



ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Με θέμα

Χωροθέτηση Σταθμών Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου μικρής κλίμακας, παρούσα
κατάσταση και προοπτικές

Optimal siting of small LNG Stations

Του φοιτητή

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΥ (ΑΜ:47352)

Επιβλέπον μέλος ΔΕΠ:

Δρ. Κονδύλη Αιμιλία, καθηγήτρια

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΙΣΗΓΗΤΗ

Η πτυχιακή/διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

ΚΟΝΔΥΛΗ ΑΙΜΙΛΙΑ

ΝΑΖΟΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΚΑΛΔΕΛΛΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Αθηνά 2023

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Μητσόπουλος Αθανάσιος του Κωσταντίνου, με αριθμό μητρώου 47352 φοιτητής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Μηχανικών του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Ο Δηλών

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Κ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟΣ



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτρια μου Αιμιλία Κονδύλη που μου έδωσε τη δυνατότητα να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον και πρωτοποριακό θέμα και με στήριξε στην εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας με τις πολύτιμες συμβουλές της. Ευχαριστώ επίσης την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την συμπαράστασή τους όλον αυτόν τον καιρό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά το υγροποιημένο φυσικό αέριο –ΥΦΑ και επικεντρώνεται στους μικρούς τερματικούς σταθμούς .Αρχικά γίνεται αναφορά στο φυσικό αέριο ως πόρος και έπειτα στην υγροποιημένη του μορφή αλλά και τις ιδιαιτερότητες τις οποίες παρουσιάζει .Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στη χρήση του στον τομέα της ναυτηλίας ως καύσιμο και αναφέρονται οι εγκαταστάσεις και οι υποδομές από τις οποίες αποτελούνται οι τερματικοί σταθμοί.Γίνεται περιγραφή των διαφόρων ειδών σταθμών και αναφέρονται τα προβλήματα των μεγάλων έργων ,τα πλεονεκτήματα των μικρής κλίμακας σταθμών καθώς και οι προοπτικές ανάπτυξής τους.

Λέξεις κλειδιά:φυσικό αέριο-Φ/Α,υγροποιημένο φυσικό αέριο-ΥΦΑ,τερματικοί σταθμοί μικρής κλίμακας,επαναεριστοποίηση,χωρωθέτηση

ABSTRACT

This diploma thesis concerns liquefied natural gas – LNG and focuses on small terminals, initially references is made to natural gas as a resource and then to its liquefied form but also to the particularities it presents. The problems of major projects, the advantages of small-scale stations and their development prospects are mentioned.

Keywords: natural gas-PV, liquefied natural gas-LNG, small scale terminals, regasification, location



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΣΥΓΚΟΠΕΣ ΛΕΞΕΩΝ	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ(Φ.Α/N.G)-ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ(Υ.Φ.Α/L.N.G).....	12
1.1 Φυσικό Αέριο(Φ.Α/N.G).....	12
1.2 Σύσταση και ιδιότητες του φυσικού αερίου	13
1.3 Αποθεματα Φ.Α.....	15
Σχήμα 1.3 Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή φυσικού αερίου[2]	18
1.4 Εξαγωγή και μεταφορά	18
1.5 Χρησεις φυσικού αερίου	19
1.6 Πλεονεκτήματα Φυσικού Αερίου έναντι των συμβατικών υγρών καυσίμων	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	21
ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΥΦΑ/LNG)	21
2.1 Ιδιότητες Υφα	22

2.2 Χημική Σύσταση	22
2.3 Πυκνότητα – Ειδικό Βάρος	23
2.4 Διαδικασίες Υγροποίησης Σε Σταθμούς Φόρτωσης.....	23
2.4.1 Διεργασία υγροποίησης αναγκών αιχμής.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΟ LNG ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ	28
3.1 Το Βαρύ Καυσίμο (Hfo) Και Τα Αποστάγματα Του Marine Gas Oil(M)-Marine Diesel Oil (Mdo).....	28
3.2 Προβλήματα με τα βαριά καύσιμα στο περιβάλλον	28
3.2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO2).....	29
3.2.2 Διοξείδιο του θείου (SO2)	29
3.2.3 Οξείδια του αζώτου (NOX)	29
3.3 Τα πλεονεκτήματα του lng	30
3.4 Θαλάσσιες Περιοχές Ελέγχου Εκπεμπόμενων Ναυτιλιακών Ρύπων Ecas	32
3.5 Poseidon Med.....	33
3.5.1 Δραστηριότητες.....	34
Δραστηριότητα 1: Δίκτυο LNG. Προσφορά και ζήτηση	34
Δραστηριότητα 2: Νομοθετικό και Ρυθμιστικό Πλαίσιο για την υιοθέτηση του ΥΦΑ ως καυσίμου σε υπεράκτιες και χερσαίες εγκαταστάσεις.....	34
Δραστηριότητα 3: Υποδομές και εγκαταστάσεις LNG	34
Δραστηριότητα 4: Ολοκληρωμένη Ναυτιλιακή Εφοδιαστική Αλυσίδα ΥΦΑ.....	35
Δραστηριότητα 5: Εκτίμηση Κινδύνου	35
Δραστηριότητα 6: Βιώσιμη Χρηματοδότηση	36
Δραστηριότητα 7: Τοπικές Εκτιμήσεις Λιμένων Βόρειας Αδριατικής.....	36
Δραστηριότητα 8: Δραστηριότητες Διαχείρισης και Διάδοσης	36
3.6 Poseidon Med 2.....	37
3.6.1 Στόχοι.....	38
3.7 Σημαντικά Πλοία Τα Οποία Λειτουργούν Με lng.....	40
3.7.1 Rem Eir – Το μεγαλύτερο στον κόσμο κινούμενο με LNG πλοίο εφοδιασμού πλατφόρμας	40
3.7.2 Το πρώτο κινούμενο με LNG πλοίο μεταφοράς τσιμέντου	41
3.7.3 Το πρώτο κινούμενο με LNG πλωτό γεωτρήπανο	42
3.7.4 Scheldt River: Ο πρώτος βυθοκόρος διπλού καυσίμου	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	44
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ.....	44
4.1 Παραγωγή-Εξόρυξη	44

4.2 Σταθμοί υγροποίησης	46
4.3 Μεταφορά LNG	46
4.4 Τερματικοί σταθμοί και επαναεριοποίηση.....	47
4.4.1 Εκφόρτωση.....	50
4.4.2 Αποθήκευση.....	52
4.4.2.1 Δεξαμενές επίπεδου πυθμένα	54
4.4.2.1.1 Μονή δεξαμενή συγκράτησης	54
4.4.2.1.2 Διπλή δεξαμενή συγκράτησης	55
4.4.2.1.3 Πλήρης δεξαμενή συγκράτησης.....	56
4.4.2.2 Σφαιρικές δεξαμενές	56
4.4.2.3 Σφαίρες δεξαμενές.....	57
4.4.3 Επαναεριοποίηση.....	57
4.4.3.1Ατμοποιητές ανοιχτού ραφίου	58
4.4.3.2Ατμοποιητές βυθισμένης καύσης (SCV)	58
4.4.3.3Ατμοποιητές ενδιάμεσων υγρών	59
4.4.3.4Ατμοποιητές αέρα περιβάλλοντος (AAV).....	60
4.4.4 Πλωτές υποδομές ανεφοδιασμού LNG (FSRU).....	61
4.4.4.1Κόστος νεόχτιστου πλοίου FSRU.....	62
4.4.4.2 Η Τεχνολογία των πλωτών μονάδων FSRU	63
4.4.4.3 Οι τερματικοί σταθμοί από την πλευρά της επιχειρηματικότητας	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	66
Ο ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΗΣ ΡΕΒΥΘΟΥΣΑΣ	66
5.1 Δυναμικότητες Εγκατάστασης ΥΦΑ	69
5.2 ΜΟΝΑΔΑ ΣΗΘΥΑ	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	72
ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ – ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ	72
6.1 Χωροθέτηση	72
6.2 Καθορισμός των κριτηρίων χωροθέτησης.....	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	76
ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ LNG	76
7.1 Πλεονέκτηματα μικρών σταθμών έναντι μεγάλων τερματικών.....	76
7.2 Δορυφορικοί τερματικοί σταθμοί για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής.....	77
7.3 Μικροί δορυφορικοί τερματικοί σταθμοί.....	78
7.4 Φορτηγίδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης.....	79

7.5 Θαλάσσιες υποδομές.....	80
7.5 Τερματικοί σταθμοί μεσαίας κλίμακας.....	81
7.6 Παραδείγματα μικρών σταθμών.....	82
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	84
ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	84
8.1 Υψηλές φιλοδοξίες	86
8.2 Ανεφοδιασμός καυσίμων.....	89
8.3 Οδικές μεταφορές.....	89
8.4 Ισχύς εκτός δικτύου.....	90
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	91

ΣΥΓΚΟΠΕΣ ΛΕΞΕΩΝ

ΦΑ => φυσικό αέριο

ΥΦΑ =>Υγροποιημένο φυσικό αέριο

LNG => liquefied natural gas

FSRU => Floating Storage Regasification Unit

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να ενημερώσει τον αναγνώστη για την σημαντικότητα του ΥΦΑ αλλά και για την παρούσα κατάσταση και τις προοπτικές των των τερματικών σταθμών μικρής κλίμακας.

Στο πρώτο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες σχετικές με το φυσικό αέριο ως προς την σύσταση τις ιδιότητες και τα αποθέματα. Αναφέρονται επίσης οι χρήσεις του αλλά και τα πλεονεκτήματα του φυσικού αερίου έναντι των συμβατικών υγρών καυσίμων.

Στο δεύτερο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες σχετικά με το υγροποιημένο φυσικό αέριο ως προς την σύσταση τις ιδιότητες και τις χώρες με την μεγαλύτερες εξαγωγές ΥΦΑ παγκοσμίως.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για τον ρόλο του ΥΦΑ στον τομέα της ναυτηλίας, τα προβλήματα με τα βαριά καύσιμα στο περιβάλλον, τα πλεονεκτήματα του lng σε αυτόν τον τομέα, τις Θαλάσσιες Περιοχές Ελέγχου Εκπεμπόμενων Ναυτιλιακών Ρύπων Ecas καθώς και των προγραμμάτων POSEIDON MED και POSEIDON MED 2. Επίσης σχολιάζονται και κάποια από τα πιο ξεχωριστά πλοία που κινούνται με LNG.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται λόγος για τις εγκαταστάσεις και τις υποδομές της γραμμής παραγωγής του LNG, αναλύονται τα στάδια της παραγωγής-εξόρυξης, της υγροποίησης, της μεταφοράς μέσω carriers, της εκφόρτωσης, της επαναεριοποίησης καθώς και της αποθήκευσης και ταξινομούνται τα είδη των δεξαμενών αποθήκευσης ως προς το σχήμα και τον σχεδιασμό. Γίνεται αναφορά επίσης και στους πλωτούς σταθμούς αποθήκευσης –FSRU.

Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια παρουσίαση της εγκατάστασης της Ρεβυθούσας στη χώρα μας και αναφέρονται τα κύρια χαρακτηριστικά του έργου.

Στο έκτο κεφάλαιο ανέρονται οι δυσκολίες των μεγάλων εγκαταστάσεων – ευρωπαϊκή εμπειρία και αναλύονται λεπτομερώς τα κριτήρια που έχουν να κάνουν με τον καθορισμό της χωροθέτησης.

Στο έβδομο κεφάλαιο έχουμε την κατηγοριοποίηση των σταθμών lng καθώς και τα πλεονέκτηματα των μικρών σταθμών έναντι μεγάλων τερματικών, επίσης γίνεται αναφορά στους μικρούς δορυφορικούς τερματικούς σταθμούς στις φορηγίδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης αλλά και στις θαλάσσιες υποδομές.

Στο όγδοο κεφάλαιο δίνονται πληροφορίες για τις προοπτικές ανάπτυξης και τις φιλοδοξίες για την μελλοντική ζήτηση του LNG.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ(Φ.Α/N.G)-ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ(Υ.Φ.Α/L.N.G)

1.1 Φυσικό Αέριο(Φ.Α/N.G)

Το φυσικό αέριο ανήκει στα αέρια καύσιμα τα οποία περιλαμβάνουν :

- το υδρογόνο (H₂),
- το μονοξείδιο του άνθρακα (CO),
- το αέριο σύνθεσης (CO + H₂),
- το αέριο προϊόν του διωλιστηρίου,
- το βιοαέριο (κυρίως μεθάνιο),
- το φωταέριο,
- το φυσικό αέριο και
- το υγραέριο (κυρίως προπάνιο, C₃H₈ και βουτάνιο, C₄H₁₀).

Το φυσικό αέριο αποτελεί ζωτικής σημασίας συνιστώσα της παγκόσμιας προσφοράς ενέργειας. Είναι μια από τις καθαρότερες, ασφαλέστερες και πλέον χρήσιμες πηγές ενέργειας αλλά ταυτόχρονα και βασική πρώτη ύλη της

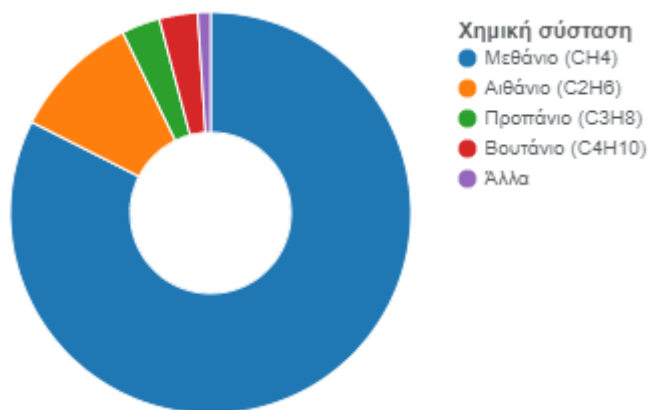
πετροχημικής βιομηχανίας. Εδώ πρέπει να τονιστεί ότι το φυσικό αέριο, που είναι κατά βάση μεθάνιο, είναι τελείως διαφορετικό καύσιμο συγκρινόμενο με το υγραέριο που αποτελείται, κυρίως, από προπάνιο και βουτάνιο (προϊόντα διύλισης του πετρελαίου) ή το φωταέριο (γκάζι). Το φυσικό αέριο (ΦΑ) είναι ένα άχρωμο και άοσμο καύσιμο αέριο που υπάρχει στη φύση, αποτελούμενο κατά βάση από μεθάνιο (CH_4) και σε μικρότερες αναλογίες από άλλα αέρια, όπως αιθάνιο (C_2H_6), προπάνιο (C_3H_8), βουτάνιο (C_4H_{10}) και βαρύτερους υδρογονάνθρακες (όπως το πεντάνιο, C_5H_{12} , 97 εξάνιο, C_6H_{14} , επτάνιο, C_7H_{16} , οκτάνιο, C_8H_{18} , κλπ.). Μπορεί, επίσης, να περιέχει και μη-καύσιμα αέρια, όπως το άζωτο, N_2 , διοξείδιο του άνθρακα, CO_2 , και υδρόθειο, H_2S . Οι αναλογίες των συστατικών ποικίλουν ανάλογα με την προέλευση. Εδώ να σημειωθεί ότι η χαρακτηριστική οσμή «χαλασμένου αυγού», που είναι συχνά συνδεδεμένη με το φυσικό αέριο, στην πραγματικότητα παρουσία νερού. Η περιεκτικότητα του φυσικού αερίου στους διάφορους υδρογονάνθρακες μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με την οφείλεται σε μερκαπτάνες, που προστίθενται στο φυσικό αέριο πριν από την παράδοση στον τελικό χρήστη, με σκοπό την ανίχνευση διαρροών στο κύκλωμα. Θεωρείται ως πολύ σημαντικό ορυκτό καύσιμο γιατί, όταν καίγεται, δίνει μεγάλη ποσότητα ενέργειας με ελάχιστες εκπομπές ρύπων. [1]

1.2 Σύσταση και ιδιότητες του φυσικού αερίου

Το φυσικό αέριο, όπως ειπώθηκε και προηγουμένως, είναι μίγμα αερίων υδρογονανθράκων με κύριο συστατικό το μεθάνιο αλλά και ανώτερους υδρογονάνθρακες από 2 έως 7 άτομα άνθρακα (C_2 - C_7). Μερικές φορές μπορεί να περιέχει πολύ μικρές ποσότητες από αρωματικούς υδρογονάνθρακες, όπως βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο. Το φυσικό αέριο περιέχει, επίσης, μη-καύσιμα αέρια, όπως το άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ήλιο, υδρόθειο και άλλες θειούχες ενώσεις (όπως καρβονυλικά σουλφίδια, COS ή μερκαπτάνες) καθώς και υδρατμούς. Τα CO_2 και H_2S είναι όξινα αέρια ικανά να προκαλέσουν διαβρώσεις τοποθεσία προέλευσης. Το φυσικό αέριο, που τελικά διατίθεται στη κατανάλωση, είναι σχεδόν καθαρό μεθάνιο, αφού όλα τα υπόλοιπα συστατικά κυρίως τα όξινα αέρια, έχουν απομακρυνθεί.

Συστατικό	Μοριακός τύπος	Αλγερία	Ρωσία	ΗΠΑ (Salt lake)	Εύρος περιεκτικότητας (%)
Μεθάνιο	CH ₄	83.0	85.0	95	70-95
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	7.2	7.0	0.8	0.5-10
Προπάνιο	C ₃ H ₈	2.3	3.0	0.2	0-10
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	1.0	2.0	-	0-10
Πεντάνιο και βαρύτερα	C ₅ H ₁₂ >	0.3	1.0	-	0-10
Άζωτο	N ₂	5.8	1.5	0.4	0-6
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0.2	0.5	3.6	0-8
Ευγενή αέρια	He, Ne, Xe	0.2	-	-	Ίχνη
Υδρόθειο	H ₂ S	-	-	-	0-5

Πίνακας 1.1 Εύρος περιεκτικότητας συστατικών και σύσταση ΦΑ από διάφορες πηγές[1]



Σχήμα 1.1 Χημική σύσταση φ/α[2]

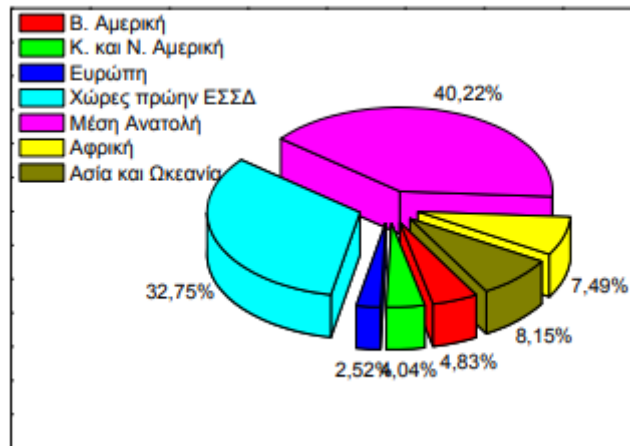
Οι ιδιότητες των αερίων, που περιέχονται σαν συστατικά του φυσικού αερίου, φαίνονται στον Πίνακα 1.2 Το μεθάνιο έχει αρκετά χαμηλό σημείο βρασμού και είναι το μόνο που έχει σχετικά μικρότερη πυκνότητα σε σχέση με τον αέρα. Επίσης, έχει μικρή σχετικά ανώτερη θερμογόνο δύναμη (ΑΘΔ) καύσης και απαιτεί τη μικρότερη ποσότητα αέρα για καύση.[1]

Συστατικό	Σημείο βρασμού (°C) σε Κ.Σ.	Πυκνότητα σε Κ.Σ. (kg/m ³)	Σχετική πυκνότητα ως προς τον αέρα	ΛΘΔ (kcal/m ³) σε Κ.Σ.	Θεωρητική Απαιτήση σε αέρα καύσης
Μεθάνιο	-162	0.716	0.554	9497.0	9.5
Αιθάνιο	-88	1.34	1.038	16513	16.7
Προπάνιο	-42	1.97	1.521	23672	23.8
Βουτάνιο	-0.5	2.59	2.006	30688	30.9
Πεντάνιο	36	3.45	2.670		
Άζωτο	-196	1.25	0.967	-	-
Διοξείδιο του άνθρακα	-78.5	1.96	1.519	-	-
Αέρας		1.29	1.000	-	-

Πίνακας1.2. Ιδιότητες αερίων συστατικών του φυσικού αερίου (το Κ.Σ σημαίνει κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας (273 K) και πίεσης (1 atm)).[1]

1.3 Αποθέματα Φ.Α

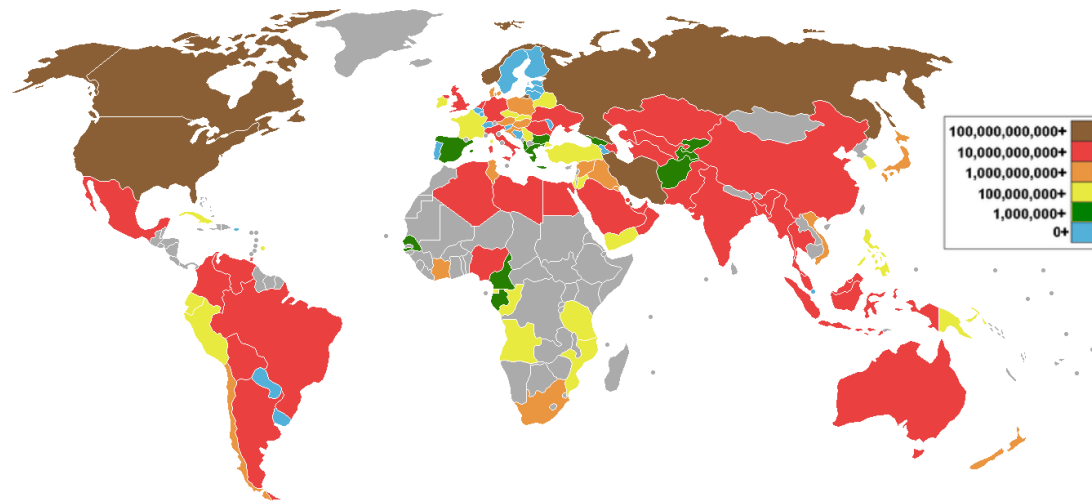
Το φυσικό αέριο είναι ορυκτό καύσιμο του οποίου ο σχηματισμός χρειάστηκε χιλιάδες ή και εκατομμύρια χρόνια. Είναι, επομένως, μη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας και γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία να ξέρουμε για ποσό χρονικό διάστημα θα εξακολουθεί να υπάρχει. Οι εκτιμήσεις για τα παγκόσμια αποθέματα φυσικού αερίου σήμερα είναι γύρω στα 186.2 m³, γεγονός που σημαίνει επάρκεια για 80 με 100 χρόνια. Όπως φαίνεται από το Σχήμα 3.1, τα περισσότερα αποθέματα βρίσκονται στη Μέση Ανατολή με 74.9 m³, ή 40% του παγκόσμιου συνόλου, και έπεται η Ευρώπη με τις χώρες της πρώην ΕΣΣΔ με 60.8 m³, ή 33% του συνόλου των παγκόσμιων αποθεμάτων



Σχήμα 1.2 % ποσοστό αποθεμάτων φυσικού αερίου των διαφόρων περιοχών κατά το 2010[1]

Πίνακας 1.3 Παρακάτω παρουσιάζονται οι χώρες πρώτες σε αποδεδειγμένα αποθέματα φυσικού αερίου [6]

Θέση ↕	Χώρα ↕	αποδεδειγμένα αποθέματα (m ³) ↕	ημερομηνία πληροφοριών ↕
Σύνολο	Κόσμος	187,300,000,000,000	
1	 Ρωσία	48,700,000,000,000	12 Ιουνίου 2013 est. ^[3]
2	 Ιράν	33,600,000,000,000	12 Ιουνίου 2013 est. ^[4]
3	 Κατάρ	25,100,000,000,000	12 Ιουνίου 2013 est. ^[5]
4	 Τουρκμενιστάν	17,500,000,000,000	12 Ιουνίου 2013 est. ^[6]
5	 Ηνωμένες Πολιτείες	9,460,000,000,000	12 Δεκεμβρίου 2013 ^[7]
6	 Σαουδική Αραβία	8,200,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2012 est. ^[8]
7	 Βενεζουέλα	5,524,500,000,000	19 Ιουλίου 2011 ^[9]
8	 Νιγηρία	5,246,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
9	 Αλγερία	4,502,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
10	 Αυστραλία	3,825,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2012 est. ^[8]
11	 Ιράκ	3,600,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2012 est. ^[8]
12	 Κίνα	3,100,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2012 est. ^[8]
13	 Ινδονησία	3,001,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
14	 Καζακστάν	1,900,000,000,000	12 Ιουνίου 2013 est. ^[6]
15	 Μαλαισία	2,350,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
16	 Νορβηγία	2,313,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
17	 Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	2,250,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
18	 Ουζμπεκιστάν	1,841,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
19	 Κουβέιτ	1,798,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
20	 Καναδάς	1,754,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
21	 Αίγυπτος	1,656,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
22	 Λιβύη	1,539,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
23	 Ολλανδία	1,416,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
24	 Ουκρανία	1,104,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
25	 Ινδία	1,075,000,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
26	 Ομάν	849,500,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
27	 Αζερμπαϊτζάν	849,500,000,000	1 Ιανουαρίου 2011 est. ^[1]
28	 Πακιστάν	840,200,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.
29	 Λίβανος	750,400,000,000	1 Ιανουαρίου 2010 est.



Σχήμα 1.3 Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή φυσικού αερίου[2]

1.4 Εξαγωγή και μεταφορά

Το φυσικό αέριο είναι καύσιμο και πρώτη ύλη της χημικής βιομηχανίας. Εξορύσσεται από υπόγειες κοιλότητες στις οποίες βρίσκεται υπό υψηλή πίεση. Σε αυτές τις κοιλότητες το φυσικό αέριο σχηματίστηκε με τρόπο παρόμοιο με τον τρόπο σχηματισμού του πετρελαίου. Μεταφέρεται προς τους τόπους όπου πρόκειται να χρησιμοποιηθεί όπως είναι, χωρίς την ανάγκη περαιτέρω επεξεργασίας.

Οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή φυσικού αερίου (με καφέ χρώμα οι χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή, ακολουθούν αυτές που σημειώνονται με κόκκινο χρώμα)

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

Οι μεγάλοι αγωγοί υψηλής πίεσης καθιστούν δυνατή τη μεταφορά του αερίου σε απόσταση χιλιάδων χιλιομέτρων. Παραδείγματα τέτοιων αγωγών είναι οι αγωγοί της Βόρειας Αμερικής, που εκτείνονται από το Τέξας και τη Λουιζιάνα μέχρι τη βορειοανατολική ακτή και από την Αλμπέρτα ως τον Ατλαντικό. Αγωγοί επίσης εκτείνονται από τη Σιβηρία μέχρι την Κεντρική και Δυτική Ευρώπη. Οι έρευνες για πετρέλαιο έχουν αποκαλύψει την ύπαρξη μεγάλων κοιτασμάτων αερίου στην

Αφρική, Μέση Ανατολή, Αλάσκα και αλλού. Η μεταφορά από τέτοιες περιοχές γίνεται με πλοία. Το αέριο υγροποιείται στους -160 βαθμούς Κελσίου και μεταφέρεται, όπως το πετρέλαιο, με δεξαμενόπλοια ειδικά κατασκευασμένα για τον σκοπό αυτό (Υγραεριοφόρα πλοία - LNG Carrier). Ένα κυβικό μέτρο υγρού φυσικού αερίου αντιστοιχεί σε 600 κυβικά μέτρα αερίου σε ατμοσφαιρική πίεση. Το ειδικό βάρος του υγρού αερίου είναι σχετικά χαμηλό (περίπου 0,55).

