορούν το PHMSA.

Σε σχέση με τις μονάδες LNG που εξυπηρετούν δραστηριότητες εισαγωγής και ιδίως εξαγωγής, η οικονομική ρύθμισή τους λαμβάνει χώρα με βάση τον «Νόμο περί Φυσικού Αερίου» και ελέγχεται από το Τμήμα Ενέργειας των ΗΠΑ, το Γραφείο Ενέργειας από Ορυκτά Καύσιμα και από κριτήρια διασφάλισης του «δημοσίου

συμφέροντος», κυρίως σε ό,τι αφορά εξαγωγές σε κράτη οι οποίες δεν καλύπτονται από τις Συμφωνίες Ελευθέρου Εμπορίου (Free Trade Agreement treaties, FTA). Το προσωπικό του PHMSA και της FERC διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση του βαθμού εναρμόνισης με τις προδιαγραφές ασφαλείας και περιβάλλοντος, αντιστοίχως, με τον Κώδικα 49 CFR 193 και με το βασικό σύνολο των κανονισμών ασφαλείας και περιβαλλοντικών προαπαιτούμενων τα οποία έχουν οριστεί από τον Οργανισμό Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ (Environmental Protection Agency, EPA), και στα οποία υπεισέρχονται ζητήματα χωροθέτησης και λειτουργίας των μονάδων.

Τα έργα LNG που εξυπηρετούν τις αγορές στο εσωτερικό των πολιτειών υπάγονται σε πολιτειακούς νόμους και σε ρυθμιστικά σχήματα που σε πολλές περιπτώσεις και προσεγγίσεις ακολουθούν το ομοσπονδιακό διαπολιτειακό ρυθμιστικό μοντέλο. Εν τούτοις, οι απαιτήσεις ασφαλείας, στο επίπεδο της πολιτείας, μπορεί να ακολουθούν στενότερα το πρότυπο NFPA 59A παρά τον 49 CFR 193.

#### **4.2.4. Μέση Ανατολή και Αφρική**

Λόγω του μεγάλου πλεονάσματος ενεργειακών πηγών και του χαμηλού ενεργειακού κόστους, το ζήτημα της ενεργειακής αποδοτικότητας δεν έχει ιστορικά απασχολήσει ιδιαίτερα τα κράτη της Μέσης Ανατολής και ορισμένες χώρες της Βορείου Αφρικής. Η Μέση Ανατολή χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό πλούσιων κοιτασμάτων φυσικού αερίου, αλλά τα τελευταία είναι συγκεντρωμένα μεταξύ τριών χωρών, του Ιράν, του Κατάρ και του Ιράκ, εκ των οποίων το Κατάρ συνιστά τον μεγαλύτερο εξαγωγέα φυσικού αερίου ως LNG. Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα αποτελούν τον πρώτο εξαγωγέα LNG στο Συμβούλιο Συνεργασίας του Κόλπου (Gulf Cooperation Council, GCC), εξάγοντας μεγάλες ποσότητες καυσίμου στην Ιαπωνία. Το Ομάν και η Υεμένη αποτελούν μικρούς εξαγωγείς LNG.

Η πρόσφατη διακοπή της περιόδου αναστολής (moratorium) που είχε καθιερωθεί στα κοιτάσματα του Βορείου Πεδίου του Κατάρ μεταξύ 2005 και 2017 θα επιτρέψει την ανάπτυξη της αγοράς LNG και τον σχεδιασμό και την εφαρμογή των απαιτούμενων κανονισμών και ρυθμίσεων.



Η κυβέρνηση της Σαουδικής Αραβίας, σε συνεργασία με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας (International Energy Association, IEA) εργάζεται επί του παρόντος επί θεμάτων και μέτρων ενεργειακής αποδοτικότητας, κυρίως αναφορικά με τους τομείς των κτιρίων, των συσκευών και των μεταφορών. Ωστόσο, τόσο η Σαουδική Αραβία, όσο και τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και το Ομάν (όπως εξάλλου και το Ιράν), κράτη-εξαγωγείς πετρελαίου, έχουν αποφασίσει κατά τα τελευταία έτη να διαφοροποιήσουν το ενεργειακό τους μείγμα, είτε με τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είτε με την εισαγωγή φυσικού αερίου ή LNG και σε ορισμένες περιπτώσεις με τη χρήση συνδυασμού όλων των παραπάνω ενεργειακών πηγών. Αναμένεται, λοιπόν, στο εγγύς μέλλον η εντατικοποίηση των προσπαθειών τυποποίησης των μέτρων ασφαλείας και των περιβαλλοντικών όρων που διέπουν την αγορά του LNG, συμπεριλαμβανομένου του ssLNG.

#### **4.2.5. Ρωσία - Ευρώπη**

Η Ρωσία αποτελεί χώρα της οποίας ο οικονομικός και ο βιομηχανικός τομέας της στρέφουν ολοένα και περισσότερο το ενδιαφέρον τους στην εξαγωγή LNG, στοχεύοντας στον διπλασιασμό της μεριδίου της στην αγορά, μέσω μιας επιθετικής στρατηγικής που θα αφορά κυρίως τις ασιατικές αγορές, και ιδίως την αγορά της Κίνας, έως το 2020. Σε αυτό το πλαίσιο, και στη βάση της διακηρυγμένης ρωσικής στρατηγικής για διαφοροποίηση των αγορών εξαγωγής του φυσικού αερίου που παράγει, η Ρωσία δημοσίευσε πριν από λίγα έτη τους άξονες μιας νέας πολιτικής που αφορά στο LNG, οι οποίοι προβλέπουν το άνοιγμα των εξαγωγών όχι μόνον της Gazprom, αλλά και άλλων εταιρειών, ιδιωτικού χαρακτήρα. Η ρωσική κυβέρνηση υλοποιεί επίσης έναν αριθμό επιπρόσθετων μέτρων για την προώθηση των έργων ανέγερσης υποδομών διαχείρισης LNG, όπως για παράδειγμα τη θέσπιση απαλλαγής της μονάδας LNG στο Yamal από την υποχρέωση καταβολής του φόρου περί εξόρυξης ορυκτών καυσίμων, συμπεριλαμβανομένου του φυσικού αερίου, και μάλιστα σε σχέση με την ποσότητα του φυσικού αερίου που διατίθεται ως LNG, στον βαθμό που η παραγωγή δεν υπερβαίνει τα 250 bcm. Αποφασίστηκε δε και η απαλλαγή της εταιρείας από τα τέλη εξαγωγής.