Η Ελλάδα προμηθεύεται φυσικό αέριο από την Ρωσία και την Αλγερία.[2]

1.5 Χρησεις φυσικού αερίου

- Αποτελεί βασική πηγή παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- Χρησιμοποιείται στην παραγωγή υδρογόνου.
- Καύσιμο οχημάτων (οικολογικά οχήματα). Το 2005, οι χώρες με τον μεγαλύτερο αριθμό οικολογικών οχημάτων ήταν η Αργεντινή, η Βραζιλία, το Πακιστάν, η Ιταλία, το Ιράν και οι Η.Π.Α.. Γίνονται, επίσης, προσπάθειες για χρήση του και στην αεροπορία.
- Οικιακή χρήση (μαγειρική, θέρμανση κ.α.)
- Άλλες χρήσεις (παραγωγή γυαλιού, υφασμάτων, ατσαλιού, πλαστικών, ειδών χρωματισμού και άλλων προϊόντων)[2]
- Βιομηχανική χρήση
 1. Την κάλυψη θερμικών αναγκών για όλες τις παραγωγικές διαδικασίες
 2. Την συμπαραγωγή ηλεκτρικής και θερμικής ενέργειας
 3. Την κάλυψη ψυκτικών αναγκών[3]
- Στην υγροποιημένη του μορφή έχει σταδιακά αρχίσει να χρησιμοποιείται και στη ναυτιλία, σε εμπορικά και επιβατηγά πλοία, ως ναυτιλιακό καύσιμο αφού συνδυάζει οικονομία και χαμηλή εκπομπή αέριων ρύπων σε σχέση με τα ναυτιλιακά πετρελαϊκά καύσιμα. [4]

1.6 Πλεονεκτήματα Φυσικού Αερίου έναντι των συμβατικών υγρών καυσίμων

Η χημική σύσταση του φυσικού αερίου (και των ομοειδών του) καθώς και η σύσταση των καυσαερίων του, συνιστούν δυο συνθήκες με υψηλό ενδιαφέρον από την σκοπιά της λειτουργίας με υψηλό βαθμό απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας ιδίως στις οικιακές εφαρμογές:

- Εξαιτίας της απουσίας προσμίξεων επιβαρυντικών για τα μέρη των συσκευών και των εγκαταστάσεων (καυστήρες, θάλαμοι καύσης, απαγωγή καυσαερίων κλπ.), είναι απολύτως εφικτή η διατήρηση σταθερού βαθμού απόδοσης για ιδιαίτερα μεγάλες περιόδους.

- Επειδή τα προϊόντα της καύσης του φυσικού αερίου αποτελούνται κυρίως από νερό (υδρατμούς), καθίσταται εύκολα δυνατή η αξιοποίηση της λανθάνουσας θερμότητας των καυσαερίων (διαδικασία συμπύκνωσης), με αποτέλεσμα την αύξηση (πάνω από 20%) της ωφέλιμης θερμότητας που λαμβάνεται από δεδομένη ποσότητα καυσίμου - σημαντικό πλεονέκτημα για τον τελικό καταναλωτή αφού μπορεί να εξυπηρετήσει την εγκατάστασή του με λιγότερο καύσιμο[2]

Το φυσικό αέριο είναι η καθαρότερη πηγή πρωτογενούς ενέργειας, μετά τις ανανεώσιμες μορφές. Τα μεγέθη των εκπεμπόμενων ρύπων είναι σαφώς μικρότερα σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ η βελτίωση του βαθμού απόδοσης μειώνει τη συνολική κατανάλωση καυσίμου και συνεπώς περιορίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση.[5]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΥΦΑ/LNG).

Το ΥΦΑ είναι επίσης Φυσικό Αέριο που, επίσης, εξάγεται από τη γη αλλά υγροποιείται με ψύξη σε θερμοκρασία -160 ο C. Η υγροποίηση του φυσικού αερίου διευκολύνει τη μεταφορά του με πλοία σε μεγάλες αποστάσεις και, ιδιαίτερα, όταν δεν είναι δυνατή η μεταφορά του με αγωγούς. Επίσης, επιτρέπει την αποθήκευσή του σε σχετικά μικρούς χώρους μιας και καταλαμβάνει μόνο το $1/600$ του όγκου ισοδύναμης ποσότητας αερίου σε θερμοκρασία και πίεση περιβάλλοντος.

Οι μέθοδοι, που χρησιμοποιούνται για την υγροποίηση, είναι η κυκλική μέθοδος διαστολής και η κυκλική μέθοδος μηχανικής ψύξης. Στη διεργασία της διαστολής μέρος του αποσυμπιέζεται από την υψηλή πίεση μεταφορά σε χαμηλότερη πίεση. Αυτό προκαλεί πτώση της θερμοκρασίας του αερίου. Διαμέσου εναλλακτών θερμότητας το ψυχρό αέριο ψύχει το εισερχόμενο ρεύμα αερίου, το οποίο στη συνέχεια με τον ίδιο τρόπο ψύχει το νέο ρεύμα αερίου μέχρις ότου επιτευχθεί η θερμοκρασία υγροποίησης του μεθανίου, οπότε και παράγεται το ΥΦΑ.

Η διεργασία, όμως, που χρησιμοποιείται πιο συχνά για την παραγωγή ΥΦΑ είναι αυτή της μηχανικής ψύξης. Στη διεργασία αυτή χρησιμοποιούνται τρία διαφορετικά ρεύματα υγρών ψυκτικών, προπάνιου, αιθανίου και μεθανίου. Η θερμότητα, που απαιτείται για την εξάτμιση αυτών των υγρών, προσδίδεται από το φυσικό αέριο, το οποίο υγροποιείται με τον τρόπο αυτό. Τα ψυκτικά, στη συνέχεια, συμπιέζονται, ψύχονται και ανακυκλώνονται σαν υγρά.

Το ΥΦΑ όταν επανέλθει στην αέρια μορφή του, καίγεται μόνο σε συγκεντρώσεις από 5 έως 15 % μίγματος με τον αέρα. Επιπλέον, οι ατμοί του ΥΦΑ δεν εκρήγνυνται κι, έτσι, στην απίθανη περίπτωση διαρροής μεθανίου, το φυσικό αέριο έχει μικρή πιθανότητα ανάφλεξης που θα οδηγήσει σε έκρηξη. Κατά την υγροποίηση του ΦΑ απομακρύνεται το οξυγόνο, το διοξείδιο του άνθρακα, του θείου και το νερό, με αποτέλεσμα το τελικό ΥΦΑ να είναι σχεδόν καθαρό μεθάνιο. [1]

2.1 Ιδιότητες Υφα



Σχήμα 2.1 Σύνθεση τυπικού φυσικού αερίου και ΥΦΑ[7]

2.2 Χημική Σύσταση

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας (Πίνακας 2.1), με τη χημική σύσταση του ΥΦΑ, στην ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή κάθε χημικού στοιχείου.

ΧΗΜΙΚΟ ΣΤΟΙΧΕΙΟ	ΧΗΜΙΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΤΙΜΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ
Μεθάνιο	CH ₄	87%	99%
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	<1%	10%
Προπάνιο	C ₃ H ₈	>1%	5%
Βουτάνιο	C ₄ H ₁₀	>1%	>1%
Άζωτο	N ₂	0,1%	1%

Πίνακας 2.1[11]

2.3 Πυκνότητα – Ειδικό Βάρος

Με τον όρο πυκνότητα εννοούμε τη μέτρηση της μάζας ανά μονάδα όγκου. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν είναι καθαρή ουσία. Γι' αυτό το λόγο η πυκνότητα του LNG διαφέρει ελαφρώς ανάλογα με τη χημική του σύνθεση. Οι τιμές της είναι 22 από 430 kg/m³ έως 470 kg/m³, αρκετά μικρότερη από την πυκνότητα του νερού (997 kg/m³). Αυτή η ιδιότητα κάνει το ΥΦΑ να επιπλέει πάνω στο νερό εάν χυθεί.[10]

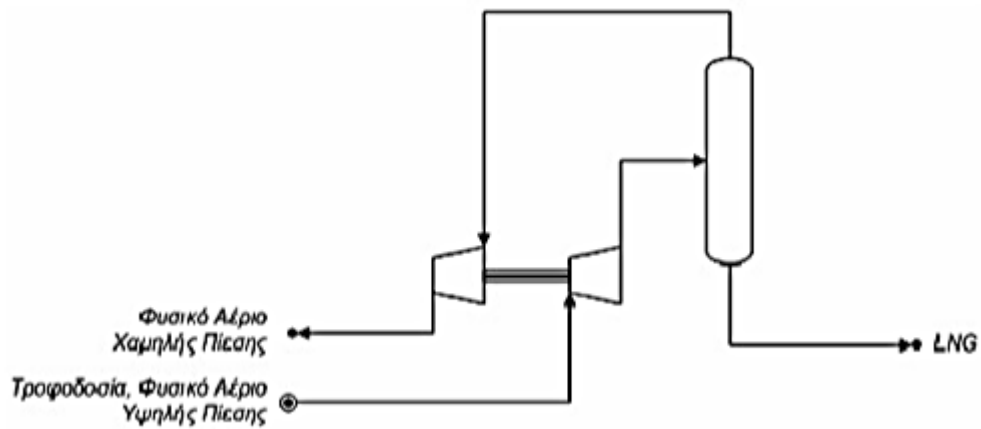
2.4 Διαδικασίες Υγροποίησης Σε Σταθμούς Φόρτωσης

Η υγροποίηση του φυσικού αερίου στη βάση φόρτωσης μεγάλου μεγέθους πραγματοποιείται με έμφαση στην απόδοση της διεργασίας. Η κλίμακα των λειτουργιών σημαίνει ότι η παραγωγή με την πιο μικρή εγκατεστημένη δυναμικότητα και την πιο μικρή κατανάλωση καυσίμων είναι η οικονομικά συμφέρουσα. Η θερμότητα που πρέπει να αφαιρεθεί από το φυσικό αέριο για να το ψύξει σε -160 °C απορρίπτεται τελικά στον αέρα ή το νερό

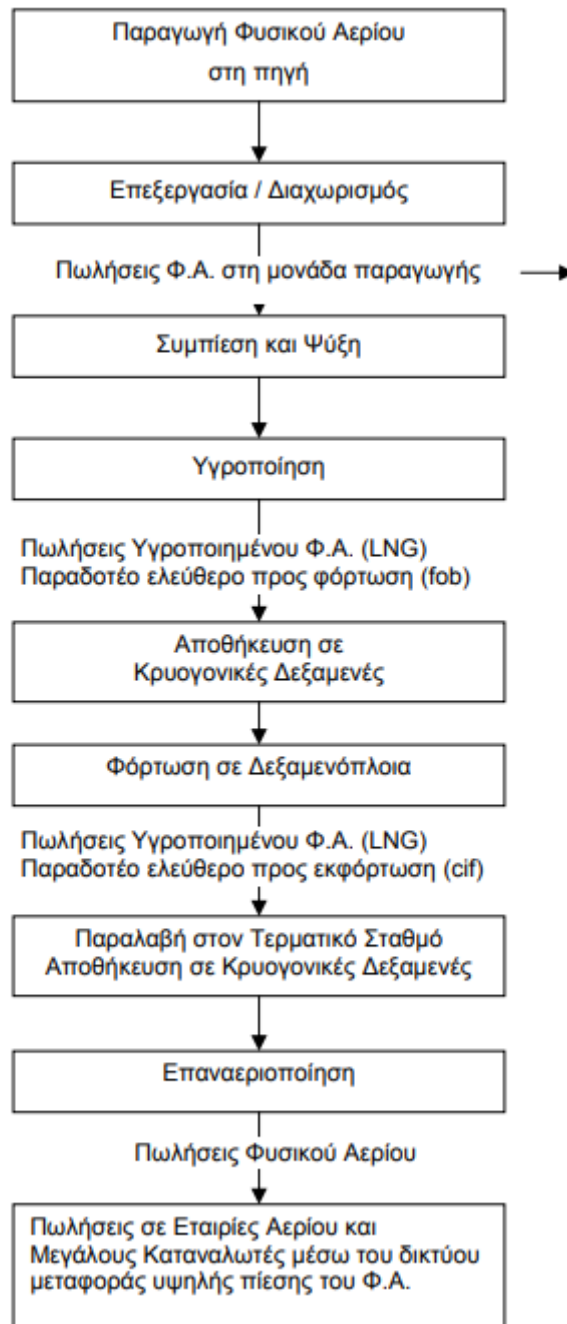
2.4.1 Διεργασία υγροποίησης αναγκών αιχμής

Οι εγκαταστάσεις υγροποιημένου φυσικού αερίου κάλυψης αναγκών αιχμής διαφέρουν από τις εγκαταστάσεις βασικού φορτίου σε διάφορα σημεία που έχουν επιπτώσεις στο σχεδιασμό των εγκαταστάσεων. Οι εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής είναι πολύ μικρότερες, λειτουργούν μόνο εποχιακά και βρίσκονται συχνά κοντά στο σημείο στο οποίο η πίεση στις γραμμές μεταφοράς αερίου μειώνεται και οι γραμμές διακλαδίζονται στα τοπικά συστήματα διανομής αερίου χαμηλής πίεσης. Η έμφαση κατά το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων αναγκών αιχμής δίνεται κυρίως στην ελαχιστοποίηση του κόστους εξοπλισμού και λιγότερο στην υψηλή θερμοδυναμική απόδοση. Έχουν χρησιμοποιηθεί επομένως όλοι οι κύκλοι υγροποίησης πολλαπλού μίγματος ψυκτικών σε μεγάλο ποσοστό στις εγκαταστάσεις αναγκών αιχμής. Εάν είναι διαθέσιμος ένας τοπικός αγωγός διανομής σε μια πίεση ουσιαστικά κάτω από αυτήν του κύριου αγωγού μεταφοράς, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαδικασίες εκτόνωσης για να εκμεταλλευθούν τη διαφορά πίεσης όπως φαίνεται στο διάγραμμα 3.1. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές, αλλά η αρχή αυτών των εγκαταστάσεων είναι να εκτονωθεί το αέριο εισόδου σχεδόν ισοτοπικά μέσω ενός στροβίλου, μειώνοντας έτσι γρήγορα τη

θερμοκρασία και υγροποιώντας μερικώς το αέριο. Το υγρό στέλνεται για αποθήκευση και το υπόλοιπο αέριο συμπιέζεται σε έναν συμπιεστή που συνδέεται μηχανικά και λαμβάνει κίνηση από το στρόβιλο εκτόνωσης. Αυτό το αέριο στέλνεται έπειτα στον αγωγό χαμηλής πίεσης για διανομή εκτός των εγκαταστάσεων.[9]

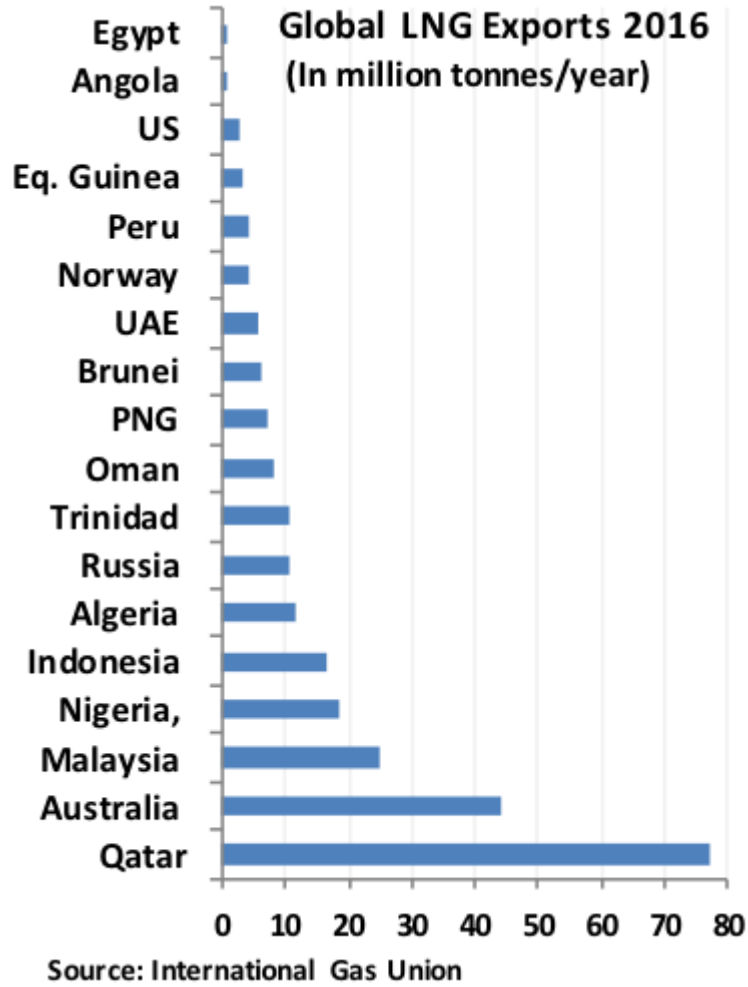


Σχήμα 2.2 Διάγραμμα διεργασίας υγροποίησης με εκτόνωση [9]



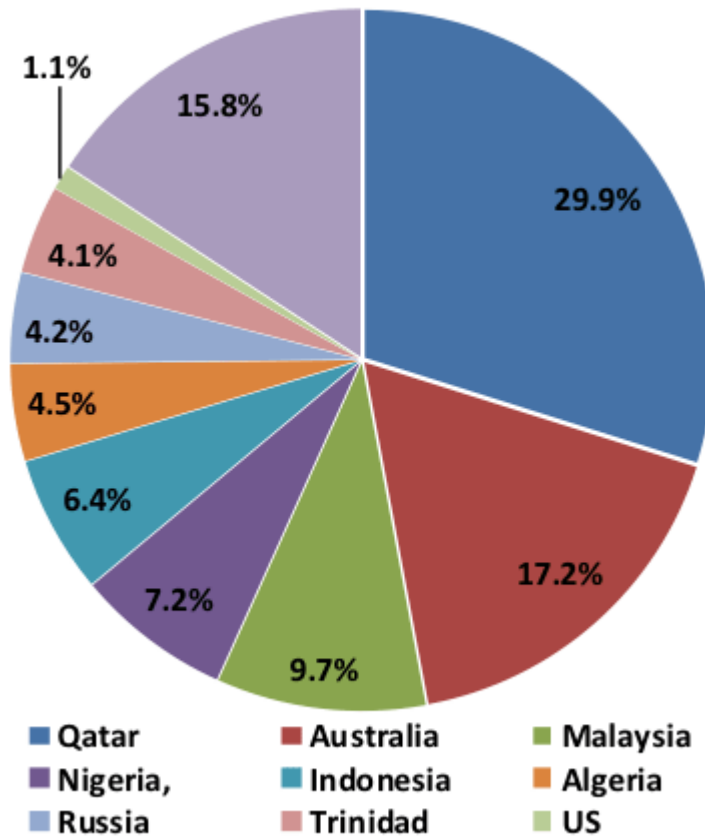
Σχήμα 2.3 Διαγραμματική εξέλιξη της διακίνησης του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου. Κάθε φάση ενός σχεδίου του Υ.Φ.Α. (L.N.G. Project) είναι μέρος ενός ολοκληρωμένου συστήματος από την πηγή εξόρυξης μέχρι τον τελικό καταναλωτή, το οποίο πρέπει να λειτουργεί αδιάκοπα για να εξασφαλίζεται ασφαλής μεταφορά και έγκαιρη παράδοση.

ΧΩΡΕΣ ΕΙΣΑΓΩΓΕΙΣ-ΕΞΑΓΩΓΕΙΣ ΤΟΥ LNG



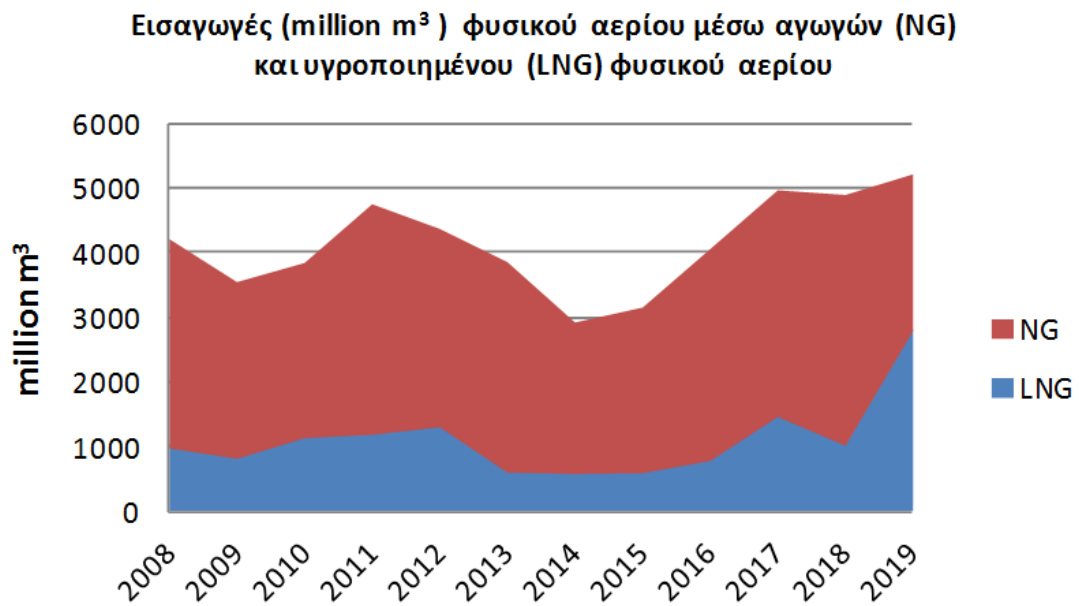
Σχήμα 2.4 ΕΞΑΓΩΓΕΣ LNG σε εκατομμύρια τόνους ανά έτος [8]

LNG Exporters by Market Share 2016



Source: International Gas Union

Σχήμα 2.5 Μερίδιο Αγοράς Χωρών Εξαγωγέων Lng[8]



Σχήμα 2.6 [5]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΤΟ LNG ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

3.1 Το Βαρύ Καύσιμο (Hfo) Και Τα Αποστάγματα Του Marine Gas Oil(M)-Marine Diesel Oil (Mdo)

Οι δυο κύριες κατηγορίες καυσίμων στην ναυτιλιακή βιομηχανία είναι τα προϊόντα αποστάγματα (distillates) και τα υπολείμματα αποστάξεως (residual fuel oil). Πρόκειται για δυο κατηγορίες οι οποίες παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές ως προς τις φυσικές τους ιδιότητες και τον τρόπο χρήσης τους. Ωστόσο είτε για λειτουργικούς είτε για οικονομικούς λόγους, στις προωσθήριες εγκαταστάσεις με μηχανές Diesel, χρησιμοποιούνται καύσιμα και των δύο κατηγοριών είτε εναλλάξ είτε σε μείγματα. Τα προϊόντα απόσταξης χωρίζονται στα Marine Gas Oil(MGO) και στα Marine Diesel Oil(MDO). Το MGO χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρούς υψηλόστροφους κινητήρες Diesel οι οποίοι βρίσκουν εφαρμογή σε πολλούς τύπους πλοίων. Το βαρύ πετρέλαιο ή αλλιώς μαζούτ, είναι το καύσιμο με το υψηλότερο ιξώδες και ο συχνότερα χρησιμοποιούμενος τύπος αυτού στην ναυτιλία είναι το IFO180 και IFO380, με ιξώδες των 180 και 380 centistokes στους 50ο C. Σε αντίθεση με τα προϊόντα απόσταξης το βαρύ πετρέλαιο απαιτεί εγκαταστάσεις προθέρμανσης για την καύση του .

Το μαζούτ σε συνήθεις συνθήκες θερμοκρασίας είναι μαύρο και παχύρευστο. Πρόκειται για το υπόλειμμα της απόσταξης του αργού πετρελαίου το οποίο δεν αποστάζει ως τους 360ο C και το οποίο εξέρχεται από την βάση του πύργου αποστάξεως του διυλιστηρίου. Είναι το προϊόν του διυλιστηρίου με την χαμηλότερη τιμή πώλησης. Οι προδιαγραφές της αγοράς θέτουν περιορισμούς κυρίως στην περιεκτικότητα σε θείο.[12]

3.2 Προβλήματα με τα βαριά καύσιμα στο περιβάλλον

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα παγκόσμιας κλίμακας που οι αρνητικές του συνέπειες φαίνονται στις μέρες μας. Το διοξείδιο του άνθρακα(CO₂) που εκπέμπεται από τα πλοία συμβάλει αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Επιπλέον, άλλοι ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως είναι το διοξείδιο του θείου(SO₂), τα οξείδια του αζώτου(NO_x), τα αιωρούμενα σωματίδια και οι πτητικές οργανικές ενώσεις , επηρεάζουν αρνητικά τόσο το περιβάλλον όσο και την υγεία του

πληθυσμού. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από την παγκόσμια εμπορική ναυτιλία δέχονται την πίεση κανονιστικού πλαισίου.[13]

3.2.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα θεωρείται αέριο το οποίο εμφανίζεται να έχει αυτήν την περίοδο μία συγκέντρωση της τάξης των 380ppm με συνεχή αυξητική τάση για το μέλλον. Η κύρια πηγή εκπομπής ρύπων από τα πλοία προέρχεται από την καύση του καυσίμου. Η καύση είναι μια χημική διαδικασία κατά την οποία τα συστατικά του καυσίμου οξειδώνονται ταχύτατα από το οξυγόνο που περιέχει ο αέρας καύσης. Τα περισσότερα καύσιμα περιέχουν κυρίως άνθρακα (C), το υδρογόνο (H) και σε μικρότερες ποσότητες θείου (S).[13]

3.2.2 Διοξείδιο του θείου (SO₂)

Οι εκπομπές του διοξειδίου του θείου από τα πλοία σε αντίθεση με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα ευθύνονται για τις όξινες εναποθέσεις που μπορεί να είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον καθώς και για υλικό σωματιδιακού χαρακτήρα που μπορεί να βλάψει την υγεία. Το διοξείδιο του θείου είναι ένας από τους κύριους ρύπους της ατμόσφαιρας. Προέρχεται από τις καύσεις, όταν το καύσιμο περιέχει θείο. Είναι αέριο, άχρωμο με χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή. Μετατρέπεται με τα υδρογόνα που παράγονται κατά την καύση σε θειικό οξύ H₂SO₄, κύριο συστατικό της όξινης βροχής.[13]

3.2.3 Οξείδια του αζώτου (NO_x)

Το άζωτο που αποτελεί το 78% του όγκου της ατμόσφαιρας, σχηματίζει διάφορα οξείδια του αζώτου κατά την καύση σε όλες τις μηχανές εσωτερικής καύσεως. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία της καύσεως τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα του οξειδίου του αζώτου που σχηματίζεται. Το μονοξείδιο του αζώτου είναι αέριο άχρωμο και άοσμο. Μαζί με τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα μειώνει τη φωτεινότητα και δημιουργεί τη φωτοχημική αιθαλομίχλη. Τα NO_x συμμετέχουν στην εμφάνιση ποικιλίας αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον, όπως οι σημαντικές αλλαγές στη σύσταση ορισμένων ειδών βλάστησης, υδροβιότοπων και χερσαίων εκτάσεων.[13]

3.3 Τα πλεονεκτήματα του lng

Γενικά η χρήση του ΥΦΑ έχει κερδίσει το ενδιαφέρον όχι μόνο της Ευρώπης, αλλά και της Ασίας και της Αμερικής. Η περιβαλλοντική ευαισθησία δημιούργησε ευκαιρίες εισχώρησης του φυσικού αερίου ως καύσιμο, παρουσιάζοντας σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με προϊόντα πετρελαίου. Τα πλεονεκτήματα αυτά γίνονται ακόμα πιο ευδιάκριτα με τη χρήση του ΥΦΑ ως καύσιμο πλοίων σε σχέση με το μαζούτ (HFO) και το diesel (MDO). Αποδεδειγμένα οι εκπομπές πολλών καυσαερίων μειώνονται σε μεγάλο βαθμό.[10]

1. Χρησιμοποιώντας το LNG ως ναυτιλιακό καύσιμο μειώνονται οι εκπομπές σε οξείδιο του θείου (SOx) κατά 90% έως 95%. Αυτό το επίπεδο μείωσης θα ενταχθεί στο πλαίσιο των λεγόμενων Περιοχών Ελέγχου των Εκπομπών (ECA, Emission Control Areas) μέχρι το 2015. Μια παρόμοια μείωση αναμένεται να εφαρμοστεί στην παγκόσμια ναυτιλία μέχρι το 2020.

2. Η χαμηλότερη περιεκτικότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου σε άνθρακα σε σύγκριση με παραδοσιακά ναυτιλιακά καύσιμα επιτρέπει μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) από 20% έως 25%. Κάθε ολίσθηση του μεθανίου κατά την πετρέλευση ή τις ανάγκες χρήσης πρέπει να αποφεύγεται για να διατηρηθεί αυτό το πλεονέκτημα.

3. Το LNG αναμένεται να είναι λιγότερο δαπανηρό από ότι το ναυτιλιακό πετρέλαιο εσωτερικής καύσης (MGO), που θα πρέπει να χρησιμοποιείται εντός των ECA, αν δεν εφαρμόζονται άλλα τεχνικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών SOx. Οι σημερινές χαμηλές τιμές του υγροποιημένου φυσικού αερίου στην Ευρώπη και τις ΗΠΑ δείχνουν ότι η διαμόρφωση τιμής - με βάση το ενεργειακό περιεχόμενο - χαμηλότερης από αυτήν του HFO φαίνεται ότι είναι δυνατή, ακόμη και αν ληφθεί υπόψη η μικρής κλίμακας διανομή υγροποιημένου φυσικού αερίου.[13]

Εκπομπές/Καυσαέρια	HFO (Heavy Fuel Oil)	MDO (Marine Diesel Oil)	LNG (Liquefied NG)
SO _x *	0,049	0,003	Ίχνη
CO ₂	3,114	3,206	2,750
CH ₄	Ίχνη	Ίχνη	0,051
NO _x	0,093	0,087	0,008
PM	0,007	0,001	Ίχνη
*Βασισμένο στη μέση περιεκτικότητα του θείου στο μαζούτ περίπου 2,51%			

Πίνακας 3.1 Περιεκτικότητας καυσαερίων [14]

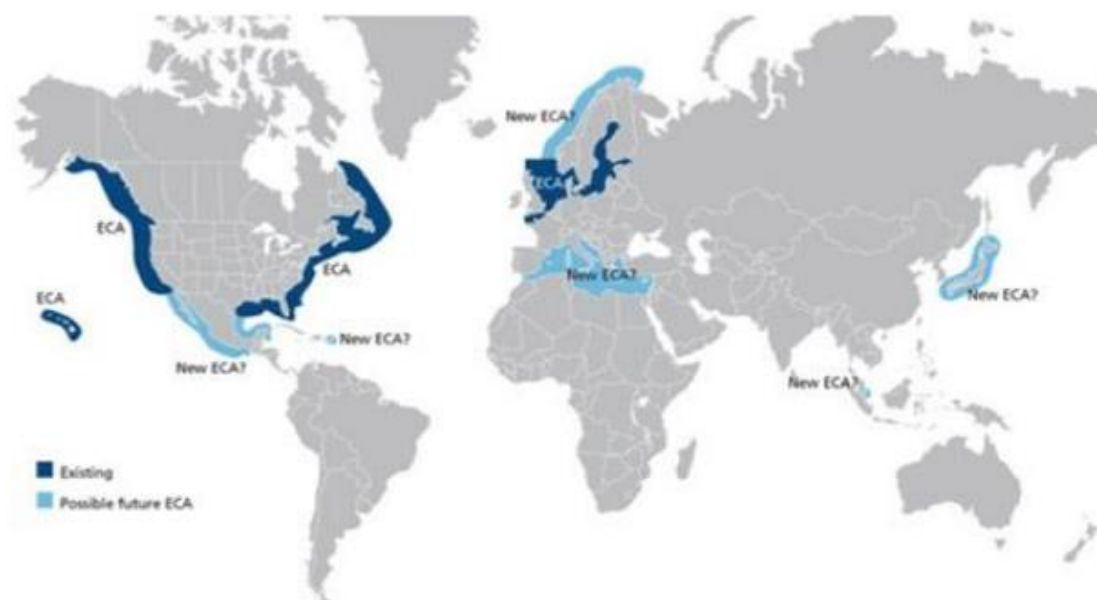
Αυτά τα θετικά αφορούν τις μειωμένες εκπομπές των οξειδίων του θείου (SO_x) και αζώτου (NO_x), όπου τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις οδηγίες 25 του ΔΝΟ για ελάττωση των καυσαερίων. Το ανώτατο επιτρεπτό όριο της περιεκτικότητας του θείου σε καύσιμα πλοίων είναι 0,10% και αφορά τις περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECAs) στη Βόρεια Αμερική, τη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική στην Ευρώπη. Σε διεθνές επίπεδο το όριο αυτό είναι στα 0,50% από το 2020. Το 2016 ορισμένα στοιχεία του Διεθνούς Οργανισμού Ναυτιλίας έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε θείο των υπολειμματικών πετρελαίων που ελέγχθηκαν την ίδια χρονιά ήταν 2,58%. Με την ισχύ των νέων νόμων και περιορισμών θα προκύψουν σημαντικές αλλαγές στις παραδοσιακές αλυσίδες εφοδιασμού καυσίμων πλοίου, επηρεάζοντας τους προμηθευτές καυσίμων, τους εμπόρους, τους χονδρεμπόρους και τους χρήστες. Ότι έχει να κάνει με τα αέρια του θερμοκηπίου (CO₂ και μεθάνιο (CH₄)), τα θετικά του ΥΦΑ είναι σε μικρότερο βαθμό εμφανή, ειδικά στην περίπτωση που συμπεριλαμβάνονται οι εκπομπές πλήρους κύκλου και οι επιπτώσεις της ατελούς

καύσης του φυσικού αερίου. Το μεθάνιο είναι ισχυρότερο αέριο του θερμοκηπίου (GHG – Green House Gas) σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα.[10]

3.4 Θαλάσσιες Περιοχές Ελέγχου Εκπεμπόμενων Ναυτιλιακών Ρύπων Ecas

Το αναθεωρημένο παράρτημα VI, της MARPOL, της διεθνούς σύμβασης για τη πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα πλοία, ετέθη σε εφαρμογή την 1 Ιουλίου του 2010. Οι βασικές προβλέψεις του αναθεωρημένου παραρτήματος VI, αφορούν τη σταδιακή μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων που αφορούν κυρίως τα οξείδια του θείου SOx και τα οξείδια του αζώτου NOx, καθώς και τα αιωρούμενα σωματίδια.

Έτσι εκτιμάται ότι θα βελτιωθεί η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα στα λιμάνια και τις παρακείμενες πόλεις, αλλά και γενικότερα στις παράκτιες περιοχές (IMO, “Prevention of Air Pollution from Ships”). Επίσης έχει εισαχθεί στα πλαίσια της MARPOL, η δημιουργία των θαλάσσιων περιοχών ελέγχου των εκπεμπόμενων ναυτιλιακών ρύπων, ECAS (Emission Control Areas), στην Ε.Ε. και τις Η.Π.Α. Οι περιοχές αυτές πρωτοπορούν στον έλεγχο των ανωτέρω ρύπων, αλλά και την εισαγωγή κινήτρων και νέων μεθόδων για τον επιτυχή περιορισμό τους.[15]



Σχήμα 3.1 Θαλάσσιες Περιοχές Ελέγχου Εκπεμπόμενων Ναυτιλιακών Ρύπων Ecas [16]

3.5 Poseidon Med

Το POSEIDON MED είναι το πρώτο διασυνοριακό έργο που στοχεύει να εισαγάγει το LNG ως το κύριο καύσιμο για τη ναυτιλιακή βιομηχανία και να αναπτύξει ένα επαρκές δίκτυο υποδομής αλυσίδας αξίας ανεφοδιασμού καυσίμων. Επικεντρώνεται στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου με τη συμμετοχή πέντε κρατών μελών (Κύπρος, Ελλάδα, Ιταλία, Κροατία και Σλοβενία).

Το POSEIDON MED ως Παγκόσμιο Έργο στοχεύει στην ανάδευση των ναυτιλιακών υδάτων στην Ελλάδα και έχει γίνει δεκτό με ενθουσιασμό από τη ναυτιλιακή κοινότητα, την τοπική κοινωνία, καθώς και την πολιτική διοίκηση.

Τα διδάγματα που αντλήθηκαν από τη ζώνη ECA απεικονίζουν την αναγκαιότητα στόχευσης σε ένα σύστημα με την ταυτόχρονη ανάπτυξη κρίσιμων εγκαταστάσεων από την πλευρά της προσφοράς και της ζήτησης.

Αυτό θα επιτύχει οικονομίες κλίμακας, θα σπάσει το πρόβλημα του «κοτόπουλου και των αυγών» και θα αποφύγει τη διατύπωση των «ελλειπόντων κρίκων» στο LNG ως αλυσίδα εφοδιασμού καυσίμων. Αυτό το έργο έντασης κεφαλαίου όπως περιγράφεται εδώ έχει συμπεριληφθεί στη λίστα των υποψηφίων έργων του πρόσφατα δημοσιευμένου Σχεδίου Juncker/Ευρωπαϊκού Ταμείου Στρατηγικών Επενδύσεων (EFSF).

Επιπρόσθετα το έργο είναι συμβατό με το Στρατηγικό Επενδυτικό Σχέδιο Ελληνικών Μεταφορών (ΕΣΜΥ) 2014-2025. Το HTSIP προβλέπει την ανάπτυξη όλης της υποδομής ζωτικής σημασίας στα ελληνικά λιμάνια, την ανάπτυξη του συστήματος hub και port ports και την αναβάθμιση των υφιστάμενων τερματικών. Υπάρχουν δύο βασικοί πυλώνες για ένα επιτυχημένο και βιώσιμο σύστημα ανεφοδιασμού καυσίμων: α) Η ανάπτυξη της κρίσιμης μάζας των σημείων ανεφοδιασμού και, β) η μετασκευή ή η κατασκευή επαρκούς αριθμού πλοίων, μια δραστηριότητα που θα υποκινήσει τη ζήτηση για LNG ως καύσιμα.

Οι δραστηριότητες κατά την πρώτη φάση του έργου περιλαμβάνουν την ανάπτυξη του κατάλληλου ρυθμιστικού πλαισίου, τον σχεδιασμό μιας ολοκληρωμένης

αλυσίδας εφοδιασμού, την τεχνική και οικονομική σκοπιμότητα για έξι κορυφαία πλοία και ένα βιώσιμο οικονομικό μοντέλο.

Η δεύτερη φάση θα έχει ως στόχο την ωρίμανση και τη λεπτομέρεια περαιτέρω απαιτούμενων ενεργειών με ενισχυμένες τεχνικές μελέτες που καλύπτουν πλοία, λιμάνια και εργασίες ανεφοδιασμού καυσίμων

3.5.1 Δραστηριότητες

Το πρόγραμμα αποτελείται από τις εξής παρακάτω δραστηριότητες:

Δραστηριότητα 1: Δίκτυο LNG. Προσφορά και ζήτηση

Στόχος της δραστηριότητας είναι η παρουσίαση μιας πλήρους μελέτης για το πώς να δημιουργηθεί ένα ισχυρό δίκτυο ανεφοδιασμού LNG στον Αυτοκινητόδρομο της Θάλασσας της Νοτιοανατολικής Ευρώπης που συνδέει την Αδριατική Θάλασσα με το Ιόνιο Πέλαγος και την Ανατολική Μεσόγειο συμπεριλαμβανομένης της Κύπρου. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος πρέπει να εφαρμοστούν αρκετές μελέτες για την ανάλυση της προσφοράς και των πηγών, της ζήτησης, της εφοδιαστικής και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι δικαιούχοι αξιολογούν διεξοδικά τις λύσεις σε σημεία συμφόρησης και εμπόδια που εμποδίζουν τη δημιουργία δικτύου ανεφοδιασμού ΥΦΑ και τον σχεδιασμό της υποδομής και του δικτύου εγκαταστάσεων (π.χ. τερματικοί σταθμοί καυσίμων).

Δραστηριότητα 2: Νομοθετικό και Ρυθμιστικό Πλαίσιο για την υιοθέτηση του ΥΦΑ ως καυσίμου σε υπεράκτιες και χερσαίες εγκαταστάσεις

Στόχος της δραστηριότητας είναι η ανάλυση και αξιολόγηση των κενών που εντοπίστηκαν με στόχο τη διαμόρφωση ενός στέρεου ρυθμιστικού πλαισίου για την εφαρμογή του LNG ως Ναυτικού Καυσίμου σε υπεράκτιες και χερσαίες εγκαταστάσεις στην Ελλάδα. Για την ολοκλήρωση αυτής της δραστηριότητας, οι δικαιούχοι εξετάζουν επί του παρόντος τους κανόνες που ισχύουν για τα πλοία LNG, τα πρότυπα διαδικασιών ανεφοδιασμού καυσίμων και τις οδηγίες.

Δραστηριότητα 3: Υποδομές και εγκαταστάσεις LNG

Η δραστηριότητα καθορίζει τις ανάγκες σε υποδομές στα λιμάνια του Πειραιά και της Λεμεσού. Οι δικαιούχοι αναλύουν χερσαίες εγκαταστάσεις και δυνατότητες

κινητών μέσων προκειμένου να γεφυρώσουν τη βασική υποδομή με το δίκτυο ανεφοδιασμού και να ολοκληρώσουν τη συνολική αλυσίδα αξίας LNG για την Poseidon Med. Στη δραστηριότητα μελετώνται επίσης τα απαραίτητα τεχνικά βήματα για τον εκσυγχρονισμό των σκαφών που θα συμμετάσχουν στη μελέτη. Ως εκ τούτου, ένας μικρός αριθμός διακριτών και αντιπροσωπευτικών τύπων σκαφών θα αναγνωριστεί ως πιθανές περιπτώσεις μετασκευής LNG. Παράλληλα, μελετώνται τα απαραίτητα τεχνικά βήματα για τον εκσυγχρονισμό των σκαφών που θα συμμετάσχουν.

Το Οικονομικό Εργαλείο που αναπτύχθηκε ως μέρος της Δραστηριότητας 3 του PMED I αξιολογεί μια απόφαση μετασκευής πλοίου LNG προκειμένου να συμμορφωθεί με το ανώτατο όριο θείου του 2020. Ο χρήστης του εργαλείου πρέπει να συμπληρώσει το φύλλο «Παράμετροι» όπου ορισμένα δεδομένα για το επιχειρησιακό προφίλ του σκάφους, τις απαιτήσεις CAPEX και OPEX για τρεις εναλλακτικές πιο πράσινες λύσεις (MGO, LNG και LSHFO). Στη συνέχεια, πατώντας στην καρτέλα «Αναφορά αξιολόγησης» στα αριστερά, ο χρήστης μπορεί να δει την αναφορά αποτελεσμάτων όπου οι ανταγωνιστικές λύσεις ταξινομούνται σε σχέση με την οικονομική τους απόδοση.

Δραστηριότητα 4: Ολοκληρωμένη Ναυτιλιακή Εφοδιαστική Αλυσίδα ΥΦΑ

Ο γενικός στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι να καθορίσει μελλοντικά σενάρια σχετικά με την υλοποίηση μιας αλυσίδας μεταφορών με βάση το LNG στο λιμάνι της La Spezia, συμπεριλαμβανομένων τεσσάρων σεναρίων. 1. Η θαλάσσια πλευρά (αλυσίδα εφοδιασμού LNG, ανεφοδιασμός πλοίων, ανεφοδιασμός ρυμουλκών, λιμενικές εγκαταστάσεις LNG). 2. Η πλευρά λειτουργίας του λιμανιού (χρήση LNG για γερανούς / στοίβακτες στόχων ή άλλο λειτουργικό εξοπλισμό). 3. Από την πλευρά της ξηράς (χρήση LNG για εκτροπή τραίνων, μεταφορά τρένων προς τον τερματικό σταθμό της ενδοχώρας και φορτηγά LNG για τελική παράδοση). 4. Περαιτέρω ευκαιρίες που συνδέονται με μονάδες επαναεριοποίησης που βρίσκονται κοντά σε τερματικό σταθμό εμπορευματοκιβωτίων (ψυχρή επιμελητεία)

Δραστηριότητα 5: Εκτίμηση Κινδύνου

Ο στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι η ολοκλήρωση μιας αξιολόγησης κινδύνου και η θέσπιση κριτηρίων αποδοχής κινδύνου που αφορούν την

αντιμετώπιση κινδύνων και ζητημάτων λειτουργικότητας που σχετίζονται με το LNG ως καύσιμο πλοίων. Πιο συγκεκριμένα, αυτό θα περιλαμβάνει τη χρήση LNG ως καυσίμου στις δύο περιπτώσιολογικές μελέτες και την υποδομή ανεφοδιασμού υγροποιημένου φυσικού αερίου σε λιμάνια όπως περιγράφεται στη δραστηριότητα 3. Ο χαρακτηρισμός κινδύνου θα παρουσιάζεται ως προϊόν της πιθανότητας (συχνότητας) οποιουδήποτε δυσμενούς περιστατικού, και ο αντίκτυπος μιας τέτοιας δυσμενούς επίδρασης (συνέπεια).

Δραστηριότητα 6: Βιώσιμη Χρηματοδότηση

Στόχος αυτής της δραστηριότητας είναι η διαμόρφωση βιώσιμων πρακτικών χρηματοδότησης σε έργα που περιλαμβάνουν μετασκευή πλοίων που χρησιμοποιούν LNG ως καύσιμο. Η βιώσιμη χρηματοδότηση αυτών των έργων σημαίνει ότι η χρηματοδότηση θα πρέπει να είναι διαθέσιμη σε «καλά» έργα ανεξάρτητα από το στάδιο της οικονομίας. Ο στόχος είναι να καταστούν βιώσιμες οι επενδύσεις σε καύσιμα LNG με τη χρήση πρακτικών χρηματοδότησης που μειώνουν, όσο το δυνατόν περισσότερο, τις περιπτώσεις χρηματοδότησης «κακών» έργων ή απόρριψης της χρηματοδότησης «καλών» έργων. Η δραστηριότητα περιγράφει λύσεις που ξεπερνούν την αρχική αδράνεια, επιδεικνύοντας αντικειμενική μεθοδολογία αξιολόγησης βιωσιμότητας που ποσοτικοποιεί τον επενδυτικό κίνδυνο και παρέχει σαφή ένδειξη για την εκτέλεση ή μη της επένδυσης.

Δραστηριότητα 7: Τοπικές Εκτιμήσεις Λιμένων Βόρειας Αδριατικής

Στόχος της δραστηριότητας είναι να εξετάσει τις δυνατότητες για το LNG ως θαλάσσιο καύσιμο στα λιμάνια της Βόρειας Αδριατικής καθώς και σε άλλα επιλεγμένα ιταλικά λιμάνια (π.χ. Gioia Tauro) και να διερευνήσει την άποψη των ενδιαφερομένων της περιοχής σχετικά με αυτό το εναλλακτικό καύσιμο. Ένα σύνολο στοχευμένων αλλά προκαταρκτικών γενικών σχεδίων για το LNG ως καύσιμο ετοιμάζεται, εκτός από την αποκάλυψη του εμποδίου και των τρόπων υπέρβασής τους. Ένα σύνολο στοχευμένων αλλά προκαταρκτικών γενικών σχεδίων για το LNG ως καύσιμο αναμένεται για επιλεγμένους σημαντικούς θαλάσσιους τερματικούς σταθμούς.

Δραστηριότητα 8: Δραστηριότητες Διαχείρισης και Διάδοσης

Η δραστηριότητα αυτή καλύπτει τη διαχείριση και τη διάδοση των δραστηριοτήτων της Δράσης. Παρέχονται επαρκής συντονισμός, διαδικασίες ελέγχου, διαχείριση ποιότητας και κινδύνου και μηχανισμοί παρακολούθησης. Οι δραστηριότητες διάδοσης στοχεύουν στην ευαισθητοποίηση του κοινού και στην προώθηση της δράσης μεταξύ των σχετικών ενδιαφερομένων.[17]

3.6 Poseidon Med 2

Το Poseidon Med II είναι η συνέχεια του Poseidon Med (COSTA II East) και του "Archipelago-LNG"

Στο σύνολό του, το Global Project στοχεύει να λάβει όλα τα βήματα για την υιοθέτηση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου στην Ανατολική Μεσόγειο, καθιστώντας παράλληλα την Ελλάδα διεθνή θαλάσσιο κόμβο ανεφοδιασμού και διανομής LNG στη Νοτιοανατολική Ευρώπη.

Η έναρξη του έργου το 2014 βασίστηκε στα αποτελέσματα του έργου COSTA I, το οποίο εκπόνησε ένα Masterplan LNG για τις θαλάσσιες μεταφορές μικρών αποστάσεων μεταξύ της Μεσογείου και του Βόρειου Ατλαντικού Ωκεανού, καθώς και για την κρουαζιέρα σε βαθιά θάλασσα στον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό προς την περιφερειακή και υπερ-περιφερειακές ζώνες των Αζορών και της νήσου Μαδέρα.

Εστιάζοντας στις ακτές της Ανατολικής Μεσογείου, 19 οργανισμοί και εταιρείες εταίροι από 5 κράτη μέλη της ΕΕ (Κύπρος, Ελλάδα, Ιταλία, Κροατία και Σλοβενία), ένωσαν τις δυνάμεις τους στο πλαίσιο του Poseidon Med (COSTA II East) προκειμένου να ολοκληρώσουν 8 δραστηριότητες που τα θεμέλια για ένα εφικτό και βιώσιμο δίκτυο λειτουργίας για την προμήθεια, αποθήκευση, διανομή και ανεφοδιασμό καυσίμου LNG με τον πυρήνα του να βρίσκεται στο λιμάνι του Πειραιά. Περιλάμβανε μελέτες σχετικά με: Δίκτυο ΥΦΑ, Προσφορά και Ζήτηση, Νομοθεσία και Ρυθμιστικό Πλαίσιο για την υιοθέτηση του ΥΦΑ ως καυσίμου σε εγκαταστάσεις υπεράκτιων και χερσαίων εγκαταστάσεων, υποδομές και εγκαταστάσεις LNG, Ολοκληρωμένη θαλάσσια αλυσίδα εφοδιασμού για LNG, Εκτίμηση Κινδύνων, Βιώσιμη Χρηματοδότηση, Τοπική Αξιολογήσεις λιμένων της Βόρειας Αδριατικής, Δραστηριότητες Διαχείρισης και Διάδοσης.

Η επιτυχημένη πρόοδος και οι δυνατότητες του έργου Poseidon Med οδήγησαν στην έναρξη του Poseidon Med II το 2015, με στόχο τη συνέχιση ενισχυμένων τεχνικών και επιχειρηματικών μελετών που καλύπτουν πλοία, μεγάλα λιμάνια, εργασίες ανεφοδιασμού καυσίμων και εγκαταστάσεις LNG, κάνοντας περαιτέρω βήματα προς την ωρίμανση και την υλοποίηση του κύριου πεδίου εφαρμογής.

3.6.1 Στόχοι

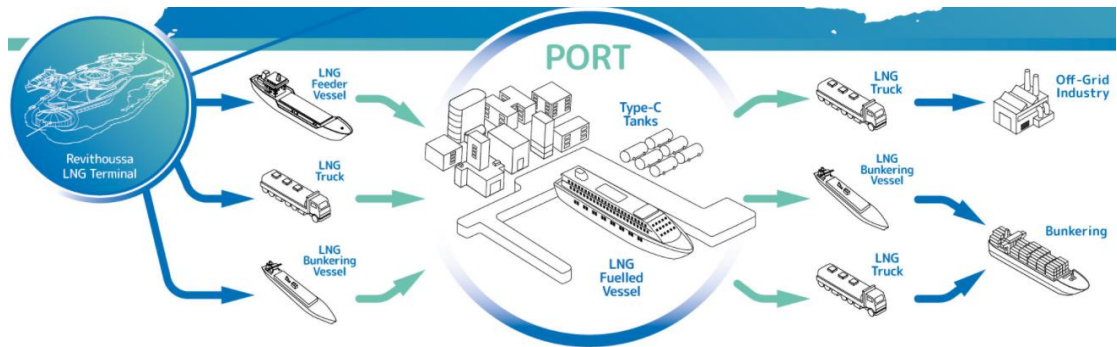
Το Poseidon Med II στοχεύει να συμβάλει στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της τροφοδοσίας με βαρύ μαζούτ και να διευκολύνει την εφαρμογή των απαιτήσεων μιας σειράς Οδηγιών της ΕΕ σχετικά με τα εναλλακτικά καύσιμα για ένα βιώσιμο μέλλον στη ναυτιλιακή βιομηχανία.

Οι ειδικοί στόχοι του έργου είναι:

- διευκολύνουν την υιοθέτηση του ρυθμιστικού πλαισίου για την ανεφοδιασμό ΥΦΑ
- Μελέτη της επέκτασης του τερματικού σταθμού ΥΦΑ Ρεβυθούσας
- σχεδίαση και κατασκευή ενός συγκεκριμένου τροφοδοτικού πλοίου με καύσιμο LNG
- εφαρμογή τεχνικών σχεδίων και εγκρίσεων σχεδίων για τη μετασκευή/νέα κατασκευή πλοίων με καύσιμο LNG και για πρόσθετες λιμενικές υποδομές για εργασίες ανεφοδιασμού καυσίμων
- εξετάσει πιθανές συνέργειες με άλλες χρήσεις του LNG
- να αναπτύξουν ένα βιώσιμο πρότυπο εμπορίας και τιμολόγησης LNG
- ανάπτυξη χρηματοδοτικών μέσων για την υποστήριξη των λιμενικών εγκαταστάσεων και των πλοίων
- να αναπτύξουν συνέργειες με άλλους τομείς (κυρίως Ενέργειας) που θα δημιουργήσουν οικονομίες κλίμακας στη χρήση LNG.



Σχήμα 3.2 [18]



Σχήμα 3.3 [18]

3.7 Σημαντικά Πλοία Τα Οποία Λειτουργούν Με Lng

Παρακάτω αναφέρονται κάποια από τα σημαντικότερα πλοία τα οποία χρησιμοποιούν lng ως καύσιμο

3.7.1 Rem Eir – Το μεγαλύτερο στον κόσμο κινούμενο με LNG πλοίο εφοδιασμού πλατφόρμας



Το Rem Eir, το μεγαλύτερο στον κόσμο κινούμενο με LNG πλοίο έχει κατασκευαστεί στο ναυπηγείο Kleven VREFT και ανήκει στη Remøyg Shipping. Έχει σχεδιαστεί από Wärtsila Ship Design. Με μήκος 92,5 μέτρα, πλάτος 20 μέτρα και χωρητικότητα καταστρώματος 1.080 τ.μ., το Rem Eir είναι το μεγαλύτερο στον κόσμο φιλικό προς το περιβάλλον και κινούμενο με LNG PSV πλοίο. Το σκάφος βρίσκεται σε μακροπρόθεσμη ναύλωση από τη Statoil.[19]

3.7.2 Το πρώτο κινούμενο με LNG πλοίο μεταφοράς τσιμέντου



Το πρώτο και μοναδικό κινούμενο με LNG πλοίο μεταφοράς τσιμέντου θα κατασκευαστεί στο ναυπηγείο Fergus Smit για τον Erik Thun AB και θα παραδοθεί αργότερα στην JT Cement. Το σύστημα φόρτωσης και εκφόρτωσης τσιμέντου του πλοίου θα είναι πλήρως αυτοματοποιημένο, βασιζόμενο στην ρευστοποίηση του τσιμέντου μέσω πεπιεσμένου αέρα. Τα ειδικά συστήματα ρευστοποίησης σε συνδυασμό με την κεκλιμένες κορυφές των δεξαμενών θα επιτρέπουν στο χύδην φορτίο να ρέει σε ένα κεντρικό σημείο αναρρόφησης στα αμπάρια, απ' όπου θα μεταφέρεται μέσω αγωγών.