Η αυξημένη ζήτηση για ssLNG σε διεθνές επίπεδο παρέχει στη Ρωσία αρκετές δυνατότητες για την ανάπτυξη της εξαγωγικής δραστηριότητας των επιχειρήσεών της,

όχι μόνον στις ασιατικές, αλλά και στις ευρωπαϊκές αγορές, όπου ήδη το φυσικό αέριο αντιμετωπίζεται ως ένα καύσιμο μεταφοράς, λόγω της αύξησης του κόστους των προϊόντων διύλισης του αργού πετρελαίου και των αυστηρότερων περιβαλλοντικών κανονισμών σε σχέση με τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων. Σύμφωνα με διάφορες εκτιμήσεις, η ευρωπαϊκή ζήτηση σε ssLNG μπορεί να προσεγγίσει περισσότερα από 16 εκατομμύρια τόνους έως το 2030, μόνον στον τομέα των μεταφορών (φορτηγά και σκάφη στη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική), ενώ μπορεί να κυμανθεί κοντά στα 30 εκατομμύρια τόνους ετησίως στην περίπτωση περαιτέρω αυστηροποίησης των περιβαλλοντικών κανονισμών που αφορούν στις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων στο χώρο της Μαύρης Θάλασσας και της Μεσογείου.

Το κύριο μερίδιο της διάθεσης του ssLNG της Gazprom, της βασικής ρωσικής εταιρείας εξαγωγής φυσικού αερίου, αντιστοιχεί στην εξωτερική αγορά, ιδίως στην Ευρώπη, ενώ η αγορά αυτή θεωρείται ακόμα νεοφυής. Ωστόσο, η Gazprom αναζητά συνεχώς νέες δυνατότητες ισχυροποίησης της θέσης της στον εν λόγω τομέα. Επί του παρόντος, έχουν ανεγερθεί επτά τερματικοί σταθμοί στη Ρωσία και σχεδιάζεται η υλοποίηση άλλων δώδεκα μονάδων.

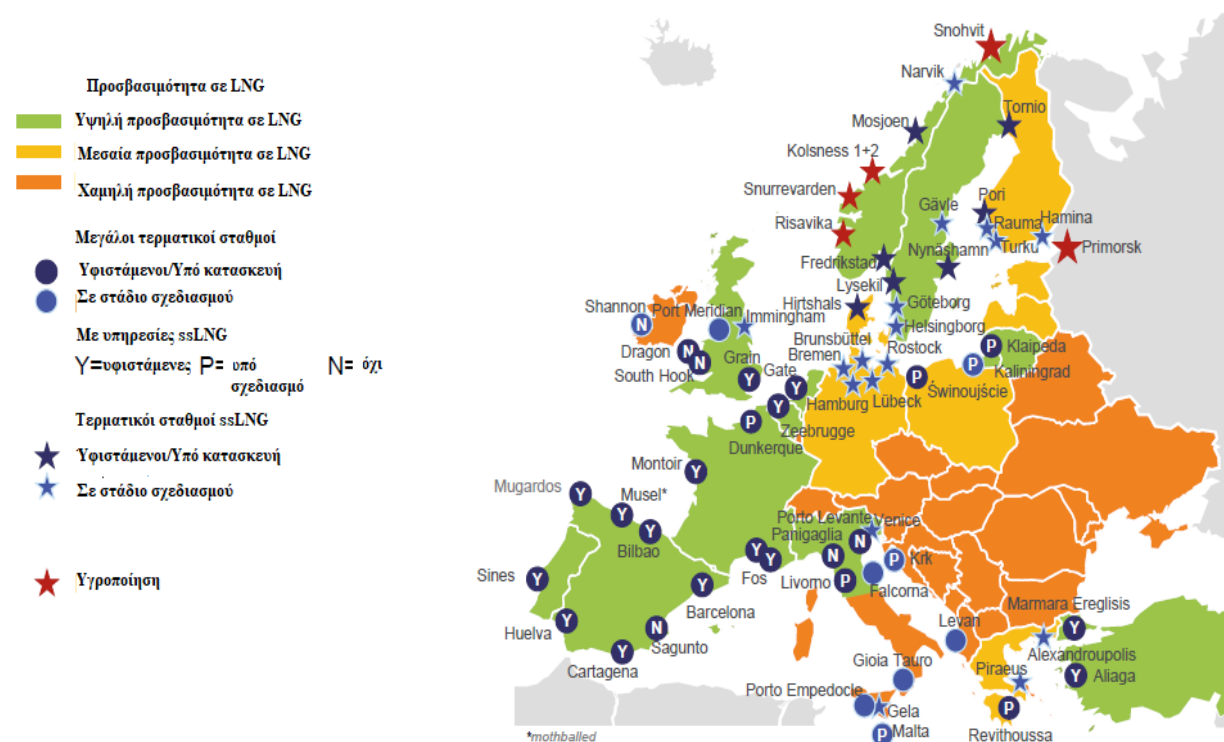
Στον χώρο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, το 2014 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημοσίευσε την Οδηγία 2014/94/EU<sup>1</sup>, που αφορά στην ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή είχε αναγνωρίσει ότι η έλλειψη υποδομών και κοινών τεχνικών προδιαγραφών αποτελούν σημαντικά εμπόδια στην εισαγωγή εναλλακτικών ενεργειακών πηγών στον τομέα των μεταφορών, όχι μόνο φυσικού αερίου, αλλά και του υδρογόνου και της ηλεκτρικής ενέργειας. Η Οδηγία απαιτεί από πλευράς των κρατών-μελών την ανέγερση ενός ελάχιστου αριθμού υποδομών για τη χρήση εναλλακτικών καυσίμων στον τομέα των μεταφορών, όπως του LNG. Με άλλα λόγια, έως τα τέλη του 2025 θα πρέπει να έχουν ανεγερθεί 139 παράκτιες ή υπεράκτιες μονάδες διαχείρισης LNG και έως το 2030 μονάδες διαχείρισης LNG σε λιμένες στο εσωτερικό των κρατών-μελών και σταθμοί