Οι δεξαμενές φορτίου θα πρέπει να είναι εντελώς κλειστές, πανομοιότυπες με ενός βυτιοφόρου, εξασφαλίζοντας μια φιλική προς το περιβάλλον και χωρίς σκόνη λειτουργία ανεξάρτητα των καιρικών συνθηκών. Ο εξοπλισμός διακίνησης φορτίου θα είναι σε θέση να διαχειρίζεται μέχρι και 500 κ.μ. ανά ώρα. Η χωρητικότητα φορτίου θα είναι περίπου 7200 DWT, το μήκος 109.65 μέτρα και το πλάτος 14,99 μέτρα.[19]

3.7.3 Το πρώτο κινούμενο με LNG πλωτό γεωτρύπανο



Το πρώτο κινούμενο με LNG drillship στον κόσμο θα κατασκευαστεί στη Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering της Νότιας Κορέας με από κοινού σχεδιασμό με την ABS.

Η DSME έχει πραγματοποιήσει μια προμελέτη, με σύγκριση μεταξύ δύο τύπων δεξαμενών αποθήκευσης LNG και ανάλυση του συστήματος παροχής αερίου καυσίμου που θα εγκατασταθεί στο πλωτό γεωτρύπανο. Το πεδίο εργασίας της ABS απαιτεί αναθεώρηση του σχεδιαστικού κόνσεπτ, αναθεώρηση της βασικής μηχανικής και μια αξιολόγηση κινδύνου του χώρου της δεξαμενής και του χώρου πρόσβασης, του συστήματος παροχής αερίου καυσίμου, του μηχανοστασίου και του χώρου πρόσβασης και των συναφών ρυθμίσεων.[19]

3.7.4 Scheldt River: Ο πρώτος βυθοκόρος διπλού καυσίμου



Το Scheldt River είναι μια νέας γενιάς, κλάσης “Antigoon”, βυθοκόρος και η πρώτη που θα λειτουργεί με κινητήρες που μπορεί να χρησιμοποιούν είτε υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) είτε συμβατικά καύσιμα πλοίων.

Κατασκευάστηκε από τη Royal IHC (IHC) στις Κάτω Χώρες για λογαριασμό της Βέλγικης DEME Group με μηχανικό εξοπλισμό από τη Wartsila Dual Fuel Engines. Η λειτουργία του σε LNG επιτρέπει στη DEME να θέσει νέους κανόνες στην ελαχιστοποίηση των επιβλαβών εκπομπών. Το Scheldt River εύκολα θα συμμορφωθεί με όλους τους τοπικούς και διεθνείς περιβαλλοντικούς κανονισμούς.

Το μήκους 104 μέτρων πλοίο θα έχει χωρητικότητα περίπου 8.000 κυβικών μέτρων. Διαθέτει ένα 12-κύλινδρο και ένα 9-κύλινδρο Wärtsilä 34DF κινητήρα, δύο έλικες Wärtsilä μεταβλητού βήματος και δύο εγκάρσιες προωθητήρες καθώς και το πατενταρισμένο LNGpac σύστημα προμήθειας και αποθήκευσης φυσικού αερίου της εταιρείας.[19]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ

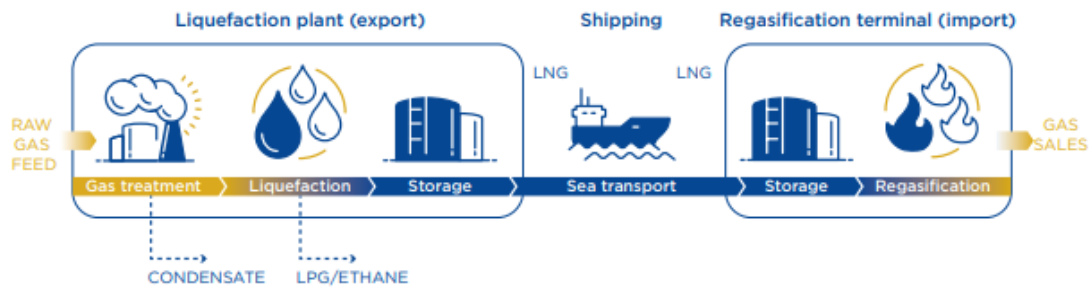


Figure 1. The LNG Process Chain

Σχήμα 4.1 Η γραμμή παραγωγής του LNG[23]

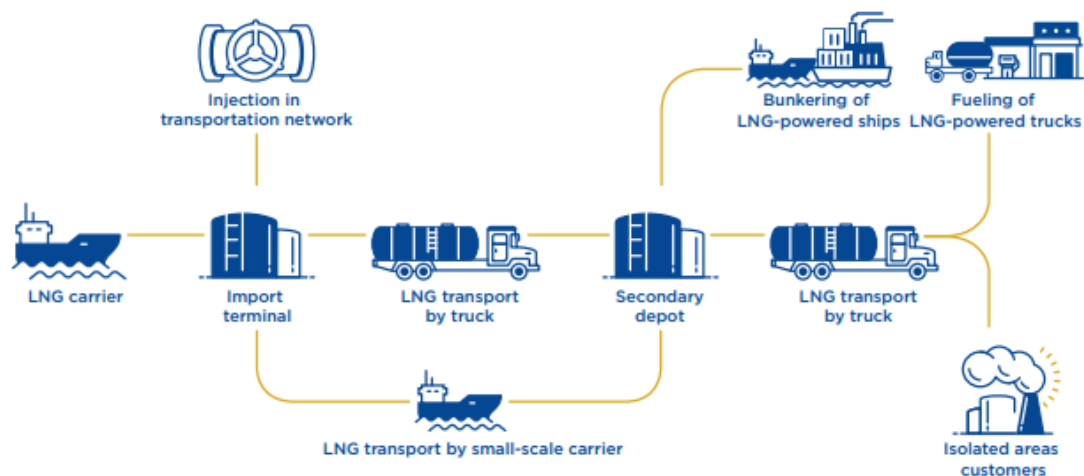


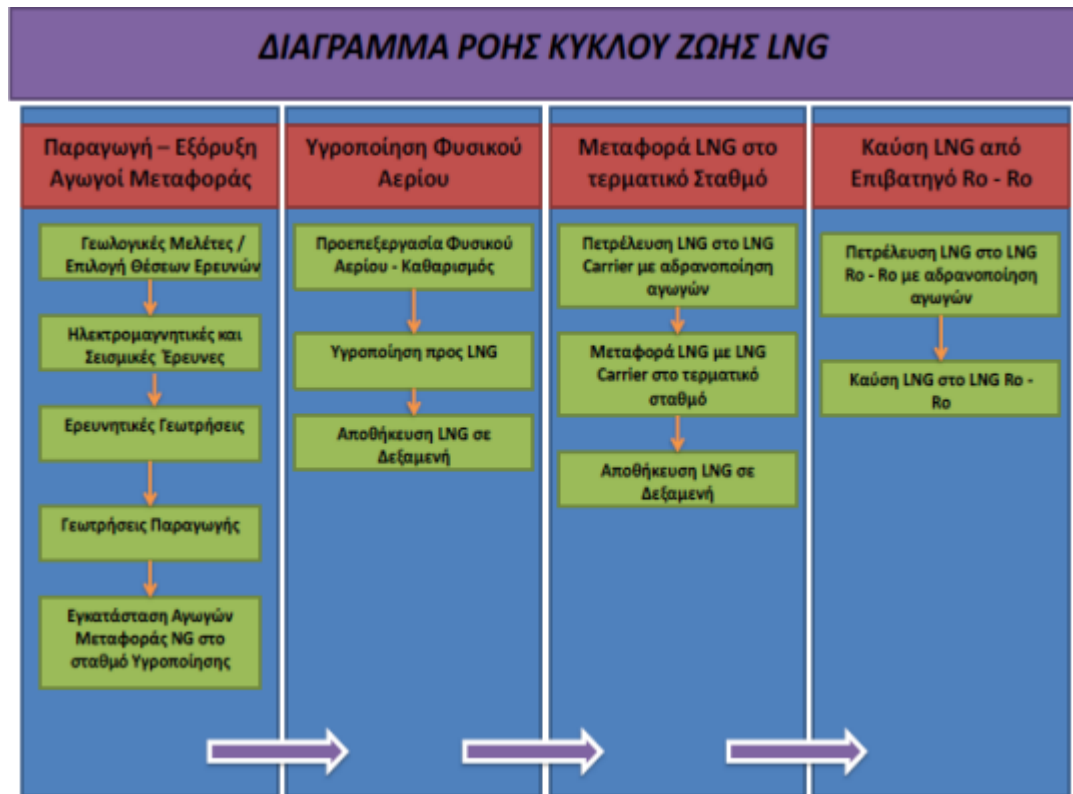
Figure 2. The Small-Scale LNG Value Chain (Source: Snam 2018, <http://www.snam.it/>)

Σχήμα 4.2 Η γραμμή παραγωγής/διάθεσης του LNG μικρής κλίμακας[23]

4.1 Παραγωγή-Εξόρυξη

Η παραγωγή του φυσικού αερίου έπεται της έρευνας στους πιθανούς ταμιευτήρες κοιτασμάτων. Οι έρευνες πραγματοποιούνται με ηλεκτρομαγνητικές και σεισμικές μελέτες ενώ έπονται οι ερευνητικές γεωτρήσεις. Αν το μέγεθος του ταμιευτήρα και η ποιότητα του αερίου κριθούν ικανοποιητικά και οικονομικά αξιοποιήσιμα πραγματοποιούνται οι γεωτρήσεις παραγωγής. Γεωτρήσεις πραγματοποιούνται και για υποθαλάσσιους ταμιευτήρες ακόμα και σε περιοχές υπερπόντιες (off-shore). Σε

αυτές τις περιπτώσεις ειδικές κατασκευές από σκυρόδεμα και ατσάλι θα διασφαλίσουν την εξόρυξη του αερίου. Αρχικά, πριν την εξόρυξη του αερίου απαιτείται η έρευνα με σεισμικές μεθόδους για τον προσδιορισμό και αναπαράσταση της γεωλογίας. Στο θαλάσσιο περιβάλλον, ειδικής κατασκευής πλοία εκτελούν γεωφυσικές διασκοπήσεις . Όλη αυτή η διαδικασία τελεσφορεί με τη συγκέντρωση δεδομένων τα οποία αξιολογεί ο γεωφυσικός με σκοπό τη διερεύνηση για το αν απαντώνται στρώματα με συγκεκριμένη διάταξη ώστε να ευνοείται ο σχηματισμός ταμιευτήρα με παρουσία αερίου . Με την ανάλυση των δεδομένων επιλέγονται θέσεις όπου θα πραγματοποιηθούν ερευνητικές γεωτρήσεις. Μέχρι την πραγματοποίηση των ερευνητικών γεωτρήσεων καμία οριστική απόφαση δε μπορεί να ληφθεί σχετικά με την αξιοποίηση του κοιτάσματος. Ανάλογα τη θέση και το βάθος της εξόρυξης επιλέγονται διαφορετικές μεθοδολογίες γεώτρησης. Στο φρέαρ της γεώτρησης τοποθετούνται ειδικά μηχανήματα που επιτρέπουν με ακουστικές και ηλεκτρομαγνητικές μεθόδους να προσδιορίσουν τη πίεση , τη θερμοκρασία , το πορώδες , τη περιεκτικότητα σε νερό και τη διαστρωμάτωση των γεωλογικών διατάξεων. Επιπλέον συλλέγονται δείγματα εδάφους ή βράχου για περαιτέρω έρευνα. Η επεξεργασία των δεδομένων αυτών θα καθορίσει αν το υπό έρευνα κοίτασμα είναι και εμπορικά αξιοποιήσιμο. Η επιτυχής ολοκλήρωση των ερευνητικών εργασιών επιτρέπει την κατασκευή γεώτρησης για την εξόρυξη αερίου. Η συγκεκριμένη γεώτρηση απαιτεί μία μόνιμη κατασκευή από ατσάλι η οποία αποτελεί την είσοδο των εξορυκτικών μηχανισμών. Έτσι το ατσαλένιο περίβλημα προστατεύει και από τις ωθήσεις γαιών. Μεταξύ του ατσαλένιου περιβλήματος και της γης παρεμβάλλεται εγχέομενο μπετόν ώστε να αποτελέσουν ένα σώμα. Το φυσικό αέριο λόγω της πίεσης βρίσκει διέξοδο και οδηγείται στην επιφάνεια της πλατφόρμας ή σε άλλο αγωγό με σκοπό να οδηγηθεί στο σταθμό υγροποίησης. [20]



Σχήμα 4.3 Διάγραμμα κύκλου ζωής LNG

4.2 Σταθμοί υγροποίησης

Σε ένα σταθμό υγροποίησης λαμβάνουν χώρα δύο κύριες εργασίες. Η πρώτη εργασία είναι του καθαρισμού του φυσικού αερίου από όξινα αέρια τα οποία θα μπορούσαν να υγροποιηθούν κατά τη ψύξη του αερίου και να αποκτήσουν διαβρωτικό ρόλο στους εναλλάκτες σε συνδυασμό με ίχνη υδραργύρου. Επίσης το αέριο απαλλάσσεται από το νερό και το άζωτο. Για την αφυδάτωση χρησιμοποιείται μεθανόλη ενώ για την αποθείωση ενεργός άνθρακας και γλυκόλη. Ακολουθεί η διαδικασία της υγροποίησης όπου με συνεχή ψύξη απαλλάσσεται το φυσικό αέριο από βαρύς υδρογονάνθρακες και μετατρέπεται σε LNG σε θερμοκρασία -162Co έτοιμο για τη μεταφορά του από LNG Carriers. [20]

4.3 Μεταφορά LNG

Το LNG μεταφέρεται με LNG carriers , πλοία ειδικής σχεδίασης, σε δεξαμενές με τοιχώματα μονωμένα όπου το LNG διατηρείται σε υγρή μορφή αυτοψυχόμενο. Αυτό πετυχαίνεται με το Boil – Off – Gas (BOG). Η μόνωση των τοιχωμάτων δεν είναι απόλυτα επιτυχής και έτσι LNG αεριοποιείται μέσω βράσης με την ψύξη της θερμοκρασίας. Η αεριοποίηση , δηλαδή η αλλαγή της φάσης διασφαλίζει την

αυτοψύξη του LNG και τη διατήρηση θερμοκρασίας βρασμού. Το BOG είναι αέριο που μολύνει την ατμόσφαιρα για αυτό και αναπτύσσονται τεχνολογίες ανάκτησης του ή εκμετάλλευσης του για την πρόωση του πλοίου ή την παράγωγη ηλεκτρισμού. Οι κρυογονικές δεξαμενές 25 εντός του πλοίου σχεδιάζονται για να αντέχουν τόσο την χαμηλή θερμοκρασία αλλά και τις πιέσεις.[20]



Πλοίο LNG CARRIER [21]

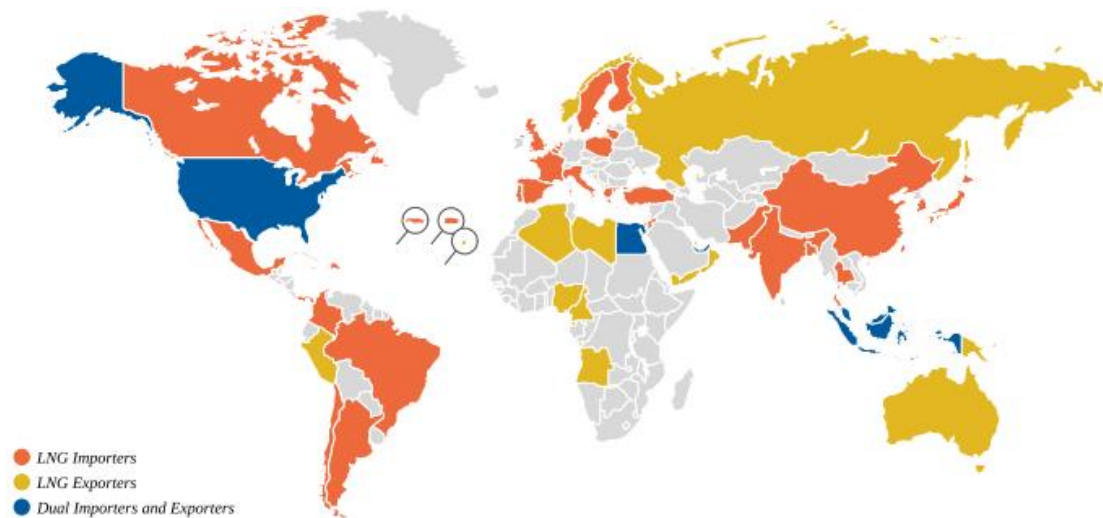


Πλοίο lng carrier[22]

4.4 Τερματικοί σταθμοί και επαναεριοποίηση

Το επόμενο βήμα στην αλυσίδα διεργασίας LNG περιλαμβάνει τους τερματικούς σταθμούς εισαγωγής, οι οποίοι είναι θαλάσσιες ή παραθαλάσσιες εγκαταστάσεις. Οι

μεταφορείς LNG παραδίδουν το LNG σε έναν θαλάσσιο τερματικό σταθμό όπου το LNG αποθηκεύεται πριν υποβληθεί σε επαναεριοποίηση, η οποία μετατρέπει το LNG ξανά στην αέρια μορφή του. Το 2018, περίπου 148 τερματικοί σταθμοί εισαγωγής LNG (επαναεριοποίηση εργοστάσια) λειτουργούν παγκοσμίως. Οι μεγαλύτεροι εισαγωγείς LNG είναι η Ιαπωνία, η Κίνα, η Νότια Κορέα, η Ινδία και η Ταϊβάν στην Ασιατική ήπειρο, Μεξικό, Βραζιλία, Αργεντινή και Χιλή στην Αμερική, Κουβέιτ και Ιορδανία στη Μέση Ανατολή και αριθμός ευρωπαϊκών χωρών όπως η Τουρκία, η Γαλλία, το ΗΒ, Πορτογαλία, Ιταλία, Ισπανία και Ολλανδία. Το LNG μπορεί επίσης να παραδοθεί σε πλωτούς τερματικούς σταθμούς που είναι Πλοία ή φορηγίδες LNG που κατασκευάστηκαν για να λειτουργούν ως Πλωτές Μονάδες αποθήκευσης (FSU), Πλωτές μονάδες επαναεριοποίησης (FRU) ή Πλωτές μονάδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης (FSRU). Οι πλωτές εγκαταστάσεις επιτρέπουν στους τερματικούς σταθμούς LNG να τοποθετούνται υπεράκτια και αναπτύσσονται γρήγορα, συχνά με χαμηλότερο κόστος κεφαλαίου από συμβατικούς τερματικούς. Λειτουργούν πλωτοί τερματικοί στην Αργεντινή, Βραζιλία, Κίνα, Κολομβία, Αίγυπτος, Ινδονησία, Ισραήλ, Ιταλία, Τζαμάικα, Ιορδανία, Κουβέιτ, Λιθουανία, Μαλαισία, Μάλτα, Πακιστάν, Τουρκία, ΗΑΕ και ΗΠΑ. Ένας άλλος τύπος εγκατάστασης που μπορεί να λαμβάνει LNG με πλοίο είναι γνωστή ως εγκατάσταση αιχμής. Αυτοί οι σταθμοί, οι οποίοι μπορεί να λειτουργούν από εταιρείες κοινής ωφέλειας, αποθηκεύουν LNG σε δεξαμενές μέχρι να χρειαστεί σε περιόδους αιχμής ζήτησης. Η εγκατάσταση αιχμής κορυφής είναι συνήθως συνδεδεμένη με το αέριο σύστημα τροφοδοσίας και μπορεί να αποτελείται από εξοπλισμό υγροποίησης LNG για τη μετατροπή του φυσικού αερίου σε LNG, αποθήκευση LNG δεξαμενή(s), αντλίες, ατμοποιητές και άλλος εξοπλισμός για περιστροφή το LNG επιστρέφει από υγρό σε φυσικό αέριο. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι εγκαταστάσεις αιχμής γεμίζονται με βυτιοφόρα δρόμου από ένα τερματικό εισαγωγής. Υπάρχουν διαφορετικά σχέδια εισαγωγής LNG τερματικά, αλλά η συνολική διαδικασία είναι συχνά αρκετά παρόμοια. (GIIGNL)

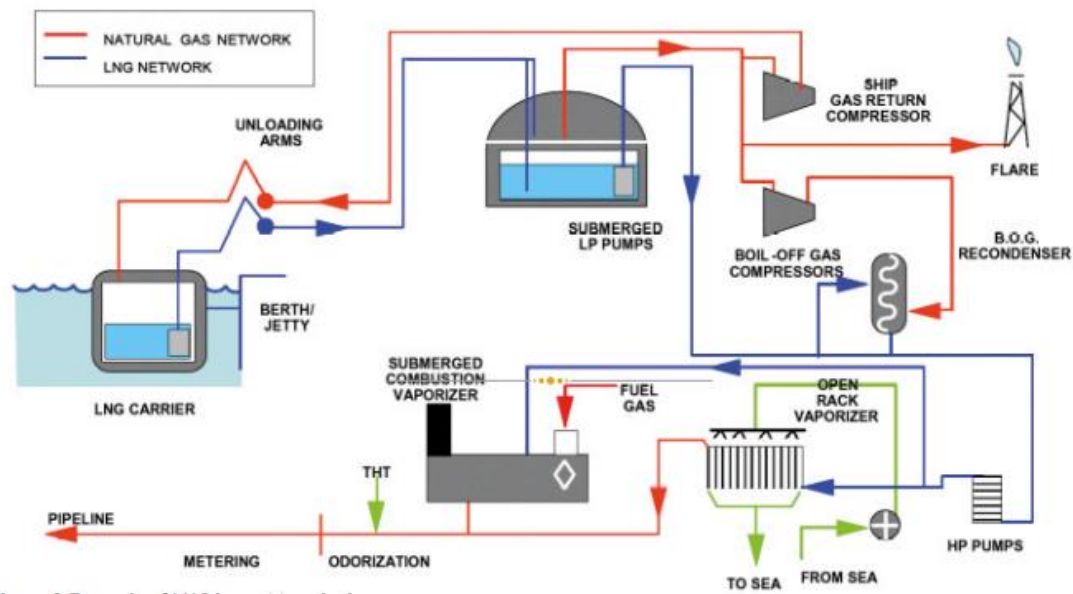


Σχήμα 4.4 Χώρες εξαγωγής και εισαγωγής [23]

Τα κύρια εξαρτήματα εξοπλισμού ένας τερματικού σταθμού εισαγωγής και επαναεριοποίησης LNG είναι:

- Βραχίονες εκφόρτωσης,
- Κρυογονικοί αγωγοί,
- Δεξαμενή αποθήκευσης (s),
- Αντλίες χαμηλής πίεσης,
- Συμπιεστές και επανασυμπυκνωτές Boil-Off Gas (BOG),
- Αντλίες υψηλής πίεσης (HP) και
- Ατμιστές.

Το αέριο βρασμού είναι ο ατμός που παράγεται πάνω από την επιφάνεια του αναβράζοντος φορτίου λόγω εξάτμισης, που προκαλείται από τη θερμότητα εισροής ή πτώση της πίεσης. Δεδομένου ότι το φυσικό αέριο είναι άοσμο, απαιτείται οσμή του επαναεριοποιημένου φυσικού αερίου σε πολλές περιοχές και χώρες προτού διανεμηθεί στους καταναλωτές. Ένα τυπικό αρωματικό είναι ΤΗΤ (τετραϋδροθειοφαίνιο) ή μερκαπτάνη.



Σχήμα 4.5 Διάγραμμα ροής τερματικού σταθμού LNG [23]

4.4.1 Εκφόρτωση

Οι λειτουργίες φόρτωσης LNG (un) χρησιμοποιούν αρθρωτούς βραχίονες ή κρυογονικούς εύκαμπτους σωλήνες, οι οποίοι είναι ειδικά σχεδιασμένοι να μεταφέρουν το φορτίο με ασφάλεια από το πλοίο στον τερματικό σταθμό. Οι αρθρωτοί βραχίονες ονομάζονται «σκληροί βραχίονες» και είναι οι σύνδεση μεταξύ του συστήματος πολλαπλότητας του πλοίου (σωληνώσεις, συνδέσεις) και τον τερματικό. Οι εύκαμπτοι σωλήνες χρησιμοποιούνται συχνά για μεταφορές από πλοίο σε πλοίο όπως λειτουργίες φόρτωσης με FSRU ή μεταξύ δύο Μεταφορών LNG για εμπορία φορτίου. Επιπλέον, μικρής κλίμακας Μεταφορές LNG, όπως από φορτηγά, από ανεφοδιασμό ή πλοία μεταφοράς, συχνά βασίζονται σε εύκαμπτους κρυογονικούς σωλήνες. Μόλις αγκυροβολήσει ο φορέας LNG, οι (un) βραχίονες φόρτωσης/ Οι σωλήνες ψύχονται σταδιακά στους -162°C περίπου (-259°F) πριν από την έναρξη της εκφόρτωσης LNG. Οι βραχίονες/οι εύκαμπτοι σωλήνες (un) φόρτωσης μπορούν να αντέξουν διαστολή και συστολή που προκύπτει από αλλαγές σε θερμοκρασία. Οι περισσότερες εγκαταστάσεις εκφόρτωσης είναι εξοπλισμένες με έκτακτη ανάγκη σύστημα αποσύνδεσης (γνωστό ως Powered Emergency Release Coupling ή PERC) που προστατεύει το πλοίο, σύνδεση πολλαπλής και σκληροί βραχίονες/σωλήνες τερματικού από ζημιά σε περίπτωση μεγάλης μετακίνησης των LNGC κατά την εκφόρτωση. Αυτό το σύστημα επιτρέπει την ταχεία αποσύνδεση του

LNG μεταφορέα από το τερματικό ενώ περιορίζει την ποσότητα του LNG που θα μπορούσε ενδεχομένως να απελευθερωθεί. Εγκαθίστανται ανιχνευτές θέσης για να ελέγχεται ότι το πλοίο δεν κινείται επίσης ζωηρά (με τρόπο που είναι πιθανό να σπάσει τα χέρια). Αυτοί οι ανιχνευτές μπορούν να ενεργοποιήσουν την αποσύνδεση έκτακτης ανάγκης. Το Σύστημα PERC αποτελείται από δύο σφαιρικές βαλβίδες και ένα ζεύκτη απελευθέρωσης έκτακτης ανάγκης. Εάν το σκάφος μετακινηθεί έξω του κανονικού εύρους λειτουργίας, ένα ESD (επείγουσας ανάγκης συσκευή τερματισμού λειτουργίας) θα ενεργοποιηθεί αυτόματα και η μεταφορά φορτίου θα διακοπεί. Περαιτέρω μετακίνηση του το σκάφος εκτός του εύρους λειτουργίας θα ενεργοποιηθεί το σύστημα απελευθέρωσης έκτακτης ανάγκης. Οι σφαιρικές βαλβίδες θα κλείσουν και ο σύνδεσμος απελευθέρωσης έκτακτης ανάγκης θα λειτουργήσει. Μία σφαιρική βαλβίδα παραμένει προσαρτημένη στο πλοίο και η άλλη προσαρτάται στο μπράτσο/ευέλικτο. Το σύστημα PERC μπορεί επίσης να ενεργοποιηθεί από έναν χειριστή. Αυτό το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να παγιδέψει την ελάχιστη ποσότητα μεταξύ των βαλβίδων που θα μπορούσε να χυθεί κατά την απελευθέρωση. Εύκαμπτοι σωλήνες και βραχίονες χρησιμοποιούνται επίσης για το LNG πλοίων επαναφόρτωση από χερσαίες δεξαμενές αποθήκευσης.