---

<sup>1</sup>Με τον Νόμο 4439/2016 (ΦΕΚ Α' 222/30.11.2016) περί «Ενσωμάτωσης στην ελληνική νομοθεσία της Οδηγίας 2014/94/ΕΕ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 22ας Οκτωβρίου 2014 για την ανάπτυξη υποδομών εναλλακτικών καυσίμων, απλοποίηση διαδικασίας αδειοδότησης και άλλες διατάξεις πρατηρίων παροχής καυσίμων και ενέργειας και λοιπές διατάξεις.» ενσωματώθηκε η Οδηγία 2014/94/EU στην ελληνική έννομη τάξη και πλέον παράγει άμεσα έννομα αποτελέσματα.

ανεφοδιασμού με LNG. Η συγκεκριμένη Οδηγία εστιάζει επίσης στην υιοθέτηση κοινών τεχνικών προδιαγραφών από το σύνολο των κρατών-μελών. Επί παραδείγματι, στην Οδηγία αναφέρεται ότι οι περαιτέρω δράσεις για την τυποποίηση που αφορά στα σημεία ανεφοδιασμού με LNG για πλωτά οχήματα θα πρέπει να βασίζονται στο πρότυπο ISO TC67/WG10 (IGU, 2015).

Στο Σχήμα 4.1 αναπαρίστανται τα κράτη της Ευρώπης με υψηλή, μεσαία και χαμηλή προσβασιμότητα σε LNG, καθώς και οι σταθμοί υγροποίησης και οι τερματικοί σταθμοί συμβατικού LNG και ssLNG του ευρύτερου ευρωπαϊκού χώρου.



Σχήμα 4.1. Προσβασιμότητα κρατών της Ευρώπης σε LNG και ευρωπαϊκοί τερματικοί σταθμοί συμβατικού LNG και ssLNG (Pöyry, 2016).

Στη Γαλλία λειτουργεί τερματικός σταθμός LNG από το 1964 και η χώρα αποτελεί ένα εκ των πρώτων κρατών στα οποία λειτούργησε τερματικός σταθμός LNG σε παγκόσμιο επίπεδο. Από ιστορική σκοπιά, οι υποδομές LNG στη Γαλλία έχουν περιοριστεί σε μεγάλους τερματικούς σταθμούς, η λειτουργία των οποίων συνέβαλε στη διαμόρφωση του περιεχομένου των προτύπων διαχείρισης του καυσίμου. Από τη σκοπιά της τυποποίησης, τα πρότυπα και οι κανονισμοί εμφανίζουν αρκετό εύρος,

ώστε να μπορούν να καλύψουν τον σχεδιασμό των μονάδων ssLNG, ενώ η γαλλική αγορά εδράζεται γενικώς στα πρότυπα ISO και EN. Από την άποψη της ρύθμισης των δραστηριοτήτων της γαλλικής αγοράς του ssLNG, θεωρείται ότι υφίστανται επαρκή εργαλεία επίβλεψης αυτών. Οι υφιστάμενες ρυθμίσεις εφαρμόζονται με βάση την Οδηγία Seveso III (2012/18/EU) περί της χωρητικότητας αποθήκευσης των υγροποιημένων αέριων υδρογονανθράκων μεγαλύτερης των 6 τόνων. Οι μονάδες με μικρότερους αποθηκευτικούς χώρους καλύπτονται από συγκεκριμένες ρυθμίσεις. Οι μονάδες LNG γενικά απογράφονται ως «Εγκαταστάσεις Ταξινομημένες για Σκοπούς Περιβαλλοντικής Προστασίας» (Installations Classified for Environmental Protection, ICPEs), σύμφωνα με την περιβαλλοντική νομοθεσία και με βάση την χωρητικότητά τους (για χωρητικότητα αποθήκευσης 6-50 t απαιτείται η απογραφή τους στις σχετικές αρχές, για χωρητικότητα μεταξύ 50-200 t θα πρέπει να λαμβάνεται ή έγκρισή της με βάση μελέτες που αφορούν την ασφάλειά τους, ενώ άνω για χωρητικότητα μεγαλύτερη των 200 t θα πρέπει να καταστρωθεί ένα επιπλέον σχέδιο αντιμετώπισης κατάστασης εκτάκτου ανάγκης, το οποίο θα εμπλέκει και τις σχετικές αρχές). Η Οδηγία 2014/94/EU αποτέλεσε μια καλή αρχή για τη συμπλήρωση των υφιστάμενων κενών, αλλά απαιτούνται επιπλέον εργασίες για τη βελτιστοποίηση της αγοράς του ssLNG και του συμβατικού LNG, σε συνδυασμό με την 2014/68/EU, ήτοι την Οδηγία περί Εξοπλισμού Πιέσεως (που αφορά εξοπλισμό όπως δοχεία πίεσεως, βαλβίδες ασφαλείας, κλπ.). Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι για τη χρήση του LNG στη ναυτιλία η Γαλλία ακολουθεί τις πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης (IGU, 2015).

Στη Γερμανία το 2014 ξεκίνησε μία πρωτοβουλία παρόμοια με εκείνη της Ολλανδίας, που θα αναλυθεί σε επόμενο σημείο, και η οποία ονομάζεται Maritime LNG Platform e.V. Η εν λόγω πρωτοβουλία συνιστά μία ένωση εταιρειών, λιμένων και επιμέρους δράσεων που στοχεύουν στη βιώσιμη από περιβαλλοντική σκοπιά ναυτιλία διά της προώθησης της χρήσης του LNG και της συνακόλουθης σημαντικής μείωσης των ατμοσφαιρικών εκπομπών, όπως των οξειδίων του θείου, των οξειδίων του αζώτου, του διοξειδίου του άνθρακα και των αιωρούμενων σωματιδίων. Οι δραστηριότητες της συγκεκριμένης πλατφόρμας καθορίζονται στο εξής πλάνο:

1. Σε 5 έτη: Λειτουργία τουλάχιστον επιπλέον 50 σκαφών σε γερμανικά λιμάνια με τη χρήση του LNG και τουλάχιστον σε πέντε λιμάνια τα οποία διασφαλίζουν την παροχή LNG για τη ναυτιλία.

2. Σε 3 έτη: Δυνατότητα προμήθειας LNG από παράκτιες ή υπεράκτιες εγκαταστάσεις αποθήκευσης σε τουλάχιστον 250 σκάφη ετησίως.

3. Συγκεκριμένος και μετρήσιμος περιορισμός των εκπομπών οξειδίων του θείου, οξειδίων του αζώτου, διοξειδίου του άνθρακα και αιωρούμενων σωματιδίων επί τη βάση των παραπάνω μέτρων.

Στην Ιταλία το Υπουργείο Οικονομικής Ανάπτυξης έχει τεθεί επικεφαλής της σύστασης ενός εθνικού στρατηγικού σχεδίου, με την υποστήριξη και άλλων υπουργείων και βασικών ενώσεων ιταλικών βιομηχανιών. Οι αναγκαίοι κανονισμοί για την υλοποίηση του συγκεκριμένου σχεδίου άρχισαν να εφαρμόζονται, σε νομοθετική βάση, το 2015 και σε αυτό περιλαμβάνεται, μεταξύ άλλων, και ο καθορισμός ενός συγκεκριμένου ρυθμιστικού πλαισίου με στόχο τη διαμόρφωση ενός πλήρους δικτύου υποδομών διανομής LNG. Επιπλέον, το 2014 εγκρίθηκε ένα νομοθετικό κείμενο που καθιέρωσε ένα ανώτατο όριο περιεκτικότητας σε θείο της τάξης του 0.1% στα καύσιμα που χρησιμοποιούνται για την πρόωση των πλοίων στον ιταλικό υδροφόρο ορίζοντα της Αδριατικής Θάλασσας και του Ιονίου Πελάγους, που θα ισχύσει από το 2018 και εξής, εφόσον συναινέσουν και άλλες γειτονικές χώρες, όπως η Κροατία και η Σλοβενία. Το συγκεκριμένο μέτρο θεωρήθηκε ως μία καλή ευκαιρία για τη στήριξη της ανάπτυξης της αγοράς του ssLNG.

Η Ολλανδία περιλαμβάνεται στα κράτη τα οποία θεωρούνται τα πλέον δραστήρια αναφορικά με την προώθηση της αγοράς του ssLNG. Το ενδιαφέρον της Ολλανδίας για τη συγκεκριμένη αγορά έχει αυξηθεί σταδιακά από το 2007 όταν εγκρίθηκε η κατασκευή του τερματικού σταθμού Gate στο Ρότερνταμ, ένα έργο που αποτέλεσε την πρώτη ολλανδική εγκατάσταση διαχείρισης LNG. Ο σταθμός ξεκίνησε τις εργασίες του το 2011. Η φυσική παρουσία του LNG στην Ολλανδία έχει οδηγήσει στην ανάληψη πολλών πρωτοβουλιών στο πεδίο της αγοράς του ssLNG, όπως στη «Πράσινη Συμφωνία Wadden και Rhine», έναν νόμο του 2012 ο οποίος οδήγησε στη σύσταση της «Εθνικής Πλατφόρμας για το LNG», ένα σώμα εντός του οποίου κυβερνητικές αρχές και οικονομικοί και τεχνικοί διαχειριστές της χώρας συνεδριάζουν με σκοπό τη συμφωνία στη συντονισμένη εφαρμογή πολιτικών στον τομέα του LNG. Ο βασικός βραχυπρόθεσμος στόχος της πλατφόρμας συνοψίζεται στο λεγόμενο «50/50/500». Με άλλα λόγια, έως τα τέλη του 2015 έπρεπε να βρίσκονται σε λειτουργία τουλάχιστον 50 σκάφη, 50 ποταμόπλοια και 500 φορτηγά τα οποία θα