Βραχίονες εκφόρτωσης σε τερματικό σταθμό [23]

4.4.2 Αποθήκευση

Μετά την εκφόρτωση, το LNG μεταφέρεται μέσω κρυογονικών αγωγών σε μονωμένες δεξαμενές αποθήκευσης ειδικά κατασκευασμένες για να συγκρατούν LNG. Υπάρχουν τρία είδη εγκαταστάσεων όπου μπορεί να αποθηκευτεί το LNG:

- χερσαία τερματικά εισαγωγής,
- πλωτά τερματικά εισαγωγής
- εγκαταστάσεις αιχμής.

Οι δεξαμενές αποθήκευσης LNG έχουν σχεδιαστεί για να αντέχουν στις κρυογονικές θερμοκρασίες, διατηρούν το υγρό σε χαμηλή θερμοκρασία και ελαχιστοποιούν την ποσότητα της εξάτμισης. Το μικρό μέρος του LNG που εξατμίζεται ονομάζεται «αέριο βρασμού». Η θερμοκρασία εντός της δεξαμενής θα παραμείνει σταθερή εάν διατηρηθεί η πίεση σταθερό επιτρέποντας στο αέριο βρασμού να διαφύγει από το δεξαμενή. Αυτό το αέριο δεσμεύεται και:

α) επανασυμπυκνώνεται για να σταλεί στον ατμοποιητή με LNG ή συμπιεσμένο και αποστέλλεται στον αγωγό

β) επανεισάγεται στον φορέα LNG για διατήρηση θετικής πίεση κατά την εκφόρτωση του πλοίου.

γ) μόνο σε μη φυσιολογικές ή τυχαίες καταστάσεις, αποστέλλονται στη φλόγα.

Για δεξαμενές LNG υπό πίεση, το αέριο βρασμού καταστέλλεται επιτρέποντας την αύξηση της πίεσης της δεξαμενής. Η εγκατάσταση αποθήκευσης έχει σχεδιαστεί με δυνατότητα εξαερισμού όπως μια απόλυτη προστασία έναντι του κινδύνου λόγω υπερπίεσης σε κατάσταση «ανατροπής» στη δεξαμενή LNG.

«ανατροπή» LNG αναφέρεται στην ταχεία απελευθέρωση ατμών LNG από μια αποθήκευση δεξαμενή, που προκύπτει από διαστρωμάτωση. Η δυνατότητα ανατροπής προκύπτει όταν δύο στρωματοποιημένα στρώματα διαφορετικής πυκνότητας (λόγω διαφορετικών συνθέσεων LNG) υπάρχουν σε μια δεξαμενή.

Προς την αποτροπή της ανατροπής, τις γραμμές πλήρωσης πάνω και κάτω τα όργανα που ονομάζονται πυκνόμετρα χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ανάπτυξης των στρωμάτων μέσα στη δεξαμενή και επιτρέπουν την χειριστή να αναμίξει το LNG μέσα στη δεξαμενή με αυτό μέσα σε άλλα τανκς για να διαλύσουν τη διαστρωμάτωση. Ένα τερματικό εισαγωγής έχει συνήθως δύο ή περισσότερες ως αποθηκευτικούς χώρους LNG δεξαμενές. Οι τύποι δεξαμενών είναι:

- Μονές δεξαμενές περιορισμού,
- Διπλές δεξαμενές περιορισμού,
- Πλήρεις δεξαμενές περιορισμού,
- Μικρές δεξαμενές υπό πίεση,
- Δεξαμενές μεμβράνης και
- Δεξαμενές εδάφους.



Αποθήκευση υγροποιημένου φυσικού αερίου [24]

Η χερσαία αποθήκευση LNG μικρής κλίμακας μπορεί να διευθετηθεί είτε χρησιμοποιώντας δεξαμενή επίπεδου πυθμένα με χωρητικότητα αποθήκευσης »7500-160.000 m³, σφαιρικές δεξαμενές »1000-8000 m³ είτε, για μικρούς όγκους αποθήκευσης LNG, δεξαμενές σφαιρών. Οι δεξαμενές σφαιρών είναι διαθέσιμες έως και 1200 m³, πράγμα που σημαίνει ότι οι μεγαλύτερες χωρητικότητες αποθήκευσης (έως 20.000 m³) είναι διατεταγμένες με πολλαπλές δεξαμενές σφαιρών.

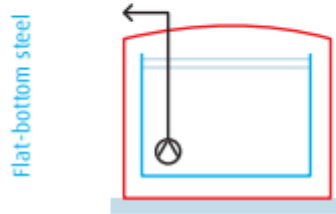
4.4.2.1 Δεξαμενές επίπεδου πυθμένα

Οι δεξαμενές επίπεδου πυθμένα μπορούν να χωριστούν σε δεξαμενές μονής συγκράτησης, διπλής συγκράτησης ή πλήρους συγκράτησης. Η τεχνολογία υπέργειας δεξαμενής πλήρους συγκράτησης είναι η προτιμώμενη λύση όταν πρόκειται για την αποθήκευση μεγάλων ποσοτήτων LNG με μέγιστη ασφάλεια σε περιορισμένη περιοχή. Αλλά ανάλογα με τις απαιτήσεις ασφαλείας και τον ελεύθερο χώρο που διατίθεται γύρω από τη δεξαμενή, μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη οι μονές και διπλές δεξαμενές συγκράτησης. Οι δεξαμενές επίπεδου πυθμένα παράγονται επί τόπου, γεγονός που παρατείνει το χρόνο κατασκευής.

4.4.2.1.1 Μονή δεξαμενή συγκράτησης

Μια ενιαία δεξαμενή συγκράτησης αποτελείται από ένα εσωτερικό, αυτοφερόμενο κυλινδρικό δοχείο κατασκευασμένο από κρυογονικό χάλυβα (9% νικέλιο χάλυβα). Η μόνωση περιβάλλει την εσωτερική δεξαμενή για τον έλεγχο της διαρροής θερμότητας στη δεξαμενή. Μια εξωτερική δεξαμενή από ανθρακούχο χάλυβα συγκρατεί τη μόνωση. Η εξωτερική δεξαμενή είναι μη κρυογονική (ανθρακούχος χάλυβας). Μόνο η εσωτερική δεξαμενή παρέχει συγκράτηση για το LNG. Ωστόσο, οι μονές δεξαμενές συγκράτησης περιβάλλονται πάντα από ένα εξωτερικό φράγμα ασφαλείας.

Single integrity level

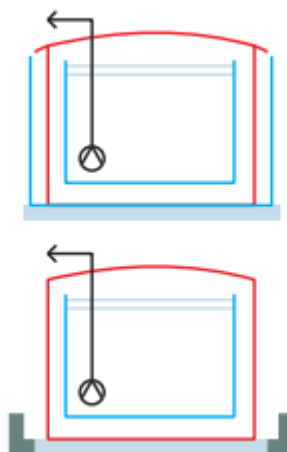


Σχήμα 4.6 Μονή δεξαμενή συγκράτησης[34]

4.4.2.1.2 Διπλή δεξαμενή συγκράτησης

Η διπλή δεξαμενή συγκράτησης είναι παρόμοια με μια ενιαία δεξαμενή συγκράτησης, αλλά αντί για ένα περίβλημα συγκράτησης, η δεξαμενή περιβάλλεται από ένα κοντινό, ενισχυμένο εξωτερικό δοχείο από σκυρόδεμα. Εάν η εσωτερική δεξαμενή αποτύχει, το δευτερεύον δοχείο είναι ικανό να περιέχει όλο το κρυογονικό υγρό. Ο εξωτερικός τοίχος από σκυρόδεμα αυξάνει το κόστος της δεξαμενής, αλλά απαιτείται λιγότερος χώρος επειδή δεν υπάρχει ανάγκη για συγκράτηση.

Double integrity level

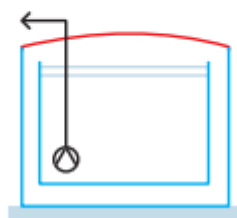


Σχήμα 4.7 Διπλή δεξαμενή συγκράτησης[34]

4.4.2.1.3 Πλήρης δεξαμενή συγκράτησης

Το πλήρες περίβλημα είναι ουσιαστικά μια διπλή δεξαμενή συγκράτησης στην οποία το δευτερεύον δοχείο περικλείει πλήρως το κύριο δοχείο και έχει σχεδιαστεί για να είναι στεγανό σε υγρό και ατμό σε περίπτωση ρήξης. Ως εκ τούτου, προσφέρει την υψηλότερη εγγενή ασφάλεια των εναλλακτικών δεξαμενών, περιορίζοντας την απαιτούμενη περιοχή ασφαλείας. Η πλειοψηφία των δεξαμενών αποθήκευσης LNG επίπεδου πυθμένα που κατασκευάστηκαν τα τελευταία 10 χρόνια παγκοσμίως έχουν σχεδιαστεί ως πλήρεις δεξαμενές συγκράτησης.

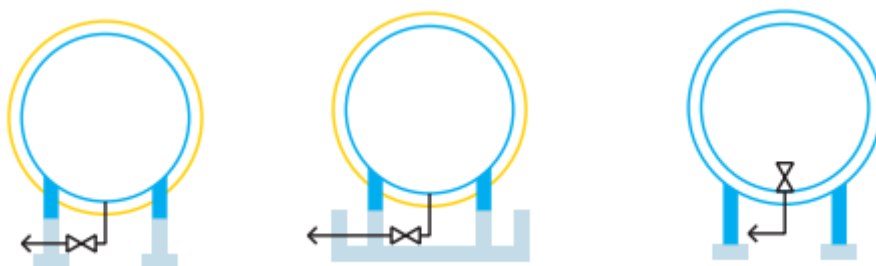
Full integrity level



Σχήμα 4.8 Πλήρης δεξαμενή συγκράτησης[34]

4.4.2.2 Σφαιρικές δεξαμενές

Οι σφαιρικές δεξαμενές σπάνια χρησιμοποιούνται για LNG, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορούν να είναι η καλύτερη επιλογή. Το σφαιρικό σχήμα δημιουργεί μια ισχυρή δομή λόγω της ομοιόμορφης κατανομής των τάσεων στις επιφάνειες της σφαίρας. Το κύριο πλεονέκτημά τους είναι ότι έχουν μικρότερη επιφάνεια ανά μονάδα όγκου από οποιοδήποτε άλλο σχήμα δεξαμενής, που σημαίνει λιγότερη εισροή θερμότητας και επομένως λιγότερο αέριο βρασμού (BOG).



Σχήμα 4.9 Μονή

Σχήμα 4.10 Διπλή

Σχήμα 4.11 Πλήρης

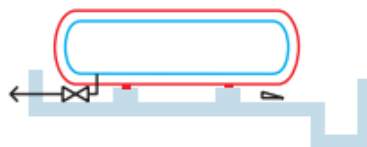
Παραπάνω φαίνονται οι σφαιρικές δεξαμενές ανάλογα με τον τύπο τους [34]

4.4.2.3 Σφαιρές δεξαμενές

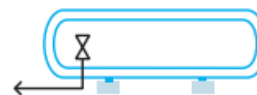
Οι σφαίρες δεξαμενές παρουσιάζουν ενδιαφέρον όταν πρόκειται για την αποθήκευση μικρότερων όγκων LNG. Πρόκειται για δοχεία πίεσης κενού και περιλίτη ή κενού και πολυστρωματικά μονωμένα από ανοξείδωτο χάλυβα, που λειτουργούν πάνω από 0,5 barg. Αυτές οι δεξαμενές είναι αρθρωτές, εύκαμπτες, διαθέσιμες σε κάθετες ή οριζόντιες μορφές και μπορούν να τοποθετηθούν σε δεξαμενές οποιουδήποτε αριθμού πολλαπλών σειρών δεξαμενών για να παρέχουν την επιθυμητή ποσότητα αποθήκευσης. Οι δεξαμενές σφαιρών είναι προκατασκευασμένες σε εργοστάσια, γεγονός που μειώνει το κόστος του χώρου. Οι δεξαμενές υπό πίεση σχεδιάζονται και λειτουργούν έτσι ώστε να μην απαιτείται συμπίεσής αερίου εξατμίσεων.



Σχήμα 4.12 Μονή



Σχήμα 4.13 Διπλή



Σχήμα 4.14 Πλήρης

Παραπάνω φαίνονται οι σφαιρές δεξαμενές ανάλογα με τον τύπο τους [34]

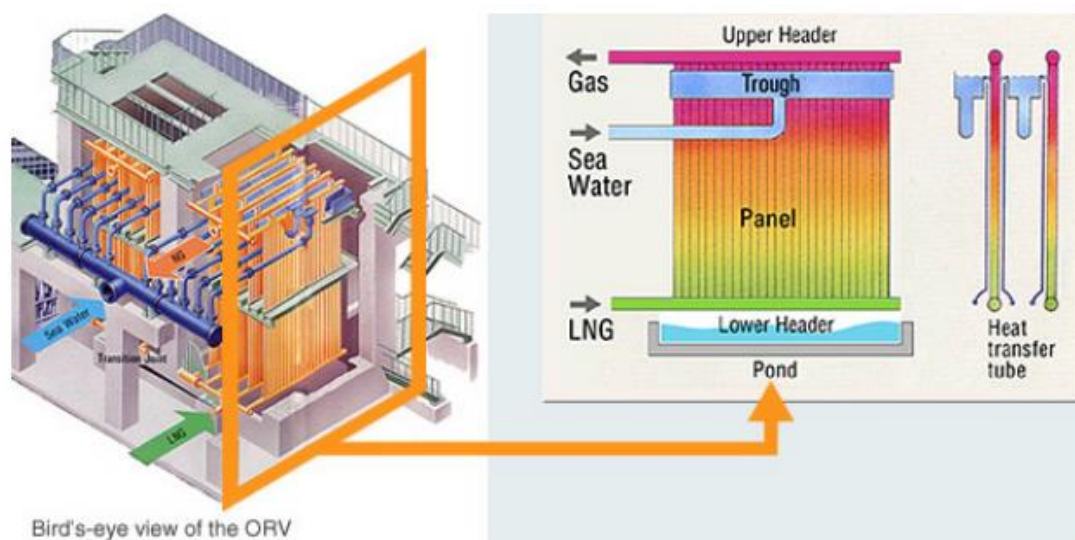
4.4.3 Επαναεριοποίηση

Στη συνέχεια, το LNG που αποθηκεύεται στις δεξαμενές αποστέλλεται στους ατμοποιητές που θερμαίνουν και επαναεριοποιούν το LNG. Καθώς συμβαίνει αυτό, το βρασμένο αέριο που εξατμίζεται από το LNG που είναι αποθηκευμένο στις δεξαμενές επανασυμπυκνώνεται και αποστέλλεται επίσης στους ατμιστές. Έτσι θα αποφευχθεί η ανάφλεξη ή η εξαέρωση του αερίου βρασμού για τις περισσότερες λειτουργίες συνθήκες. Οι κύριοι τύποι ατμοποιητών που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία LNG είναι

- Ατμοποιητές ανοιχτού ραφιδίου,
- Ατμοποιητές βυθισμένης καύσης,
- Ατμοποιητές ενδιάμεσων υγρών
- Εξατμιστές αέρα περιβάλλοντος.

4.4.3.1 Ατμοποιητές ανοιχτού ραφιδίου

Οι εξατμιστές ανοιχτού (ORV) ραφιδίου αντλούν τη θερμότητα που απαιτείται για την εξάτμιση του LNG από το θαλασσινό νερό. Το νερό πρώτα φιλτράρεται για να αποφευχθεί η παρουσία μικρών στερεών σωματιδίων στο ORV. Στη συνέχεια πέφτει σε πάνελ σωλήνων που περιέχουν LNG και μετά συγκεντρώνεται σε μια γούρνα από κάτω πριν απορριφθεί ξανά στη θάλασσα. Το LNG που διέρχεται σε σωλήνες θερμαίνεται και εξατμίζεται. Οι σωλήνες έχουν σχεδιαστεί ειδικά για τη βελτιστοποίηση της θερμότητας ανταλλαγής.

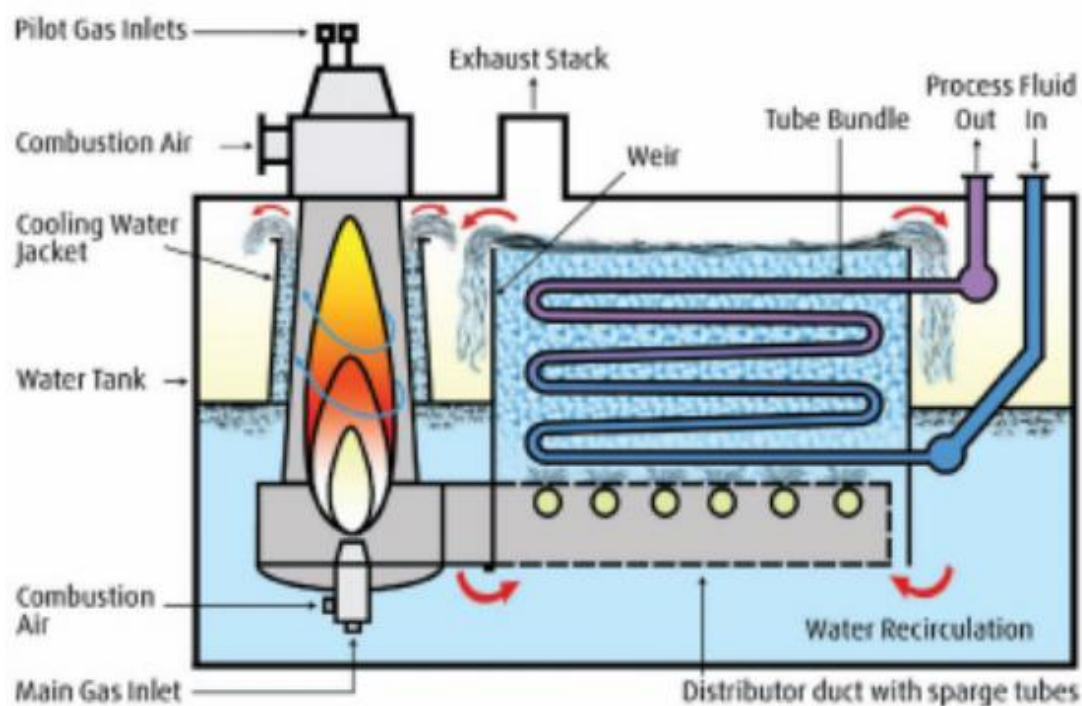


Σχήμα 4.15 Ατμοποιητής ανοιχτού ραφιδίου [23]

4.4.3.2 Ατμοποιητές βυθισμένης καύσης (SCV)

Οι εξατμιστές βυθισμένης καύσης καίνε φυσικό αέριο παραγόμενο από το τερματικό και περνούν τα θερμά αέρια σε υδατόλουτρο που περιέχει έναν σωληνωτό εναλλάκτη θερμότητας όπου ρέει LNG. Ο αφρός που παράγεται από το αέριο καύσης αυξάνει την απόδοση της μεταφοράς θερμότητας μεταξύ του νερού και του LNG και εμποδίζει τη δημιουργία πάγου στη δέσμη του σωλήνα. Οι

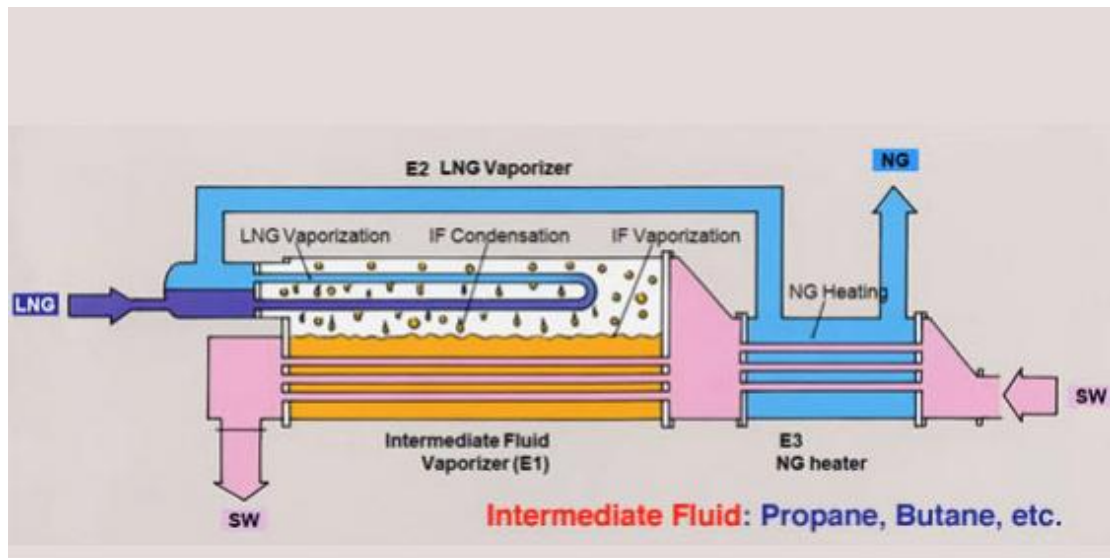
εξατμιστές βυθισμένης καύσης καίνε 1 έως 1,5 % του επεξεργασμένου φυσικού αερίου.



Σχήμα 4.16 Ατμοποιητές βυθισμένης καύσης [23]

4.4.3.3 Ατμοποιητές ενδιάμεσων υγρών

Οι εξατμιστήρες σωλήνα αυλού που είναι μικρότεροι και πιο δημοφιλείς όταν ο σταθμός επαναεριοποίησης συνδέεται με άλλες δραστηριότητες όπως για παράδειγμα μια μονάδα παραγωγής ισχύος. (Αγγελική Παστρικάκη, 2017)



Σχήμα 4.17 Ατμοποιητής ενδιάμεσων υγρών/σωλήνα αυλού [23]

4.4.3.4 Ατμοποιητές αέρα περιβάλλοντος (AAV)

Αυτός ο ατμοποιητής χρησιμοποιεί τη θερμότητα από τον αέρα. Είναι αποδεδειγμένης τεχνολογίας και γενικά έχει χρησιμοποιηθεί για μικρότερες εγκαταστάσεις, όπως δορυφορικά τερματικά LNG που τροφοδοτούνται με LNG οδικώς μέσω φορτηγού. Οι μονάδες μπορεί να έχουν φυσική μεταφορά ή ροή αέρα υποβοηθούμενη από ανεμιστήρα. Μερικές μεγαλύτερες μονάδες έχουν πρόσφατα εγκατεστημένους σε τερματικούς σταθμούς εισαγωγής LNG όπου συστήματα θαλασσινού νερού θεωρούνται ακατάλληλα.



Ατμοποιητές αέρα περιβάλλοντος (AAV) [25]

4.4.4 Πλωτές υποδομές ανεφοδιασμού LNG (FSRU)

Η ενασχόληση με τις Πλωτές Μονάδες Αποθήκευσης και Επαναεριοποίησης (Floating Storage and Regasification Units – FSRU) ξεκίνησε πριν από 22 χρόνια, το 2001, όταν η El Paso συνεργάστηκε με την Excelerate Energy ώστε να δημιουργήσουν το πρώτο πλοίο FSRU για το πρότζεκτ του Gulf Gateway. Μέχρι το τέλος του 2017 υπήρχαν 26 πλοία FSRU από τα οποία τα 23 λειτουργούν ως τερματικοί σταθμοί και τα υπόλοιπα 3 ως δεξαμενόπλοια για την μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG). Πρόσφατη αναφορά της IGU υπολογίζει ότι μέχρι το 2025 θα λειτουργούν περίπου 50 FSRUs. Είναι απίστευτος ρυθμός ανάπτυξης σε μία βιομηχανία η οποία παραδοσιακά θεωρείται συντηρητική και προσφέρει καταπληκτικές ευκαιρίες όσον αφορά την πώληση LNG σε νέες αγορές. Η ταχεία ανάπτυξη οφείλεται κυρίως στο χαμηλότερο κόστος, γρηγορότερο προγραμματισμό, την εμπορική ευελιξία και τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των FSRUs συγκριτικά με επίγειους τερματικούς σταθμούς, οι οποίοι δεν μπορούν να μετακινηθούν και θεωρούνται μη ανακτήσιμα έξοδα. Οι δύο ξεχωριστές

εταιρείες Gulf Gateway και Golar Spirit ανέπτυξαν τα έργα για FSRU με διαφορετικό τρόπο παρόλα αυτά όμως και οι 2 εταιρίες κατάφεραν να δουν ότι οι FSRUs προσέφεραν μια οικονομικότερη, γρηγορότερη και πιο ευέλικτη επιλογή από τους παραδοσιακούς τερματικούς σταθμούς στην ξηρά. Παρά το γεγονός ότι τα πρώτα FSRUs βασίστηκαν σε δεξαμενόπλοια χωρητικότητας 130,000 m³ τα πιο πρόσφατα πλοία είναι μεγαλύτερα, τυπικά. Οι πλωτοί σταθμοί FSRUs θα προσφέρουν την ίδια δυνατότητα επεξεργασίας με τους τερματικούς σταθμούς ξηράς. Σημαντικό σε ότι αφορά το κόστος είναι ότι η κατασκευή μίας νέας FSRU κυμαίνεται στο 50-60% ενός τερματικού σταθμού ξηράς και μπορεί να ολοκληρωθεί στο μισό χρόνο. Οι νέες κατασκευές χερσαίων σταθμών κοστίζουν συνήθως 240-300 εκατομμύρια δολάρια και ολοκληρώνονται σε 27-36 μήνες. Αντίθετα οι πλωτοί σταθμοί FSRU βασίζονται στη μετατροπή δεξαμενοπλοίων LNG και κοστίζουν λιγότερο από 80-100 εκατομμύρια λίρες ενώ οι μετατροπές χρειάζονται μόνο 18 μήνες. Η μετατροπή δεν απαιτεί πολύ χρόνο αλλά η παράδοση του εξοπλισμού καθυστερεί με αποτέλεσμα να διαρκεί για περίπου 18 μήνες. Πέρα από την μετατροπή δεξαμενοπλοίων από εδώ και πέρα πρόκειται να κατασκευάζονται πλωτοί σταθμοί εξ ολοκλήρου από την αρχή σε εξειδικευμένα ναυπηγεία. Τα νεόχτιστα FSRU χρειάζονται 27 με 36 μήνες αλλά μια μετατροπή χρειάζεται συνήθως 18 με 24 μήνες. Το κόστος κεφαλαίου μια μονάδας FSRU εξαρτάται από τρία βασικά κριτήρια:

- Το πλοίο FSRU
- Τις υποδομές
- Το κόστος του ιδιοκτήτη

4.4.4.1 Κόστος νεόχτιστου πλοίου FSRU

Το πλοίο μπορεί είτε να είναι νεόχτιστο είτε να γίνει μετατροπή σε ένα ήδη υπάρχον πλοίο LNG. Ένα καινούργιο πλοίο FSRU κοστολογείται στα 240 με 280 εκατ. δολάρια. Το κόστος των καινούργιων βαποριών έχει πέσει τον τελευταίο καιρό εξ αιτίας του υψηλού ανταγωνισμού αναμεσα στα 3 μεγαλύτερα Κορεατικά ναυπηγεία – DSME, Hyundai και Samsung. Ωστόσο, υπάρχει και το ενδεχόμενο αύξησης των τιμών λόγω της αυξημένης ζήτησης σε πλοία. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει κάποιες πρόσφατες παραγγελίες σε πλοία FSRU. Έπειτα όσον αφορά την μετατροπή

των δεξαμενοπλοίων μεταφοράς LNG σε FSRU, η μετατροπή ενός ήδη υπάρχοντος πλοίου LNG κοστίζει κοντά στα 80 εκατ. δολάρια, συν το κόστος που έχει πληρωθεί ήδη για την κατασκευή του πλοίου. Εάν το κόστος του δεξαμενοπλοίου ήταν 150 εκατ. δολάρια τότε το τελικό κόστος είναι 230 εκατ. δολάρια, δηλαδή σύνολο 230 εκατ. το οποίο είναι σχεδόν ίδιο με το κόστος ενός νεόκτιστου πλοίου FSRU αλλά έχει το πλεονέκτημα ότι είναι έτοιμο για παράδοση σε 18 μήνες αντί για 36. Ένα παλιό πλοίο είναι φτηνότερο και θα μείωνε το συνολικό κόστος. Οι μετατροπές ήταν πολύ δημοφιλείς στις πρώτες μονάδες FSRU αλλά τελευταία έχουν εγκαταλειφθεί και την θέση τους πήραν τα νεόκτιστα πλοία. Αυτό συνέβη καθώς τα παλαιά πλοία LNG είχαν μεταφορική δυνατότητα 130.000 – 140.000 m³ και υπήρχε ζήτηση για πλοία που θα είχαν πάνω από 173.000 m³ μεταφορική δυνατότητα.

4.4.4.2 Η Τεχνολογία των πλωτών μονάδων FSRU

Σε σύγκριση με τους τερματικούς σταθμούς ξηράς οι FSRUs βασίζονται σε δεξαμενόπλοια LNG και χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία με τους τερματικούς σταθμούς ξηράς. Η μοναδική ουσιαστική διαφορά είναι ότι ο εξοπλισμός των πλωτών μονάδων τροποποιείται για χρήση σε υδάτινο περιβάλλον ώστε να είναι κατάλληλο για την χρήση στη θάλασσα. Σε ένα καινούριο πλοίο, ο εξοπλισμός ενσωματώνεται και κατασκευάζεται μαζί με το πλοίο. Σε μία πλωτή μονάδα όπου έχει μετατραπεί από δεξαμενόπλοιο ο εξοπλισμός κατασκευάζεται ως ξεχωριστό θάλαμο και προστίθεται στο δεξαμενόπλοιο στο ναυπηγείο για εξοικονόμηση χρόνου. Η παραλαβή του LNG στους πλωτούς σταθμούς γίνεται με βραχίονες φόρτισης ή μάνικες, και έπειτα γίνονται μετρήσεις και αποθηκεύεται στις δεξαμενές. Οι αντλίες χαμηλής πίεσης που βρίσκονται στις δεξαμενές αποθήκευσης στέλνουν το ΥΦΑ στον επανασυμπιεστή όπου αναμιγνύεται με το συμπιεσμένο αέριο εξατμίσεων (boil off gas- BOG) από τις δεξαμενές αποθήκευσης και το BOG συμπυκνώνεται πάλι σε LNG πριν περάσει στις αντλίες υψηλής πίεσης. Κάποιο από το BOG χρησιμοποιείται ως καύσιμο της FSRU και συμπληρώνεται. Οι πρώτες πλωτές μονάδες FSRUs δεν είχαν επανασυμπιεστές και το περισσευούμενο BOG καιγόταν στους λέβητες του πλοίου και ο ατμός αδειάζοταν συμπυκνωμένος στη θάλασσα. Οι αντλίες υψηλής πίεσης αυξάνουν την πίεση του LNG από το σύνηθες 5bar/g στην πίεση εξαγωγής που χρειάζεται ο πελάτης (συνήθως 50 bar/g για

σταθμούς παραγωγής ενέργειας ή 100 bar/g για δίκτυα αερίου. Έπειτα το LNG εξατμίζεται στην πίεση εξαγωγής γίνονται μετρήσεις και εξάγεται μέσω βραχιόνων εξαγωγής αερίου ή μανικών στο σωλήνα εξαγωγής και τον πελάτη.

4.4.4.3 Οι τερματικοί σταθμοί από την πλευρά της επιχειρηματικότητας

Οι τερματικοί σταθμοί εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου χρησιμοποιούν συνήθως συμφωνίες χρηματοδοτικής πίστωσης ή συμφωνίες υπεργολαβίας. Η συμφωνία υπεργολαβίας (Tolling model) φαίνεται να είναι το πιο διαδεδομένο καθώς είναι μια συμφωνία απευθείας με την εταιρία ενέργειας ενώ η συμφωνία χρηματοδοτικής πίστωσης (leasing) χρησιμοποιείται στα συμβόλαια μικρής διάρκειας.¹¹ Επιπλέον σε σχέση με την διάρκεια του συμβολαίου οι πρώτες πλωτές μονάδες FSRU είχαν συμβόλαια διάρκειας 10-15 χρόνων. Η μεγάλη διάρκεια του συμβολαίου δίνει την δυνατότητα στον ιδιοκτήτη να καλύψει την επένδυση για την μονάδα αυτή και να ανταπεξέλθει στα έξοδα για την περίοδο του συμβολαίου τα πρώτα 8 χρόνια και τα υπόλοιπα 2 να παρουσιάσει κέρδη. Τα συμβόλαια αυτήν την περίοδο κυμαίνονται από 5 έως 20 χρόνια αλλά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ζήτηση της αγοράς σε αέριο εκείνη την περίοδο. Πρόσφατα, η Αίγυπτος λόγω υψηλής ζήτησης ναύλωσε μια δεύτερη μονάδα FSRU. Η συμφωνία ήταν πενταετής αναμεσα στην EGas και την BW GAS. Το πρότζεκτ ήταν έτοιμο σε 5 μήνες δείχνοντας ποσό ευέλικτα είναι τα FSRU σε σχέση με ένα αντίστοιχο χερσαίο τερματικό που θα χρειαζόταν 4-5 χρόνια για την κατασκευή του. Τέλος σε σχέση με τις χρεώσεις για το ενοικιαστήριο συμβόλαιο η βασική διαφορά ανάμεσα στα FSRU και τα χερσαία τερματικά είναι ότι τα FSRU ενοικιάζονται με την μορφή(leasing) αντί να αγοράζονται. Η ημερήσια τιμή της ενοικίασης υπολογίζεται βάσει της αρχικής επένδυσης που είχε γίνει για την κατασκευή του πλοίου. Εν μέρει το κόστος υπολογίζεται και από την χρονική διάρκεια του συμβολαίου ακόμα και αν υπάρχει υπολειπομένη αξία στο τέλος της μίσθωσης. Επίσης η μεγάλη διάρκεια του συμβολαίου παρέχει ένα σταθερό εισόδημα για μεγαλύτερη περίοδο. Αυτά τα συμβόλαια κυμαίνονται από 110-160.000 δολάρια την ημέρα όπως έδειξε μια πρόσφατη δημοσίευση από την QED Consulting βάσει των οικονομικών στοιχείων 66 που είχαν δημοσιεύσει οι ιδιοκτήτες των πλοίων. Το κόστος λειτουργίας των μονάδων FSRU κυμαίνεται από 20-45.000 δολάρια την ημέρα και έτσι το συνολικό

κόστος ανέρχεται στα 130-205.000 δολάρια την ημέρα. Ένα ποσό αρκετά υψηλό αλλά σε σύγκριση με τα κέρδη που πρόκειται να παρουσιάσουν αυτοί οι σταθμοί φαντάζει λογικό.[35]



FSRU [36]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ο ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΤΗΣ ΡΕΒΥΘΟΥΣΑΣ

Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) Ρεβυθούσας είναι εγκατεστημένος στη νήσο Ρεβυθούσα, 500 μέτρα περίπου από την ακτή της Αγίας Τριάδας, στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45 χλμ. δυτικά της Αθήνας.

Συγκαταλέγεται στους είκοσι οκτώ (28) αντίστοιχους σταθμούς υγροποιημένου φυσικού αερίου, που λειτουργούν σήμερα σε όλο το χώρο της Μεσογείου και της Ευρώπης και είναι μοναδικός στην Ελλάδα για την υποδοχή δεξαμενοπλοίων ΥΦΑ, παραλαβή, αποθήκευση, αεριοποίηση ΥΦΑ και για την τροφοδοσία με Φυσικό Αέριο (ΦΑ) του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς ΦΑ (ΕΣΜΦΑ).

Με αποθηκευτική ικανότητα 225.000 κ.μ. ΥΦΑ και ωριαία δυναμικότητα αεριοποίησης 1250 m³ LNG σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας (Sustained Maximum Send out Rate – SMSR) αποτελεί μια από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της χώρας, παρέχοντας ασφάλεια ενεργειακής τροφοδοσίας, λειτουργική ευελιξία στο Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς ΦΑ και αυξημένη δυνατότητα κάλυψης εκτάκτων απαιτήσεων της αγοράς ΦΑ.

Ο Τερματικός Σταθμός ΥΦΑ σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις αυστηρότερες προδιαγραφές ασφαλείας τόσο για τους εργαζομένους στο νησί όσο και για τους κατοίκους των γύρω περιοχών και λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας SEVESO III (Directive 2012/18/EU).

Η εκφόρτωση, αποθήκευση και αεριοποίηση του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) πραγματοποιείται τηρώντας αυστηρά τις προδιαγραφές ασφαλείας (safety) και προστασίας του περιβάλλοντος όπως αυτές προβλέπονται στην Ελληνική και την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία. Η τήρηση των προαναφερθεισών προδιαγραφών ελέγχονται και πιστοποιούνται διαρκώς από ανεξάρτητους φορείς, καθώς ο Σταθμός είναι πιστοποιημένος κατά τα πρότυπα ISO 45001 και ISO 14001.

Ο ΔΕΣΦΑ με γνώμονα την αξιοπιστία και την αδιάλειπτη λειτουργία του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου, πραγματοποίησε μια σειρά από σημαντικές

επενδύσεις για την ενεργειακή υποδομή της χώρας μας και τη συνεχή βελτίωση των εγκαταστάσεων του Τερματικού Σταθμού ΥΦΑ.

Τον Οκτώβριο του 2007 και το Δεκέμβριο του 2018 ολοκληρώθηκαν η 1^η και η 2^η φάση αναβάθμισης του Τερματικού Σταθμού αντίστοιχα, αυξάνοντας

α) την δυναμικότητα αποθήκευσης με την λειτουργία της 3^{ης} δεξαμενής αποθήκευσης,

β) την δυναμικότητα αεριοποίησης ΥΦΑ και

γ) την δυνατότητα υποδοχής μεγαλύτερων πλοίων ΥΦΑ μέχρι και του μεγέθους του Q max.

Με τις αναβαθμίσεις αυτές η Εγκατάσταση ΥΦΑ μπορεί να διαχειρίζεται περισσότερες ποσότητες ΥΦΑ και να διατηρεί μεγαλύτερα ενεργειακά αποθέματα, ενισχύοντας τόσο την ρευστότητα της αγοράς όσο και την ασφάλεια εφοδιασμού της Χώρας σε Φυσικό Αέριο.

Τον Απρίλιο του 2009, ο στρατηγικός ρόλος του Σταθμού ΥΦΑ ενισχύθηκε περαιτέρω με την θέση σε λειτουργία της μονάδας Συμπαραγωγής Ηλεκτρισμού και Θερμότητας Υψηλής Απόδοσης (ΣΗΘΥΑ), ισχύος 13MW, με καύσιμο φυσικό αέριο. Με την επένδυση αυτή διασφαλίστηκε η ηλεκτρική αυτονομία της Εγκατάστασης ενώ παράλληλα χρησιμοποιείται και η παραγόμενη θερμική στη διεργασία αεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου, αυξάνοντας το βαθμό απόδοσης της μονάδας στο 90% περίπου. Η εν λόγω υποδομή αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα προστασίας του περιβάλλοντος και ενεργειακής αποδοτικότητας.

Σε ένα διεθνές περιβάλλον, όπου η ενέργεια αναδεικνύεται σε παράγοντα – κλειδί για την ανάπτυξη και την ποιότητα ζωής, ο ΔΕΣΦΑ ενισχύει μια από τις σπουδαιότερες ενεργειακές υποδομές της Ελλάδας, ώστε να καλύψει αποτελεσματικά τις σημερινές αλλά και τις μελλοντικές ενεργειακές ανάγκες της χώρας.(ΔΕΣΦΑ)



Η εγκατάσταση ΥΦΑ της Ρεβυθούσας[27]

Η Εγκατάσταση ΥΦΑ Ρεβυθούσας αποτελεί το σημείο εισόδου του ΥΦΑ στο Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς ΦΑ (ΕΣΜΦΑ). Έχει σχεδιαστεί για να πραγματοποιεί τις διαδικασίες της

- α) έγχυσης ΥΦΑ από πλοίο μεταφοράς,
- β) αποθήκευσης ποσοτήτων ΥΦΑ,
- γ) επαναυγροποίησης των αερίων που προκύπτουν από φυσική εξάτμιση του ΥΦΑ στις δεξαμενές,
- δ) άντλησης και αεριοποίησης του ΥΦΑ και
- ε) έγχυσης του Φ.Α. στο ΕΣΜΦΑ.

Για την έγχυση ΥΦΑ από πλοία μεταφοράς στις δεξαμενές αποθήκευσης της εγκατάστασης ΥΦΑ, υπάρχει κατάλληλο σύστημα βραχιόνων και γραμμών έγχυσης. Το σύστημα βραχιόνων αποτελείται από 3 βραχίονες έγχυσης ΥΦΑ Z3101A/B/C, και έναν βραχίονα αερίων Z3102, για τη μεταφορά από και προς το πλοίο μεταφοράς. Ο μέγιστος ρυθμός εκφόρτωσης ΥΦΑ καθορίζεται στα 7.250 m³ /h. Το ΥΦΑ αποθηκεύεται σε θερμοκρασία περίπου -160° C και σε σχεδόν ατμοσφαιρική πίεση. Για την αποθήκευση του ΥΦΑ στην εγκατάσταση ΥΦΑ υπάρχουν τρεις δεξαμενές αποθήκευσης με διαθέσιμη χωρητικότητα 225.000 m³ . Σε αυτές τις συνθήκες στις

δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ δημιουργούνται αέρια (κυρίως μεθάνιο και άζωτο) από φυσική εξάτμιση του ΥΦΑ. Για τη διατήρηση της πίεσης των δεξαμενών σε χαμηλά επίπεδα στην εγκατάσταση ΥΦΑ έχει προβλεφθεί σύστημα απομάκρυνσης και επανάκτησης των αερίων από τις δεξαμενές.

Αυτό το σύστημα αποτελείται από συμπιεστές αερίου και τον επανασυμπυκνωτή αερίων. Το σύστημα άντλησης και αεριοποίησης του αποθηκευμένου Υ.Φ.Α. αποτελείται από αντλίες χαμηλής πίεσης J3201A/B/C/D/E/F/G/H/I/J/K/L οι οποίες είναι εμβαπτισμένες στις δεξαμενές αποθήκευσης και οδηγούν το αντλούμενο ΥΦΑ στον επανασυμπυκνωτή ή κατευθείαν στις αντλίες υψηλής πίεσης.

Ο επανασυμπυκνωτής λειτουργεί επίσης ως δοχείο αναρρόφησης των αντλιών υψηλής πίεσης J3104A/B, J3102A/B και J3103A/B. Οι αντλίες υψηλής πίεσης ανεβάζουν την πίεση του ΥΦΑ και το αποστέλλουν στους αεριοποιητές για αεριοποίηση. Οι αεριοποιητές (M-3101 A/B/C/D και M-3102 A/B/C/D) είναι εγκαταστάσεις που σκοπό έχουν να δώσουν την απαιτούμενη θερμότητα στο ΥΦΑ ώστε να αεριοποιηθεί και επιπλέον να θερμάνουν το παραγόμενο Φ.Α. σε θερμοκρασία τουλάχιστον 3,5°C πριν την είσοδο του στο ΕΣΜΦΑ μεταφοράς.

Η εγκατάσταση ΥΦΑ συνδέεται με το ΕΣΜΦΑ μέσω 2 υποθαλάσσιων αγωγών διαμέτρου 24'' ο κάθε ένας και μήκους 510m και 620m, μέχρι την Αγία Τριάδα που αποτελεί σημείο εισόδου στο ΕΣΜΦΑ.

5.1 Δυναμικότητες Εγκατάστασης ΥΦΑ

1. Σταθερό μέγιστο ρυθμό αεριοποίησης / Sustained Maximum Sendout Rate (SMSR) : 1.250 m³ /h (365 ημέρες * 24 ώρες)
2. Έκτακτο Ρυθμό Αιχμής αεριοποίησης / Peak Sendout Rate (Peak) : 1.650 m³ /h
3. Ελάχιστος ρυθμός αεριοποίησης / Minimum Sendout Rate : 119 m³ /h

Βασικός εξοπλισμός της εγκατάστασης ΥΦΑ

Περιγραφή	Σύμβολο	Δυναμικότητα ανά εξοπλισμό	Πίεση Λειτουργίας
Αντλίες χαμηλής πίεσης	J3201A/B/C/D/E/F/G/H/I/J/K/L	200 m ³ ΥΦΑ/h	12 barg
Αντλίες υψηλής πίεσης	J3104A/B	413 m ³ ΥΦΑ/h	82 barg
	J3102A/B	220 m ³ ΥΦΑ/h	82 barg
	J3103A/B	300 m ³ ΥΦΑ/h	82 barg
Μέσο θέρμανσης θαλασσινού νερό (ORV)	M-3101 A/B	125 m ³ ΥΦΑ/h	26 - 64 barg
	M-3101 C	381 m ³ ΥΦΑ/h	26 - 64 barg
	M-3101 D	464 m ³ ΥΦΑ/h	26 - 64 barg
Λουτρό νερού που θερμαίνεται από καυσαέρια της καύσης Φ.Α. (SCV)	M-3102 A/B	125 m ³ ΥΦΑ /h	26 - 64 barg
	M-3102 A/B	190 m ³ ΥΦΑ /h	26 - 64 barg
Κρυογενικοί Συμπιεστές (BOG) ανάκτησης αερίων	V-3101 A/B/C	4.800 Kg /h	7barg
Αντλίες θαλασσινού νερού	J 4301A/B/S	2.035 m ³ /h	6 barg
	J4305 A/B/S	5.682 m ³ /h	6 barg

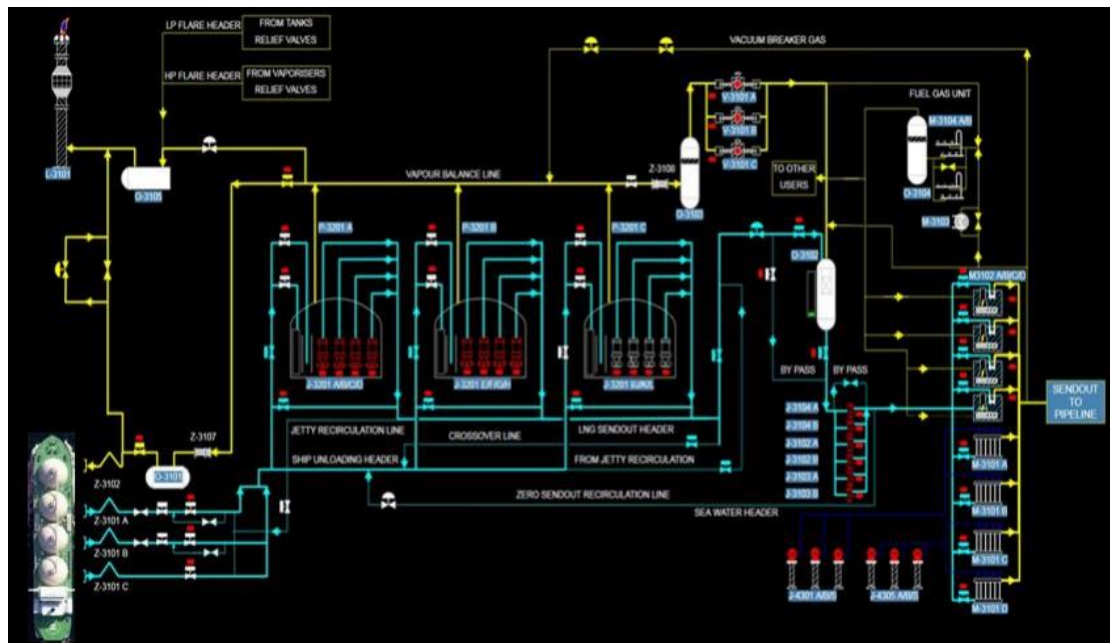
Πίνακας 5.1 Βασικός εξοπλισμός της εγκατάστασης[27]

5.2 ΜΟΝΑΔΑ ΣΗΘΥΑ

Στην εγκατάσταση λειτουργεί από το 2009 μονάδα παραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας για την κάλυψη των απαιτήσεων της εγκατάστασης σε ηλεκτρική ισχύ. Η νέα μονάδα αποτελείται από 2 μηχανές εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) 16 κυλίνδρων τύπου V, με καύσιμο φυσικό αέριο και δύο ηλεκτρογεννήτριες 6,5MW έκαστη και παραγόμενη τάση 6000Volt. Οι νέες ηλεκτρογεννήτριες έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σύγχρονα και παράλληλα με το δίκτυο της ΔΕΗ αλλά και αυτόνομα αναλαμβάνοντας την ηλεκτρική τροφοδοσία του Τερματικού σταθμού ΥΦΑ σε πλήρη λειτουργία, επίσης η πλεονάζουσα ηλεκτρική ενέργεια μπορεί να διοχετευτεί στο δίκτυο της ΔΕΗ. Σε περίπτωση ολικού black out (απώλεια της ΔΕΗ) την απαραίτητη ηλεκτρική τροφοδοσία της μονάδας για την επανεκκίνηση των

βοηθητικών της, αναλαμβάνουν μια εκ των δύο EDG 2000 KVA έκαστη, εξασφαλίζοντας ο σταθμός ΥΦΑ πλήρη αυτονομία από το δίκτυο της ΔΕΗ.

Στη μονάδα ανακτάται μέρος της θερμότητας από τα καυσαέρια και τα κυκλώματα ψύξης των ΜΕΚ και η μονάδα συνεισφέρει περί τα 13 MW θερμικής ενέργειας για την αεριοποίηση του ΥΦΑ. Κλειστό κύκλωμα νερού, με δίκτυο σωληνώσεων και εναλλακτών, απάγει θερμότητα από την μονάδα και τη μεταφέρει στο λουτρό των αεριοποιητών SCV. Η μονάδα συμπαραγωγής ηλεκτρισμού και θερμότητας εντάσσεται στην κατηγορία των μονάδων ΣΗΘΥΑ με απόδοση περί τα 92%



Σχήμα 5.1 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ΥΦΑ Ρεβυθούσας [27]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΜΕΓΑΛΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ - ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

6.1 Χωροθέτηση

Ένας τρόπος με τον οποίο γίνεται η επιλογή της θέσης χωροθέτησης του τερματικού σταθμού ΥΦΑ είναι με βάση συγκεκριμένα κριτήρια και τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) και του λογισμικού Arc map.

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών είναι πληροφοριακά συστήματα που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο σε ψηφιακό περιβάλλον. Τα δεδομένα αυτά συνήθως λέγονται γεωγραφικά ή χαρτογραφικά. Τα στάδια-διαδικασίες πραγματοποίησης της μεθοδολογίας των ΓΣΠ είναι τα εξής: [28]

- Καθορισμός του προβλήματος. Πρωταρχικό στάδιο για την ολοκλήρωση των κύριων εφαρμογών ενός ΓΣΠ αλλά και για την εφαρμογή οποιασδήποτε μελέτης αποτελεί ο καθορισμός του προβλήματος.
- Καθορισμός των κριτηρίων που πρέπει να ικανοποιεί η περιοχή χωροθέτησης με τη διερεύνηση σε βάθος όλων εκείνων των παραγόντων που θα επηρεάσουν την πορεία εργασιών για την επίλυση του προβλήματος. Μέσω αυτής της διαδικασίας ο μελετητής οδηγείται στον καθορισμό των κριτηρίων, τον προσδιορισμό των θεματικών επιπέδων και των περιγραφικών τους χαρακτηριστικών
- Συμπλήρωση δεδομένων - εισαγωγή απαραίτητων στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν.
- Ανάλυση των χωρικών δεδομένων - διαδικασία μετατροπής των στοιχείων σε πληροφορία. για εύρεση των κατάλληλων περιοχών χωροθέτησης. Συγκεκριμένα επίπεδα με τη βοήθεια κατάλληλων αναλυτικών εργαλείων μετατρέπονται σε νέα επίπεδα που με τη σειρά τους μπορούν με τη χρήση αναλυτικών εργαλείων να δημιουργήσουν νέα επίπεδα που περιέχει τις προτεινόμενες περιοχές χωροθέτησης.

6.2 Καθορισμός των κριτηρίων χωροθέτησης

Για την παρούσα εφαρμογή της συγκεκριμένης χωροθέτησης τα κριτήρια τέθηκαν με βάση τη νομοθεσία της Ε.Ε (ειδικά όσον αφορά θέματα ασφάλειας), με βάση την κυπριακή νομοθεσία (πχ προστατευόμενες περιοχές) αλλά και με βάση το σκοπό των εγκαταστάσεων που θα δημιουργηθούν (πχ έκταση).

- Κριτήριο 1: Απόσταση από ακτογραμμή

Το 1ο κριτήριο αφορά την απόσταση των εγκαταστάσεων από την θάλασσα για ευνόητους λόγους. Λαμβάνοντας αυτό υπόψη προκύπτει ότι απαιτείται τα όρια των εγκαταστάσεων να βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή τόσο για μεγαλύτερη ευκολία και ταχύτητα εκφόρτωσης όσο και για μεγαλύτερη ευκολία και χαμηλότερο κόστος κατασκευής (μικρότερα μήκη αγωγών μεταφοράς από το σημείο εξόρυξης στο σημείο κατασκευής και μικρότερα μήκη αγωγών – βραχιόνων εκφόρτωσης ΥΦΑ στα δεξαμενόπλοια). Η απόσταση αυτή από τη θάλασσα ορίζεται στα 5km. Η ζώνη αυτή 5km που δημιουργείται ονομάζεται με βάση την ορολογία των ΓΣΠ ζώνη επιρροής δηλαδή ζώνη εντός της οποίας πρέπει να πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση.

- Κριτήριο 2: Απόσταση ασφαλείας

Ένας τερματικός σταθμός ΥΦΑ ορίζεται από τη ΕΕ νομοθεσία (οδηγία 96/82/ΕΚ) σαν μια από τις τα πιο επικίνδυνες εγκαταστάσεις λόγω των κινδύνων που προκαλούνται σε περίπτωση διαρροής. Πειραματικά δεδομένα και αναλυτικές εκτιμήσεις για εξάπλωση ατμών ΥΦΑ δείχνουν ότι ένα μεγάλο νέφος ατμών μπορεί να επεκταθεί σε μεγάλες αποστάσεις, ανάλογα με τις ατμοσφαιρικές συνθήκες και την μορφολογία του εδάφους. Με βάση τα παραπάνω υπάρχουν δύο είδη ζωνών ασφαλείας γύρω από τον τερματικό σταθμό και την εγκατάσταση ΥΦΑ. Η θερμική ζώνη που επεκτείνεται σε μια απόσταση όπου η θερμική ακτινοβολία από πιθανή φωτιά στην εγκατάσταση μειώνεται σε κάτω από 1.600 BTU/hr/ft² (όριο όπου η φωτιά είναι επικίνδυνη για άτομα που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους μετά από 30 δευτερόλεπτα έκθεσης) και η ζώνη ασφαλείας για το νέφος ατμών ΥΦΑ που είναι η μέγιστη απόσταση που το νέφος ατμών ΥΦΑ μπορεί να ταξιδέψει και να εξακολουθεί να παραμένει εύφλεκτο. Εάν το νέφος ατμών ΥΦΑ αναφλεχθεί

οτιδήποτε βρίσκεται στη ζώνη αυτή θα καεί. Η έκταση μέσα και στις δυο ζώνες ασφαλείας (θερμική ζώνη και ζώνη ατμών ΥΦΑ) θα πρέπει να ανήκει και να ελέγχεται από τον φορέα εκμετάλλευσης της εγκατάστασης ΥΦΑ. Ο καθορισμός της απόστασης αποκλεισμού και για τις 2 ζώνες ασφαλείας εξαρτάται από παράγοντες όπως η ταχύτητα του ανέμου, η ατμοσφαιρική θερμοκρασία και η σχετική υγρασία, η μορφολογία κλπ. Μελέτη του Δρ Jerry Havens (2007) που έγινε από το Public Utilities Commission of the State of California για την Ομοσπονδιακή Ρυθμιστική Επιτροπή Ενέργειας, καταλήγει στο συμπέρασμα ότι άτομα που ζουν σε ακτίνα 5km από ένα τερματικό σταθμό ΥΦΑ βρίσκονται σε κίνδυνο. Η μελέτη του καταλήγει στο συμπέρασμα ότι θα πρέπει να υπάρχει μια ζώνη ασφάλειας τουλάχιστον 5km μεταξύ ενός τερματικού σταθμού ΥΦΑ και μιας κατοικημένης περιοχής. Η έρευνα του κ. Μπαλαούρα (2008) υπολόγισε ότι για τον τερματικό σταθμό ΥΦΑ της Ρεβυθούσας (στην Ελλάδα) οι ατμοί ΥΦΑ είναι επικίνδυνοι σε μια ακτίνα 4833m από τον τερματικό σταθμό. Με βάση αυτά η απόσταση ασφαλείας του τερματικού από τις συνεκτικές κατοικημένες εκτάσεις με πληθυσμό >1000 άτομα ορίζεται στα 5km. Η ζώνη αυτή 5km που δημιουργείται γύρω από κάθε κατοικημένη περιοχή ονομάζεται με βάση την ορολογία των ΓΣΠ ζώνη αποκλεισμού δηλαδή ζώνη εντός της οποίας δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί η χωροθέτηση.

- Κριτήριο 3: Προστατευόμενες Περιοχές

Το 3ο κριτήριο αφορά την προστασία του περιβάλλοντος και συγκεκριμένα των αυστηρά προστατευόμενων περιοχών χλωρίδας και πανίδας της Κύπρου σύμφωνα με τη συνθήκη Natura 2000. Θεωρώντας την προστασία του περιβάλλοντος σημαντικό παράγοντα στην διαδικασία επιλογής θέσης χωροθέτησης, η απόσταση ασφαλείας από τις συγκεκριμένες περιοχές ορίζεται στα 5 km όπως και η απόσταση από τις συνεκτικές κατοικημένες περιοχές.

Κριτήριο 4: Προστασία Υδάτων

Το 4ο κριτήριο αφορά την προστασία των επιφανειακών υδάτινων πόρων του νησιού και συγκεκριμένα τα ποτάμια και τις λίμνες (φυσικές και τεχνητές). Στη ζώνη αυτή απαγορεύεται κάθε βιομηχανική, γεωργική ή κτηνοτροφική δραστηριότητα που εγκυμονεί κινδύνους ρύπανσης των υδάτων. Για τους σκοπούς της εργασίας

ορίζεται απόσταση αποκλεισμού της περιοχής χωροθέτησης του τερματικού 500m από το επιφανειακό υδρογραφικό δίκτυο.

- Κριτήριο 5: Πρόσβαση - απόσταση από οδικό δίκτυο

Για λόγους σύνδεσης των εγκαταστάσεων με τις υπάρχουσες υποδομές απαιτείται μια απόσταση μεταξύ εγκαταστάσεων και οδικού δικτύου που να επιτρέπει την εύκολη και σχετικά γρήγορη πρόσβαση. Για το λόγο αυτό ορίζεται μια απόσταση των ορίων των εγκαταστάσεων μέχρι 3km από το πρωτεύον οδικό δίκτυο.

- Κριτήριο 6: Έκταση

Μια πλήρης χερσαία εγκατάσταση τερματικού σταθμού αποτελείται από εγκαταστάσεις υγροποίησης του ΦΑ, δεξαμενές αποθήκευσης του ΥΦΑ, εγκαταστάσεις επαναεριοποίησης του ΥΦΑ και βοηθητικές εγκαταστάσεις (κτήρια, βοηθητικοί δρόμοι κλπ). Η χωρητικότητα των δεξαμενών αποθήκευσης κυμαίνεται από 50m³ έως 250m³ με συνηθέστερες τιμές σήμερα περίπου στα 150 m³. Ο λόγος ύψους προς ακτίνα (H/R) ισούται περίπου 0,5 - 1,5. Θεωρώντας ότι στις εγκαταστάσεις θα τοποθετηθούν το μέγιστο 2 δεξαμενές χωρητικότητας 150m³ με H/R=1,5 προκύπτει ότι οι δεξαμενές αυτές θα έχουν διάμετρο 60m επομένως το εμβαδόν της κάθε μιας θα ισούται με 3000m² (άρα για 2 δεξαμενές 6000m²). Άρα μαζί με τις εγκαταστάσεις υγροποίησης του ΦΑ και επαναεριοποίησης ΥΦΑ, τις βοηθητικές κτηριακές εγκαταστάσεις και τις μεταξύ τους αποστάσεις μια έκταση 20000m² (20 στρέμματα) ικανοποιεί πλήρως τις ανάγκες χωροθέτησης .[29]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΑΘΜΩΝ LNG

Τερματικοί Σταθμοί Μεγάλης Κλίμακας: Οι μεγάλες υποδομές υγροποίησης ανά τον κόσμο είναι εγκατεστημένες πάντα σε παράκτιες περιοχές, αφού η μόνη μέθοδος μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων ΥΦΑ γίνονται με βυτιοφόρα χωρητικότητας 100.000 m³ έως 270.000 m³ (LNG carriers). Εκτός των υποδομών υγροποίησης στους σταθμούς μεγάλης κλίμακας, υπάρχουν και εγκαταστάσεις αποθήκευσης ΥΦΑ που συνήθως είναι πάνω από 120.000 m³ και σχεδιασμένες έτσι ώστε να λαμβάνουν τουλάχιστον μια πλήρη χωρητικότητα. Στη συνέχεια διαύλους διανομής και προώθησης του φυσικού αερίου προς τους τελικούς καταναλωτές μέσω των εθνικών αγωγών φυσικού αερίου υψηλής πίεσης.

Τερματικοί Σταθμοί Μεσαίας Κλίμακας: Η μεσαία κλίμακα τερματικών σταθμών, περιλαμβάνει δεξαμενές μεγέθους έως 100.000 m³ . Αυτά παρέχονται από μικρότερους μεταφορείς ΥΦΑ (1.000-40.000 m³). Τα διαστήματα και η συχνότητα της φόρτωσης και το μέγεθος των πλοίων μεταφοράς είναι σημαντικός παράγοντας στην αποθήκευση ΥΦΑ.

Τερματικοί Σταθμοί Μικρής Κλίμακας: Στη συγκεκριμένη κατηγορία τερματικών σταθμών οι δεξαμενές ενδέχεται να διαφοροποιούνται σημαντικά σε μέγεθος. Ανάλογα με το σημείο που γίνεται ο ανεφοδιασμός των πλοίων αλλά και τον κάθε πελάτη-καταναλωτή, υπάρχει και διαφοροποίηση στη χωρητικότητα τους που κυμαίνεται από 1.000 m³ έως 10.000 m³ . Οι ενδιάμεσοι σταθμοί ανεφοδιάζονται είτε από τη θάλασσα (πλοία που μεταφέρουν το ΥΦΑ από τους σταθμούς εισαγωγής), είτε από τη στεριά (αγωγοί φυσικού αερίου).[10]

7.1 Πλεονέκτηματα μικρών σταθμών έναντι μεγάλων τερματικών

Υπάρχουν φορές που οι σταθμοί μικρής κλίμακας προσφέρουν πλεονεκτήματα σε σχέση με τις άλλες κατηγορίες. Αρχικά, οι επενδύσεις κεφαλαίου και τα κόστη συντήρησης είναι σε εύλογα επίπεδα, χωρίς να απαιτούνται υπέρογκα ποσά. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα για παραγωγή ΥΦΑ κοντά στα μέρη όπου θα χρησιμοποιηθεί το καύσιμο, λόγω του μεγέθους που έχουν οι εγκαταστάσεις υγροποίησης. Τέλος, οι πελάτες και οι καταναλωτές που δεν έχουν πρόσβαση σε

αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου, το προμηθεύονται μέσω φορητών και πλοίων. Οι πελάτες αυτοί συνήθως είναι εργοστάσια και βιομηχανίες. Παρατηρείτε έντονα τα τελευταία χρόνια η επιθυμία για άμεση παράδοση του ΥΦΑ στον τελικό καταναλωτή, τόσο με τη χρήση τρένων και φορητών για χερσαίες μεταφορές σε βιομηχανίες, όσο και για θαλάσσιες, ως καύσιμο ναυτιλίας. Είναι δεδομένη πλέον η στρέψη προς το φυσικό αέριο ως τη βασική πηγή ενέργειας, με στόχο ένα καλύτερο περιβάλλον και μια οικονομία βασισμένη στη χαμηλή εκπομπή άνθρακα.[10]

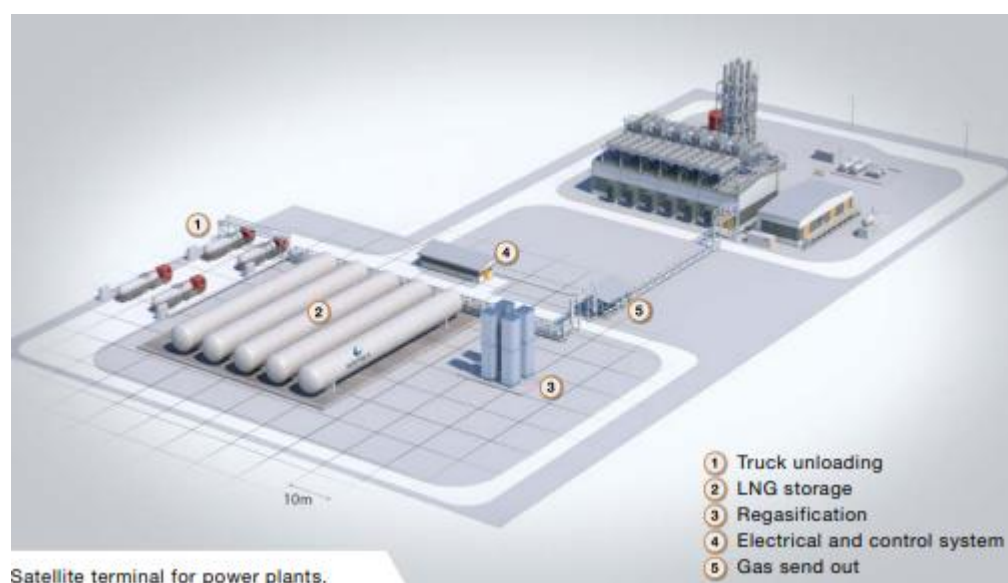


Σταθμός μικρής κλίμακας στην Ραβέννα της Ιταλίας[30]

7.2 Δορυφορικοί τερματικοί σταθμοί για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής

Πρόκειται για δορυφορικούς τερματικούς σταθμούς μίας χρήσης που προορίζονται για την παροχή μονάδας ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου ή διπλού καυσίμου και περιλαμβάνουν συστήματα αποθήκευσης καυσίμων και επεξεργασίας ΥΦΑ μεγέθους 100-20.000 m³. Η αποθήκευση κατασκευάζεται κυρίως ως δεξαμενές

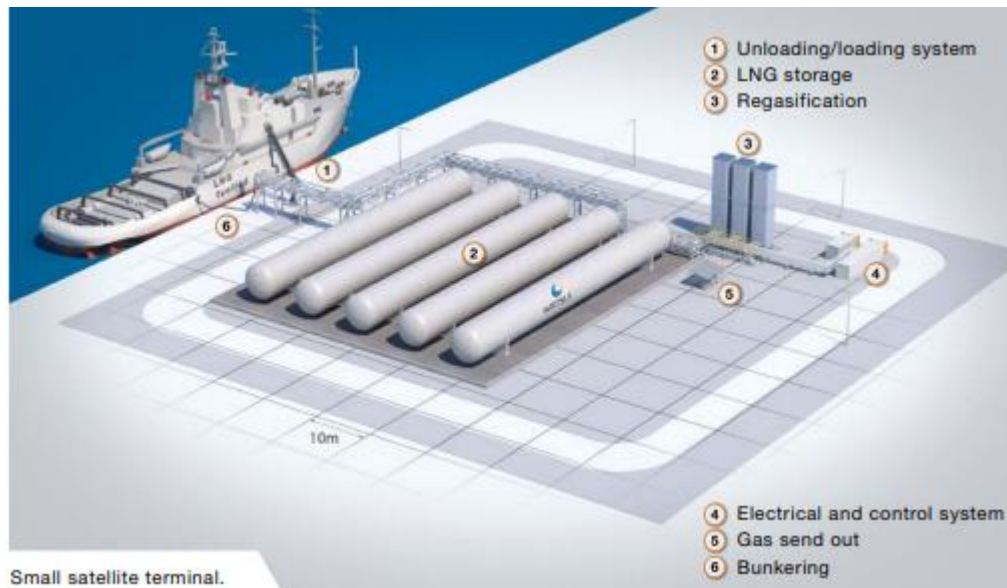
σφαιρών και η χωρητικότητα εξαρτάται από το μέγεθος και το λειτουργικό προφίλ της μονάδας παραγωγής ενέργειας και τη συχνότητα πλήρωσης. Για παράδειγμα, μια μονάδα βασικού φορτίου 50 MW με μέσο όρο 12 ημέρες μεταξύ των γεμισμάτων θα χρειαζόταν αποθήκευση περίπου 5000 m³. Για την ιδέα αυτή, η Wärtsilä παρέχει μια πλήρη παράδοση μηχανικής, προμήθειας και κατασκευής (EPC) τόσο για τη μονάδα παραγωγής ενέργειας όσο και για τον δορυφορικό τερματικό σταθμό LNG. Η παρεχόμενη συμφωνία λειτουργίας και συντήρησης μπορεί επίσης να περιλαμβάνει και τις δύο εγκαταστάσεις.



Σχήμα 7.1 Δορυφορικός τερματικός σταθμός για σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής[31]

7.3 Μικροί δορυφορικοί τερματικοί σταθμοί

Αυτοί οι τερματικοί σταθμοί είναι μικρότεροι τοπικοί τερματικοί σταθμοί μεγέθους 100-20.000 m³ και βρίσκονται δίπλα στην ακτή ή τα ποτάμια. Συχνά τοποθετούνται σε λιμάνια όπου υπάρχει εύκολη πρόσβαση για τα πλοία ανεφοδιασμού για να γεμίσουν τις δεξαμενές. Η αποθήκη κατασκευάζεται κυρίως ως δεξαμενές σφαιρών. Αυτοί οι τερματικοί σταθμοί συχνά κατασκευάζονται κυρίως ως εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού πλοίων, αλλά μπορούν επίσης να περιλαμβάνουν πρόσθετες υπηρεσίες όπως φόρτωση φορτηγών και εμπορευματοκιβωτίων για τη διευκόλυνση της διανομής ΥΦΑ σε υγρή μορφή. Σε μεγαλύτερα μεγέθη, μπορεί επίσης να προστεθεί μια μονάδα επαναεριοποίησης που τροφοδοτεί έναν τοπικό αγωγό φυσικού αερίου.



Σχήμα 7.2 Μικρός δορυφορικός τερματικός σταθμός[31]

7.4 Φορτηγίδες αποθήκευσης και επαναεριοποίησης

Οι μικρότερες FSRU σήμερα είναι περίπου 120.000 m³. Δεν υπάρχουν μικρά LNG carriers διαθέσιμα που μπορούν να μετατραπούν σε FSRU. Η Wärtsilä δημιούργησε μια λύση για αυτό το πρόβλημα σχεδιάζοντας μια φορτηγίδα που περιέχει δεξαμενές αποθήκευσης (7500-30.000 m³) και συστήματα επαναεριοποίησης. Αυτά μπορεί να είναι μια ελκυστική εναλλακτική λύση για τους χερσαίους μικρούς δορυφορικούς τερματικούς σταθμούς. Η φορτηγίδα μπορεί να εξοπλιστεί με παρόμοιες διαδικασίες με τη χερσαία λύση. Η διαδικασία μπορεί επίσης να χωριστεί μεταξύ της φορτηγίδας και της γης. Αυτό μπορεί να γίνει, για παράδειγμα, με τον εντοπισμό της αποθήκευσης ΥΦΑ στη φορτηγίδα και τον εξοπλισμό επεξεργασίας και τις εγκαταστάσεις υποστήριξης στην ξηρά. Η Wärtsilä προτιμά να παραδώσει τη φορτηγίδα και την απαραίτητη υποδομή στην ξηρά ως πλήρες EPC. Η Wärtsilä μπορεί επίσης να παρέχει υπηρεσίες και συμφωνίες συντήρησης για τη συνολική λύση.

- Ιδανικό για την παροχή γρήγορης και ευέλικτης πρόσβασης σε φυσικό αέριο σε νέες περιοχές
- Για εκτάσεις ακατάλληλες για χερσαίες δεξαμενές LNG ή δύσκολα αδειοδοτημένες

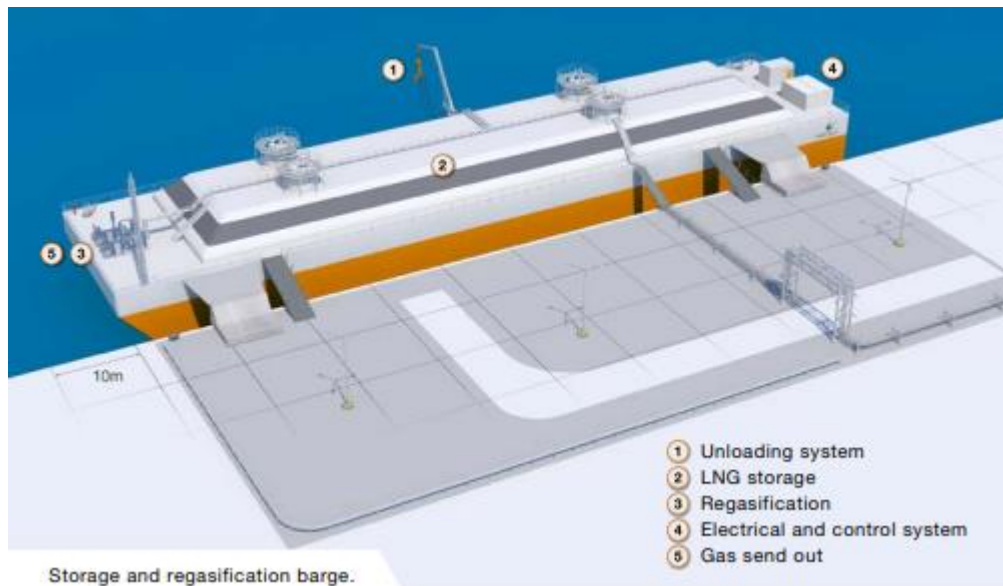
7.5 Θαλάσσιες υποδομές

Για τα έργα ΥΦΑ μικρής κλίμακας, μια λογική προσέγγιση των θαλάσσιων υποδομών είναι ζωτικής σημασίας, δεδομένου ότι τα έργα αυτά δεν είναι σε θέση να απορροφήσουν το μεγάλο κόστος υποδομής κεφαλαιουχικών δαπανών. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να δοθεί προσοχή στην επιλογή τοποθεσίας και να μην υπερεκτιμηθεί η εγκατάσταση, καθώς αυτό θα αυξήσει σημαντικά το κόστος και τα οικονομικά του έργου ζημιών. Επίσης, η έννοια του έργου πρέπει να προσαρμοστεί στους περιορισμούς που θέτουν οι προμηθευτές ΥΦΑ. Για να μετριαστούν οι σχετικοί κίνδυνοι, απαιτούνται ορισμένες μελέτες, όπως:

- Εννοιολογική μελέτη
- Έλεγχος απαιτήσεων από τις αρμόδιες αρχές
- Μελέτη ελιγμών
- Μελέτη πρόσδεσης
- Μελέτη μετεωσίας
- Βαθυμετρική μελέτη
- Μελέτες ναυσιπλοΐας
- Έρευνες εδάφους off-shore.

Κατά σειρά προτεραιότητας, οι παρακάτω επιλογές είναι κατάλληλες για τον ελλιμενισμό μικρών πλοίων μεταφοράς LNG:

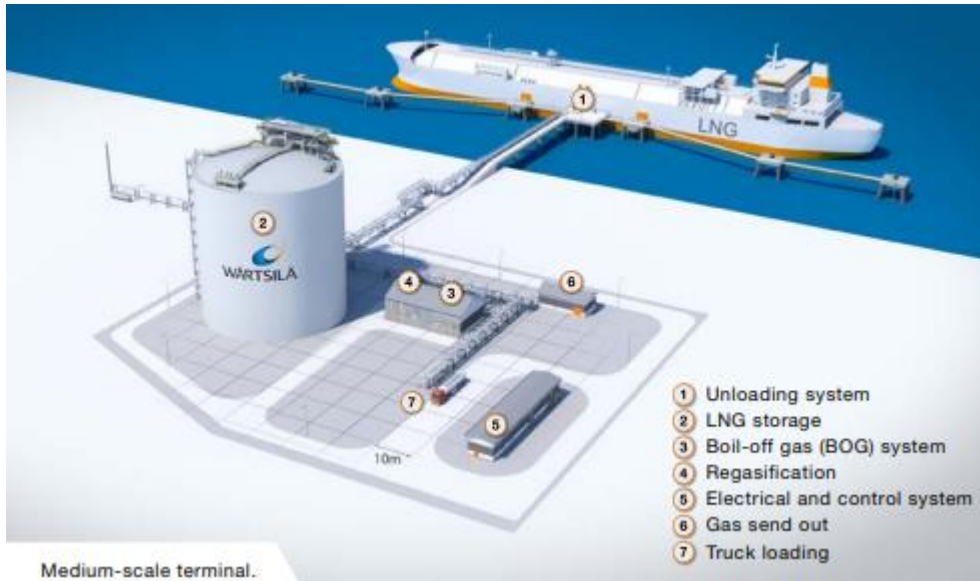
- Ελλιμενισμός στην προβλήτα ή στην αποβάθρα
- Ελλιμενισμός στην προβλήτα
- Αγκυροβόλιο
- Που υπάρχει έλλειψη εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού και τοπικού οικοδομικού υλικού
- Ένα κινητό περιουσιακό στοιχείο, πιθανό να μετεγκατασταθεί ή να εμπορευτεί – ιδανικό για προσωρινή ζήτηση και αβέβαιες συνθήκες αγοράς



Σχήμα 7.3 Φορτηγίδα αποθήκευσης και επαναεριοποίησης[31]

7.5 Τερματικοί σταθμοί μεσαίας κλίμακας

Πρόκειται για τερματικούς σταθμούς ΥΦΑ μεγέθους 20.000-160.000 m³ που βρίσκονται σε ακτές της θάλασσας και λειτουργούν ως κόμβοι για ολόκληρες περιοχές ή μεγαλύτερες πόλεις. Λόγω των μεγάλων επενδύσεων και του όγκου, απαιτείται μια ομάδα βιομηχανιών και καταναλωτών για να καταστούν αυτά τα έργα δυνατά. Πρόκειται για τερματικούς σταθμούς πολλαπλών χρήσεων με δεξαμενές επίπεδου πυθμένα και μπορούν να περιλαμβάνουν επαναεριοποίηση, διανομή αγωγών, ανεφοδιασμό πλοίων, επαναφόρτιση, φόρτωση φορτηγών και εμπορευματοκιβωτίων για τη διευκόλυνση της επαναδιανομής LNG σε υγρή μορφή.[31]



Σχήμα 7.4 Τερματικός σταθμός μεσαίας κλίμακας[31]

7.6 Παραδείγματα μικρών σταθμών

Raahе, Finland.



RAAHE LNG TERMINAL

Customer	Raahеn Voima Oy
Type	Small satellite terminal
Tank net volume	2 x 700 m ³
Send out	Max 24,000 m ³ per hour at 4.0 barg
Delivery method	EPC
Delivery	2018

- Scope of supply
- Truck unloading
 - Vacuum insulated storage tanks
 - Regasification & gas metering
 - Electrical and control system
 - Process shelters

Tornio, Finland.



TORNIO MANGA TERMINAL

Customer	Manga LNG Oy
Type	Medium-scale terminal
Tank net volume	50,000 m ³
Send out	Max 40 tonnes per hour at 6.0 barg
Delivery method	EPC turnkey
Delivery	2018

- Scope of supply
- Civil works and infrastructure
 - Full containment storage tank
 - Regasification & gas metering
 - BOG system
 - Electrical and control system
 - Unloading system
 - Bunkering and truck loading.

Waterston, Wales, UK.



DRAGON LNG

Customer	Dragon LNG (JV between Petronas and BG Group)
Type	Boil-off gas reliquefaction unit for large-scale terminal
Capacity	340 TPD/120,000 tonnes per annum (TPA)
Details	Emphasizing flexibility. Liquefaction capacity can go down to 62 TPD
Delivery method	Engineering & procurement
Delivery	2017

- Scope of supply
- Reversed Brayton liquefaction process
 - Cooling system (ambient air)
 - LNG buffer tank
 - LNG transfer pump
 - Instrument air compressor/dryer
 - Instruments
 - Valves
 - Control system
 - Supervision/commissioning of site installation.

Sungai Udang, Malaysia.



MELAKA LNG IMPORT TERMINAL

Customer: Ranhill Worley for Petronas
 Type: Jetty regasification unit for large-scale terminal
 Capacity: 10,608 TPD / 3.9 million tonnes per annum (MTPA)
 Outlet gas pressure: 70 bar
 Size of module: 32 x 20 x 13 m, 945 t dry weight
 Delivery method: EPC
 Delivery: 2011

Scope of supply
 • Sea water/propane 3 x 5304 TPD / 2 MTPA trains (3 x 50%)
 • BOG recondenser capacity 576 TPD / 21,240 TPA per train.

Karmøy, Norway



SNURRVARDEN

Customer: Gasnor
 Type: Small scale liquefaction plant
 Tank net volume: 2 x 250m³
 Capacity: 60 TPD / 22,000 TPA
 Gas source: Pipeline gas. Inlet pressure 120-150 bar
 Details: LNG transported to customers by road tanker
 Delivery method: EPCIC
 Delivered: 2003

Scope of supply:
 Complete plant, including:
 • Gas pre-treatment
 • Reversed Brayton liquefaction process
 • Cooling system (ambient air)
 • Storage tanks
 • Electrical and control systems
 • Truck loading system
 • Gas engine (excl. substructures)

Bergen, Norway



KOLLSNES II

Customer: Gasnor
 Type: Small scale liquefaction plant
 Tank net volume: 4,000m³
 Capacity: 230 TPD / 84,000 TPA
 Gas source: Pipeline gas. Inlet pressure typically 70 bar
 Details: Extension to Kollsnes I. Includes two truck loading stations and existing loading jetty for small LNG carrier.
 Delivery method: EPCIC
 Delivered: 2007

Scope of supply:
 Complete plant, including:
 • Gas pre-treatment
 • Double Reversed Brayton liquefaction process
 • Cooling system (Seawater)
 • Storage tank
 • Electrical and control systems
 • Civil works

Porvoo, Finland



GASUM KILPILAHTI

Customer: Gasum
 Type: Mini liquefaction plant
 Tank net volume: 3 x 700m³
 Capacity: 55 TPD / 20,000 TPA
 Gas source: Pipeline gas
 Details: Utilization of excess nitrogen from adjacent air separation plant. No rotating machinery.
 Delivery method: EPCIC
 Delivered: 2010

Scope of supply:
 • Pre-treatment
 • LIN liquefaction process
 • Storage tanks (excl. substructures)

Oslo, Norway



EGE BIOGAS

Customer: Cambi AS
 Type: Mini liquefaction plant
 Tank net volume: 180m³
 Capacity: 11 TPD / 4,000 TPA
 Gas source: Biogas from 50,000 TPA of food waste
 Details: Fuel production for 135 buses in the city of Oslo
 Delivery method: EPC
 Delivered: 2013

Scope of supply:
 Complete plant, including:
 • Gas pre-treatment
 • MR liquefaction process
 • Cooling system (ambient air)
 • Storage tank
 • Electrical and control systems
 • Service agreement (excl. civil works and installation)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

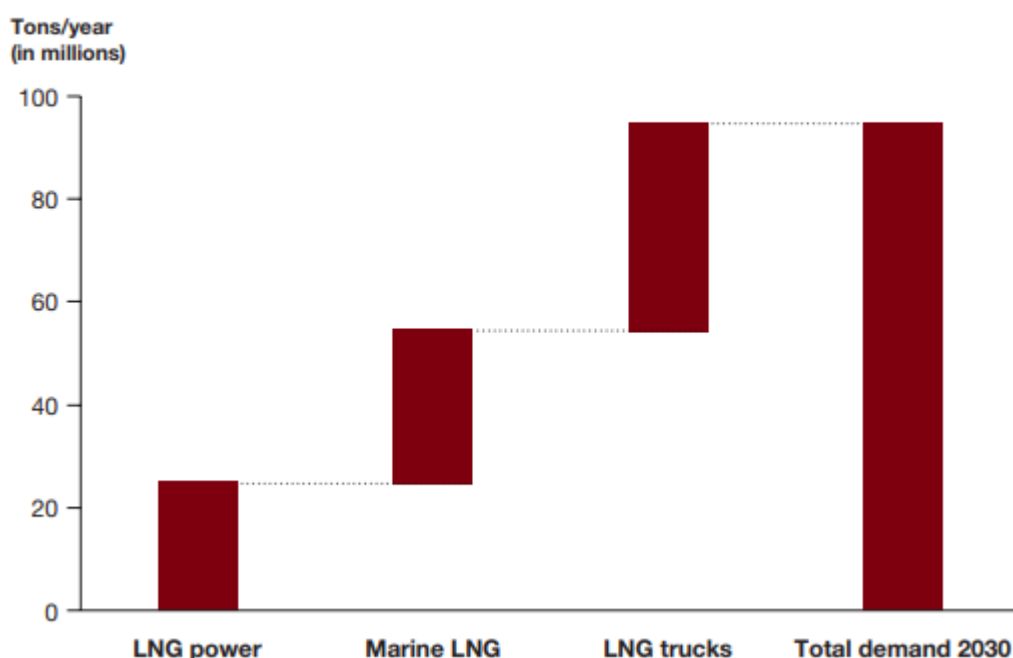
Στην τεράστια παγκόσμια βιομηχανία φυσικού αερίου, μεγάλο μέρος της συζήτησης περιστρέφεται γύρω από σημαντικές τάσεις όπως η υπερπροσφορά, η ανάπτυξη των spot συναλλαγών υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) και οι προοπτικές μεγάλων έργων LNG όπως το έργο Gorgon ύψους 54 δισεκατομμυρίων δολαρίων στην Αυστραλία. Μέσα σε αυτό το δάσος, το συγκριτικά υποκοριστικό δέντρο της μικρής κλίμακας LNG (ssLNG) δεν παίρνει μεγάλη προσοχή. Εκτός από μια χούφτα παίκτες της αγοράς, αυτό το τμήμα δεν βρίσκεται ακόμη στο ραντάρ πολλών συμμετεχόντων στη βιομηχανία. Θα έπρεπε να είναι. Ο όρος ssLNG αναφέρεται στην άμεση χρήση υγροποιημένου φυσικού αερίου στην υγρή του μορφή, σε αντίθεση με το παραδοσιακό μοντέλο επαναεριοποίησης και επακόλουθης εισαγωγής στο δίκτυο μεταφοράς αερίου. Οι μονάδες υγροποίησης μικρής κλίμακας αναπτύσσονται συνήθως για να εξυπηρετούν συγκεκριμένες αγορές και έχουν παραγωγική ικανότητα μικρότερη από 500.000 τόνους ετησίως (αντίθετα, μια μεγάλη μονάδα LNG βιομηχανικής κλίμακας όπως η εγκατάσταση Gorgon έχει εξαγωγική ικανότητα περίπου 16 εκατομμυρίων τόνων ετησίως). Οι μονάδες αυτές παρέχουν εφοδιασμό στους τελικούς χρήστες σε μέρη όπου δεν φθάνουν οι παραδοσιακές υποδομές ή στους καταναλωτές που χρειάζονται υγρά καύσιμα. Υπάρχουν τρεις κύριες τελικές χρήσεις για το ssLNG: ναυτιλιακά καύσιμα (ανεφοδιασμός καυσίμων), καύσιμα για βαριές οδικές μεταφορές και παραγωγή ενέργειας σε τοποθεσίες εκτός δικτύου. Η αγορά είναι σχετικά ανώριμη. Ωστόσο, αρκετές μεγάλες εταιρείες ενέργειας συμμετέχουν ήδη στο ssLNG, συμπεριλαμβανομένων των Shell, Engie, ENI, Gasum και Gazprom. Το μέγεθος της αγοράς αναμένεται να αυξηθεί σε περίπου 100 εκατομμύρια τόνους ετησίως έως το 2030. Η Shell αναπτύσσει υπηρεσίες ανεφοδιασμού καυσίμων στην περιοχή Άμστερνταμ-Ρότερνταμ-Αμβέρσας και στη βόρεια Γερμανία. Τον Αύγουστο του 2016, η Shell και η κυβέρνηση του Γιβραλτάρ υπέγραψαν συμφωνία για την προμήθεια LNG για χρήση στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκεί. Η Engie, η γαλλική εταιρεία παραγωγής και διανομής φυσικού αερίου, δεσμεύτηκε να επενδύσει 100 εκατομμύρια ευρώ (112 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ) σε υποδομές

μεταφοράς ssLNG και συμπιεσμένου φυσικού αερίου (CNG) σε όλη την Ευρώπη έως το 2020 και μόλις ξεκίνησε την υπηρεσία ανεφοδιασμού LNG από πλοίο σε πλοίο στο λιμάνι Zeebrugge του Βελγίου. Για αρκετά χρόνια, η ιταλική εταιρεία πετρελαίου και φυσικού αερίου ENI αξιοποιεί την παρουσία της στο Zeebrugge για να εμπλακεί στο ssLNG. Η φινλανδική εταιρεία Gasum επικεντρώνεται στην επέκταση στην περιοχή της Σκανδιναβίας, επενδύοντας σε μεγάλο βαθμό σε εγκαταστάσεις επαναφόρτωσης και αποθήκευσης στη Σουηδία και τη Strategy&5 Finland. Στα τέλη του 2016, η Gazprom ενέκρινε ένα αναπτυξιακό πρόγραμμα για το 2017-19 που περιλαμβάνει την κατασκευή σταθμών ανεφοδιασμού φυσικού αερίου και την παραγωγή και χρήση LNG μικρής κλίμακας στην Ευρώπη και την Κίνα. Στη Νοτιοανατολική Ασία, παίκτες όπως η ινδονησιακή εθνική εταιρεία πετρελαίου Pertamina επενδύουν σε εγκαταστάσεις ssLNG. Δεδομένης της δυναμικής στις παγκόσμιες αγορές φυσικού αερίου — χαμηλότερες τιμές εμπορευμάτων, αγορές υπερπροσφοράς φυσικού αερίου και εστίαση της βιομηχανίας στη μείωση του κόστους — μπορεί να φαίνεται ότι οποιοσδήποτε υποτομέας θα δυσκολευόταν να προσελκύσει το ενδιαφέρον. Αλλά μια σειρά από ισχυρούς παράγοντες ευνοούν την ανάπτυξη του ssLNG. Πρώτον, οι πρωτοβουλίες ssLNG, σε αντίθεση με τα έργα LNG μεγάλης κλίμακας, προσφέρουν στους επενδυτές πιο άμεσες και δυνητικά ελκυστικές αποδόσεις μεσοπρόθεσμα. Η αποδεδειγμένη τεχνολογία επιτρέπει στα έργα ssLNG να προσφέρουν μια υπηρεσία "plug and play" με χαμηλότερες επενδυτικές απαιτήσεις και επιταχυνόμενα χρονοδιαγράμματα θέσης σε λειτουργία. Και αυτό οδηγεί σε μειωμένη αβεβαιότητα σχετικά με το χρονοδιάγραμμα εκτέλεσης του έργου. Δεύτερον, το ssLNG είναι επεκτάσιμο, πράγμα που σημαίνει ότι οι φορείς εκμετάλλευσης μπορούν εύκολα να προσθέσουν χωρητικότητα για να εξυπηρετήσουν την αυξημένη ζήτηση, κερδίζοντας παράλληλα συνέργειες στην αλυσίδα εφοδιασμού. Αυτό καθιστά το ssLNG έναν ιδανικό τρόπο για την κάλυψη βραχυπρόθεσμων διακυμάνσεων της ζήτησης. Και τέλος, ακριβώς λόγω αυτής της ευελιξίας, το ssLNG μπορεί να τονώσει τη ζήτηση σε περιοχές της αγοράς που προηγουμένως δεν ήταν κατάλληλες για το LNG ως πηγή καυσίμου, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκτός δικτύου σε νησιά και σε απομακρυσμένες περιοχές.[32]

8.1 Υψηλές φιλοδοξίες

Σήμερα, το ssLNG εξακολουθεί να είναι μια εξειδικευμένη και εκκολαπτόμενη αγορά. Προβλέπεται όμως να επεκταθεί ραγδαία. Η Διεθνής Ένωση Φυσικού Αερίου προβλέπει αύξηση της ετήσιας παγκόσμιας ζήτησης σε 30 εκατομμύρια τόνους το 2020. Η Engie προβλέπει ζήτηση σε 75 εκατομμύρια έως 95 εκατομμύρια τόνους έως το 2030, με τη ζήτηση να κατανέμεται μεταξύ ισχύος στο 26%, θαλάσσιου LNG στο 32% (αλλά δυνητικά να αυξηθεί περαιτέρω μετά το 2030) και φορτηγών στο 42%. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στην υιοθέτηση του ssLNG θα είναι η διαφορά στην τιμή μεταξύ LNG και πετρελαίου.

Forecast demand for ssLNG by segment, 2030

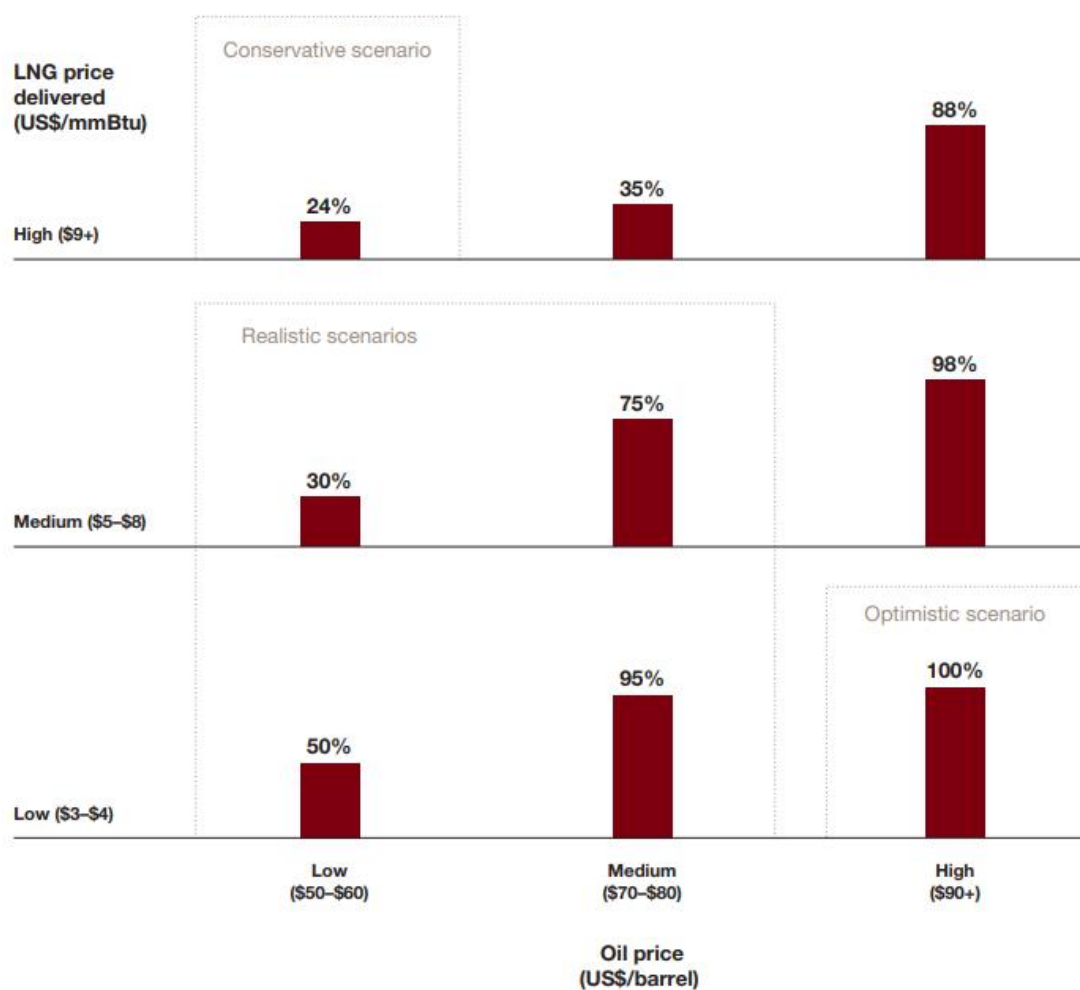


Σχήμα 8.1 Προβλεψη για την ζήτηση των σταθμών μικρής κλίμακας έως το 2030 [32]

Το σχήμα παρακάτω χαρτογραφεί τη μεγάλη διακύμανση της δυνητικής ζήτησης με βάση διαφορετικά σενάρια. Μέχρι το 2030, εάν η τιμή του LNG παραμείνει μεταξύ 3 και 4 δολαρίων ανά εκατομμύριο βρετανικές θερμικές μονάδες (mmBtu) ενώ το πετρέλαιο είναι πάνω από 90 δολάρια το βαρέλι, η ζήτηση SSLNG θα είναι περισσότερο από τέσσερις φορές μεγαλύτερη από ό, τι θα ήταν εάν το LNG κόστιζε περισσότερο από 9 δολάρια ανά mmBtu ενώ το πετρέλαιο ήταν μεταξύ 50 και 60 δολαρίων το βαρέλι. Όπως σημειώνεται παραπάνω, οι τομείς των βαρέων

μεταφορών (φορτηγά) και της ναυτιλίας θα οδηγήσουν το μεγαλύτερο μέρος της ζήτησης, ενώ η ισχύς θα αποτελέσει το μικρότερο συστατικό (ένας τυπικός σταθμός παραγωγής ενέργειας ssLNG καταναλώνει 200 έως 1.500 τόνους LNG ετησίως). Επί του παρόντος, το μεγαλύτερο μέρος της ανάπτυξης ssLNG συμβαίνει στην Κίνα, όπου η κυβέρνηση αντιμετωπίζει την ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλες πόλεις και όπου η διαθεσιμότητα φυσικού αερίου και η διαφορά τιμών με το ντίζελ καθιστούν το ssLNG βιώσιμο. Η Κίνα διαθέτει τον μεγαλύτερο αριθμό φορτηγών LNG (περισσότερα από 200.000) και θα παραμείνει η κυρίαρχη αγορά για τουλάχιστον την επόμενη δεκαετία. Υλοποιεί ένα επιθετικό έργο υποδομής ανεφοδιασμού LNG που στοχεύει στην κατασκευή περίπου 3.000 σταθμών ανεφοδιασμού CNG / LNG έως το 2025, με επικεφαλής την China Clean Energy και την ENN Energy Holdings. Η Κίνα έχει επίσης κατασκευάσει 19 πλωτήρες ανεφοδιασμού LNG και σχεδιάζει να κατασκευάσει άλλα 23. Οι ΗΠΑ είναι επίσης ένας σημαντικός τόπος δραστηριότητας. Στον τομέα των μεταφορών, το αρμπιτράζ τιμών είναι ο κύριος μοχλός ανάπτυξης χάρη στην αφθονία του σχιστολιθικού φυσικού αερίου. Οι αυστηρότεροι κανονισμοί εκπομπών στον τομέα της ναυτιλίας ενθαρρύνουν επίσης τη χρήση του LNG ως καυσίμου καυσίμων στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Η τάση αυτή είναι ιδιαίτερα προχωρημένη στις περιοχές της Σκανδιναβίας και της Βαλτικής· Η Νορβηγία διαδραματίζει πρωτοποριακό ρόλο στον τομέα του LNG για τον ανεφοδιασμό καυσίμων.[32]

LNG potential demand, 2030



Σχήμα 8.2 Σενάρια αύξησης της ζήτησης του LNG σε σχέση με την τιμή του πετρελαίου

Καθώς αυτές οι αγορές εξελίσσονται, μια σειρά από τάσεις συγκλίνουν για να προωθήσουν τις δυνατότητες του ssLNG. Το ίδιο το LNG γίνεται όλο και περισσότερο εμπόρευμα, υποστηριζόμενο από την αυξημένη ρευστότητα των περιφερειακών αγορών και την ευρύτερη διαθεσιμότητα LNG λόγω νέων έργων και τροποποιήσεων των υφιστάμενων τερματικών σταθμών. Αυτή η εμπορευματοποίηση έχει επιταχύνει την κλίμακα και το εύρος της αναδιανομής του LNG. Ταυτόχρονα, τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη του ssLNG αποτελούν βασικούς μοχλούς για την ανάπτυξη των επιχειρήσεων στις ΗΠΑ, την Ευρώπη και την Κίνα, όπου οι νέες πολιτικές περιβαλλοντικών εκπομπών και το αρμπιτράζ στις τιμές πετρελαίου και φυσικού αερίου επιτρέπουν την πλήρη αξιοποίηση του

δυναμικού LNG. Κοιτάζοντας μπροστά, βλέπουμε διαφορετικές τάσεις που υποστηρίζουν την ανάπτυξη του ssLNG στους τρεις κύριους τομείς.

8.2 Ανεφοδιασμός καυσίμων

Το ρυθμιστικό περιβάλλον γύρω από τη χρήση ναυτιλιακών καυσίμων είναι πιθανό να γίνει πιο αυστηρό καθώς οι πρωτοβουλίες για την κλιματική αλλαγή αναπτύσσουν δυναμική. Το 2015, σύμφωνα με τους νέους κανονισμούς που επιβλήθηκαν από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό, τα όρια θείου μειώθηκαν από 1 τοις εκατό σε 0,1 τοις εκατό σε περιοχές ελέγχου εκπομπών (ECAs), συμπεριλαμβανομένης της Βαλτικής Θάλασσας, της Βόρειας Θάλασσας και του μεγαλύτερου μέρους των καναδικών και βορειοαμερικανικών ακτών. Αυτά τα αυστηρά όρια θα επεκταθούν στη Μεσόγειο Θάλασσα το 2020. Τον Ιανουάριο του 2020, ένα νέο παγκόσμιο ανώτατο όριο εκπομπών θα μειώσει τις επιτρεπόμενες εκπομπές θείου σε περιοχές που δεν είναι Στρατηγικές & 11 ECAs από 3,5 τοις εκατό σε 0,5 τοις εκατό. Αυτά τα όρια ωθούν τη ναυτιλιακή βιομηχανία να μελετήσει και να εφαρμόσει μέτρα μείωσης, συμπεριλαμβανομένης της μεγαλύτερης χρήσης LNG, το οποίο έχει πολύ χαμηλότερη περιεκτικότητα σε θείο από το ντίζελ ως καύσιμο καυσίμων. Ταυτόχρονα, το LNG γίνεται όλο και πιο ευρέως διαθέσιμο σε βασικά λιμάνια. Η ρύθμιση αποτελεί προϋπόθεση για την ανάπτυξη ΥΦΑ στον τομέα του ανεφοδιασμού καυσίμων. Όταν επιβληθούν νέα ανώτατα όρια εκπομπών (π.χ. στη Μεσόγειο το 2020), το LNG θα αναδειχθεί ως μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση που μπορεί να ανταγωνιστεί οικονομικά άλλες λύσεις, όπως οι πλυντρίδες και το καθαρό ντίζελ. Τα κύρια τμήματα-στόχοι για LNG για ανεφοδιασμό καυσίμων είναι πλοία έντασης καυσίμων και ακολουθούν τακτικές και επαναλαμβανόμενες διαδρομές μεταφοράς, όπως φορτηγά και επιβατηγά πλοία από σημείο σε σημείο, πορθμεία και πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων. Τα υπερωκεάνια εμπορευματοκιβώτια που εισέρχονται στις ζώνες του ΕΕΣ θα μπορούσαν ενδεχομένως να αποτελέσουν έναν δεύτερο, αλλά σημαντικό, στόχο.

8.3 Οδικές μεταφορές

Η βασική κινητήρια δύναμη για το LNG ως καύσιμο για τις οδικές μεταφορές θα είναι η οικονομική προαιρετικότητα που προσφέρει. Η προθυμία των ιδιοκτητών

φορτηγών να στραφούν στο LNG σχετίζεται κυρίως με την ευκολία χρήσης — δηλαδή, τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα των υποδομών ανεφοδιασμού και την απόδοση των φορτηγών — και με την ανταγωνιστικότητα των τιμών του LNG με το ντίζελ. Εάν το ΥΦΑ μπορεί να μειώσει το συνολικό κόστος ιδιοκτησίας και να επιταχύνει την απόσβεση της αρχικής επένδυσης, γίνεται πιο ελκυστικό υποκατάστατο. Τυπικοί τελικοί χρήστες είναι τα βαρέα επαγγελματικά και ειδικά φορτηγά μεταφορικών εταιρειών, οι μεγάλοι φορείς εφοδιαστικής και οι εταιρείες λιανικής και κατανάλωσης. Το γεγονός ότι το LNG θεωρείται καθαρότερο, πράσινο καύσιμο μεταφορών παρέχει ένα επιπλέον κίνητρο για εταιρική υιοθέτηση.

8.4 Ισχύς εκτός δικτύου

Η απόφαση μετάβασης στο LNG από το ντίζελ, το μαζούτ, το υγραέριο και το πετρέλαιο συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την οικονομία των εναλλακτικών καυσίμων. Οι επενδύσεις που απαιτούνται για τη μετάβαση στην ενέργεια LNG είναι σχετικά χαμηλότερες από ό, τι για τις άλλες εφαρμογές (φορτηγά και ανεφοδιασμός καυσίμων) και δεν απαιτούνται σημαντικές υποδομές για τη διατήρηση της επιχείρησης. Σε πολλές περιπτώσεις, όπως και στην περίπτωση των φορτηγών, οι χρήστες που στρέφονται στο ΥΦΑ θα παρακινηθούν από τα οφέλη για το περιβάλλον και τη βιωσιμότητα. Ο βασικός καταλύτης για αυτό το τμήμα της αγοράς είναι η ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού και βιώσιμου δικτύου εφοδιαστικής, καθώς οι περισσότεροι τελικοί χρήστες βρίσκονται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αχιλιάς, Δ., Ελευθεριάδης, Ι., & Νικολαΐδης, Ν. (2015). Υγροί υδρογονάνθρακες. Εκδόσεις Κάλλιππος.
2. https://el.wikipedia.org/wiki/Φυσικό_αέριο
3. <https://www.edathess.gr/xrhseis-fysikou-aeriou/>
4. <http://www.gastrade.gr/φυσικο-αεριο/χρήσεις-φυσικού-αερίου.aspx>
5. <https://ypen.gov.gr/energeia/ydrogonanthrakes/fysiko-aerio/>
6. https://el.wikipedia.org/wiki/Κατάλογος_χωρών_ανά_αποδεδειγμένα_αποθ_έματα_φυσικού_αερίου
7. http://kireas.org/lng.htm#lng_0
8. <https://agsiw.org/qatar-moves-ensure-lng-dominance/>
9. Διπλωματική εργασία , Ελένη Μιχαλοπούλου 2016, LNG ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ, ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΙΑ ΘΑΛΑΣΣΗΣ, ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΤΟΥ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ, Πανεπιστήμιο Πειραιά
<https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/9536>
10. Διπλωματική εργασία, ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ 2021, Σταθμοί Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, παρούσα κατάσταση και προοπτικές , ΠΑΔΑ
<https://polynoe.lib.uniwa.gr/xmlui/handle/11400/1357>
11. Shively, B., & Ferrare, J. (2005). Understanding today's global LNG business (Enerdynamics εκδ.).
12. Βασάλος, Ι., Λεμονίδου, Α., 2010. Ενεργειακές Πρώτες Ύλες. Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
13. Διπλωματική εργασία, ΤΣΑΜΑ ΑΝΔΡΕΑΣ 2017, ΤΟ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ Η ΑΝΑΓΚΗ ΓΙΑ ΛΙΜΕΝΙΚΟΥΣ ΣΤΑΘΜΟΥΣ ΑΝΕΦΟΔΙΑΣΜΟΥ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
<https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/handle/unipi/10826>
14. IMO (International Maritime Organization) (Le Fevre, 2018)
15. (IMO, "Prevention of Air Pollution from Ships")
16. <http://www.cleanmarineenergy.com/mobile/shipping-emissions>
17. <https://www.poseidonmed.eu/#>
18. <https://www.poseidonmedii.eu>
19. <https://e-nautilia.gr/ta-simantikotera-ploia-me-lng-gia-kausimo/>

20. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Παπασταμάτη Ιωάννα-Μαρία 2017, Αξιολόγηση και τεχνική ανάλυση των απαιτούμενων παραμέτρων και υποδομών για την εγκατάσταση τερματικών σταθμών ανεφοδιασμού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου σε λιμένες, ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
<https://dias.library.tuc.gr/view/68153>
21. https://en.wikipedia.org/wiki/LNG_carrier#/media/File:Methanier_aspher_L_NGRIVERS.jpg
22. <https://energypress.gr/news/naytilia-i-krisi-primodotei-ta-ploia-metaforas-lng>
23. https://giignl.org/wp-content/uploads/2021/10/giignl2019_infopapers2.pdf
24. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:National_Grid_LNG_Tank.jpg
25. <https://wuxitriumph.en.made-in-china.com/product/jwHfnTBJbrVO/China-High-Quality-Cryogenic-Ambient-Air-Vaporizer.html>
26. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, Παστρικάκη Αγγελική ,2017, ΤΕΧΝΟΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ LNG ΠΛΟΙΑ Vs ΑΓΩΓΟΥΣ – ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΚΥΠΡΟΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/10715/Pastrikaki_Aggeliki.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27. <https://www.desfa.gr/national-natural-gas-system/lng-facility#>
28. Κουτσόπουλος Κ., 2005, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και Ανάλυση Χώρου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα
29. ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ : ΓΙΩΡΓΟΣ ΤΣΙΟΥΠΗΣ 2012, ΕΠΙΛΟΓΗ ΘΕΣΗΣ ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΕΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6698/tsioupis_g_terminal.pdf?sequence=3
30. <https://lngprime.com/europe/italys-ravenna-small-scale-lng-terminal-launched/32322/>
31. https://www.wartsila.com/docs/default-source/Power-Plants-documents/lng/small-and-medium-scale-lng-terminals_wartsila.pdf
32. <https://www.strategyand.pwc.com/fr/fr/media/small-going-big.pdf>

33. <https://cdn.wartsila.com/docs/default-source/product-files/ogi/Lng-solutions/brochure-o-ogi-Lng-liquefaction.pdf>
34. https://www.linde-engineering.com/en/images/28670%20BRO_LNG_Terminal_tcm19-117735.pdf
35. Διπλωματική Εργασία για Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα: Παπαδόπουλος Αλέξανδρος 2018, «Ναυτιλία, Μεταφορές και Διεθνές Εμπόριο – ΝΑ.Μ.Ε.», ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
<https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/20928/Διπλωματική%20Εργασία%20NAME.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
36. <https://www.ot.gr/2022/12/31/energeia/fysiko-aerio/fysiko-aerio-entos-tou-2023-ta-prota-fsru-stin-ellada/>