κινούνταν με τη χρήση του LNG. Ο συγκεκριμένος, ενδεχομένως υπερβολικά φιλόδοξος, στόχος οδήγησε στην ανάγκη για τη διαμόρφωση επιπρόσθετων προτύπων και ρυθμίσεων προς συμπλήρωση των ήδη υφιστάμενων και ενσωματωμένων στην εθνική νομοθεσία ή βασισμένων σε ευρωπαϊκές οδηγίες και σε ευρωπαϊκούς κανονισμούς. Ο στόχος δεν επετεύχθη, αν ληφθεί υπ' όψιν ότι το 2017 βρίσκονταν σε λειτουργία μόλις 450 φορτηγά που κινούνταν με LNG. Ωστόσο, τέθηκαν οι βάσεις και τα κίνητρα για μια πιο επιθετική πολιτική στην αγορά του ssLNG (Quispel, 2015). Το 2011, ξεκίνησε η υλοποίηση ενός βιομηχανικού σχεδίου με αντικείμενο τη Νομική Ανάλυση και Ανάλυση Ασφαλείας (Legal and Safety Assessment, LESAS) μιας πιθανής αλυσίδας ssLNG για την περιοχή του Rotterdam, από τη σκοπιά των ζητημάτων ασφαλείας, των εμπορικών, τεχνικών και νομικών ζητημάτων, καθώς και με βάση ένα μακροπρόθεσμο όραμα των ενδιαφερόμενων μερών. Το σχέδιο περιλάμβανε την ανάλυση του υφιστάμενου πλαισίου των κανονισμών, των κωδίκων και των προτύπων και, επιπλέον, τον προσδιορισμό των νομικών ζητημάτων τα οποία σχετίζονται με τον σχεδιασμό των υποδομών και τη λειτουργία των μονάδων διαχείρισης του ssLNG. Πιο συγκεκριμένα, το 2013 και το 2014 εκδόθηκαν δύο σειρές οδηγιών (PGS 33-1, PGS 33-2) που περιείχαν τις ρυθμίσεις οι οποίες έπρεπε να εφαρμοστούν από το σύνολο των αρχών, των κατασκευαστών και των διαχειριστών των εγκαταστάσεων εφοδιασμού χερσαίων και θαλάσσιων μέσων μεταφοράς με LNG, με στόχο να υποστηριχθούν τα έως τότε εγκεκριμένα σχέδια ανέγερσης εγκαταστάσεων διαχείρισης LNG. Το 2014 η ολλανδική νομοθεσία βελτιώθηκε ούτως ώστε να διευκολύνει τον εφοδιασμό σκαφών με LNG από πλοίο σε πλοίο, τόσο των ποταμόπλοιων στο Seinehaven τόσο των πλοίων στο Rotterdam (IGU, 2015).

Η Ισπανία συνιστά έναν πρωτοποριακό και καθοδηγητικό παράγοντα στην ανάπτυξη της αγοράς του ssLNG, προσαρμόζοντας συνεχώς ρυθμιστικούς κανονισμούς και τέλη με στόχο την παροχή νέων υπηρεσιών εφοδιαστικής αλυσίδας LNG και συνεργαζόμενος ενεργά με στόχο την προώθηση του LNG ως καυσίμου. Πιο συγκεκριμένα, η Ισπανία ξεκίνησε την προώθηση των δραστηριοτήτων που αφορούν το ssLNG το 1970, με τη θέσπιση ρυθμίσεων για τη μεταφορά του καυσίμου με βυτιοφόρα, οι οποίες επέτρεψαν τη διεύρυνση του επιχειρηματικού τομέα. Το ισπανικό σύστημα μεταφοράς LNG αποτελεί επί του παρόντος τον επικεφαλής, σε διεθνές επίπεδο, του τομέα διανομής με βυτιοφόρα μεταφοράς LNG, καθώς περί τα 40,000 βυτιοφόρα μεταφέρουν το καύσιμο σε ετησία βάση, ποσότητα που ισοδυναμεί με το

φορτίο 13 σκαφών μεταφοράς LNG φυσιολογικού μεγέθους. Τα βυτιοφόρα εξυπηρετούν τη ζήτηση της γαλλικής, της ιταλικής, της ελβετικής και της πορτογαλικής αγοράς. Σε σχέση με τα ισπανικά πρότυπα ασφαλείας, η μεταφορά επικίνδυνων αγαθών υπόκειται στην Ευρωπαϊκή Συμφωνία αφορώσα τη Διεθνή Χερσαία Διακίνηση Επικίνδυνων Αγαθών (ADR), από το 1972. Επιπλέον, η χερσαία μεταφορά του LNG υπάγεται στις γενικότερες ρυθμίσεις περί φυσικού αερίου, ήτοι στο Βασιλικό Διάταγμα 949/2001, το Βασιλικό Διάταγμα 1434/2002, την Τεχνική Εποπτεία των Συστημικών Κανόνων (Technical Manager of the System Rules, NGTS), καθώς και των Αναλυτικών Πρωτοκόλλων της τελευταίας. Η αγορά LNG ήταν λειτουργική σε ικανοποιητικό επίπεδο ήδη από το 1972, όμως το 2012 η Ισπανική Εποπτεία του Συστήματος ενέκρινε ένα νέο αναλυτικό πρωτόκολλο της μεταφοράς του LNG με βυτιοφόρα, με στόχο τη βελτίωση των λειτουργικών λεπτομερειών. Αναφορικά με τις θαλάσσιες δραστηριότητες που αφορούν το ssLNG, οι οποίες λαμβάνουν χώρα από το 1997, υπάγονται στο Βασιλικό Διάταγμα 949/2001, το Βασιλικό Διάταγμα 1434/2002, την NGTS και τα Αναλυτικά Πρωτόκολλα PD-05 και PD-06. Καθώς το ενδιαφέρον για τη διεύρυνση του πεδίου χρήσης του LNG αυξάνεται, μία ομάδα κυβερνητικών φορέων, ρυθμιστικών αρχών και διαχειριστών των συστημάτων διακίνησης του LNG πρόκειται να συνεργαστούν για την ομαλή διαμόρφωση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου διαχείρισης του ssLNG, μέσω της αναθεώρησης των υφιστάμενων Αναλυτικών Πρωτοκόλλων, διαδικασία που θα μπορούσε να οδηγήσει στη συγκρότηση ενός νέου Αναλυτικού Πρωτοκόλλου για τις θαλάσσιες δραστηριότητες που αφορούν το ssLNG.

Η νορβηγική αγορά ssLNG συνιστά τη μεγαλύτερη στην Ευρώπη. Αν και η Νορβηγία αποτελεί τον μεγαλύτερο παραγωγό και εξαγωγέα φυσικού αερίου σε ευρωπαϊκό επίπεδο, πολλές τοποθεσίες στη Νορβηγία αυτή καθ' εαυτή δεν είναι συνδεδεμένες στο κεντρικό δίκτυο διανομής. Για την εξυπηρέτηση αυτών έχουν αναφερθεί πολλές δορυφορικές μονάδες εισαγωγής και επαναεριοποίησης LNG. Μία μεγάλη μονάδα LNG ευρίσκεται στη βόρεια Νορβηγία (Snohvit), και πέντε μικρότερες μονάδες ssLNG κατά μήκος της δυτικής ακτής της χώρας. Συνδυαστικά με τα πρότυπα NORSOK, για τον σχεδιασμό και τη λειτουργία των μονάδων LNG χρησιμοποιείται το πρότυπο EN-1473. Για τους τερματικούς δε σταθμούς χρησιμοποιείται το πρότυπο TS/EN 13645. Εν γένει, στη νορβηγική αγορά χρησιμοποιούνται τα ευρωπαϊκά πρότυπα (PED). Επί του παρόντος, στον νορβηγικό τομέα διαχείρισης του LNG

λειτουργούν περισσότερα από 50 σκάφη των οποίων ο αριθμός αναμένεται να υπερβεί τα 80 κατά τα επόμενα έτη. Η χρήση του LNG ως καυσίμου ναυτιλίας προωθείται από την Περιβαλλοντική Συμφωνία για τα οξείδια του αζώτου 2008-2017. Στην εν λόγω συμφωνία, η οποία εγκρίθηκε στις Βρυξέλλες το 2008 από την Εποπτική Αρχή Efta (Efta Surveillance Authority, ESA) συμμετείχαν 15 νορβηγικές επιχειρήσεις και το Υπουργείο Περιβάλλοντος. Με βάση τη Συμφωνία, συγκροτείται ένα χρηματικό κεφάλαιο ανάλογο με την ποσότητα των εκπεμφθέντων οξειδίων του αζώτου. Από το συγκεκριμένο κεφάλαιο χρηματοδοτείται η εφαρμογή μεθόδων για τον περιορισμό των εκπομπών αυτών από εγχώριες δραστηριότητες. Η Συμφωνία ανανεώθηκε για τα έτη 2018-2025.

Στην Τουρκία υφίστανται δύο τερματικοί σταθμοί συμβατικού LNG, συνολικής χωρητικότητας 535,000 m<sup>3</sup> στη δυτική ακτογραμμή της χώρας. Οι σταθμοί αυτοί έχουν εφεδρικό χαρακτήρα, καθώς η ενεργειακή ζήτηση της Τουρκίας εξαρτάται κατά 100% από τις εισαγωγές καυσίμων. Επιπροσθέτως, στα τέλη του 2005 η λειτουργία των σταθμών αποτέλεσε το έναυσμα για την έναρξη της ανάπτυξης της αγοράς ssLNG, το οποίο θεωρείται μία εναλλακτική επιλογή χαμηλού κόστους για ξενοδοχεία, βιομηχανικές ζώνες και άλλες μονάδες οι οποίες δεν είναι συνδεδεμένες με το δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. Παρά το ότι δεν υπάρχει επί του παρόντος κάποια αναλυτική νομοθεσία που να διέπει την αγορά του ssLNG, πλην του «Κύριου Νόμου περί Φυσικού Αερίου», οι υφιστάμενες βιομηχανικές εγκαταστάσεις LNG έχουν σχεδιαστεί, λειτουργούν και ελέγχονται από τεχνικές εταιρείες που έχουν πιστοποιηθεί από κυβερνητικούς φορείς και εφαρμόζουν πρότυπα όπως το TS/EN 12300, TS/EN 13458/1,2,3, TS/EN 13645, TS/EN 1160, PEC & TPED (2010/35/EU) και δευτερεύουσες ρυθμίσεις, όπως η Νομοθεσία Πυροπροστασίας Κτιρίων και οι Οδηγίες Ασφαλείας για τους Εργαζόμενους. Είναι, ωστόσο, γεγονός ότι η χρήση του LNG στα οχήματα προχωρεί με βραδείς ρυθμούς λόγω της έλλειψης ρυθμιστικού πλαισίου σε σχέση με τους σταθμούς ανεφοδιασμού και των κατασκευαστών ανταλλακτικών και εξαρτημάτων των οχημάτων. Το Τουρκικό Ινστιτούτο Προτύπων, που συνιστά το κύριο σώμα για τον σχεδιασμό και την κατάστρωση της εθνικής τυποποίησης, αποτελεί ένα μέλος «P» της επιτροπής του ISO που εργάζεται επί του παρόντος με στόχο την ανάπτυξη του PC 252 (ISO EN 16923 & 16924), το οποίο θα αποτελέσει το κύριο πρότυπο για τις δραστηριότητες που αφορούν τη χρήση των LNG και CNG ως καυσίμων σε σημεία πώλησης.





#### 4.2.6. Η περίπτωση της Ελλάδας

Η Ελλάδα ανέλαβε πρωταγωνιστικό ρόλο στον χώρο της αγοράς φυσικού αερίου των Βαλκανίων και της Μεσογείου το 1999, καθώς πραγματοποιήθηκαν κατάλληλες επενδύσεις τον ενεργειακό τομέα και ιδιαίτερα στην εγκατάσταση τερματικού σταθμού στη Ρεβυθούσα, ο οποίος και αντιστοιχεί σε μία από τις σημαντικότερες ενεργειακές υποδομές της χώρας. Η εγκατάσταση περιλαμβάνεται στους δεκατρείς σταθμούς LNG που βρίσκονται σε λειτουργία στον χώρο της Μεσογείου και της Ευρώπης. Ο σταθμός ευρίσκεται στη νήσο Ρεβυθούσα, σε απόσταση 500 μέτρων από την ακτή Αγίας Τριάδας, 45 km δυτικά της Αθήνας. Το 2000 η εν λόγω εγκατάσταση κατέστη λειτουργική, ενώ στις αρχές του 2008 έλαβε χώρα η ολοκλήρωση του σταδίου επέκτασης της εγκατάστασης, με συνέπεια την αύξηση της δυναμικότητας έγχυσης φορτίου και της δυναμικότητας αεριοποίησης. Πλέον, ο τερματικός σταθμός μπορεί να δέχεται δεξαμενόπλοια μεγαλύτερης χωρητικότητας και να παραλαμβάνει ταχύτερα και αποτελεσματικότερα την διπλάσια ποσότητα LNG. Η συνεχής δυναμικότητα της αεριοποίησης έχει πλέον τριπλασιαστεί (από 271 σε 1000 m<sup>3</sup> LNG/h) και παρέχει γύρω στα 5.2-5.3 δισ. m<sup>3</sup> φυσικού αερίου σε ημερήσια βάση. Επί του παρόντος πραγματοποιούνται μελέτες για τη δεύτερη αναβάθμιση των εγκαταστάσεων.

Ο τερματικός σταθμός συνιστά σημαντικό ενεργειακό κεφάλαιο για τη χώρα, παρέχοντας την απαιτούμενη ασφάλεια σε σχέση με την ενεργειακή τροφοδοσία, τη λειτουργική ευελιξία του συστήματος μεταφοράς, καθώς και αυξημένη ικανότητα να καλύπτει αιχμιακές απαιτήσεις της αγοράς του φυσικού αερίου (Κροκιδάς, 2009). Ο σχεδιασμός και η λειτουργία του σταθμού πραγματοποιήθηκαν και πραγματοποιούνται με βάση τις πιο αυστηρές προδιαγραφές ασφαλείας, τόσο για το προσωπικό του σταθμού όσο και για τον πληθυσμό της περιοχής. Η εφαρμοζόμενη τεχνολογία αναφορικά με την επεξεργασία του LNG τηρεί τους όρους της ευρωπαϊκής και της εθνικής νομοθεσίας. Η διατήρηση υψηλών προδιαγραφών περιβαλλοντικής απόδοσης και ασφαλείας ελέγχονται διαρκώς και πιστοποιούνται από ανεξάρτητους φορείς. Ο σταθμός έχει λάβει πιστοποίηση ISO 14001 και OHSAS 18001 (ΔΕΣΦΑ, 2013). Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του και έως το 2013 είχε λάβει χώρα η παραλαβή περισσότερων από 300 φορτίων LNG τα οποία μεταφέρονται στην Ελλάδα μέσω δεξαμενοπλοίων και προσωρινά αποθηκεύονται σε δύο δεξαμενές με χωρητικότητα 130,000 m<sup>3</sup>. Εν συνεχεία, στην εγκατάσταση επανααεριοποίησης, μέρος του LNG

μετατρέπεται σε φυσικό αέριο και πάλι τροφοδοτώντας το εθνικό σύστημα διανομής και μεταφοράς φυσικού αερίου. Στον τερματικό σταθμό της Ρεβυθούσας οι υπηρεσίες ssLNG βρίσκονται σε στάδιο σχεδιασμού, ενώ σχέδια για τερματικούς σταθμούς ssLNG πραγματοποιούνται για το λιμάνι της Αλεξανδρούπολης, του Πειραιά και προσφάτως, για την Πάτρα και την Ηγουμενίτσα.

## 5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Διαλαμβάνοντας όλα όσα εκτέθηκαν ανωτέρω, καθίσταται αντιληπτό ότι υπάρχει ένα ευρύ πλαίσιο κανονισμών που ρυθμίζει τα ποικίλα θέματα γύρω από το φυσικό αέριο. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ότι υφίστανται ήδη πολλά τεχνικά πρότυπα για τις μονάδες, τα μέσα μεταφοράς που ρυθμίζουν τις επιμέρους λειτουργικές τους διεργασίες, όπως τα αμερικανικά πρότυπα NFPA 59A και 49 CFR 193 και τα ευρωπαϊκά πρότυπα που παρέχονται από τον CEN, την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Τυποποίησης, ενώ αντίστοιχα πρότυπα και οδηγίες έχουν εκδοθεί ή είναι υπό διαμόρφωση για τα πεδία της ασφάλειας και την εκπαίδευση του προσωπικού.

Επιπλέον, άξιοι αναφοράς, ωστόσο είναι και οι οργανισμοί, ως κομβικοί πυλώνες αναφορικά με τη θέσπιση ενός βασικού επιπέδου εναρμόνισης των κανονισμών και των προτύπων, όπως η Ένωση Διαχειριστών Δεξαμενοπλοίων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Τερματικών Σταθμών (Society of International Gas Carrier and Terminal Operators, SIGTTO), η Ένωση Φυσικού Αερίου για τη Χρήση του ως Καυσίμου Ναυτιλίας (Society for Gas as a Marine Fuel, SGMF), ο IMO, ως ένας δραστήριος φορέας που παρέχει πρακτικές κατευθυντήριες οδηγίες υψηλής ποιότητας, τόσο σε περιβαλλοντικά θέματα όσο και σε θέματα ασφαλείας και ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Standard Organization, ISO), ο οποίος σε πρωτόλειο στάδιο διερευνά την καθοδήγηση και τη θέσπιση προτύπων υψηλού επιπέδου (IGU, 2015).

Ωστόσο, από την επισκόπηση των ανωτέρω διαφαίνεται ένα έλλειμμα ενός ευρύτερου κανονιστικού και ρυθμιστικού πλαισίου, το οποίο δεν θα ρυθμίζει μόνο επιμέρους ζητήματα ή θα τυγχάνει περιορισμένης τοπικής εφαρμογής, αλλά κύριος ρόλος και σκοπός του θα είναι να κωδικοποιεί ανά κατηγορία τα επιμέρους ζητήματα και ταυτόχρονα θα επιδιώκει να συντονίζει και να εξαλείφει τις οιοδήποτε τυχόν δυσαρμονίες που αναφύονται από τα διαφορετικά εθνικά κανονιστικά πλαίσια που εφαρμόζονται σε περιορισμένο τοπικό επίπεδο. Με άλλα λόγια, ανάγεται σε αδήριτη ανάγκη η θέσπιση ενός υπερεθνικού κανονιστικού πλαισίου παγκόσμιας εμβέλειας, το οποίο θα ρυθμίζει ad hoc και με ολιστικό τρόπο τα ζητήματα γύρω από το φυσικό αέριο, ήτοι τόσο από τα τεχνικά πρότυπα περί των μονάδων επεξεργασίας του, τα μέσα μεταφοράς του, τις επιμέρους λειτουργικές τους διεργασίες, τα ζητήματα ασφαλείας, την εκπαίδευση του προσωπικού, όσο και περιβαλλοντικά θέματα και θέματα που

αφορούν την οικονομική διάρθρωση των επενδύσεων γύρω από αυτό, καθώς και τους ελεγκτικούς μηχανισμούς εποπτείας και τήρησης των εν λόγω κανονισμών και προτύπων.

Κατά συνέπεια, με τη θέσπιση ενός ολιστικού, μα και συνάμα ad hoc, υπερεθνικού κανονιστικού πλαισίου παγκόσμιας εμβέλειας επιτυγχάνεται ένας αίσθημα ασφάλειας δικαίου που ενθαρρύνει, όχι μόνο τους ήδη εμπλεκόμενους επιχειρηματίες να αναπτύξουν τις δραστηριότητές, αλλά και νέους στον τομέα του φυσικού αερίου, καθώς θα προσκαλεί έμπρακτα και τους πολίτες να εμπιστευτούν τους θεσμούς και τους φορείς γύρω από το φυσικό αέριο, οι οποίοι πλέον δυνάμει του εν λόγω κανονιστικού πλαισίου θα καθίστανται θεματοφύλακες της προστασίας του περιβάλλοντος και της αειφόρου ανάπτυξης. Θετικό απότοκο όλων των ανωτέρω, πέραν της υγιούς ανάπτυξης της επιχειρηματικότητας, είναι η επένδυση ολοένα και περισσότερο χρημάτων σε οικονομικότερες και φιλικότερες για το περιβάλλον πηγές καυσίμων, που κατ' επέκταση θα συμβάλουν καθοριστικά να ανατραπούν τα αρνητικά επακόλουθα της κλιματικής αλλαγής.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Alderton, P., 2004. *Transport, Operations and Economics*. New York, NY: Adlard Coles Nautical.

Ancona M.A. , Bianchi M., Branchini L., , A.DePascale, F.Melino, M.Mormile, M.Palella, L.B. Scarponi, 2018, *Investigation on small-scale low pressure LNG production process*, Applied Energy, Volume 227, 1 October 2018, Pages 672-685- Applied Energy on Science Direct

Andersson, K., Brynolf, S., Lindgren F., Wilewska-Bien, M. (επιμ.), 2016.*Shipping and the Environment: Improving Environmental Performance in Marine Transportation*. Berlin: Springer-Verlag.

Bengtsson, S., Andersson, K., Fridell, E., 2011.*A comparative life cycle assessment of marine fuels: liquefied natural gas and three other fossil fuels*. Proc. Inst. Mech. Eng., Part M: J. Eng. Maritime Environ. 225(2), 97–110.

Biscardini et al., 2017

Bourgeois Alain, Vice President, Gas, Bergen Energi AS, *Small scale LNG economics*, LNG Fuel Forum – 20th September 2011, Stockholm

Boylston, J. & Cedar River Group, 2012, *Evaluating the Use of Liquefied Natural Gas in Washington State Ferries*, Olympia, WA: Joint Transportation Committee, January 2012.

Bockerini et al., 2017

Burel, F., Taccani, R., Zuliani, N., 2013. *Improving sustainability of maritime transport through utilization of Liquefied Natural Gas (LNG) for propulsion*, Energy 57, August 2013, University of Trieste

Cozzani, V., Rota, R., Tugnoli, A., Busini, V., Bubbico, R., Salzano, E., Uguccioni, G., 2011.*Safety of LNG Regasification Terminals: the Blue Book Approach*. Chemical Engineering Transactions 34, 1105-1110.

Guo B., Ghalambor A., 2005, *Natural Gas Engineering Handbook*, Gulf Pub Co, July 31, 2005

IGU, 2015

IMO, 2000. *International code for the construction and equipment of ships carrying liquefied gases in bulk: ICG code [M]*. London: IMO.

IMO, 2014. *Third IMO GHG Study 2014*. London: International Maritime Organization (IMO).

Marinetraffic, 2018. *Vessels*. [online] Available at: <[www.marinetraffic.com](http://www.marinetraffic.com)> [Accessed Date 25 March 2018].

Mokhatab, S., Mak, J.Y., Valappil, J.V., Wood, D.A., 2014. *Handbook of Liquefied Natural Gas*. Oxford: Gulf Professional.

Pöyry, 2016, Davies G., Sarsfield-Hall R., *GAS SCR – COST-BENEFIT ANALYSIS FOR A DEMAND-SIDE RESPONSE MECHANISM*, Pöyry Management Consulting (UK) Ltd

Quispel M., 2015, *PROMINENT D2.4 Ex-ante cost/benefit analysis of business cases for energy-efficient navigation*, NESTRA, Brussels, 13.11.2015

Quispel M., 2011, *Medium and longterm perspectives in Inland Waterway Transport in the European Union*, NEA, Brussels, 5.07.2011.

TNO, 2014)

TSO, 2014.

Wärtsilä, 2016, Hietanen K., Koponen T., *LNG: a game changer for the EU's transport and power sector*, European Energy Forum - Dinner debate, Brussels 24th May 2016

AEA, 2011

ΔΕΣΦΑ, 2013.

Κροκιδάς, 2009, «*Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο – Η νέα πηγή ενέργειας στην Ελλάδα*», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα