



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Με θέμα

**«Σταθμοί Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, παρούσα κατάσταση και
προοπτικές»**

του φοιτητή

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ (ΑΜ: 45033)

Επιβλέπον μέλος ΔΕΠ :

Δρ. Κονδύλη Αιμιλία, καθηγήτρια

Αθήνα 2021

ΤΑ ΜΕΛΗ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

ΚΟΝΔΥΛΗ ΑΙΜΙΛΙΑ

ΚΑΒΒΑΔΙΑΣ ΚΟΣΜΑΣ

ΠΑΠΑΠΟΣΤΟΛΟΥ ΧΡΙΣΤΙΑΝΑ

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ Του ΣΤΕΦΑΝΟΥ με αριθμό μητρώου 45033 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

Νικόλαος Σ. Κωνσταντίνου



Ευχαριστίες

Στο πλαίσιο εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας θεωρώ πως πρέπει να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα Αιμιλία Κονδύλη, για την ανάθεση ενός πρωτότυπου θέματος, όπως επίσης για τις συμβουλές και τις οδηγίες της κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας.

Ακόμη θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και ολόκληρο το προσωπικό του Τμήματος των Μηχανολόγων Μηχανικών, για την καθοδήγηση και τη συμβολή τους στην διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος, ευχαριστώ την οικογένειά μου και όσους με στήριξαν και με βοήθησαν τα χρόνια της φοίτησής μου.

Περίληψη

Σε μία περίοδο στην οποία η ανάγκη για την εξασφάλιση πόρων και πηγών ενέργειας γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη, τα κράτη επενδύουν διαρκώς στην ανάπτυξη εναλλακτικών και συμβατικών μορφών ενέργειας για να καλύψουν τις διαφορετικές ανάγκες τους, καθώς και αυτά των επιχειρήσεων και ιδιωτών. Το Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο αποτελεί μία συμβατική μορφή τέτοιων πόρων, η οποία διαθέτει ορισμένα πλεονεκτήματα έναντι του πετρελαίου και του φυσικού αερίου στην αρχική του μορφή. Τα πλεονεκτήματα αυτού σχετίζονται με την απόδοσή του, τη σχέση κόστους – οφέλους, την ευκολία αποθήκευσης και μεταφοράς του. Παρότι, δε, σήμερα, αποτελεί ένα αγαθό με τεράστια ζήτηση, τίθενται ορισμένα ζητήματα τα οποία εγείρουν το διεθνές ενδιαφέρον. Αυτά αφορούν, μεταξύ άλλων την μείωση των εκπομπών αερίων και της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, την δημιουργία σταθμών Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου καθώς και ζητήματα ασφαλείας. Στην παρούσα διπλωματική, στόχος ήταν το να διερευνηθούν τα παραπάνω και άλλα συναφή ζητήματα χρησιμοποιώντας ως μελέτη περίπτωσης τον σταθμό στην περιοχή της Ρεβυθούσας, αλλά και τις προοπτικές του θπό κατασκευή σταθμού στην Αλεξανδρούπολη, επικεντρώνοντας το ενδιαφέρον στην διαχείριση του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου, στη δημιουργία σταθμών διάθεσης αυτού, καθώς και στις κοινωνικές και οικονομικές συνέπειες της δημιουργίας αγωγού μεταφοράς του στην περιοχή αυτή. Τα συμπεράσματα της εργασίας αφορούν πως η δημιουργία σταθμών Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου στην Αλεξανδρούπολη θα εξασφαλίσει στους κατοίκους, τις τοπικές επιχειρήσεις και την κοινωνία ευκαιρίες για ανάπτυξη σε όλα τα επίπεδα. Επίσης, πέραν του οικονομικού περιβάλλοντος στην περιοχή, διακρίνονται και οφέλη για το φυσικό περιβάλλον.

Λέξεις κλειδιά: Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο (LNG), Σταθμοί LNG, περιβάλλον, ενέργεια, Αλεξανδρούπολη, Ρεβυθούσα.

Abstract

At a time when the need to secure resources and energy is growing, states are constantly investing in the development of alternative and conventional forms of energy to meet their different needs, as well as those of businesses and individuals. Liquefied natural gas is a conventional form of such resources, which has some advantages over oil and gas in its original form. Its advantages are related to its performance, cost-benefit ratio, ease of storage and transportation. Although today it is a commodity in great demand, there are some issues that raise international interest. These include, among others, the reduction of gas emissions and air pollution, the creation of Liquefied Natural Gas stations as well as safety issues. In the present dissertation, the aim was to investigate the above and other related issues using as a case study the area of Alexandroupolis and focusing on the management of Liquefied Natural Gas, the creation of its disposal stations, as well as the social and economic consequences of building of the pipeline in the wider area with an aim transport LNG in Greece. The conclusions of the work concern that the creation of Liquefied Natural Gas stations in Alexandroupolis will provide residents, local businesses and the community with opportunities for development at all levels. In addition to the economic environment in the area, there are benefits for the natural environment.

Keywords: Liquefied Natural Gas, Terminals LNG, environment, energy, Alexandroupolis, Revithousa.

Περιεχόμενα

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	3
Περίληψη.....	5
Abstract	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	9
ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	11
Πίνακας 4.1. Τομείς Σχεδιασμού της εταιρείας ΤΑΡ	11
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΦΑ/NG) - ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΥΦΑ/LNG).....	16
1.1 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΦΑ/LNG).....	16
1.2 ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΥΦΑ/LNG).	18
1.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΦΑ.	20
Πηγή : (Shively & Ferrare, 2005).	22
1.3 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΦΑ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ.....	22
1.3.1 ΤΟ ΥΦΑ ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟ ΚΑΥΣΙΜΟ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΝΙΣΧΥΟΥΝ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ.	23
1.3.2 ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ.....	26
1.4 ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ROSEIDON MED II.....	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η παγκόσμια αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου . Η διεθνής εμπειρία χώρων και χρήσης ΥΦΑ.	35
2.1 Το ΥΦΑ στην διεθνή αγορά.....	35
2.2 Η διεθνής και ευρωπαϊκή εμπειρία εγκαταστάσεων και χρήσης ΥΦΑ.....	39
2.3 Τερματικοί σταθμοί εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου.....	54
2.3.1 Κατηγοριοποίηση τερματικών σταθμών LNG.....	55
2.4 Ανάλυση κόστους κατασκευής χερσαίων και πλωτών τερματικών σταθμών.....	58
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΥΦΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.	61
3.1 Η σημασία στην ελληνική αγορά ενέργειας.	61
3.1.1 Οικονομική σημασία.	63
3.1.2 Περιβαλλοντική σημασία.	65
3.2 Υπάρχουσα εμπειρία μικρών σταθμών ΥΦΑ.	67
3.3 Ο τερματικός σταθμός ΥΦΑ στη Ρεβυθούσα.....	69
3.3.1 Οι εγκαταστάσεις του τερματικού σταθμού ΥΦΑ στη Ρεβυθούσα και η αναβάθμισή τους.	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 . ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΚΡΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΥΦΑ.....	75
4.1 Σχεδιασμός και προοπτικές στην Ελλάδα.....	75
4.2 Οι προοπτικές και ο σχεδιασμός κατασκευής του πλωτού τερματικού σταθμού ΥΦΑ στην Αλεξανδρούπολη.....	78
Συμπεράσματα.....	83
Βιβλιογραφία.....	85

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Διάγραμμα 1.1. Σύσταση του LNG, πηγή (oilprice.com, 2021).	19
Διάγραμμα 1.2 Οι τιμές θαλάσσιων καυσίμων στη ΒΔ Ευρώπη σε σύγκριση με τις περιφερειακές τιμές του φυσικού αερίου, πηγή Argus (Le Fevre, 2018).	27
Διάγραμμα 1.3 Οι τιμές θαλάσσιων καυσίμων σε σύγκριση με τις περιφερειακές τιμές του φυσικού αερίου (αρνητική τιμή υποδεικνύει πως το ΦΑ είναι φθηνότερο), πηγή Argus (Le Fevre, 2018).	28
Εικόνα 1.1. Isla Bella – Το πρώτο παγκοσμίως κινούμενο με LNG containership, πηγή (e-nautilia.gr, 2021).	33
Εικόνα 1.2. Το πρώτο στον κόσμο κινούμενο με LNG κρουαζιερόπλοιο, πηγή (e-nautilia.gr, 2021).	34
Εικόνα 1.3. Το μεγαλύτερο στον κόσμο κινούμενο με LNG Ro-Ro Φέρι, πηγή (e-nautilia.gr, 2021).	34
Εικόνα 2.1. Η αλυσίδα παραγωγής LNG (GIIGNL, 2021).	36
Διάγραμμα 2.1. Παγκόσμια ικανότητα υγροποίησης (IGU, 2020).	37
Διάγραμμα 2.2. Η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγικής ικανότητας ΥΦΑ (IGU, 2020)	37
Διάγραμμα 2.3. Εισαγωγές και δρομολόγια ΥΦΑ σε Ασία και Ευρώπη (IGU, 2020).	38
Εικόνα 2.2 Υφιστάμενο και προγραμματισμένο δίκτυο ανεφοδιασμού ΥΦΑ στην Ευρώπη, πηγή (Gas in Focus, 2021).	40
Εικόνα 2.3. Τερματικός σταθμός ΥΦΑ στη Βαρκελώνη, (IGU, 2020).	54
Εικόνα 2.4. Πλωτός/υπεράκτιος σταθμός ανεφοδιασμού ΥΦΑ (GIIGNL, 2021).	55
Εικόνα 2.5. Μικρός τερματικός σταθμός ΥΦΑ, πηγή (Linde Engineering, 2021).	57
Εικόνα 3.1. Ο τερματικός σταθμός της Ρεβουθούσας και το εθνικό σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου, (ΔΕΣΦΑ, 2020).	62
Εικόνα 3.2. Υφιστάμενοι τερματικοί σταθμοί LNG και μικροί τερματικοί σταθμοί στην Ευρώπη, πηγή (PWC, 2017).	69

Εικόνα 3.3. Η εγκατάσταση ΥΦΑ της Ρεβυθούσας, πηγή (ΔΕΣΦΑ, 2021).....	70
Εικόνα 3.4. Διάγραμμα Λειτουργίας ΥΦΑ Ρεβυθούσας, πηγή (ΔΕΣΦΑ, 2021).....	72
Εικόνα 4.1. Οικόπεδα με πιθανά κοιτάσματα φυσικού αερίου και πετρελαίου εντός της ελληνικής ΑΟΖ, όπως έχουν οριοθετηθεί από την κείμενη ελληνική νομοθεσία, πηγή (IENE, 2018)	77
Εικόνα 4.2. Τομή διάταξης πλωτής μονάδας ΥΦΑ Αλεξανδρούπολης, πηγή (GasTrade, 2018).....	79
Εικόνα 4.3. Συνολική Χωροθέτηση έργου ΑΣΦΑ, πηγή (GasTrade, 2018).....	80

ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1.1 Χημική σύσταση φυσικού αερίου, πηγή (Αχιλιάς, Ελευθεριάδης, & Νικολαΐδης, 2015).....	17
Πίνακας 1.2 Χημική σύσταση υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ), πηγή (Shively & Ferrare, 2005).	21
Πίνακας 1.3 Σημείο βρασμού αερίων (Shively & Ferrare, 2005).	22
Πίνακας 1.4 Εκπομπές καυσαερίων από πλοία, πηγή IMO (International Maritime Organization) (Le Fevre, 2018).....	24
Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Ευρώπη, πηγή (GIIGNL, 2021).	41
Πίνακας 2.2. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Αφρική, πηγή (GIIGNL, 2021).	44
Πίνακας 2.3. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Ασία, πηγή (GIIGNL, 2021).	45
Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Ωκεανία, πηγή GIIGNL Annual Report 2020.	50
Πίνακας 2.5. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Βόρεια Αμερική (GIIGNL, 2021).....	51
Πίνακας 2.6. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Νότια Αμερική (GIIGNL, 2021).	53
Πίνακας 2.7 Κατηγοριοποίηση σταθμών LNG, (Danish Maritime Authority, 2012). ..	55
Πίνακας 4.1. Τομείς Σχεδιασμού της εταιρείας TAP	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η επικαιρότητα της εργασίας έγκειται στον ρόλο της Ελλάδας στον τομέα της ενέργειας, ανέκαθεν αποτελούσε μία από τις κύριες αδυναμίες της ελληνικής οικονομίας, λόγω της εξάρτησης της χώρας από χώρες παραγωγούς ή μεσάζοντες, για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Παρά το γεγονός πως η ενεργειακή πολιτική δεν έχει μεταβληθεί σε μεγάλο βαθμό, κατά την τελευταία δεκαετία παρατηρείται μία μεταστροφή της χώρας στην αξιοποίηση των ενεργειακών και γεωγραφικών της δυνατοτήτων, στον τομέα της ενέργειας, μέσω της αύξησης των μονάδων παραγωγής από ΑΠΕ, και μέσω της δημιουργίας κατάλληλων υποδομών για εισαγωγή και επεξεργασία καυσίμων, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής και ενεργειακής της πολιτικής.

Το γεγονός αυτό έχει δώσει ώθηση στην εκπόνηση μεγάλων έργων ενεργειακών υποδομών, συμπεριλαμβανομένων των σχεδίων διασύνδεσης των νησιών με την ενδοχώρα, την αντικατάσταση των μονάδων παραγωγής ενέργειας ορυκτών καυσίμων με νέες μονάδες ΑΠΕ ή φυσικού αερίου, την δημιουργία του αγωγού TAP και την σύναψη συμφωνίας για την κατασκευή του EastMed (IENE, 2018).

Το σύνολο των παραπάνω στοιχείων προσδίδουν νέες προοπτικές στον ελληνικό ενεργειακό τομέα, ο οποίος κατά την περίοδο της οικονομικής κρίσης επλήγη σημαντικά. Παράλληλα η ενεργειακή και περιβαλλοντική πολιτική της ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των στόχων για εκπομπή μηδενικών ρύπων μέχρι και το 2050, καθιστούν την ανάγκη μεταστροφής σε καθαρές μορφές ενέργειας ακόμα πιο επιτακτική. Στο πλαίσιο αυτό μέτρα όπως η παροχή κινήτρων μεταστροφής στο LNG έναντι του πετρελαίου στον τομέα της ναυσιπλοΐας, καθώς επίσης και ο σχεδιασμός υποδομών στις νησιωτικές και παράκτιες περιοχές για την τροφοδοσία των πλοίων αυτού του τύπου, αποτελούν βασικό τμήμα της ελληνικής ενεργειακής πολιτικής, δεδομένης της σύνδεσης της χώρας με το θαλάσσιο στοιχείο, αλλά και της συμβολής του τομέα στην ελληνική οικονομία (Wang & Notteboom, 2014).

Στο πλαίσιο της δημιουργίας των υποδομών αυτού του τύπου, η χώρα θα πρέπει να εξετάσει τις υφιστάμενες δυνατότητες και προοπτικές της, προκειμένου να

ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του εγχειρήματος. Δεδομένης της θαλάσσιας κινητικότητας, οι σταθμοί θα πρέπει να χωροθετηθούν με τρόπο τέτοιο, που να επιτρέπουν την καθολική εφαρμογή της τεχνολογίας στα πλαίσια της ελληνικής ναυτιλίας, αλλά παράλληλα θα ενισχύσουν την θέση της χώρας ως εμπορικό και ενεργειακό κόμβο μεταξύ της Ασίας, της Αφρικής και της Ευρώπης. Ένα εξ αυτών των έργων αποτελεί ο σταθμός υγροποιημένου αερίου της Αλεξανδρούπολης, ένα έργο το οποίο τελεί υπό κατασκευή από το 2019, στα πλαίσια της κατασκευής του αγωγού TAP (GasTrade, 2018).

Πρόκειται για πλωτό σταθμό υγροποίησης και αποθήκευσης φυσικού αερίου, με στόχο να αποτελέσει κόμβο τόσο για την προμήθεια του δικτύου, όσο και για τον ανεφοδιασμό των πλοίων που μεταφέρουν εμπορεύματα μέσω του Αιγαίου από και προς τη Μαύρη Θάλασσα. Το πρότζεκτ αυτό αποτελεί ιδιαίτερα αναγκαίο στην περιοχή της Θράκης, δεδομένης και της οικονομικής ύφεσης που αντιμετωπίζει η περιοχή από το 2010 μέχρι και σήμερα, και αναμένεται να αποτελέσει εφελτήριο σημείο για την προσέλκυση επενδύσεων τόσο στον ενεργειακό όσο και σε άλλους τομείς (IENE, 2018).

Οι ερευνητικές μελέτες σχετικές με την ανάπτυξη των σταθμών LNG είναι αφιερωμένες σε πολυάριθμα έργα ξένων και Ελλήνων επιστημόνων, μεταξύ των οποίων Bows-Larkin, A., Mander, S., Gilbert, P., Traut, M., Walsh, C., & Anderson, K. Calderón, M., Illing, D., & Veiga, J., Fulwood, M., He, T., Chong, Z. R., Zheng, J., Ju, Y., & Linga, P., Herdzik, J., Hönl, V., Prochazka, P., Obergruber, M., Smutka, L., & Kučerová, V., Kumar, S., Kwon, H. T., Choi, K. H., Lim, W., Cho, J. H., Tak, K., & Moon, I., Le Fevre, C. N., Maxwell, D., & Zhu, Z., Pitblado, R., & Woodward, J., Pospíšil, J., Charvát, P., Arsenyeva, O., Klimeš, L., Špiláček, M., & Klemeš, J. J., Putter, A., Shively, B., & Ferrare, Wang, S., & Notteboom, T., Vallabhuni, S. K., Lele, A. D., Patel, V., Lucassen, A., Moshhammer, K., Al Abbad, M., & Fernandes, R. X., R. Pitbaldo, Woodward, J. L., Strantzali, E., Nikoloudis, C., Aravossis, K., & Livanos, G. A. Αχιλιάς, Δ., Ελευθεριάδης, Ι., & Νικολαΐδης, Ν. .

Ο σκοπός της έρευνας της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη των θεωρητικών και μεθοδολογικών βάσεων διερεύνησης των πρακτικών εφαρμογών του LNG καθώς επίσης και των οικονομικών προοπτικών του στα πλαίσια της

αξιοποίησης ως καύσιμο στον τομέα της ναυσιπλοΐας, και άλλους οικονομικούς τομείς, ενώ παράλληλα εξετάζονται οι συνολικές κοινωνικοοικονομικές προοπτικές έργων που σχετίζονται με την χρήση του LNG, με κυριότερο τον σταθμό αεριοποίησης Αλεξανδρούπολης (ΑΣΦΑ).

Για την επίτευξη του σκοπού ορίστηκαν οι εξής **ερευνητικοί στόχοι της εργασίας**:

- Θα αναλυθούν φυσικές και χημικές ιδιότητες του φυσικού αερίου και υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ/LNG).
- Θα διερευνηθούν οι αβεβαιότητες και εμπόδια στη χρήση ΥΦΑ ως ναυτιλιακό καύσιμο και οι περιβαλλοντικοί και οικονομικοί παράγοντες που ενισχύουν τη χρήση του.
- Θα ερευνηθεί η θέση του ΥΦΑ στην διεθνή αγορά .
- Θα ερευνηθεί η διεθνής και ευρωπαϊκή εμπειρία εγκαταστάσεων και χρήσης ΥΦΑ.
- Θα ερευνηθούν οι τερματικοί σταθμοί εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου στην διεθνή αγορά και η κατηγοριοποίηση τερματικών σταθμών LNG.
- Θα ερευνηθούν οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις και υποδομές ΥΦΑ στην Ελλάδα.
- Θα διερευνηθεί η οικονομική και η περιβαλλοντική σημασία του ΥΦΑ στην ελληνική αγορά ενέργειας.
- Θα διερευνηθεί η υπάρχουσα εμπειρία των μικρών σταθμών ΥΦΑ στην Ελλάδα και ο τερματικός σταθμός ΥΦΑ στη Ρεβυθούσα.
- Θα διερευνηθεί ο σχεδιασμός και προοπτικές εγκατάστασης μικρών σταθμών LNG στην Ελλάδα
- Θα παρουσιαστούν οι προοπτικές και ο σχεδιασμός κατασκευής του πλωτού τερματικού σταθμού ΥΦΑ στην Αλεξανδρούπολη.

Η **βάση των πληροφοριών της έρευνας** πραγματοποιείται με την χρήση αξιόπιστων βιβλιογραφικών αναφορών, καθώς επίσης και δεδομένων που προέρχονται από επίσημους φορείς και οργανισμούς, ούτως ώστε να διατυπωθούν ακριβή και αξιόπιστα συμπεράσματα, αναφορικά με τις συνολικές προοπτικές του LNG στο πλαίσιο της ελληνικής οικονομίας.

Η πρακτική σημασία των ερευνητικών αποτελεσμάτων. Η πρακτική αξία των διατυπωμένων στην εργασία θεωρητικών θέσεων, συμπερασμάτων και συστάσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μια μεθοδολογική βάση για την ανάπτυξη της στρατηγικής ανάπτυξης και οι προοπτικές εγκατάστασης μικρών σταθμών LNG στην Ελλάδα καθώς και οι προοπτικές και ο σχεδιασμός κατασκευής του πλωτού τερματικού σταθμού ΥΦΑ στην Αλεξανδρούπολη.

Η δομή της διπλωματικής εργασίας: Η διπλωματική εργασία αποτελείται από εισαγωγή, τέσσερα κεφάλαια, συμπεράσματα και βιβλιογραφία από 40 πηγές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΦΑ/NG) - ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΥΦΑ/LNG).

1.1 ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΦΑ/LNG)

Ένα από τα πιο σημαντικά καύσιμα, που συμπεριλαμβάνεται στην κατηγορία των αερίων ορυκτών υδρογονανθράκων είναι το φυσικό αέριο (ΦΑ), το οποίο είναι άχρωμο και άοσμο καύσιμο. Το βασικό συστατικό του είναι το μεθάνιο, περιέχει όμως σε μικρότερες ποσότητες και άλλα αέρια όπως αιθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο και ορισμένους βαρύτερους υδρογονάνθρακες.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου εμπεριέχονται και κάποιες ελάχιστες ποσότητες από αρωματικούς υδρογονάνθρακες (βενζόλιο, τουόλιο, ξυλόλιο), αλλά και μη καύσιμα αέρια (υδρόθειο, διοξείδιο του άνθρακα, ήλιο, άζωτο, θειούχες ενώσεις). Ορισμένες από αυτές τις ενώσεις, το υδρόθειο και το διοξείδιο του άνθρακα, είναι όξινα αέρια με ικανότητα να προκαλέσουν διαβρώσεις. Στην αγορά διατίθεται προς κατανάλωση το φυσικό αέριο που είναι σχεδόν καθαρό μεθάνιο, αφού όλα τα επιβλαβή συστατικά έχουν απομακρυνθεί. Στον παρακάτω πίνακα (Βλέπε Πίνακα 1.1.) παρουσιάζεται η χημική σύσταση του φυσικού αερίου, που διαφέρει ανάλογα με τον τόπο εξόρυξης (Αχιλιάς, Ελευθεριάδης, & Νικολαΐδης, 2015).

Είναι γεγονός πως τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ολοένα και αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου ως καύσιμο. Οι αιτίες αυτής της αύξησης της χρήσης και κατανάλωσης είναι αρκετές. Ο κυριότερος λόγος αυτής της στροφής προς το φυσικό αέριο είναι η κοινή επιθυμία πολλών ανεπτυγμένων, κυρίως βιομηχανικά, χωρών να ελαττώσουν τις επιπτώσεις στο περιβάλλον από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και από τον κλάδο των μεταφορών. Η καύση ορυκτών καυσίμων είναι αρκετά «επίπονη» για το περιβάλλον.

Η κατανάλωση του φυσικού αερίου προτιμάται λόγω της μικρότερης εκπομπής ανά απελευθερωμένης ενέργειας Joule, σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χρήση ΦΑ σε τετράχρονες μηχανές, όπου οι εκπομπές διοξειδίου του αζώτου (NO_x) και διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) ελαττώθηκαν κατά 80% και 20% αντίστοιχα. Είναι κοινός αποδεκτό πως η καύση

άνθρακα και πετρελαίου, δημιουργεί μεγαλύτερο πρόβλημα στο περιβάλλον αφού εκπέμπονται περισσότεροι ρύποι. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε περιορισμό στη χρήση τους. Τον περιορισμό αυτό στους τομείς παραγωγής ενέργειας, βιομηχανίας και μεταφορών καλύπτουν το φυσικό αέριο και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ). Ωστόσο το πρόβλημα αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται από ΑΠΕ οδηγεί στο γεγονός να προτιμάται το φυσικό αέριο για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας (Pospišil, et al., 2019).

Πίνακας 1.1. Χημική σύσταση φυσικού αερίου

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	ΜΟΡΙΑΚΟΣ ΤΥΠΟΣ	ΑΛΓΕΡΙΑ	ΡΩΣΙΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ(%)
Μεθάνιο	CH ₄	83,0	85,0	70-95
Αιθάνιο	C ₂ H ₆	7,2	7,0	0,5-10
Προπάνιο	C ₃ H ₈	2,3	3,0	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	0-6
Διοξείδιο του άνθρακα	CO ₂	0,2	0,5	0-8
Ευγενή αέρια	He, Ne, Xe	0,2	-	Ίχνη
Υδρόθειο	H ₂ S	-	-	0-5

Πηγή : Αχιλιάς, Ελευθεριάδης, & Νικολαΐδης, 2015

Εκτός της προστασίας του περιβάλλοντος, ένας ακόμη παράγοντας που οδήγησε στη σταθερά αυξανόμενη χρήση του φυσικού αερίου είναι η τιμή της παραγόμενης ενέργειας. Στην τιμή εκτός από το κόστος του ίδιου του αερίου, συμπεριλαμβάνεται και η τιμή των απαραίτητων τεχνολογιών που απαιτούνται για τον μετασχηματισμό ενέργειας και εν συνεχεία την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, των οικολογικών τελών και των πιστώσεων άνθρακα. Τέλος, το μεγάλο εύρος εφαρμογής του αερίου είναι ένα πλεονέκτημα, αφού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας/ψύξης. Το φυσικό αέριο υπάρχει σε τεράστια διαθεσιμότητα, γεγονός που ενισχύει τη χρήση του. Υπάρχουν επαρκεί αποθέματα στο φλοιό της Γης και έτσι αναμένεται οι τιμές να μείνουν σταθερές για τα επόμενα χρόνια (Pospišil, et al., 2019).

1.2 ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (ΥΦΑ/LNG).

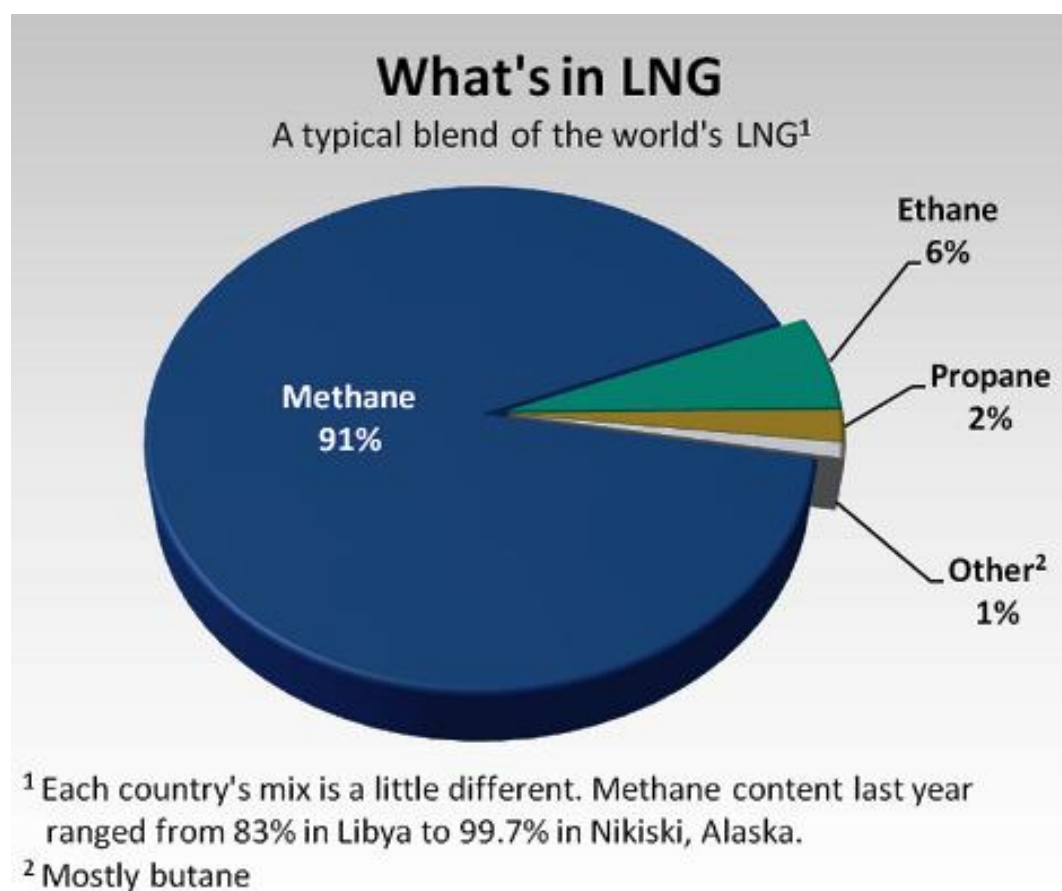
Το ΥΦΑ σχηματίζεται με την ψύξη του απλού φυσικού αερίου στους $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-260\text{ }^{\circ}\text{F}$) σε ατμοσφαιρική πίεση. Η χημική του σύσταση αποτελείται κυρίως από μεθάνιο (CH_4) σε ποσοστό περίπου 85-90% και δευτερευόντως από αιθάνιο, προπάνιο και βουτάνιο. Κατά την υγροποίηση του φυσικού αερίου πολλά αέρια (CO_2 , N_2 , O_2 , H_2S) και ορισμένοι βαρύτεροι υδρογονάνθρακες αφαιρούνται.

Επιπροσθέτως το υγροποιημένο φυσικό αέριο έχει πανομοιότυπες ιδιότητες με το απλό μεθάνιο καθώς είναι άοσμο, άχρωμο, μη τοξικό και αντιοξειδωτικό. Μπορεί, όμως, υπό συνθήκες, να γίνει εύφλεκτο (Herdzik, 2011).

Το κύριο πλεονέκτημα του ΥΦΑ είναι η μείωση όγκου του κατά 600 φορές σε σχέση με την αέρια κατάσταση, σε θερμοκρασία και πίεση περιβάλλοντος. Η ιδιότητα αυτή δίνει τη δυνατότητα για αποθήκευση και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων. Πολλές φορές με την υγροποίηση διευκολύνεται η μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις, ιδίως όταν υπάρχουν παράγοντες που δυσκολεύουν τη διαδικασία της αυτή (Wang & Notteboom, 2014).

Για την μετατροπή του φυσικού αερίου σε ΥΦΑ χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι. Η πρώτη είναι η κυκλική μέθοδος διαστολής, όπου μέρος του αερίου αποσυμπιέζεται από υψηλότερη πίεση σε χαμηλότερη πίεση, προκαλώντας πτώση

της θερμοκρασίας του αερίου. Με τη βοήθεια εναλλακτών θερμότητας το εισερχόμενο ρεύμα αερίου ψύχεται από το ψυχρό αέριο. Εν συνεχεία με τον ίδιο τρόπο ψύχεται το νέο ρεύμα αερίου ως τη θερμοκρασία υγροποίησης του μεθανίου.



Διάγραμμα 1.1. Σύσταση του LNG,

Πηγή: (oilprice.com, 2021).

Η δεύτερη διεργασία ονομάζεται κυκλική μέθοδος μηχανικής ψύξης. Είναι η διεργασία που χρησιμοποιείται πιο συχνά για την παραγωγή υγροποιημένου φυσικού αερίου. Κατά τη διαδικασία αυτή τρία ρεύματα ψυκτικών υγρών λαμβάνουν μέρος, το αιθάνιο, το προπάνιο και το μεθάνιο. Για την εξάτμιση των αερίων αυτών προσδίδεται θερμότητα από το φυσικό αέριο, που με τη σειρά του υγροποιείται.

Τα ψυκτικά, στη συνέχεια, συμπιέζονται, ψύχονται και ανακυκλώνονται σαν υγρά. Το ΥΦΑ όταν επανέλθει στην αέρια μορφή του, φλέγεται σε συγκεντρώσεις από 5-15 % μίγματος με τον αέρα (κατ' όγκο αέρα). Όταν είναι κάτω από 5% (κατώτατο όριο) δεν γίνεται καύση, επειδή είναι μικρή η συγκέντρωση του φυσικού αερίου. Σε περίπτωση που υπερβαίνει το 15% λόγω έλλειψης οξυγόνου, επίσης δεν

πραγματοποιείται καύση. Οι ατμοί του ΥΦΑ δεν εκρήγνυνται και σε περίπτωση διαρροής μεθανίου, το φυσικό αέριο έχει μικρή πιθανότητα ανάφλεξης για να γίνει έκρηξη (Αχιλιάς, Ελευθεριάδης, & Νικολαΐδης, 2015).

1.2.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΦΑ.

Για την πλήρη αντίληψη του ΥΦΑ, είναι σημαντικό να γίνει αναφορά στις φυσικές και χημικές ιδιότητές του. Το ΥΦΑ μπορεί να αποτελέσει μια πολύ καλή πηγή ενέργειας, με μεγάλο εύρος εφαρμογής, επίσης όμως μπορεί να αποτελέσει πηγή κινδύνου σε περίπτωση λανθασμένης αποθήκευσης. Οι ιδιότητες καθαυτές καθορίζουν τη συμπεριφορά του ΥΦΑ και επηρεάζουν τις προβλέψεις στον τρόπο αξιολόγησης αλλά και διαχείρισης πιθανού κινδύνου στη χρήση του (Woodward & Pitbaldo, 2010).

Είναι σημαντικό να κατανοηθεί πως η συμπεριφορά του ως υγρό, διαφέρει από την αέρια μορφή λόγω των ιδιοτήτων σε κάθε περίπτωση. Είναι ανακριβές να προβεί κανείς σε καθολικές γενικεύσεις για το υγροποιημένο φυσικό αέριο. Η παρανόηση αυτή είναι τακτικό φαινόμενο και συμβαίνει λόγω της έλλειψης γνώσεις των ιδιοτήτων του (Woodward & Pitbaldo, 2010).

Πολλές εταιρείες παραγωγής LNG έχουν αρχίσει τη διαδικασία ενημέρωσης του προϊόντος τους στο κοινό. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι Ιαπωνικές εταιρείες Osaka Gas Company και Tokyo Gas Company οι οποίες έχουν εγκαταστήσει μουσεία σε όλους τους σταθμούς τους, με πολλούς επισκέπτες κάθε χρόνο, κάνοντας επιδείξεις σχετικά με τις ιδιότητες του LNG (BP Safety Group & IChemE, 2007).

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι το φυσικό αέριο το οποίο μετατράπηκε σε υγρή μορφή με στόχο τη μεταφορά ή την αποθήκευσή του. Σε σχέση με τον όγκο του φυσικού αερίου, το ΥΦΑ καταλαμβάνει το 1/600 και ανάλογα τη σύνθεσή του υγροποιείται στους $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-259\text{ }^{\circ}\text{F}$). Η θερμοκρασία υγροποίησης του το καθιστά κρυογονικό υγρό. Με τον όρο κρυογονικά υγρά αναφερόμαστε σε ουσίες που συναντάμε από θερμοκρασίες -100°C (-48°F) και κάτω. Για τη διατήρηση, λοιπόν της υγρής μορφής του ΥΦΑ χρησιμοποιούνται δοχεία

και σκεύη φύλαξης που απομονώνουν τη ζέστη και το κρύο (π.χ. μπουκάλι θερμός). Καταλαβαίνει ο αναγνώστης την ιδιαίτερη σημασία των υλικών που θα επιλεγθούν για την αποθήκευση και μεταφορά του ΥΦΑ (Shively & Ferrare, 2005).

Αναφέρθηκε στην υποενότητα 1.2 πως το ΥΦΑ είναι άοσμο, άγευστο, άχρωμο, μη τοξικό και αντιοξειδωτικό. Παρακάτω θα αναλυθούν συνοπτικά οι πιο βασικές ιδιότητες του ΥΦΑ, οι οποίες είναι (Shively & Ferrare, 2005):

- Χημική σύσταση
- Πυκνότητα – ειδικό βάρος
- Σημείο βρασμού

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

Παρακάτω παρουσιάζεται πίνακας (Πίνακας 2), με τη χημική σύσταση του ΥΦΑ, στην ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή κάθε χημικού στοιχείου.

Πίνακας 1.2 Χημική σύσταση υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ)

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%

πηγή (Shively & Ferrare, 2005).

ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ – ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ

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

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 (Woodward & Pitbaldo, 2010).

ΣΗΜΕΙΟ ΒΡΑΣΜΟΥ

Ιδιαίτερη αναφορά οφείλει να γίνει στο σημείο βρασμού του ΥΦΑ. Γενικά, σημείο βρασμού είναι η θερμοκρασία στην οποία ένα αέριο μετατρέπεται σε υγρό ή το αντίστροφο υπό ατμοσφαιρική πίεση. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το σημείο βρασμού του ΥΦΑ είναι περίπου -162 °C (-259 °F). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα σημεία βρασμού ορισμένων αερίων (Woodward & Pitbaldo, 2010).

Πίνακας 1.3. Σημείο βρασμού αερίων

ΑΝΤΙΔΡΑΣΗ	FAHRENHEIT (°F)	CELSIUS (°C)
Βρασμός νερού	212	100
Βρασμός βουτανίου	31	-0,5
Βρασμός αμμωνίας	-27	-33
Βρασμός προπάνιου	-44	-42
Βρασμός φυσικού αερίου	-259	-162
Βρασμός οξυγόνου	-298	-183
Βρασμός αζώτου	-319	-195
Βρασμός υδρογόνου	-422	-252

Πηγή : (Shively & Ferrare, 2005).

1.3 Η ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΥΦΑ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ

Ο κύριος τομέας που το υγροποιημένο φυσικό αέριο χρησιμοποιείται ως καύσιμο είναι ο τομέας της ναυτιλίας. Η ναυτιλία είναι ένας από τους βασικότερους τρόπους μεταφοράς ανθρώπων και προϊόντων σε παγκόσμια κλίμακα. Το εμπόριο σε διεθνές επίπεδο βασίζεται κατά πολύ στον συγκεκριμένο κλάδο, ο οποίος έχει

σημασία στην οικονομική ανάπτυξη. Παράλληλα όμως τα ολοένα και αυξανόμενα δρομολόγια μεταφοράς αγαθών με στόλους πλοίων, σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή και την ατμοσφαιρική ρύπανση, ασκούν πίεση στη διεθνή ναυτιλία για την μείωση των εκπομπών καυσαερίου. Εκτιμάται ότι ο κλάδος της ναυτιλίας ευθύνεται για το 3% των συνολικών εκπομπών διοξειδίου (CO₂) του άνθρακα παγκοσμίως (Bows-Larkin, et al., 2014).

Λογικό επακόλουθο αυτής της κατάστασης είναι η υιοθέτηση νομοθεσιών και κανονισμών στη ναυτιλία που θα βοηθήσουν στη μείωση των εκπεμπόμενων καυσαερίων. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO - International Maritime Organization) με την επιβολή αυστηρών νόμων για τις εκπομπές καυσαερίου έμμεσα έκανε απαραίτητη τη χρήση ΥΦΑ ως βασικό καύσιμο των πλοίων, για να επέλθει η απαιτούμενη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.

Η ολοένα και αυξανόμενη εξέλιξη του ΥΦΑ στην αγορά τα τελευταία είκοσι χρόνια, αναπόφευκτα οδήγησε και τη ναυτιλία προς την κατεύθυνση αυτή. Όλο και περισσότερα δεξαμενόπλοια κατασκευάζονται και διατίθενται προς χρήση. Μόνο για το έτος του 2019, δόθηκαν παραγγελίες για 62 πλοία ενώ παραδόθηκαν 44 νέα δεξαμενόπλοια. Ένα επιπλέον αξιοσημείωτο στοιχείο που αποδεικνύει την αυξημένη ζήτηση και χρήση του ΥΦΑ, είναι η ηλικία των υπαρχόντων δεξαμενόπλοιων. Μόλις το 4% είναι κατασκευασμένο τα πριν από τριάντα χρόνια και το 38% τα τελευταία πέντε χρόνια (GIIGNL, 2021).

Ένα από τα πλεονεκτήματα που αξίζει να αναφερθούν είναι η ανάπτυξη της αγοράς του bio-LNG, το οποίο παράγεται από υπολειμματική βιομάζα και απόβλητα, και του συνθετικού LNG. Οι καθαρές εκπομπές σε αυτήν την περίπτωση είναι αμελητέες ή ακόμα και αρνητικές.

1.3.1 ΤΟ ΥΦΑ ΩΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΚΟ ΚΑΥΣΙΜΟ – ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΝΙΣΧΥΟΥΝ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Γενικά η χρήση του ΥΦΑ έχει κερδίσει το ενδιαφέρον όχι μόνο της Ευρώπης, αλλά και της Ασίας και της Αμερικής (Maxwell & Zhu, 2011). 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. Παραδείγματος χάρη οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) μειώνονται κατά 20%, τα οξείδια του αζώτου (NO_x) κατά 85-90%, ενώ τα οξείδια του θείου (SO_x) και τα σωματίδια (PM) σχεδόν εξαφανίζονται (Herdzik, 2011).

Στον παρακάτω πίνακα 1.4 βλέπουμε τη σύγκριση των εκπομπών των καυσίμων ανάμεσα στο ΥΦΑ και τα βασικότερα προϊόντα πετρελαίου.

Πίνακας 1.4. Εκπομπές καυσαερίων από πλοία

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%			

Πηγή: IMO (International Maritime Organization) (Le Fevre, 2018)

Τα πλεονεκτήματα του ΥΦΑ είναι σημαντικά και γίνονται αρκετά κατανοητά με τον Πίνακα 1.4. Αυτά τα θετικά αφορούν τις μειωμένες εκπομπές των οξειδίων του θείου (SO_x) και αζώτου (NO_x), όπου τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις οδηγίες

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 (Le Fevre, 2018).

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.

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Το κόστος των καυσίμων είναι ίσως η μεγαλύτερη ανησυχία για τους πλοιοκτήτες. Αυτό συμβαίνει διότι περίπου το 60-80% του συνολικού κόστους λειτουργίας ενός πλοίου, αφορά τα καύσιμα. Τη σημερινή εποχή μάλιστα, με την τιμή του πετρελαίου να βρίσκεται διαρκώς σε άνοδο, τα καύσιμα των πλοίων δημιουργούν ολοένα και μεγαλύτερη ανησυχία. Τα θαλάσσια καύσιμα δεν φορολογούνται κατά την πώλησή τους, οπότε και η σύγκριση των τιμών είναι σχετικά εύκολη. Εξαιρέση αποτελεί το ΥΦΑ όπου χρειάζονται εκτιμήσεις, αφού δεν υπάρχουν δημοσιευμένες τιμές. (Keller, 2019)

Για να γίνει η καλύτερη δυνατή εκτίμηση του ΥΦΑ ως ναυτιλιακό καύσιμο λαμβάνονται υπόψιν οι κόμβοι διαπραγμάτευσης που υπάρχουν σε διάφορες περιοχές παγκοσμίως. Αυτό συμβαίνει, γιατί η τιμή τους είναι άρρηκτα συνδεδεμένοι με το φυσικό αέριο. Παρακάτω θα αναφερθούν σύντομα ορισμένοι κόμβοι που καθορίζουν τη τιμή ΦΑ/ΥΦΑ και οι περιοχές που αφορούν.

- Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ) - τιμή κόμβου Henry Hub
- Κορέα, Ταιβάν, Ιαπωνία - δείκτης JCC (Japan Customs - clear Crude)
- Βόρεια Ευρώπη - TTF (Title Transfer Facility - Ολλανδία) και NBP (National Balancing Point – Βρετανία)
- Κεντρική Ευρώπη – καθορισμός της τιμής από τη «Μέση τιμή εισαγωγής της Γερμανίας» (Average German Import Price)
- Νοτιοανατολική Ασία – σύνδεση τιμής με το αργό πετρέλαιο Brent

Οι περιπτώσεις που δείχνουν ενδιαφέρον λόγω της διαφορετικότητάς τους είναι αυτές των ΗΠΑ και της Ευρώπης. Ξεκινώντας από τις ΗΠΑ, η τιμή του ΥΦΑ αναμένεται να είναι υπερτιμημένη για τον κόμβο Henry Hub. Η υπερτίμηση αυτή οφείλεται στο γεγονός ότι θα συμπεριλαμβάνεται το κόστος υγροποίησης και παράλληλα σε περίπτωση που σφίξει η παγκόσμια αγορά ΥΦΑ, θα περιλαμβάνεται ένα πρόσθετο ασφάλιστρο που υποδεικνύει τον περιορισμό. (βλέπε διαγράμματα 1.2. και 1.3)

Εξετάζοντας την περίπτωση της Ευρώπης οι τιμές του υγροποιημένου φυσικού αερίου, θα πρέπει να είναι μειωμένες καθώς δεν υπάρχει το κόστος επαναεριοποίησης και το κόστος εισόδου στο δίκτυο.

Σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης του ΥΦΑ είναι και η μείωση του λειτουργικού κόστους ενός πλοίου, σε σχέση με το πετρέλαιο. Το ΥΦΑ είναι ένα καθαρότερο καύσιμο και από αυτό συνεπάγεται λιγότερη συντήρηση στον βασικό εξοπλισμό του πλοίου, όπως τον κινητήρα, και ταυτόχρονα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και χρήσης του. Πρέπει να αναφερθεί πως το κόστος μετατροπής της τεχνολογίας των πλοίων για τη χρήση ΥΦΑ, ανέρχεται στα 6 εκατομμύρια ευρώ (Le Fevre, 2018).

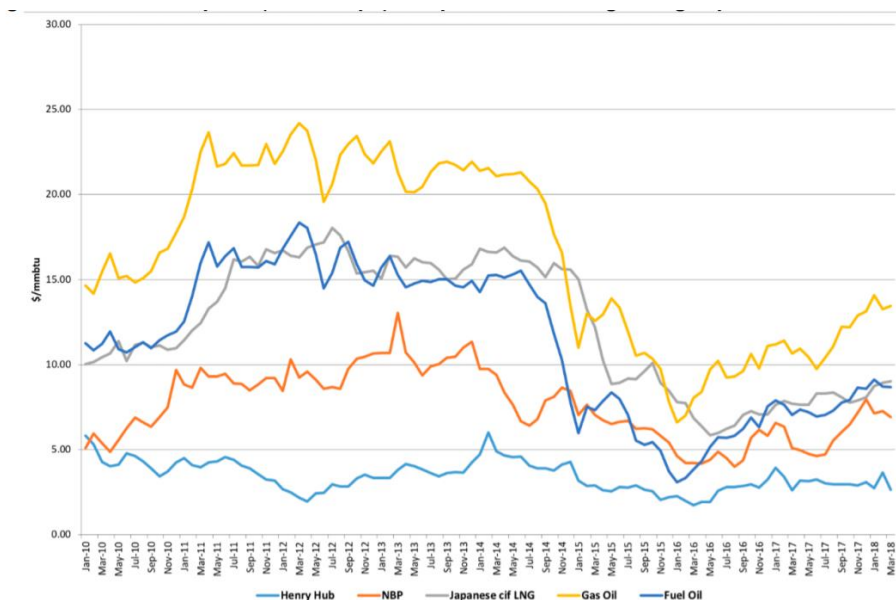
1.3.2 ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΜΠΟΔΙΑ ΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ LNG ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ.

Για την μόνιμη καθιέρωση του ΥΦΑ ως καύσιμο στον τομέα της ναυτιλίας αλλά και γενικότερα στις μεταφορές, υπάρχουν ορισμένα ζητήματα που τίθενται προς λύση. Η δημιουργία υποδομών και σταθμών ανεφοδιασμού υγροποιημένου

φυσικού αερίου κρίνεται απαραίτητη για τη χρήση ως καύσιμο πλοίου. Από μελέτη της εταιρείας PwC εκτιμήθηκε ότι το ύψος των κεφαλαιουχικών απαιτήσεων για υποδομές 6.000 – 15.000 κυβικών μέτρων (m³) σε λιμάνια ανέρχεται στα 30 – 60 εκατομμύρια ευρώ (Le Fenve, 2018).

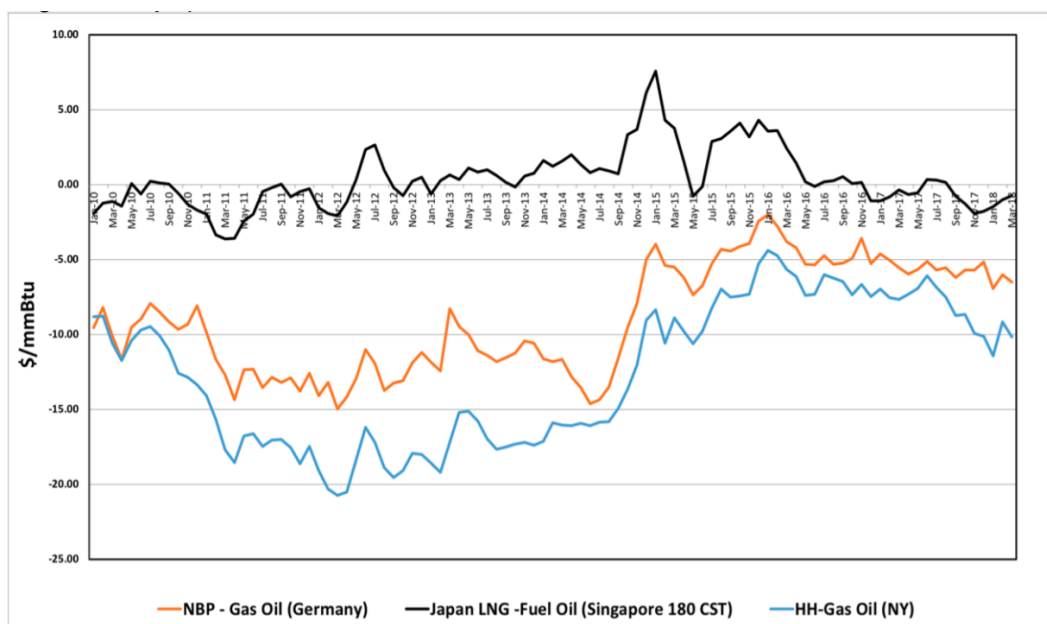
Αυτομάτως περιορίζονται τα πιο μικρά λιμάνια για την κατασκευή εγκαταστάσεων ανεφοδιασμού μέσω θάλασσας. Ο ανεφοδιασμός μέσω οδικού δικτύου παραμένει η πιο οικονομική λύση. Παρόλα αυτά, ορισμένα στοιχεία για την Ευρώπη δείχνουν πως είναι δυνατόν να ανεγερθούν αρκετά γρήγορα εγκαταστάσεις θαλάσσιου ανεφοδιασμού εάν το δυναμικό αγοράς φανεί επαρκές.

Επομένως οι πλοιοκτήτες δεν μπορούν να δεσμευτούν να χρησιμοποιούν το ΥΦΑ ως καύσιμο του στόλου τους αν δεν τους δοθούν εγγυήσεις μέσω συμβολαίων. Συμβολαίων προμήθειας όπου θα αφορούν την τιμολόγηση αλλά και την φυσική παράδοση, ώστε οι προμηθευτές να εξασφαλίζουν την παράδοση στα συμφωνημένα σημεία ανεφοδιασμού. Ο ρόλος των προμηθευτών είναι ιδιαίτερα σοβαρός, αφού αρχικά οι μεγάλοι προμηθευτές ΦΑ και ΥΦΑ θα βοηθήσουν τους πλοιοκτήτες να ξεπεράσουν τις ανησυχίες τους με μακρόχρονα συμβόλαια, εξασφαλίζοντάς τους σταθερότητα (Le Fenve, 2018). (βλέπε διαγράμματα 1.2. , 1.3)



Διάγραμμα 1.1. Οι τιμές θαλάσσιων καυσίμων στη ΒΔ Ευρώπη σε σύγκριση με τις περιφερειακές τιμές του φυσικού αερίου,

Πηγή Argus (Le Fenve, 2018).



Διάγραμμα 1.2. Οι τιμές θαλάσσιων καυσίμων σε σύγκριση με τις περιφερειακές τιμές του φυσικού αερίου (αρνητική τιμή υποδεικνύει πως το ΦΑ είναι φθηνότερο,

Πηγή Argus (Le Fevre, 2018).

Δυο μεγάλες εταιρείες φυσικού αερίου δείχνουν το ενδιαφέρον τους για την προώθηση του ΥΦΑ. Η πρώτη είναι η Shell, η οποία αγόρασε το 100% των μετοχών της Νορβηγικής GasNor το 2012. Η εν λόγω εταιρεία δραστηριοποιείται στις πωλήσεις ΥΦΑ. Επίσης, η Total σχεδιάζει την εξαγόραση του προμηθευτή ΥΦΑ Clean Energy με έδρα την Καλιφόρνια (Le Fevre, 2018).

Όπως κάθε νέα τεχνολογία που ανακαλύφθηκε για την πρόοδο του κόσμου, έτσι και με το ΥΦΑ, υπάρχει έλλειψη γνώσης σε σχέση με τα πετρελαϊκά προϊόντα, για πολλές λιμενικές αρχές. Λόγω των διαφορών τους ως καύσιμα προκύπτουν σημαντικά θέματα για την αλυσίδα ανεφοδιασμού του ΥΦΑ. Οι δεξαμενές ΥΦΑ πρέπει να έχουν όγκο κατά 80% μεγαλύτερο από τις αντίστοιχες δεξαμενές καυσίμου με υψηλή περιεκτικότητα σε θείο. Ακόμη το ΥΦΑ λόγω της ανάγκης να διατηρείτε σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία, θα εξατμίζετε μέχρι να χρησιμοποιηθεί. Οπότε δεν μπορεί να αποθηκευτεί για μεγάλες περιόδους, χωρίς σωστή διαχείριση (Herdzik, 2011).

Παρά τα προβλήματα και τις ανησυχίες που υπάρχουν, έχει εκφραστεί σοβαρό ενδιαφέρον από αρκετούς ιδιοκτήτες πλοίων ώστε να γίνει η μετάβαση στο υγροποιημένο φυσικό αέριο. Ταυτόχρονα με τις πιέσεις που ασκούνται για μείωση των εκπομπών, λόγω της γενικότερης περιβαλλοντική ευαισθησίας που υπάρχει, ωθεί το ΥΦΑ ώστε να γίνει ένα από τα βασικότερα καύσιμα μεταφοράς, ειδικά στη ναυτιλία.

Παρακάτω παρατίθενται εικόνες πλοίων που θα χρησιμοποιούν ως καύσιμο το LNG. (Βλέπε Εικόνες 1.1., 1.2., 1.3)

1.4 ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ POSEIDON MED II

Το Poseidon Med II αποτελεί ένα πρόγραμμα με στόχο τη σχεδίαση μια ολοκληρωμένης βιώσιμης εφοδιαστικής αλυσίδας για τον εφοδιασμό των πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο. Παράλληλα, στοχεύει και στην καθιέρωση του ΥΦΑ ως βασικό ναυτιλιακό καύσιμο στην Ανατολική Μεσόγειο. Η Ελλάδα, λοιπόν, αναδεικνύεται σε βασικό και διεθνή κόμβο για τον ανεφοδιασμό των πλοίων με ΥΦΑ και φυσικά τη διοχέτευσή του στην περιοχή της Νοτιοανατολικής Ευρώπης. (naftemporiki.gr)

Η συμμετοχής στο πρόγραμμα γίνεται από τρεις χώρες, την Ιταλία, την Κύπρο και την Ελλάδα, οι οποίες αποτελούν αυθεντίες σε πολλούς τομείς χρήσιμους για το πρόγραμμα. Τέτοιοι τομείς είναι η ναυτιλία, η ενέργεια, η μηχανική, η οικονομία, η έρευνα και η τεχνολογία. Το πρόγραμμα είχε ξεκινήσει από τον Ιούνιο του 2015 και αναμενόταν να ολοκληρωθεί τον Δεκέμβρη του 2020, όμως λόγω της πανδημίας του κορονοϊού θα υπάρξει καθυστέρηση. Οι εταίροι στο Poseidon Med II είναι 26, ανάμεσά τους η ΔΕΠΑ και ο ΔΕΣΦΑ. Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου ανέρχεται στα 53, 3 εκατομμύρια ευρώ με χρηματοδότηση κατά το ήμισυ από την Ευρωπαϊκή Ένωση. (naftemporiki.gr)

Το πρόγραμμα αφορά αρχικά 6 μεγάλα λιμάνια (Πειραιά, Πάτρα, Ηράκλειο, Ηγουμενίτσα, Λεμεσό, Βενετία) αλλά και τον σταθμό της Ρεβυθούσας με προοπτική για περαιτέρω επέκταση. (naftemporiki.gr)

Για την εκπλήρωση των στόχων του έργου πραγματοποιούνται περίπου δεκαεπτά δράσεις, χωρισμένες σε τέσσερις βασικούς άξονες.

- Αρχικά έχουμε τη διασφάλιση για τον ανεφοδιασμό του ΥΦΑ, μέσω του σχεδιασμού νέων υποδομών μικρής κλίμακας στη Ρεβυθούσα και στους εμπλεκόμενους λιμένες.
- Παροχή σχεδίων για δυνητικούς ναυτιλιακούς χρήστες, για την μετατροπή των ήδη υπάρχοντων στόλων, όσο και για την κατασκευή νέων πλοίων κινούμενων με ΥΦΑ.
- Υποστήριξη της θέσπισης του απαραίτητου θεσμικού πλαισίου, που θα επιτρέψει τον απρόσκοπτο και ασφαλή ανεφοδιασμό πλοίων με LNG, όπως ανάπτυξη νέων κανονισμών για την τροφοδοσία λιμένων με LNG, όσο και την υιοθέτηση υπάρχοντων κανονισμών, που θα προωθούν τον ανεφοδιασμό με LNG και την αποτελεσματική λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- Αξιολόγηση των επενδύσεων, αφενός για τις υποδομές στους λιμένες και αφετέρου για την μετατροπή των εγκαταστάσεων των πλοίων. Οι οικονομικές αυτές αξιολογήσεις έχουν σκοπό:
 - α) την εξεύρεση των κατάλληλων χρηματοδοτικών εργαλείων, που θα υποστηρίξουν και θα διευκολύνουν την υλοποίηση των επενδύσεων στο άμεσο μέλλον και
 - β) την ανάπτυξη ενός εμπορικά βιώσιμου σχήματος τιμολόγησης/εμπορίας LNG, αξιολογώντας τις διεθνές τιμές LNG και λαμβάνοντας υπόψη και τις συνέργειες με άλλες χρήσεις και τομείς.



Εικόνα 1 Ο χάρτης του Poseidon Med II

Πηγή (naftemporiki.gr)

Η εξέλιξη του προγράμματος από την ημερομηνία εκκίνησής του είναι σημαντική. Σε ό,τι αφορά τους λιμένες, έχουν εκπονηθεί οι προμελέτες ασφαλείας καθώς και ο βασικός σχεδιασμός των λιμενικών εγκαταστάσεων και αναμένεται η έγκριση ένταξής τους στα Επικαιροποιημένα Γενικά Προγραμματικά Σχέδια (Master Plan) των λιμένων. (naftemporiki.gr)

Επιπλέον, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής μελέτης για τους λιμένες έχουν πραγματοποιηθεί μετρήσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης με ειδικό βαν στους 4 ελληνικούς λιμένες του προγράμματος κατά την χαμηλή και υψηλή περίοδο κίνησης των πλοίων κατά τη διάρκεια του έτους.

Επίσης, έχουν ολοκληρωθεί οι υποστηρικτικές μελέτες για τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων (τοπογραφικές / βυθομετρικές αποτυπώσεις, μελέτες κυματικής διαταραχής, μελέτες ναυσιπλοΐας), για την πλειονότητα των λιμένων του προγράμματος.

Τέλος, έχει ολοκληρωθεί ο βασικός σχεδιασμός του πιλοτικού σταθμού φόρτωσης βυτιοφόρων LNG στη Ρεβυθούσα. Ο βασικός σχεδιασμός του νέου προβλήτα για χρήσεις LNG μικρής κλίμακας και η διαγωνιστική διαδικασία για το λεπτομερή

σχεδιασμό και την κατασκευή του σταθμού φόρτωσης βυτιοφόρων βρίσκονται σε εξέλιξη. (naftemporiki.gr)

Σε ό,τι αφορά τα πλοία, έχει ολοκληρωθεί ο λεπτομερής σχεδιασμός ενός νέου επιβατηγού οχηματαγωγού πλοίου (RoPax) με καύσιμο LNG και των πλοίων μεταφοράς και ανεφοδιασμού πλοίων με LNG, ενώ παράλληλα ολοκληρώνεται ο βασικός τεχνικός σχεδιασμός μετατροπής των εγκαταστάσεων επί πέντε υφιστάμενων πλοίων, που έχουν επιλεγεί, ώστε να μπορούν να κινούνται με καύσιμο LNG καθώς και ο αναλυτικός τεχνικός σχεδιασμός πέντε επιπλέον πλοίων, επί των οποίων θα εκπονηθούν οι μελέτες για τη μετατροπή τους, ώστε να μπορούν να κινούνται με καύσιμο LNG. (naftemporiki.gr)

Ιδιαίτερη είναι η συνεισφορά του Προγράμματος στη διαμόρφωση του Νομοθετικού και Κανονιστικού πλαισίου της Ελλάδας σχετικά με τον ανεφοδιασμό πλοίων με LNG. Με τη συνδρομή του Poseidon Med II διαμορφώθηκε το Προεδρικό Διάταγμα που περιλαμβάνει το νομοθετικό και κανονιστικό πλαίσιο για τις ασφαλείς επιχειρήσεις ανεφοδιασμού LNG και παράλληλα τέθηκαν οι βάσεις για τη χρήση του LNG ως ναυτιλιακού καυσίμου στις θαλάσσιες μεταφορές. Το Προεδρικό Διάταγμα περιλαμβάνει επίσης θέματα σχετικά με τη χρήση του LNG στους λιμένες όπως κάλυψη παράλληλων επιχειρήσεων, κανόνες για τις ζώνες ασφάλειας και την πυρασφάλεια, πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών, εγχειρίδια λιμένων και τέλος πρότυπα εκπαίδευσης για τη σωστή κατάρτιση του προσωπικού τόσο στη στεριά όσο και στα πλοία. (naftemporiki.gr)

Το LNG διαθέτει πολλά πλεονεκτήματα, που καθιστούν τη χρήση του ως ναυτιλιακό καύσιμο εξαιρετικά ελκυστική. Πρόκειται για μία ασφαλή και δοκιμασμένη τεχνολογία, που προσφέρει ασφαλή χρήση, μεταφορά και αποθήκευση. Αποτελεί από τα πλέον φιλικά προς το περιβάλλον καύσιμα αφού η χρήση του εξαλείφει τις εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων και ενώσεων θείου (μείωση 90% σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα) και παράλληλα έχει τη δυνατότητα ουσιαστικής μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου (75%) και διοξειδίου του άνθρακα (25%). (naftemporiki.gr)

Το LNG έχει υψηλή θερμιδική απόδοση και είναι ένα οικονομικά αποδοτικό καύσιμο σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα. Η εγκαθίδρυση και λειτουργία μιας αποτελεσματικής εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί μια εναλλακτική λύση

συμμόρφωσης της ναυτιλίας στους περιβαλλοντικούς κανονισμούς του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού IMO, οι οποίοι θα ισχύσουν από το 2020, επιτρέποντας στο LNG να κερδίσει σημαντικό έδαφος ως ναυτιλιακό καύσιμο έναντι άλλων εναλλακτικών για πλειάδα οικονομικών, τεχνικών και περιβαλλοντικών λόγων. (naftemporiki.gr)



Εικόνα 1.1. Isla Bella – Το πρώτο παγκοσμίως κινούμενο με LNG containership, πηγή (e-nautilia.gr, 2021).



Εικόνα 1.2. Το πρώτο στον κόσμο κινούμενο με LNG κρουαζιερόπλοιο,

Πηγή: (e-nautilia.gr, 2021).



Εικόνα 1.3. Το μεγαλύτερο στον κόσμο κινούμενο με LNG Ro-Ro Φέρι,

Πηγή (e-nautilia.gr, 2021).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. Η παγκόσμια αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου . Η διεθνής εμπειρία χώρων και χρήσης ΥΦΑ.

2.1 Το ΥΦΑ στην διεθνή αγορά.

Το άνοιγμα της αγοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου, και παράλληλα με την αύξηση της ζήτησης του φυσικού αερίου, σε περιοχές όπου οι αγωγοί δεν μπορούσαν να φτάσουν για γεωγραφικούς και άλλους λόγους, οδήγησε στην κατασκευή μικρών και μεγαλύτερων σταθμών παγκοσμίως. Οι σταθμοί ΥΦΑ, δίνουν την δυνατότητα πραγματοποίησης διαδικασιών όπως της υγροποίησης και της επαναεριοποίησης ώστε να φτάνει το τελικό προϊόν στον καταναλωτή και έτοιμο για χρήση.

Ολοένα και περισσότερες μονάδες ΥΦΑ κατασκευάζονται για την κάλυψη των αναγκών του ανθρώπου σε φυσικό αέριο, αφού η ζήτησή του αυξάνεται ραγδαία. Οι πρώτοι σταθμοί όπου ξεκινάει η διαδικασία αυτή, ονομάζονται σταθμοί υγροποίησης ή αλλιώς τερματικά υγροποίησης. Οι μονάδες αυτές αποτελούν τις υποδομές εξαγωγής και εμπορίας του φυσικού αερίου. Εκεί περιλαμβάνονται τα στάδια του εξαγνισμού, της υγροποίησης, της αποθήκευσης και τέλος της λιμενικές εγκαταστάσεις για την φόρτωση σε δεξαμενόπλοια μεταφοράς ΥΦΑ. Άξια αναφοράς είναι και τα τρένα ΥΦΑ, που είναι βασικό τμήμα του εργοστασίου και καθένα από αυτά αποτελεί ανεξάρτητη μονάδα για την υγροποίηση του φυσικού αερίου.

Σε συνέχεια όλων αυτών έχουμε τα τερματικά επαναεριοποίησης. Στις μονάδες αυτές μεταφέρεται το ΥΦΑ και ξαναμετατρέπεται σε φυσικό αέριο, με οποιαδήποτε περεταίρω επεξεργασία. Τα τερματικά επαναεριοποίησης είναι το σημείο τερματισμού των δεξαμενόπλοιων. Εκεί το υγροποιημένο φυσικό αέριο εκφορτώνεται και αποθηκεύεται σε υγρή κατάσταση σε ειδικές δεξαμενές. Στη συνέχεια αεριοποιείται και διοχετεύεται στο δίκτυο διανομής φυσικού αερίου. (Κασίνης, 2015)



Εικόνα 2.1 . Η αλυσίδα παραγωγής LNG

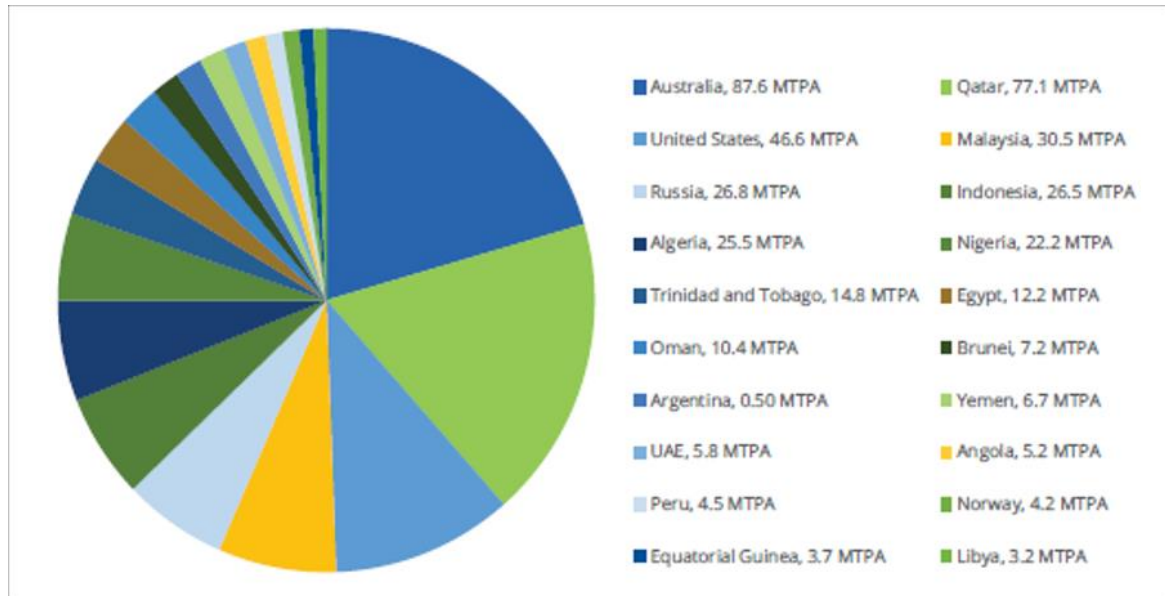
Πηγή (GIIGNL, 2021).

Στην παραπάνω εικόνα 2.1. παρουσιάζεται ολόκληρη η αλυσίδα παραγωγής LNG, από τους σταθμούς παραγωγής και υγροποίησης ως τους σταθμούς αποθήκευσης και διοχέτευσης μέσω αγωγών στους καταναλωτές. Το σημείο που θα αναλυθεί παρακάτω αφορά την διαδικασία της υγροποίησης (liquefaction), η οποία είναι η σημαντικότερη της συνολικής αλυσίδας, αφού πρόκειται για την καρδιά της βιομηχανίας του ΥΦΑ.

Το παρακάτω διάγραμμα 2.1. μας δείχνει την ικανότητα υγροποίησης για το 2019, δηλαδή πόσους εκατομμύρια τόνους φυσικού αερίου υγροποίησαν οι αναφερόμενες χώρες. Το ήμισυ της παγκόσμια ικανότητας υγροποίησης για το 2019, βλέπουμε πως συγκεντρώνεται σε Αυστραλία, Κατάρ και ΗΠΑ. Ακολουθούν οι χώρες Μαλαισία, Ρωσία, Ινδονησία και Αλγερία.

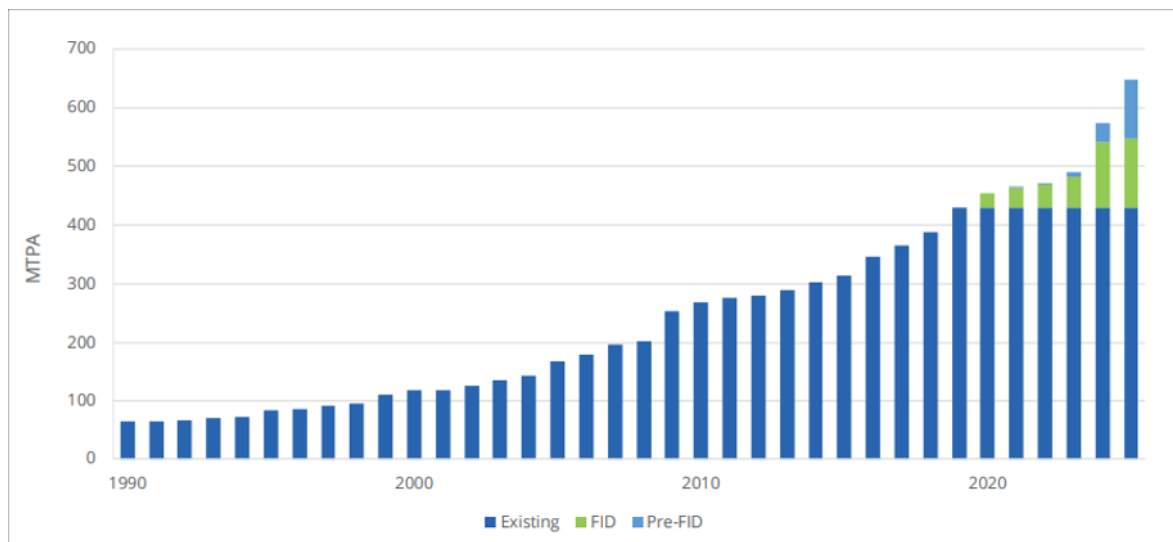
Όπως αναφέρθηκε και προηγούμενα, η παγκόσμια αγορά του LNG αυξάνεται ραγδαία. Το LNG θεωρείται από πολλούς ως το καύσιμο του μέλλοντος, κυρίως λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει, καθώς διαθέτει ευελιξία και προσαρμοστικότητα. Αυτά τα στοιχεία δίνουν τη δυνατότητα να διεισδύσει το φυσικό αέριο σε περιοχές όπου η ανέγερση χερσαίων δικτύων μεταφοράς και διανομής είναι δύσκολη. Σύμφωνα με στοιχεία του 2019, παρατηρήθηκε αύξηση

κατά 40,9 ΜΤ σε σχέση με το 2018, αγγίζοντας συνολικά τα 354,7 ΜΤ. Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε την αύξηση της παγκόσμιας παραγωγής LNG τα τελευταία 30 χρόνια (BP, 2020).



Διάγραμμα 2.1. Παγκόσμια ικανότητα υδροποίησης

πηγή: (IGU, 2020).



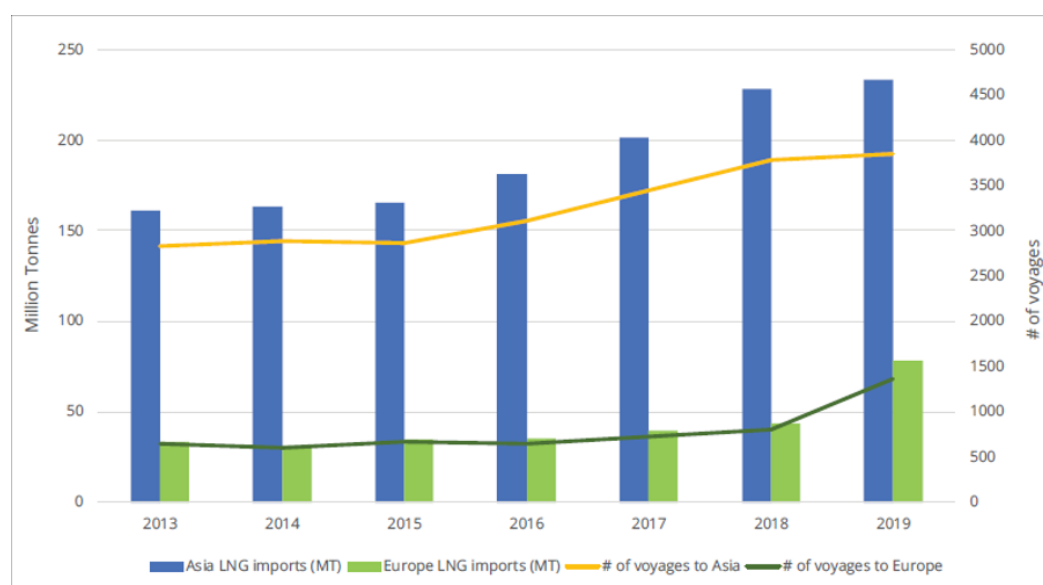
Διάγραμμα 2.2. Η αύξηση της παγκόσμιας παραγωγικής ικανότητας ΥΦΑ

Πηγή (IGU, 2020)

Σύμφωνα με τη στατιστική αναθεώρηση της BP 240 εκατομμύρια τόνοι ΥΦΑ μεταφέρθηκαν στο διαπεριφερειακό εμπόριο στον κόσμο το 2019, κυρίως μέσω του κλάδου της ναυτιλίας, με χρήση δεξαμενόπλοιων (BP, 2020).

Το παρακάτω διάγραμμα 2.3. δίνει με σαφήνεια ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα.

- Αρχικά βλέπουμε την κυριαρχία της Ασίας στο παγκόσμιο εμπόριο ΥΦΑ. Παρόλο τη μείωση τα τελευταία χρόνια οι εισαγωγές LNG της συγκεκριμένης ηπείρου για το 2019 αντιπροσωπεύει περίπου το 65% της παγκόσμιας αγοράς.
- Δεύτερον παρατηρείται η απότομη αύξηση εισαγωγών ΥΦΑ στην Ευρώπη για το 2019. Το γεγονός αυτό συμβαίνει, λόγω των μεγάλων εξαγωγών ΥΦΑ από τις ολοκληρωμένες, προσφάτως, εγκαταστάσεις που υπάρχουν στις ΗΠΑ, σε συνδιασμό με τις χαμηλές διεθνείς τιμές ΥΦΑ.



Διάγραμμα 2.3. Εισαγωγές και δρομολόγια ΥΦΑ σε Ασία και Ευρώπη

Πηγή (IGU, 2020)

2.2 Η διεθνής και ευρωπαϊκή εμπειρία εγκαταστάσεων και χρήσης ΥΦΑ.

Το δεύτερο σημαντικό στάδιο της αλυσίδας ΥΦΑ, που λαμβάνει χώρα στους τερματικούς σταθμούς LNG, είναι η επαναεριοποίηση. Η παγκόσμια ικανότητα επαναεριοποίησης αυξήθηκε το περασμένο έτος και άγγιξε το νούμερο των 821 ΜΤΡΑ, τον Φεβρουάριο του 2020. Με μια επέκταση της τάξεως των 23,4 ΜΤΡΑ το 2019 θεωρείται το δεύτερο διαδοχικό έτος όπου η ικανότητα επαναεριοποίησης υπεραντισταθμίστηκε από την αύξηση της ικανότητας υγροποίησης.

Επίσης, το 2019, έξι (6) νέοι τερματικοί σταθμοί ξεκίνησαν να εισάγουν μεγάλα φορτία ΥΦΑ ενώ παράλληλα ολοκληρώθηκαν έργα επέκτασης σε τρεις ήδη υπάρχοντες. Ένα σημαντικό μερίδιο της επαναεριοποίησης αποτελούν οι προσθήκες δυναμικότητας που σημειώθηκαν σε περιοχές της Ασίας, συνεισφέροντας περίπου 14,2 ΜΤΡΑ σε δυνατότητες παραλαβής του ΥΦΑ, επιβεβαιώνοντας έτσι το καθεστώς των περιοχών αυτών ως πηγή αύξησης της ζήτησης. Ειδικότερα η Ινδία αύξησε την δυναμικότητα επαναεριοποίησης του ΥΦΑ, με την κατασκευή τερματικών σταθμών, αλλά και επέκταση των ήδη υπάρχοντων, ύψους 7,5 ΜΤΡΑ.

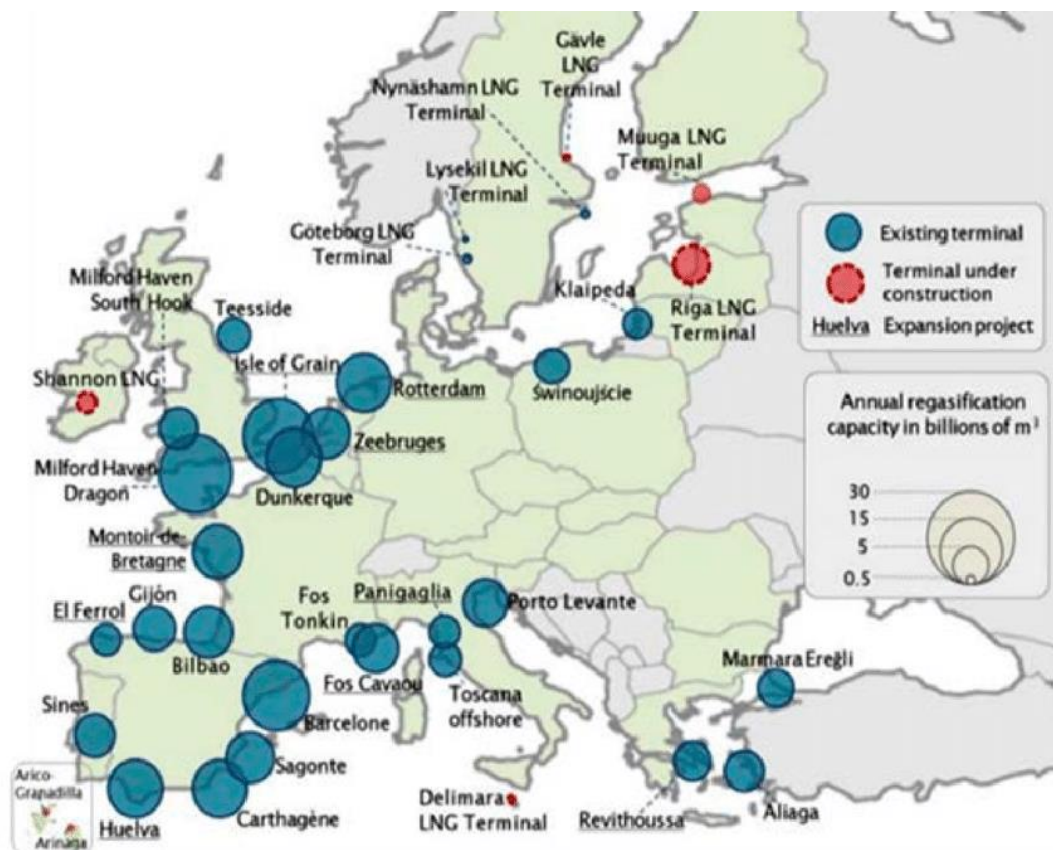
Από τον Φεβρουάριο του 2020, 37 αγορές είναι πλέον εξοπλισμένες με δυνατότητες παραλαβής ΥΦΑ. Με την αύξηση του παγκοσμίου εμπορίου του υγροποιημένου φυσικού αερίου, αναμένεται και αντίστοιχη αύξηση της δυναμικότητας επαναεριοποίησης και σε νέες αγορές, που βιώνουν έξαρση στη ζήτηση του φυσικού αερίου.

Επιπλέον, από τον προηγούμενο Φεβρουάριο (2020) νέες μονάδες επαναεριοποίησης ήταν υπό κατασκευή, συμπεριλαμβανομένων 14 νέων χερσαίων τερματικών σταθμών και 12 πλωτών σταθμών αποθήκευσης. Παράλληλα γίνονται έργα επέκτασης σε υφιστάμενους σταθμούς υποδοχής. Μέχρι το τέλος του 2020, 47,1 ΜΤΡΑ της δυναμικότητας επαναεριοποίησης πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία και θα μπορούσε να περιλαμβάνει νέους εισαγωγείς όπως η Γκάνα.

Τα τελευταία χρόνια η εισαγωγές ΥΦΑ στην Ευρώπη μειώθηκαν, λόγω της αύξησης της ζήτησής του στην Ασία. Κύριες αγορές εισαγωγής είναι η Ιαπωνία, η Κίνα και η Ινδία. Στην Ευρώπη, σύμφωνα με στοιχεία του 2016, οι χώρες με τη μεγαλύτερη εισαγωγή σε όγκο ΥΦΑ ήταν η Ισπανία (27%), η Μεγάλη Βρετανία (20%), η Γαλλία

(18%), η Ιταλία (12%), οι Πορτογαλία και Βέλγιο (4%) και η Ολλανδία με την Ελλάδα (από 1%).

Τα στοιχεία αυτά δεν έχουν διαφοροποιηθεί σε σημαντικό βαθμό. Από την υποδομή αερίου της Ευρώπης (GIE- Gas Infrastructure Europe), υπήρχαν 29 σταθμοί σε λειτουργία και 7 υπό κατασκευή. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε το υφιστάμενο και προγραμματισμένο δίκτυο ανεφοδιασμού στην Ευρώπη (Calderón, Illing, & Veiga, 2016)



Εικόνα 2.2. Υφιστάμενο και προγραμματισμένο δίκτυο ανεφοδιασμού ΥΦΑ στην Ευρώπη.

πηγή (Gas in Focus, 2021).

Από την εικόνα παρατηρούμε πως η προσβασιμότητα της χώρα μας σε ΥΦΑ είναι μέτρια. Αυτό είναι ένα γεγονός που ο ΔΕΣΦΑ μπορεί να εκμεταλλευτεί στην ανερχόμενη αγορά του ΥΦΑ.

Σύμφωνα με επιπλέον στοιχεία της υποδομής αερίου της Ευρώπης (GIE- Gas Infrastructure Europe), έντονη κινητικότητα παρατηρείται στον τομέα της διαχείρισης του ΥΦΑ στη Βρετανία, την Ισπανία, τη Νορβηγία και τη Γερμανία (Dorigoni & Portatadino, 2017). Το κόστος της επένδυσης για ένα εργοστάσιο υγροποίησης είναι πολύ μεγάλο και ως συνέπεια οι τερματικοί σταθμοί είναι περισσότεροι. Από σταθμό σε σταθμό διαφέρουν οι υπηρεσίες που παρέχονται στην αλυσίδα του ΥΦΑ, αν και η συνηθέστερη είναι ο ανεφοδιασμός από τον τερματικό και η μεταφορά μέσω βυτιοφόρων.

Τέλος η ύπαρξη δορυφορικών σταθμών αποθήκευσης του ΥΦΑ, μικρότερης χωρητικότητας όμως, εντοπίζεται κυρίως στην Ισπανία και τη Νορβηγία και λιγότερο στο Ηνωμένο Βασίλειο. Οι χώρες αυτές έχουν αρκετά ανεπτυγμένο δίκτυο μεταφορών με βυτιοφόρα φορητά και οι συγκεκριμένοι σταθμοί είναι απαραίτητοι για τέτοια δίκτυα, τόσο για ανεφοδιασμό όσο και για ενδιάμεση αποθήκευση.

Στους πίνακες 2.1. , 2.2. , 2.3. , 2.4. , 2.5. & 2.6. που ακολουθούν παρουσιάζονται οι τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ στις ηπείρους της Ευρώπης, Ασίας, Αφρικής, Ωκεανίας και Αμερικής.

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Ευρώπη

Country	Port Name	Company	Start up
Finland (Im)	Pori	Skangas	2016
Finland (Im)	Tornio	Outokumpu, SSAB, Sangas, EPV Energia	2019
Norway (Ex)	Snohvit	Equinor	2007
Norway (Im)	Fredrikstad	GASUM	2011
Norway (Im)	Mosjoen	GASNOR	2007

Russia (Ex)	Vysotsk LNG	CryoGas Vysotsk	2019
Russia (Ex)	Yamal T1-T3	Yamal LNG	2017
Sweden (Im)	Lysekil	Gasum	2014
Sweden (Im)	Nynashamn	AGA Gas	2011
Belgium (Im)	Zeebrugge	Fluxys	1987
Greece (Im)	Revithousa	ΔΕΠΑ	1999
France (Im)	Fos Cavaou	Fosmax LNG	2010
France (Im)	Fos Tonkin	Elengy	1972
France (Im)	Montoin de Bretagne	Elengy	1980
France (Im)	Dunkerque LNG	Dunkerque LNG	2016
Italy (Im)	Toscana FSRU	Adriatic LNG	2013
Italy (Im)	Panigaglia	GNL Italia	1971
Italy (Im)	Adriatic LNG	Adriatic LNG	2009
Lithuania (Im)	Klaipeda Hoegh Independence FSRU	Hoegh LNG	2014
Malta (Im)	Delimara Armada Mediterrana LNG	Reganosa	2017
Netherlands (Im)	Gate	Gate terminal	2011
Poland (Im)	Swinoujscie	Polskie LNG	2016

Portugal (Im)	Sines	Ren Atlantico	2004
Spain (Im)	Barcelona	1968	Enagas
Spain (Im)	Bilbao	2003	BBG
Spain (Im)	Cartagena	1989	Enagas
Spain (Im)	El Musel	2013	Enagas
Spain (Im)	Huelva	1988	Enagas
Spain (Im)	Mugardos	2007	Reganosa
Spain (Im)	Sagunto	2006	Saggas
United Kingdom (Im)	Dragon	2009	Dragon LNG
United Kingdom (Im)	Isle of Grain	2005	Grain LNG
United Kingdom (Im)	South Hook	2009	South Hook LNG
United Kingdom (Im)	Teesside Gasport	2007	Excelerate Energy
Turkey (Im)	Izmir Aliaga	2006	Egegaz
Turkey (Im)	Etki (Offshore) Hoegh Neptune FSRU	2016	Pardus Energy
Turkey (Im)	Dortyol (Offshore) MOL FSRU	2018	MOL
Turkey (Im)	Marmara Ereğlisi	1994	Botas

Πηγή (GIIGNL, 2021).

Η Ευρώπη εισάγει το μεγαλύτερο ποσοστό του φυσικού αερίου που καταναλώνει γι' αυτό και οι εισαγωγές ΥΦΑ αποτελούν σημαντικό κομμάτι στον

ανεφοδιασμό της. Πολλές χώρες έχουν επενδύσει μεγάλα χρηματικά ποσά για την κατασκευή τερματικών σταθμών ΥΦΑ, με την οικονομική υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Οι σταθμοί αυτοί θα αποθηκεύουν και θα αεριοποιούν κατά μήκος των ακτών της Ευρώπης το ΥΦΑ και εν συνεχεία θα το διοχετεύουν με το κατάλληλο δίκτυο προς την υπόλοιπη ήπειρο. Εκτός από τους υπάρχοντες σταθμούς ΥΦΑ, είναι σε διαδικασία κατασκευής νέοι σταθμοί αλλά και στο στάδιο του σχεδιασμού κάποιοι άλλοι. Η πλειοψηφία των σταθμών αυτών αεριοποιούν το ΥΦΑ, με εξαίρεση τους σταθμούς σε Νορβηγία και Ρωσία, όπου υγροποιείται το φυσικό αέριο και εξάγεται σε μορφή ΥΦΑ.

Αποδεδειγμένα η αφρικανική ήπειρος είναι ζωτικής σημασίας για την παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου. Χρόνιο πρόβλημα όμως στις χώρες της Αφρικής είναι η εξαγωγή των προϊόντων αυτών, λόγω πολιτικής διαφθοράς και αστάθειας, όπως και η μεταφορά τους αφού οι αγωγοί υπόκεινται συχνά σε βανδαλισμούς και χρειάζονται ισχυρή και κοστοβόρα ασφάλεια. Με την εξάπλωση της μεταφοράς του φυσικού αερίου σε μορφή ΥΦΑ, η Αφρική έγινε η πρώτη επιλογή για εξαγωγή αερίου. (πίνακας 2.2.)

Πίνακας 2.2. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Αφρική

Country	Port Name	Company	Start up
Angola (Ex)	Angola LNG	Angola LNG	2013
Nigeria (Ex)	NLNG T1-T6	NLNG	1999
Egypt (Ex)	Idku T1	Egyptian LNG	2005
Egypt (Ex)	Idku T2	Egyptian LNG	2005
Egypt (Ex)	Sumed	BW	2015

Republic of Equatorial Guinea (Ex)	EG LNG	EG LNG	2007
Algeria (Ex)	Arzew GL1Z T1-T6	Sonatrach	1978
Algeria (Ex)	Arzew GL2Z T1-T6	Sonatrach	1981
Algeria (Ex)	Arzew GL3Z	Sonatrach	2014
Algeria (Ex)	Skikda GL1K	Sonatrach	2013
Cameroon (Ex)	Kribi FLNG	Colar LNG	2018

Πηγή (GIIGNL, 2021).

Κατασκευάστηκαν έτσι πολλές εγκαταστάσεις, ενώ επίσης σχεδιάζονται ακόμη περισσότερες σε χώρες όπως η Μοζαμβίκη και η Τανζανία, οι οποίες έχουν μεγάλα κοιτάσματα (Stokelwalker, 2011). Γνωστό είναι επίσης το πρόβλημα ηλεκτροδότησης που αντιμετωπίζουν οι χώρες της Αφρικής. Με το φυσικό αέριο αναμένεται να λυθεί ένα μεγάλο μέρος του προβλήματος αυτού, μέσω της εγχώριας παραγωγής και των εισαγωγών ΥΦΑ σε συνδυασμό με τις ΑΠΕ (Fulwood, 2019). (πίνακας 2.3.)

Πίνακας 2.3. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Ασία.

Country	Port Name	Company	Start up
China (Im)	Beihai	Sinopec	2016
China (Im)	Chennan	Petrochina	2014
China (Im)	Dapeng	GDLNG	2006
China (Im)	Diefu	CNOOC	2018
China (Im)	Putian	CNOOC	2008

China (Im)	Rudong	Petrochina	2011
China (Im)	Tianjin	Sinopec	2018
China (Im)	Zhuhai	CNOOC	2013
India (Im)	Dahej	Petronet LNG	2004
India (Im)	Ennore	Indian Oil Corporation	2019
India (Im)	Kochi	Petronet LNG	2013
Indonesia (Im)	Lampung LNG (FSRU)	Hoegh LNG	2014
Indonesia (Im)	Benoa (FSRU)	Pelindo Energi Logistik (PEL)	2016
Indonesia (Ex)	Tanggung T1-T2	Tanggung LNG	2009
Indonesia (Ex)	Donggi - Senoro	PT Donggi – Senoro LNG	2015
Japan (Im)	Chita	Chita LNG	1983
Japan (Im)	Futtsu	Jera	1985
Japan (Im)	Habiki	Habiki LNG	2014
Japan (Im)	Hitachi	Tokyo Gas	2016
Japan (Im)	Ishikari	Hokkaido Gas	2012
Japan (Im)	Kawagoe	Jera	1997
Japan (Im)	Naoetsu	INPEX Corporation	2013

Japan (Im)	Negishi	Tokyo Gas	1969
Japan (Im)	Sodeshi	Shimizu LNG	1996
Japan (Im)	Soma	Japex	2018
Japan (Im)	Toyama Shinko	Hokuriku Electric	2018
Japan (Im)	Yoshinoura	Okinawa Electric	2012
Malaysia (Im)	Pengerang	Petronas Gas	2017
Malaysia (Ex)	MLNG 1 Satu	Petronas Gas	1983
Malaysia (Ex)	MLNG 2 Dua	Petronas Gas	1995
Malaysia (Ex)	MLNG 3 Tiga	Petronas Gas	2003
Malaysia (Ex)	MLNG T9	Petronas Gas	2016
Malaysia (Ex)	PFLNG Satu (FLNG)	Petronas Gas	2017
Pakistan (Im)	Port Qasim GasPort (FSRU)	Pakistan GasPort Consortium	2017
Singapore (Im)	Jurong	SLNG	2013
South Korea (Im)	Boryeong	Boryeong LNG	2016
South Korea (Im)	Samcheok	KOGAS	2014
South Korea (Im)	Jeju	KOGAS	2019
Taiwan (Im)	Taichung	CPC	2009
Taiwan (Im)	Yung- An	CPC	1990
Thailand (Im)	Map Ta Phut	PTT LNG	2011

Oman (Ex)	Oman T1-T2	Oman LNG	2000
Oman (Ex)	Qalhat	Oman LNG	2005
Qatar (Ex)	Qatargas I T1-T3	QuatarGas Operating Company	1996
Qatar (Ex)	Qatargas II T1-T2	QuatarGas Operating Company	2009
Qatar (Ex)	Qatargas III	QuatarGas Operating Company	2010
Qatar (Ex)	Qatargas IV	QuatarGas Operating Company	2011
Qatar (Ex)	Rasgas I T1-T2	QuatarGas Operating Company	1999
Qatar (Ex)	Rasgas II T1-T3	QuatarGas Operating Company	2004
Qatar (Ex)	Rasgas III T1-T2	QuatarGas Operating Company	2009
United Arab Emirates (Im)	Das Island T1-T3	ADNOC LNG	1977

United Arab Emirates (Im)	Jebel Ali (FSRU)	Excelerate Energy	2010
United Arab Emirates (Im)	Ruwais	Excelerate Energy	2016
Brunei (Ex)	Brunei T1-T5	Brunei LNG	1973
Israel (Im)	Hadera (FSRU)	Excelerate Energy	2013
Jordan (Im)	Aqaba (FSRU)	GOLAR	2015
Kuwait (Im)	Mina Al Ahmadi (FSRU)	GOLAR	2014

Πηγή (GIIGNL, 2021).

Όπως προαναφέρθηκε, η Ασία είναι κυρίαρχη στις εισαγωγές ΥΦΑ και οι χώρες της υπογράφουν συμβόλαια μεγάλης διάρκειας με τους αντίστοιχους προμηθευτές τους. Παραδείγματα αποτελούν οι χώρες σαν την Ιαπωνία (33 σταθμοί), την Κίνα (18 σταθμοί), την Νότια Κορέα και το Κατάρ (7 σταθμούς η κάθε χώρα) αλλά και την Ινδία (6 σταθμοί). Παρατηρούμε πως οι συγκεκριμένες χώρες βρίσκονται κυρίως κατά μήκος της ακτογραμμής της Ασίας. Οι εξαγωγές και η παραγωγή από τα κράτη που βρίσκονται «εγχώρια» της ηπείρου δεν είναι μεγάλη και εντοπίζονται σε Μαλαισία, Ινδονησία και Μπρουνέι.

Στη Δ. Ασία παρατηρούμε το εξής γεγονός. Οι χώρες που την απαρτίζουν αποτελούν τους μεγαλύτερους παραγωγούς πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η μεγάλη ανάπτυξη της βιομηχανίας και της οικονομίας των χωρών δημιούργησε νέες ενεργειακές ανάγκες που αναπληρώθηκαν μόνο από το φυσικό αέριο. Για να καλυφθεί αυτό το κενό που υπάρχει ανάμεσα στην προσφορά και τη ζήτηση, οδηγήθηκαν οι χώρες αυτές στη λύση της εισαγωγής ΥΦΑ, αφού η κατασκευή αγωγών είναι χρονοβόρα λόγω πολιτικών συνθηκών. (Chennoufi, 2018)

Από τον Πίνακα 2.4. παρατηρούμε ότι η χώρα που πρωτοστατεί στον αριθμό των σταθμών ΥΦΑ στην Ωκεανία, είναι η Αυστραλία. Τα επόμενα χρόνια αναμένεται

να δημιουργηθούν ακόμα περισσότεροι σταθμοί, αφού οι εξαγωγές ΥΦΑ στην Αυστραλία έχουν αυξηθεί ραγδαία και αναμένεται να ξεπεράσει ακόμη και το Κατάρ. Στον τομέα της αεριοποίησης δεν υπάρχουν κατάλληλες εγκαταστάσεις και υποδομές, όμως σχεδιάζεται η ανέγερση ενός πλωτού σταθμού στο λιμάνι Kembala που βρίσκεται στις ανατολικές ακτές της Αυστραλίας (GIIGNL, 2021). (πίνακας 2.4.)

Πίνακας 2.4. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Ωκεανία,

Country	Port Name	Company	Start up
Australia (Ex)	NWS T1-T5	Woodside	1989
Australia (Ex)	Darwin	Santos	2006
Australia (Ex)	Pluto	Woodside	2012
Australia (Ex)	QCLNG T1	Shell	2015
Australia (Ex)	QCLNG T2	Shell	2015
Australia (Ex)	GLNG T1-T2	Santos	2015
Australia (Ex)	APLNG T1	Australia Pacific LNG	2016
Australia (Ex)	APLNG T2	Australia Pacific LNG	2016
Australia (Ex)	Gorgon T1-T3	Chevron	2016
Australia (Ex)	Wheatstone T1-T2	Chevron	2017
Australia (Ex)	Ichthys T1-T2	INPEX	2018
Australia (Ex)	Prelude FLNG	Shell	2019
Papua New Guinea (Ex)	PNG LNG T1-T2	PNG LNG	2014

πηγή GIIGNL Annual Report 2020.

Οι ποσότητες φυσικού αερίου που παράγονται στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής είναι αρκετά μεγάλες και ολοένα αυξάνονται. Αντίστοιχα αυτό συμβαίνει και με τις εξαγωγές ΥΦΑ, γεγονός που τοποθετεί τις ΗΠΑ στην τρίτη θέση παγκοσμίως μετά το Κατάρ και την Αυστραλία. Τα τελευταία χρόνια λοιπόν υπήρξε η ανάγκη για κατασκευή νέων σταθμών υγροποίησης, ώστε να προωθηθούν οι εξαγωγές. Όμως οι ΗΠΑ οδηγούνται και σε εισαγωγές ΥΦΑ για να καταφέρουν να φέρουν σε μια ισορροπία την εγχώρια προσφορά και ζήτηση. (πίνακας 2.5.)

Πίνακας 2.5. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Βόρεια Αμερική

Country	Port Name	Company	Start up
USA (Ex)	Cameron LNG T1	Cameron LNG	2019
USA (Ex)	Corpus Christi T1- T2	Cheniere	2018
USA (Ex)	Cove Point	Dominion Energy Cove Point LNG	2018
USA (Ex)	Elba Island	Southern LNG	2019
USA (Ex)	Freeport LNG T1	Freeport LNG	2019
USA (Ex)	Sabine Pass t1-t5	Cheniere	2016
USA (Ex) (Alaska)	Kenai	Andeavour	1969
Canada (Im)	Canaport LNG	Canaport LNG	2009
Dominican Republic (Im)	Andres	AES	2003
Jamaica (Im)	Montego Bay	New Fortress Energy	2006

Jamaica (Im)	Old Harbour Golar Freeze (FSRU)	New Fortress Energy	2019
Mexico (Im)	Altamira	Terminal de LNG de Altamira	2006
Mexico (Im)	Energia Costa Azul	IEnova	2008
Mexico (Im)	Manzanillo	Terminal KMS	2012
Panama (Im)	Costa Notre	AES	2018
Puerto Rico (Im)	Penuelas	Eco Electrica	2000
USA (Im)	Cameron LNG	Cameron LNG	2009
USA (Im)	Cove Point	Dominion Energy Cove Point LNG	1978
USA (Im)	Elba Island	Southern LNG	1978
USA (Im)	Everett	Exelon	1971
USA (Im)	Freeport LNG	Freeport LNG Development	2008
USA (Im)	Golden Pass	Golden Pass LNG	2010
USA (Im)	Gulf LNG	Gulf LNG Energy	2011
USA (Im)	Lake Charles	Lake Charles LNG	1982
USA (Im)	Northeast Gateway	Excelerate Energy	2008
USA (Im)	Sabine Pass	Cheniere	2008

Πηγή (GIIGNL, 2021).

Ο Καναδάς θεωρείται επίσης μεγάλος παραγωγός ενέργειας αλλά οι εξαγωγές του περιορίζονται μόνο στις ΗΠΑ μέσω αγωγών. Διαθέτει και έναν μόνο σταθμό αεριοποίησης ΥΦΑ για την κάλυψη των εσωτερικών αναγκών ενέργειας, κυρίως τους χειμερινούς μήνες.

Τέλος, η χώρα του Μεξικό βασίζεται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών κυρίως από τις ΗΠΑ, παρά από την εσωτερική παραγωγή. (πίνακας 2.6.)

Πίνακας 2.6. Χαρακτηριστικά τερματικών σταθμών ΥΦΑ στην Νότια Αμερική

Country	Port Name	Company	Start up
Argentina (Ex)	Tango FLNG	Exmar	2019
Argentina (Im)	GNL Escobar (FSRU)	YPF	2011
Peru (Ex)	Peru	Hunt Oil	2010
Brazil (Im)	Bahia Golar Winter (FSRU)	Petrobras	2013
Brazil (Im)	Pecem Excelerate Experience (FSRU)	Excelerate Energy	2009
Chile (Im)	Mejillones	GNLM	2010
Chile (Im)	Quintero	GNL Quintero	2009
Colombia (Im)	Cartagena Hoegh Grace (FSRU)	Hoegh LNG	2016

Πηγή : GIIGNL, 2021

Στη Νότια Αμερική λόγω των πολιτικών ταραχών μεταξύ των κρατών η εμπορική δραστηριότητα στον τομέα της ενέργειας δεν έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό. Η εξαγωγές είναι λίγες με μόλις δυο σταθμούς υγροποίησης, ενώ το ίδιο συμβαίνει και στις εισαγωγές ΥΦΑ.

2.3 Τερματικοί σταθμοί εισαγωγής υγροποιημένου φυσικού αερίου

Οι κυριότερες λειτουργίες των τερματικών σταθμών είναι η αποθήκευση και η επαναεριοποίηση του ΥΦΑ. Οι σταθμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες.

- Η πρώτη κατηγορία είναι οι χερσαίοι σταθμοί (on-shore) ή παράκτιοι σταθμοί. Κατασκευάζονται κατά μήκος της ακτογραμμής και διαθέτουν υποδομές (προβλήτες) για είσοδο και παραμονή των πλοίων μεταφοράς LNG, αλλά και αγωγούς για μεταφορά του φυσικού αερίου στους καταναλωτές.



Εικόνα 2.3. Τερματικός σταθμός ΥΦΑ στη Βαρκελώνη,

Πηγή (IGU, 2020).

- Η δεύτερη κατηγορία είναι οι πλωτοί ή υπεράκτιοι σταθμοί (FSRU - Floating Storage & Regasification Units). Στη συγκεκριμένη κατηγορία ανήκουν ουσιαστικά τα πλοία μεταφοράς ΥΦΑ τα οποία έχουν υποστεί ορισμένες κατασκευαστικές μετατροπές και εκτός από μονάδες αποθήκευσης, διαθέτουν και αντίστοιχες επαναεριοποίησης. Ακόμη, έχουν βραχίονες για την εκφόρτωση/φόρτωση του ΥΦΑ αλλά και αγωγούς για τη διοχέτευση φυσικού αερίου στη στεριά.



Εικόνα 2.4. Πλωτός/υπεράκτιος σταθμός ανεφοδιασμού ΥΦΑ

Πηγή (GIIGNL, 2021).

2.3.1 Κατηγοριοποίηση τερματικών σταθμών LNG.

Οι τερματικοί σταθμοί ΥΦΑ κατηγοριοποιούνται σε μεγάλης, μεσαίας και μικρής κλίμακας. Ακολουθεί ο Πίνακας 1.7. που μας δείχνει συνοπτικά τον τρόπο κατηγοριοποίησης των τερματικών σταθμών.

Πίνακας 2.7. Κατηγοριοποίηση σταθμών LNG,

Δραστηριότητα	Μεγάλη Κλίμακα	Μεσαία Κλίμακα	Μικρή Κλίμακα
Χωρητικότητα αποθήκευσης ΥΦΑ στην ξηρά	Τερματικός σταθμός $\geq 100.000 \text{ m}^3$	Ενδιάμεσος τερματικός σταθμός $10.000-100.000 \text{ m}^3$	Ενδιάμεσος τερματικός σταθμός $\leq 10.000 \text{ m}^3$
Μέγεθος πλοίου – χωρητικότητα σε ΥΦΑ	Βυτιοφόρα $100.00-270.000 \text{ m}^3$	Πλοία τροφοδοσίας $10.000-100.000 \text{ m}^3$	Πλοία ανεφοδιασμού $1.000-10.000 \text{ m}^3$

			Φορτηγίδες ανεφοδιασμού 200-1.000 m ³
Φορτηγά			40-80 m ³

Πηγή: (Danish Maritime Authority, 2012).

Ακολουθεί πιο αναλυτική προσέγγιση του Πίνακα 2.7.

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).

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 φορτηγών 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 τραίνων και φορτηγών 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.



**Εικόνα 2.5. Μικρός τερματικός σταθμός ΥΦΑ,
πηγή (Linde Engineering, 2021).**

2.4 Ανάλυση κόστους κατασκευής χερσαίων και πλωτών τερματικών σταθμών.

Οι δύο κατηγορίες τερματικών σταθμών που αναφέρθηκαν προηγουμένως (πλωτοί, χερσαίοι) έχουν ομοιότητες αλλά και ορισμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συγκρίνοντας τους μεταξύ τους. Οι ομοιότητες αφορούν κυρίως τον σκοπό δημιουργίας τους, καθώς οι τερματικοί σταθμοί, ανεξαρτήτως κατηγορίας, αποθηκεύουν και αεριοποιούν το LNG μέσω των υποδομών που διαθέτουν. Οι διαφορές τους όμως εντοπίζονται στα οφέλη που προσφέρουν ανάλογα την αγορά που εξυπηρετούν.

Ξεκινώντας οι χερσαίοι τερματικοί σταθμοί αποτελούν μια πιο μόνιμη λύση προσφέροντας μακροχρόνια ασφάλεια στην ενεργειακή προμήθεια. Παράλληλα, έχουν μεγαλύτερη ικανότητα για αποθήκευση και αεριοποίηση, χαρακτηριστικό πλεονέκτημα των χερσαίων σταθμών μεγάλης κλίμακας. Επίσης, δίνουν τη δυνατότητα για επέκταση στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Ρεβουθούσα, όπου υπάρχουν σχέδια για κατασκευή μικρής κλίμακας σταθμό. Τέλος, η ασφάλεια στους σταθμούς αυτούς είναι πιο υψηλή και τα μακροπρόθεσμα συμβόλαια αγοράς LNG πολύ χαμηλότερα. Φυσικά απαιτούν την αγορά γης για τη δημιουργία των εγκαταστάσεων (πχ λιμενικές εγκαταστάσεις).

Από την άλλη, οι πλωτοί τερματικοί σταθμοί, τοποθετούνται εύκολα κοντά στο σημείο κατανάλωσης. Επίσης, δεν απαιτούν την εξαγορά γης και μάλιστα προσφέρουν την επιλογή της ενοικίασης με χαμηλά βραχυπρόθεσμα συμβόλαια αγοράς LNG. Αντιθέτως, δεν μπορεί να γίνει καμία επέκτασή τους αφού έχουν περιορισμένο χώρο. Αυτό το γεγονός οδηγεί και στην περιορισμένη αποθήκευση ΥΦΑ. Επιπλέον, υπόκεινται σε τακτικούς ελέγχους και ταυτόχρονα πρέπει να είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά τα ακραία καιρικά φαινόμενα. Παρόλο τα μειονεκτήματα τους, οι πλωτοί σταθμοί είναι μια λύση αρκετά γρηγορότερη σε σχέση με τους τερματικούς και παράλληλα σε περιόδους ακμής εξυπηρετούν στην αποθήκευση περιορισμένου φορτίου ΥΦΑ (Enagas, 2016).

Οι σταθμοί μεταξύ τους διαφέρουν και στο χρόνο κατασκευής τους. Ένας χερσαίος για παράδειγμα, έχει μέσο χρόνο παράδοσης τους 36-40 μήνες και είναι άμεσα

εξαρτημένος από τη διάρκεια κατασκευής των υποδομών για αποθήκευση. Ένα FSRU που ξεκινάει για κατασκευή από μηδενική βάση χρειάζεται 36-37 μήνες, ενώ για κατασκευαστικές αλλαγές ενός ήδη υπάρχοντος χρειάζονται 18-24 μήνες.

Το ύψος του κεφαλαίου που απαιτείται (κεφαλαιακό κόστος- CAPEX: Capital Expense) για την κατασκευή ενός πλωτού σταθμού είναι μόλις το 60% του κόστους κατασκευής ενός χερσαίου. Η κατασκευή ενός χερσαίου σταθμού με μια δεξαμενή αποθήκευσης ξεκινάει από \$ 700 εκ. και μπορεί να φτάσει ως και \$ 1,5 δις. ανάλογα την περιοχή και τα κόστη κατασκευής. Η αντίστοιχη περίπτωση σε ένα FSRU ξεκινάει από \$ 300 εκ.

Στο FSRU το βασικό έξοδο αποτελεί το σκάφος. Αυτό μπορεί είτε να κατασκευαστεί από την αρχή, είτε να γίνουν κατασκευαστικές αλλαγές ενός ήδη υπάρχοντος δεξαμενόπλοιου. Το κόστος ενός νέου σκάφους χωρητικότητας 180.000 m³ κυμαίνεται μεταξύ \$ 240 έως \$ 280 εκ. Η μετατροπή ενός υπάρχοντος σκάφους κοστίζει περίπου \$ 80 εκ., στο οποίο προστίθεται και το κόστος αγοράς του που κυμαίνεται σε \$ 150 εκ. Το κόστος για τα μετατροπές αφορά κυρίως όλες τις υποδομές του πλωτού σταθμού, όπως οι δεξαμενές αποθήκευσης και αεριοποίησης. Τα κόστη λόγω του αυξημένου ανταγωνισμού αρχίζουν και μειώνονται. Οι παράκτιες εγκαταστάσεις εξαρτώνται από την τοποθεσία κατασκευής, τις υποδομές των λιμένων και το μήκος των αγωγών που θα ενωθούν με το FSRU. Το κόστος ανέρχεται στα \$ 50-100 εκ. (Songhurst, 2017).

Τέλος πρέπει να συνυπολογίσουμε στα έξοδα και τα κόστη του ιδιοκτήτη. Αυτά περιλαμβάνουν τις υποστηρικτικές υπηρεσίες σε όλο το έργο. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν οι εργολάβοι, οι σύμβουλοι, οι ασφάλειες, οι φόροι και οι δικηγόροι.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η ανάλυση κόστους ενός σταθμού υποδοχής ΥΦΑ ετήσιας δυναμικότητας αεριοποίησης τα 3 ΜΤΡΑ και μια δεξαμενή χωρητικότητας 180.000 m³. Στην πρώτη περίπτωση είναι χερσαίος και στην δεύτερη είναι ένα FSRU, το οποίο δεν μισθώνεται αλλά κατασκευάζεται από την αρχή.

3 ΜΤΡΑ, ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ 180.000 m³		
	§ ΕΚ.	
Εγκαταστάσεις	Χερσαίος	FSRU
Προβλήτα	80	80
Βραχίονες εκφόρτωσης	100	-
Δεξαμενή αποθήκευσης	180	Εντός FSRU
Σκάφος FSRU	Δεν έχει	250
Εγκαταστάσεις επεξεργασίας	100	Εντός FSRU
Βοηθητικές υπηρεσίες	60	Εντός FSRU
Χερσαίες υποδομές	-	30
CAPEX	520	360
Έκτακτα έξοδα	(30%) 156	(10%) 36
Κόστη ιδιοκτήτη	74	54
Συνολικό CAPEX	750	450

Πηγή: (Songhurst, 2017)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΠΑΡΟΥΣΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΥΦΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

3.1 Η σημασία στην ελληνική αγορά ενέργειας.

Στην Ελλάδα ο οργανισμός που έχει τα αποκλειστικά δικαιώματα στη λειτουργία, την ανάπτυξη και τη διαχείριση του φυσικού και του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι ο ΔΕΣΦΑ (Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου). Ιδρύθηκε το 2007 ως θυγατρική της ΔΕΠΑ (Δημόσια Επιχείρηση Αερίου), η οποία ολοκλήρωσε την κατασκευή του σταθμού ΥΦΑ στη Ρεβυθούσα, συμπεριλαμβανομένου και των υποθαλάσσιων αγωγών. Ο στόχος της εταιρείας είναι η σταδιακή εδραίωση της σε τομείς όπως η διαχείριση του φυσικού αερίου και η ανάδειξη της Ελλάδας ως έναν αξιόπιστο κόμβο μεταφοράς και εμπορίας φυσικού και υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΔΕΣΦΑ, 2020).

Στην ελληνική αγορά ενέργειας ο οργανισμός του ΔΕΣΦΑ διαδραματίζει έναν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο. Οι επενδύσεις του αφορούν κυρίως την διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας της Ελλάδας και γενικότερα της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, αφού οι επιλογές προμήθειας είναι ελάχιστες και υπάρχει ανάγκη για απεξάρτηση από το ρωσικό φυσικό αέριο.

Η Ελλάδα πλέον οδηγείτε στο να γίνει κεντρικό σημείο ενέργειας στην περιοχή της μεσογείου, ιδιαίτερα μετά την εγκατάσταση της τρίτης δεξαμενής υγροποιημένου φυσικού αερίου στη Ρεβυθούσα, όπου αύξησε τη συνολική δυναμικότητα του εν λόγω σταθμού. Μάλιστα στο πλάνο που υπάρχει για την επόμενη δεκαετία, ο οργανισμός έχει σκοπό να παρέχει αέριο στο νησί της Κρήτης και σε ορισμένα νησιά των Κυκλάδων.

Βαθύτερος στόχος του ΔΕΣΦΑ είναι η ενεργειακή μετάβαση της χώρας σε νέες μορφές ενέργειας, με σκοπό την σταδιακή απελευθέρωση από τον λιγνίτη. Επιπλέον, με τη συνεχή βελτίωση των υποδομών και των τεχνολογιών παράλληλα με την ολοκλήρωση ολοένα και περισσότερων έργων θα δημιουργηθούν συνθήκες μεγαλύτερου ανταγωνισμού (ΔΕΣΦΑ, 2020).

Παρακάτω στην εικόνα 3.1 παρουσιάζεται η τοποθεσία του σταθμού της Ρεβυθούσας, αλλά και το δίκτυο μεταφοράς φυσικού αερίου της Ελλάδας.



Εικόνα 3.1. Ο τερματικός σταθμός της Ρεβυθούσας και το εθνικό σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου,

Πηγή : (ΔΕΣΦΑ, 2020).

Το δίκτυο μεταφοράς Φυσικού Αερίου καθώς επίσης και οι δυνατότητες φορτοεκφόρτωσης από τους τερματικούς σταθμούς στην Ελλάδα, χρήζει επέκτασης ιδίως εάν ληφθεί υπόψιν ο μεγάλος αριθμός νησιών, και η Δυτική Ελλάδα η οποία με βάση το υφιστάμενο δίκτυο δεν διαθέτει πρόσβαση σε υποδομές φυσικού αερίου.

Παράλληλα υφίσταται προγραμματισμός τόσο για την διεύρυνση του δικτύου, όσο και για την εκμετάλλευση των ελληνικών κοιτασμάτων στα δυτικά της χώρας, και νοτίως της Κρήτης, όπου εκτιμάται πως οι δυνατότητες παραγωγής φυσικού αερίου, αποτελούν οικονομικά βιώσιμες και χρίζουν περαιτέρω διερεύνησης (IENE, 2018).

3.1.1 Οικονομική σημασία.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, η Ελλάδα αποτελεί κομβικής σημασίας περιοχή για την τροφοδότηση της ΕΕ με φυσικό αέριο και άλλα προϊόντα, τα οποία προέρχονται από την Μέση Ανατολή, την Ανατολική Αφρική και την ΝΑ Ασία, καθώς διαθέτει μία από τις πλέον προνομιακές γεωγραφικές θέσεις στην Αν. Μεσόγειο, τόσο λόγω των υποδομών ελλιμενισμού, όσο και της εδαφικής σύνδεσης με την ηπειρωτική Ευρώπη. Ως αποτέλεσμα η αποδοτική λειτουργία του δικτύου διανομής φυσικού αερίου, σε συνδυασμό με την υλοποίηση των σχεδιαζόμενων επεκτάσεων του δικτύου και των τερματικών σταθμών LNG αποτελεί ήσσονος σημασίας για την ελληνική οικονομία (Hönig, Prochazka, Obergruber, Smutka, & Kučerová, 2019).

Η δυνατότητα τροφοδότησης της ελληνικής αγοράς, της ελληνικής ναυσιπλοΐας και η μεταπώληση του υγροποιημένου αερίου, προσδίδει στην Ελλάδα πολλαπλά οικονομικά οφέλη τα οποία ενέχουν άμεση και έμμεση σύνδεση με το δίκτυο και τους τερματικούς σταθμούς. Στην περίπτωση του τερματικού της Ρεβυθούσσας τα οικονομικά οφέλη αποτελούν (Strantzali, Parathomopoulos, & Aravossis):

- Οι θέσεις εργασίας στον τερματικό σταθμό, και στα συνοδευτικά παράκτια στοιχεία που συνθέτουν την συνολική υποδομή.
- Τα οφέλη από την λειτουργία του τερματικού σταθμού, ως έσοδα από την μεταπώληση του ΥΦΑ, μέσω του δικτύου διανομής.
- Τα οφέλη από την χρήση του φυσικού αερίου στα πλαίσια της λειτουργίας του δικτύου διανομής εντός της εγχώριας αγοράς.
- Τα οφέλη από την μετάβαση από τα πετρελαιοειδή στο υγροποιημένο φυσικό αέριο στον τομέα της ναυσιπλοΐας.

- Τα οφέλη από την επέκταση της χρήσης του φυσικού αερίου στον τομέα της παραγωγής ενέργειας.

Οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί που εφαρμόζονται στην ΕΕ, και καλούν για εκμηδενισμό των ρύπων μέχρι και το 2050, καθιστούν το φυσικό αέριο μία σχετικά επισφαλής επιλογή για επένδυση, ιδίως στην Ελλάδα όπου οι δυνατότητες παραγωγής από ΑΠΕ είναι σημαντικές. Ωστόσο οι τεχνολογικές εξελίξεις στον τομέα της αξιοποίησης του φυσικού αερίου, μειώνουν σημαντικά τον περιβαλλοντικό του αντίκτυπο, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει προοπτικές για χρήση στα πλαίσια της περιβαλλοντικής πολιτικής και ανάπτυξης (Strantzali, Nikoloudis, Aravossis, & Livanos, 2017).

Το γεγονός αυτό αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό για την χώρα η οποία βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στις εισαγωγές φυσικού αερίου, για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Η λειτουργία του τερματικού ΥΦΑ στην περιοχή της Ρεβυθούσας, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό, λαμβάνοντας υπόψιν την προοπτική που ανοίγεται για ανεφοδιασμό των πλοίων τα οποία χρησιμοποιούν το υγροποιημένο αέριο ως καύσιμο, με στόχο την αύξηση της κινητικότητας στον λιμένα του Πειραιά. Τα οφέλη αυτά πολλαπλασιάζονται από την κατασκευή περισσότερων τερματικών σταθμών, στην περιοχή της Κρήτης, των Δωδεκανήσων, του Κεντρικού Αιγαίου και της Αλεξανδρούπολης, δημιουργώντας κατά αυτό τον τρόπο ένα δίκτυο διανομής, το οποίο θα είναι σε θέση να ανταγωνιστεί τα δίκτυα άλλων χωρών της περιοχής όπως η Τουρκία (Strantzali, Nikoloudis, Aravossis, & Livanos, 2017).

Παράλληλα η προοπτική της γεωπολιτικής ωφέλειας της χώρας, η οποία θα οδηγήσει σε αυξημένα οικονομικά οφέλη, αποτελεί εξίσου σημαντική. Η επιρροή που ασκείται τόσο από τις χώρες παραγωγούς, όσο και τις χώρες διανομείς, στον ενεργειακό τομέα, είναι σημαντικά αυξημένη σε σύγκριση με τις χώρες που βασίζονται αποκλειστικά στην εισαγωγή ενεργειακών πόρων. Ως αποτέλεσμα χώρες όπως η Ελλάδα, οι οποίες αναπτύσσουν αποδοτικά δίκτυα διανομής φυσικού αερίου, και ενισχύουν τις υποδομές επεξεργασίας και αξιοποίησης, μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση των ισορροπιών του ενεργειακού τομέα, ιδίως στα πλαίσια μίας ενοποιημένης αγοράς όπως η ΕΕ (Woodward & Pitbaldo, 2010).

Η ακριβής αποτίμηση των οικονομικών οφελών από την λειτουργία ενός τερματικού σταθμού LNG δεν μπορεί να υλοποιηθεί με ακρίβεια, λόγω του μεγάλου εύρους δραστηριοτήτων που επηρεάζεται από αυτούς. Τα οφέλη που προκύπτουν τόσο από την μετάβαση σε «καθαρές» μορφές ενέργειας, «καθαρές» βιομηχανικές δραστηριότητες, αποδοτικότερες εφαρμογές θέρμανσης – ψύξης – κλιματισμού, και βελτιωμένη αποδοτικότητα στον τομέα της ναυσιπλοΐας, ξεπερνούν τα απτά όρια της δράσης του ίδιου του τερματικού. Λόγω της λειτουργίας τους στα πλαίσια ενός ιδιαίτερα εκτενούς δικτύου μεταφοράς και διανομής, τα πλέον άμεσα οφέλη που μπορούν να εντοπιστούν αποτελούν τα οφέλη μεταπώλησης του καυσίμου, τόσο στο δίκτυο διανομής, όσο και στις ναυτιλιακές εταιρείες (Bows-Larkin, et al., 2014).

3.1.2 Περιβαλλοντική σημασία.

Η λειτουργία ενός εκτεταμένου δικτύου σταθμών ΥΦΑ στην Ελλάδα, αποτελεί μέρος της περιβαλλοντικής πολιτικής της χώρας για απεξάρτηση από τον λιγνίτη και το πετρέλαιο ως μέσα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, και από άλλους ρυπογόνους τύπους καυσίμων στον τομέα της οικιακής κατανάλωσης. Το υγροποιημένο αέριο, και κατ' επέκταση του φυσικό αέριο διαθέτει δύο ιδιαίτερα κρίσιμα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα.

Το πρώτο αποτελεί η ευκολία στην εξόρυξή του, η οποία συγκριτικά με το πετρέλαιο ενέχει σημαντικά μειωμένο βαθμό επικινδυνότητας για την πρόκληση ατυχήματος, το οποίο θα οδηγήσει σε περιβαλλοντική καταστροφή, και το δεύτερο αποτελεί το γεγονός πως τεχνολογικά, οι παραγόμενοι ρύποι του φυσικού αερίου μπορούν να υποστούν επεξεργασία για την μείωση του περιβαλλοντικού τους αντικτύπου (Fulwood, 2019).

Το γεγονός αυτό, εντός της ΕΕ, αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό, δεδομένου πως σχεδόν το σύνολο των αναπτυξιακών προγραμμάτων και των χρηματοδοτικών πολιτικών περιλαμβάνουν δικλείδες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του εκάστοτε έργου. Ως αποτέλεσμα αυξάνονται αισθητά τα κίνητρα για επένδυση στον τομέα του υγροποιημένου υγραερίου, είτε μέσω της αντικατάστασης των παλαιότερων πλοίων, είτε μέσω της ανάπτυξης υποδομών χρήσης του καυσίμου στον τομέα της

ηλεκτροπαραγωγής, η οποία στη συνέχεια θα εξυπηρετεί τους οικιακούς καταναλωτές και τις βιομηχανικές μονάδες (Pospíšil, et al., 2019).

Τα περιβαλλοντικά οφέλη από την χρήση του ΥΦΑ, και κατ' επέκταση του φυσικού αερίου παρουσιάζονται στους ακόλουθους τομείς (Wang & Notteboom, 2014):

- Μείωση των παραγόμενων ρύπων από τις εφαρμογές θέρμανσης ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα της πόλης. Λόγω της οικονομικής κρίσης, μεγάλος αριθμός νοικοκυριών έκανε μεταστροφή από το πετρέλαιο στο ξύλο για την κάλυψη των αναγκών θέρμανσης, με αποτέλεσμα να αυξηθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση στα αστικά κέντρα, και την κατάσταση σε πόλεις όπως η Αθήνα και η Θεσσαλονίκη να φτάνει σε επίπεδο υγειονομικού κινδύνου, δεδομένης και της αμφίβολης προέλευσης των καύσιμων ξύλων.
- Μείωση των παραγόμενων ρύπων από την ηλεκτροπαραγωγή. Η Ελλάδα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στα αποθέματα λιγνίτη για την εξυπηρέτηση των αναγκών ηλεκτροπαραγωγής, παρά τις σημαντικές προοπτικές της στον τομέα της παραγωγής ενέργειας από ΑΠΕ. Η καθιέρωση ενός ολοκληρωμένου σχεδίου ηλεκτροπαραγωγής από ΑΠΕ και φυσικό αέριο, θα επιφέρει πολλαπλά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη, με κυριότερα την μείωση, έως και εκμηδενισμό των αέριων ρύπων στις περιοχές παραγωγής, και την αύξηση των θέσεων εργασίας σε έναν τομέα ο οποίος παρουσιάζει σημαντικές τεχνολογικές προοπτικές.
- Μείωση των ρύπων στον τομέα της ναυσιπλοΐας, ο οποίος αποτελεί έναν από τους πλέον ρυπογόνους τομείς σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Μείωση της πιθανότητας ατυχήματος με περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μέσω της βελτίωσης των τεχνολογικών μέσων αποθήκευσης και μεταφοράς του υγροποιημένου φυσικού αερίου.
- Μείωση των παραγόμενων ρύπων από την αυτοκίνηση μέσω της κινητοποίησης της χρήσης υγραερίου και ηλεκτρικών οχημάτων, κάτι που θα μειώσει κατά περίπου 80% τους παραγόμενους ρύπους στις αστικές περιοχές.

Η ολοκλήρωση του σχεδιασμού για την λειτουργία του συνόλου των σταθμών ΥΦΑ στην Ελλάδα, θα προσδώσει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη, στο σύνολο της

περιοχής της ΝΑ Μεσογείου και του Αιγαίου, ιδίως μέσω της ενθάρρυνσης μετάβασης της ναυσιπλοΐας από τα συμβατικά καύσιμα στο υγροποιημένο αέριο. Το γεγονός αυτό θα επιφέρει περαιτέρω πρόοδο στην ανάπτυξης τεχνολογιών διαχείρισης των ρύπων που παράγονται από την καύση φυσικού αερίου, ούτως ώστε, να μειωθεί περαιτέρω ο περιβαλλοντικός του αντίκτυπος (Shively & Ferrare, 2005).

Παρά τα οφέλη που προκύπτουν στον εν λόγω τομέα, ωστόσο, η ανάπτυξη ενός δικτύου μεταφοράς και αποθήκευσης ΥΦΑ σε συνδυασμό με την κατασκευή του συνόλου των απαραίτητων τερματικών σταθμών, ενέχει και ορισμένα περιβαλλοντικά μειονεκτήματα. Αφενός πρόκειται για εκτενές έργο υποδομών, το οποίο σε κατασκευαστικό επίπεδο επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το περιβάλλον, τόσο ως προς την κατασκευή του δικτύου, όσο και ως προς την κατασκευή των τερματικών σταθμών. Το γεγονός αυτό αποτελεί τον κύριο λόγο για τον οποίο το σύνολο των έργων που συνθέτουν τα δίκτυα διανομής, συνοδεύονται από έργα περιβαλλοντικής ανάπλασης (Hönig, Prochazka, Obergruber, Smutka, & Kučerová, 2019).

Αφετέρου η ασφάλεια των εγκαταστάσεων δεν μπορεί να διασφαλιστεί σε απόλυτο βαθμό. Ως κρίσιμες ενεργειακές υποδομές οι περιβαλλοντικοί κίνδυνοι που προκύπτουν από την πιθανότητα διάρρηξης των αγωγών μεταφοράς ή των δεξαμενών αποθήκευσης, παραμένουν σημαντικοί, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος λειτουργίας και συντήρησης, ενώ παράλληλα να απαιτείται η καθιέρωση μηχανισμών για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών κινδύνων σε περίπτωση ατυχήματος, ιδίως στην περίπτωση των θαλάσσιων τερματικών σταθμών, οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν μεγάλης έκτασης περιοχές (Putter, 2020).

3.2 Υπάρχουσα εμπειρία μικρών σταθμών ΥΦΑ.

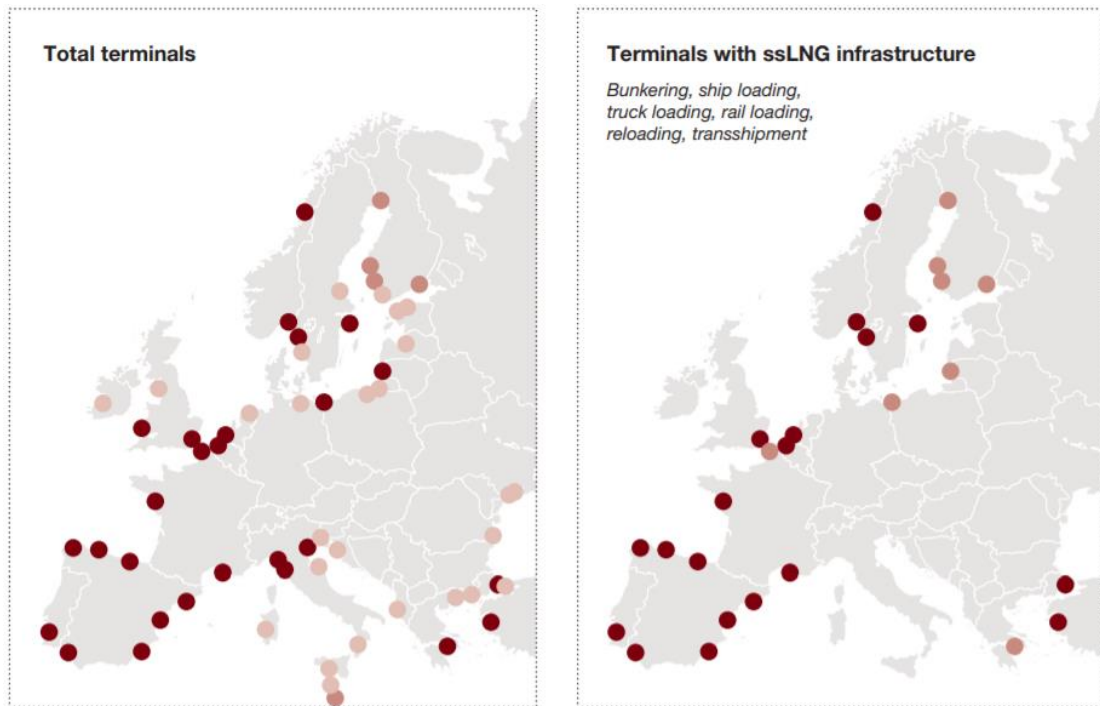
Η διεθνής εμπειρία από την εγκατάσταση μικρών σταθμών LNG αποτελεί περιορισμένη λόγω των επιπλοκών στην εγκατάσταση και την αποτελεσματική λειτουργία τους. Με βάση το υπάρχον πλαίσιο και την οικονομική δραστηριότητα, οι σταθμοί LNG χρησιμοποιούνται κυρίως για την μεταφορά ΥΦΑ στα δίκτυα διανομής, και όχι στον τομέα της αποθήκευσης και του ανεφοδιασμού για τους σκοπούς της

ναυσιπλοΐας. Το γεγονός αυτό καθιστά τους μικρότερους σταθμούς ΥΦΑ μη αποδοτικούς για την αποτελεσματικής διαχείριση της ζήτησης (Wärtsilä, 2018).

Στην Ελλάδα η εγκατάσταση μικρών σταθμών ΥΦΑ, ιδίως στα νησιά, αποτελεί κατά κύριο λόγο ανάγκη, και όχι την βέλτιστη οικονομικά προσέγγιση, προκειμένου να διασφαλιστεί η τροφοδότηση των νησιών με καύσιμα. Ωστόσο στο πεδίο αυτό θα πρέπει να γίνει αναφορά στις περιπτώσεις εφαρμογής των τερματικών αυτού του τύπου, σε διεθνές επίπεδο. Το πλέον χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η επένδυση της Shell και της ENI στην κεντρική Ευρώπη, και συγκεκριμένα στο μήκος της ακτογραμμής της Ολλανδίας. Το έργο αυτό αποτελούσε η προσπάθεια ανάπτυξης ενός δικτύου μεταφοράς και αποθήκευσης ΥΦΑ, για την κάλυψη των τοπικών και όχι μόνο αναγκών της Ολλανδίας, της Γερμανίας και Βελγίου, σε φυσικό αέριο (Wang & Notteboom, 2014).

Η λειτουργία του έργου κρίθηκε μερικώς αποδοτική, λόγω του ότι μείωσε το κόστος ανάπτυξης εκτεταμένων δικτύων διανομής, ωστόσο ο βασικός σκοπός των μονάδων, ο οποίος αποτελεί ο ανεφοδιασμός των πλοίων LNG, δεν εκπληρώνεται αποδοτικά, λόγω του περιορισμένου αριθμού τους στους εμπορικούς στόλους. Ωστόσο, με βάση την παραπάνω εμπειρία προκύπτει πως μια αντίστοιχη εφαρμογή στην Ελλάδα, θα μπορούσε να λειτουργήσει με μεγαλύτερη αποδοτικότητα (PWC, 2017).

Αφενός η γεωγραφική θέση της χώρας βρίσκεται στο επίκεντρο μεγαλύτερης πυκνότητας ναυσιπλοϊκής κυκλοφορίας συγκριτικά με την Ολλανδία, κάτι που συνιστά μεγαλύτερο αριθμό πλοίων LNG που κινούνται στην περιοχή, και επομένως υφίσταται καλύτερη προοπτική ανεφοδιασμού. Αφετέρου, η ανάπτυξη δικτύου μεταφοράς φυσικού αερίου στη χώρα, σε συνδυασμό με την κατασκευή των νέων αγωγών TAP και μετέπειτα του East Med, και την ανάγκη για βελτιστοποίηση του δικτύου μεταφοράς στα νησιά του Αιγαίου, καθιστούν το περιβάλλον ανάπτυξης των σταθμών αυτών, πολύ πιο ευνοϊκό σε σύγκριση με τις προαναφερθείσες χώρες (Strantzali, Papathomopoulos, & Aravossis).



Εικόνα 3 Υφιστάμενοι τερματικοί σταθμοί LNG και μικροί τερματικοί σταθμοί στην Ευρώπη,

Πηγή (PWC, 2017).

3.3 Ο τερματικός σταθμός ΥΦΑ στη Ρεβυθούσα.

Ο σταθμός υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νήσο της Ρεβυθούσας, θεωρείτε ένα σημαντικότατο κομμάτι του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ). Ο λόγος που έχει τόσο στρατηγική σημασία και θεωρείτε μια από τις σπουδαιότερες υποδομές της χώρας, είναι ότι αποτελεί μία από τις τρεις πύλες εισόδου του φυσικού αερίου. Οι δυο εναπομείναντες είναι αυτή του Σιδηρόκαστρου (σύνορα με Βουλγαρία) και των Κήπων (σύνορα με Τουρκία) (Wärtsilä, 2018).

Ο συγκεκριμένος σταθμός, βρίσκεται 500 μέτρα από την ακτή της Αγίας Τριάδας στον κόλπο Πάχης Μεγάρων, 45 χιλιόμετρα δυτικά της Αθήνας. Η λειτουργία του ξεκίνησε στις αρχές της χιλιετίας, συγκεκριμένα το 2000. Είναι ο μοναδικός στην Ελλάδα που υποδέχεται φυσικό αέριο και ένας από τους 34 που λειτουργούν σε όλη την Ευρώπη. Ο σταθμός έχει τη δυνατότητα να υποδέχεται δεξαμενόπλοια ΥΦΑ και να γίνεται έγχυση και αποθήκευση του φορτίου στις δεξαμενές. Επίσης, διαθέτει εγκαταστάσεις αεριοποίησης και αγωγούς - δίκτυο, ώστε να γίνεται η μεταφορά και

διοχέτευση στους καταναλωτές μέσω του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου (ΕΣΜΦΑ). Το πρώτο φορτίο LNG που υποδέχτηκε ο σταθμός ήταν το 2000 από το πλοίο Century, το οποίο μετέφερε 30000 m³ αλγερινού LNG (ΔΕΣΦΑ, 2020).



**Εικόνα 3.3. Η εγκατάσταση ΥΦΑ της Ρεβυθούσας,
πηγή (ΔΕΣΦΑ, 2021)**

Η αποθηκευτική του ικανότητα ανέρχεται στα 225.000 m³ LNG ενώ η δυναμικότητα αεριοποίησης στα 1250 m³/ώρα. Ο σταθμός σχεδιάστηκε ώστε να πληρεί όλες τις προδιαγραφές ασφαλείας, αφενός για τους εργαζόμενους στη Ρεβυθούσα και αφετέρου και για τους κατοίκους των γύρω περιοχών και λειτουργεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις της Ευρωπαϊκής Οδηγίας SEVESO III (Directive 2012/18/EU). Όλες οι διαδικασίες (εκφόρτωση, αποθήκευση, αεριοποίηση) του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου πραγματοποιούνται τηρώντας αυστηρά τις προδιαγραφές ασφάλειας 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. (ΔΕΣΦΑ, 2021).

3.3.1 Οι εγκαταστάσεις του τερματικού σταθμού ΥΦΑ στη Ρεβυθούσα και η αναβάθμισή τους.

Η εγκατάσταση του σταθμού ΥΦΑ αποτελείται από τρία βασικά σκέλη, το πρώτο αποτελεί η πλωτή πλατφόρμα πρόσδεσης των μεταφορικών πλοίων. Η πλατφόρμα διαθέτει τέσσερις βαλβίδες υψηλής πίεσης για την ασφαλή και ταχύτερη μεταφορά του αερίου από το πλοίο στην πλατφόρμα. Επιπλέον στην πλατφόρμα βρίσκονται τα συστήματα ρύθμισης πλεύσης και προσαρμογής σε περίπτωση ακραίων καιρικών συνθηκών, καθώς επίσης και τα ηλεκτρονικά συστήματα διαχείρισης φορτίου και ασφάλειας (ΔΕΣΦΑ, 2021)

Πίνακας 3.1. Εξοπλισμός λειτουργίας ΥΦΑ Ρεβυθούσας

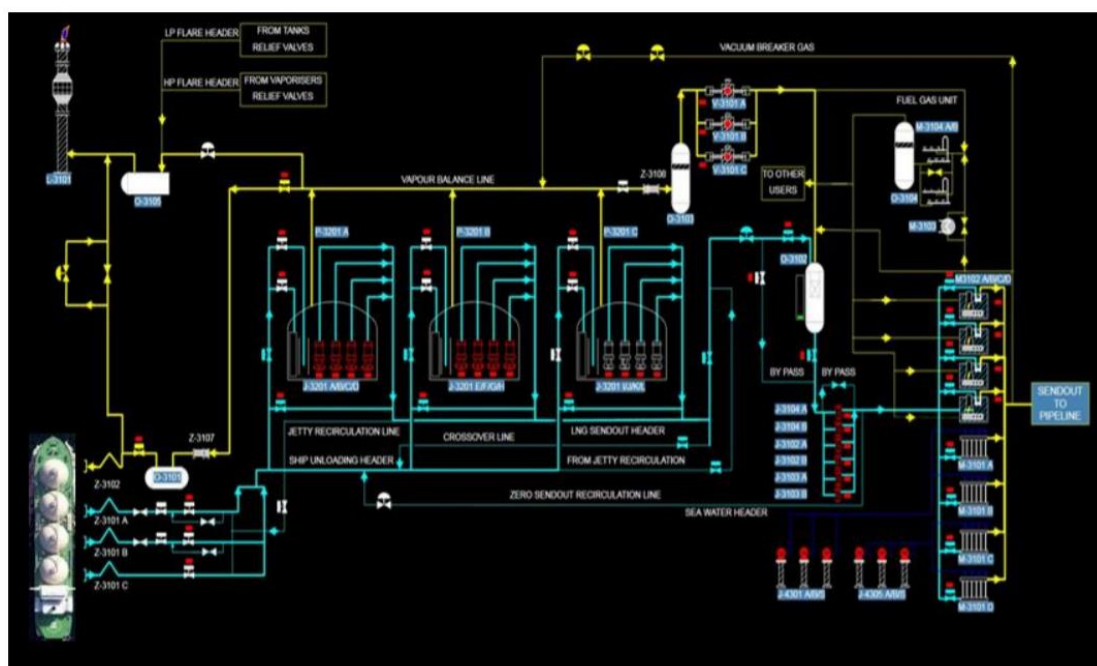
Περιγραφή	Σύμβολο	Δυναμικότητα ανά εξοπλισμό	Πίεση Λειτουργίας
Αντλίες χαμηλής πίεσης	J3201A/B/C/D/E/F/G/H/I/J/K/L	200 m ³ ΥΦΑ/h	12 barg
Αντλίες υψηλής πίεσης	J3104A/B	413 m ³ ΥΦΑ/h	82 barg
	J3102A/B	220 m ³ ΥΦΑ/h	82 barg
	J3103A/B	300 m ³ ΥΦΑ/h	82 barg
Μέσο θέρμανσης θαλασσινού νερό (ORV)	M-3101 A/B	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

Πηγή (ΔΕΣΦΑ, 2021)

Το δεύτερο σκέλος αποτελούν οι εγκαταστάσεις μεταφοράς και αποθήκευσης αερίου, οι οποίες αποτελούνται από υποθαλάσσιους και επίγειους αγωγούς, οι οποίοι καταλήγουν στις πλωτές και παράκτιες δεξαμενές. Οι εγκαταστάσεις διαθέτουν τον διπλό αυτό χαρακτήρα, λόγω της ζήτησης του αερίου, δεδομένου πως στην παρούσα χρονική περίοδο, ο σταθμός διαχειρίζεται σχεδόν το 40% των εισαγωγών σε Φυσικό Αέριο (ΔΕΣΦΑ, 2021).

Το τρίτο και τελευταίο σκέλος αποτελεί ο σταθμός αεριοποίησης του Φυσικού Αερίου, ο οποίος βρίσκεται στην παράκτια περιοχή των εγκαταστάσεων. Το σύστημα αεριοποίησης αποτελείται από συστήματα διαχείρισης πίεσης και θερμοκρασίας, ούτως ώστε να επιτευχθεί αεριοποίηση του προϊόντος χωρίς καύση, εντός ελεγχόμενου περιβάλλοντος. Οι μονάδες αυτές συνδέονται με τα τμήματα αποθήκευσης αεριοποιημένου φυσικού αερίου και το σύστημα διανομής του ελληνικού δικτύου μεταφοράς (ΔΕΣΦΑ, 2020).

Το παρακάτω διάγραμμα λειτουργίας περιγράφει την συνολική λειτουργία της εγκατάστασης, και της σύνδεσής της με το δίκτυο μεταφοράς (ΔΕΣΦΑ, 2021):



Εικόνα 3.4. Σχεδιάγραμμα λειτουργίας ΥΦΑ Ρεθύμους, πηγή (ΔΕΣΦΑ, 2021)

Στις εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται δύο τεχνολογίες αεριοποίησης, που αποτελούν και τις πιο διαδεδομένες αφού η απόδοση τους ξεπερνά το 98%. Η πρώτη χρησιμοποιεί θαλασσινό νερό ως θερμαντικό μέσο σε ειδικούς εναλλάκτες υψηλής τεχνολογίας, και είναι πιο οικονομική και φιλική προς το περιβάλλον γιατί το νερό αντλείται από τη θάλασσα και επιστρέφει σε αυτή. Η δεύτερη χρησιμοποιεί ως μέσο θέρμανσης λουτρό ύδατος, το οποίο θερμαίνεται από τα καυσαέρια του φυσικού αερίου που καίγεται σε καυστήρα εμβαπτισμένο στο λουτρό.

Η μονάδα περιλαμβάνει επίσης μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με την χρήση ηλεκτρογεννητριών φυσικού αερίου, για την κάλυψη των ίδιων αναγκών λειτουργίας της μονάδας, με την εναπομένουσα ενέργεια να διοχετεύεται στο δίκτυο της ΔΕΗ. Η μονάδα είναι σχεδιασμένη με τρόπο τέτοιο, όπου σε περίπτωση διακοπής της ενέργειας μέσω δικτύου, να υπάρχει δυνατότητα λειτουργίας, και να διασφαλιστεί η λειτουργία των συστημάτων ασφαλείας (ΔΕΣΦΑ, 2021).

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. (ΔΕΣΦΑ, 2021).

Στον σταθμό γίνανε συνολικά δυο αναβαθμίσεις αυτά τα χρόνια λειτουργίας του. Η πρώτη ολοκληρώθηκε τον Οκτώβρη του 2007, ενώ η δεύτερη τον Δεκέμβριο του 2018. Στόχος των αναβαθμίσεων ήταν:

- Η αύξηση της δυναμικότητας αποθήκευσης με την με την λειτουργία της 3^{ης} δεξαμενής αποθήκευσης. Η νέα δεξαμενή έχει χωρητικότητα 95.000 m³ και είναι πλήρους συγκράτησης.
- Την αύξηση της δυναμικότητας αεριοποίησης
- Την δυνατότητα υποδοχής μεγαλύτερων δεξαμενόπλοιων ΥΦΑ. Με την αναβάθμιση των λιμενικών εγκαταστάσεων υπάρχει η δυνατότητα υποδοχής δεξαμενόπλοιων συνολικής χωρητικότητας 260.000 m³, δηλαδή τα μεγαλύτερα που υπάρχουν στον κόσμο.

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.

Το κόστος της 2^{ης} αναβάθμισης ανέρχεται κοντά στα 143 εκατ. ευρώ. Παράλληλα σχεδιάζεται η επέκταση του σταθμού από τον ΔΕΣΦΑ με την κατασκευή υποδομών ΥΦΑ μικρής κλίμακας.

Τον Απρίλιο του 2009, ο στρατηγικός ρόλος του Σταθμού ΥΦΑ ενισχύθηκε περαιτέρω με την θέση σε λειτουργία της μονάδας Συμπαγωγής 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. (ΔΕΣΦΑ, 2021).

Με την ολοκλήρωση της 2^{ης} αναβάθμισης αυξήθηκε ο ρυθμός αεριοποίησης από τα 1000 m³/ώρα στα 1400 m³/ώρα, ενισχυμένος κατά 40%. Η περαιτέρω αύξηση του ρυθμού αεριοποίησης θα προκύψει μέσα από μια σειρά τεχνικών βελτιώσεων τόσο στον Σταθμό της Ρεβυθούσας όσο και στον Μετρητικό Σταθμό της Αγίας Τριάδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 . ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΙΚΡΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΥΦΑ.

4.1 Σχεδιασμός και προοπτικές στην Ελλάδα.

Λόγω της γεωγραφικής διαμόρφωσης της Ελλάδας, η δημιουργία κόμβων εισαγωγής LNG αλλά και άλλων ορυκτών καυσίμων ή άλλων μορφών ενέργειας, αποτελεί ιδιαίτερα ευνοϊκή τόσο για την ίδια την χώρα όσο και για την ΕΕ. Η κατασκευή δικτύων διανομής και κόμβων υγροποίησης και αποθήκευσης φυσικού αερίου, αποτελεί μέρος της ενεργειακής και αναπτυξιακής πολιτικής της χώρας, δεδομένης και της συμπερίληψης των εν λόγω μορφών ενέργειας στην «πράσινη πολιτική» της ΕΕ (GIIGNL, 2021).

Οι δυνατότητες εξόρυξης της χώρας, αν και πολλές φορές παρουσιάζουν πιο αισιόδοξες από την πραγματικότητα, είναι επίσης σημαντικές, όπως είναι εμφανές από τα αποτελέσματα αντίστοιχων ερευνών που διεξήχθησαν από χώρες της Ανατολικής Μεσογείου, όπως η Κύπρος, το Ισραήλ και η Αίγυπτος, ενώ παράλληλα το γεγονός αυτό αποτελεί αιτία προστριβών με γειτονικές χώρες όπως η Τουρκία και η Λιβύη. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει να σημειωθούν και οι τεχνολογικές δυνατότητες της χώρας, καθώς επί σειρά ετών, διεξάγονται έργα κατασκευής αγωγών και σταθμών μεταφόρτωσης LNG, στην χώρα, ενώ παράλληλα πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα διαθέτουν πολυτεχνικά τμήματα τα οποία εξειδικεύονται στον τομέα της ενέργειας και της εξόρυξης και αξιοποίησης αυτών των μορφών ενέργειας (IENE, 2018).

Η αξιοποίηση του LNG στην Ελλάδα αποτελεί μέρος και της ναυσιπλοϊκής πολιτικής της χώρας. Ως η χώρα με τον μεγαλύτερο εμπορικό στόλο κατά κεφαλήν στον κόσμο, η ναυσιπλοΐα παίζει βασικό ρόλο στην οικονομία αλλά και στην κοινωνική συνοχή, δεδομένου πως οι μετακινήσεις μεταξύ της ενδοχώρας και των νησιών, βασίζονται σε αυτόν τον τομέα. Μέρος της πράσινης πολιτικής της ΕΕ απαιτεί την μετατροπή των υφιστάμενων συμβατικών πλοίων, με πλοία που χρησιμοποιούν LNG ως καύσιμο, προκειμένου να βελτιωθεί η αποδοτικότητά τους και να μειωθεί το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα. Ως αποτέλεσμα η ελληνική ναυσιπλοΐα επηρεάζεται άμεσα και εκτενώς, δεδομένου πως εκτός της μετατροπής των ίδιων των

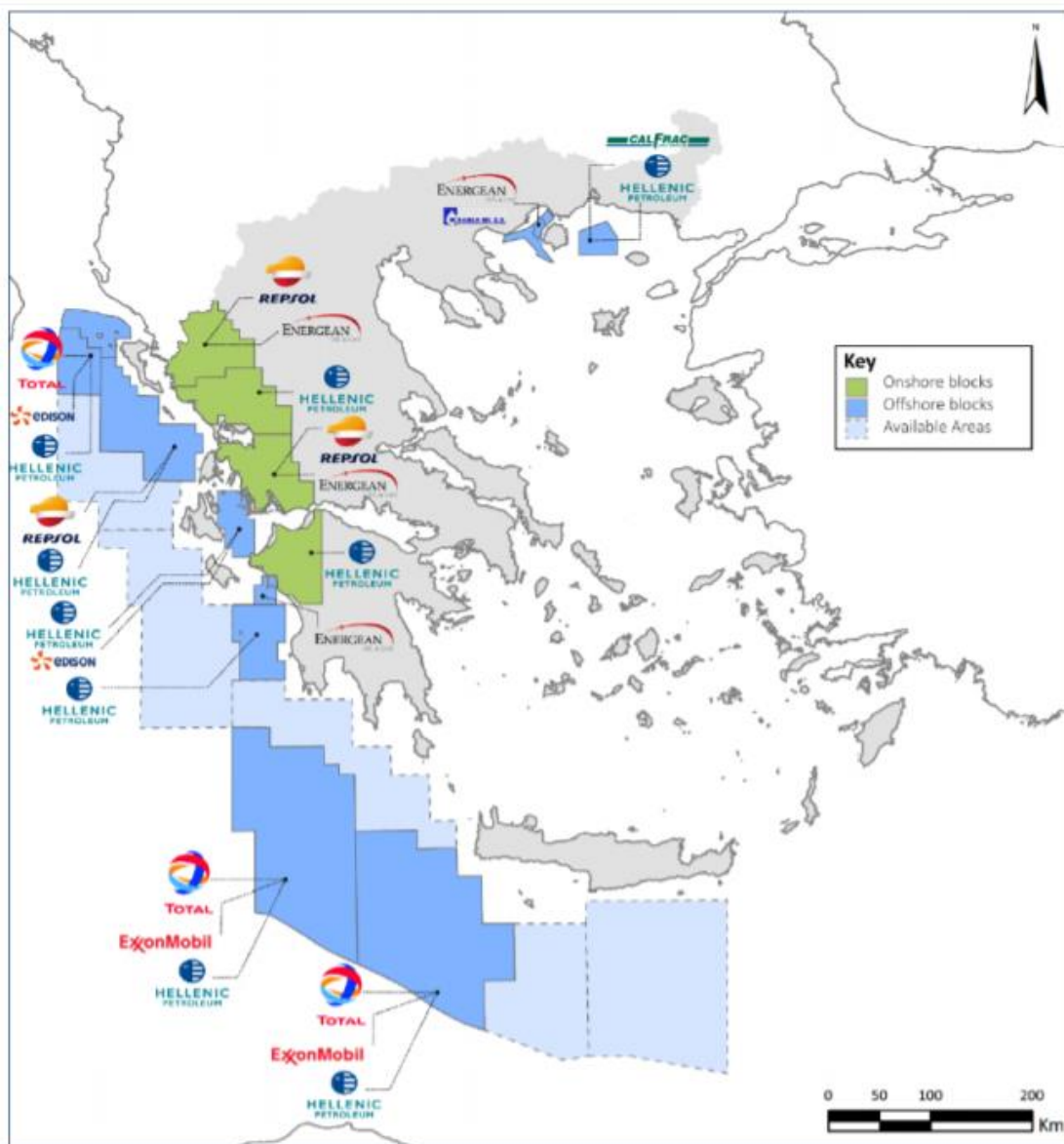
σκαφών, απαιτείται και η δημιουργία των αντίστοιχων εγκαταστάσεων για τον ανεφοδιασμό και τη συντήρησή τους (IENE, 2018).

Οι προοπτικές αυτές προκύπτουν με βάση τον ενεργειακό σχεδιασμό, αλλά και τις διπλωματικές συνεργασίες της χώρας με χώρες όπως το Ισραήλ και η Αίγυπτος, οι οποίες έχουν πρόσβαση σε μεγάλα κοιτάσματα φυσικού αερίου. Σύμφωνα με το Ενεργειακό Ινστιτούτο Νοτιοανατολικής Ευρώπης (IENE), οι προοπτικές της χώρας στον τομέα του Φυσικού Αερίου, έχουν πολλαπλασιαστεί από το 2016 και την έναρξη της κατασκευής του TAP (Trans Adriatic Pipeline) ο οποίος έδωσε την ώθηση τόσο για την έναρξη των διασυνδέσεων μεταξύ της Ελλάδας με την Τουρκία και τα Σκόπια, όσο και την κατασκευή του πλωτού σταθμού μεταφόρτωσης LNG στην Αλεξανδρούπολη.

Παράλληλα με τα παραπάνω, έχουν πραγματοποιηθεί ενέργειες αδειοδότησης μικρότερων έργων όπως η επέκταση των δικτύων φυσικού αερίου στα αστικά κέντρα, η δημιουργία κόμβων αποθήκευσης φυσικού αερίου, η οικονομική ενθάρρυνση της χρήσης του φυσικού αερίου στην αυτοκίνηση κ.λπ., με αποτέλεσμα η χώρα να παρουσιάζει θετικές επενδυτικές προοπτικές για το άμεσο μέλλον στον τομέα του φυσικού αερίου (Gas in Focus, 2021; IENE, 2018).

Η τάση αυτή αναμένεται φυσικά να επηρεαστεί από την ευρωπαϊκή περιβαλλοντική πολιτική η οποία έχει θέση ως στόχο τον εκμηδενισμό της εκπομπής αέριων ρύπων μέχρι και το 2050, αλλά παράλληλα επενδύει σημαντικά στην βελτίωση των τεχνολογιών αξιοποίησης του φυσικού αερίου, το οποίο αποδεδειγμένα παράγει λιγότερους ρύπους από καύσιμα όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη.

Στο πλαίσιο αυτό ο όποιος σχεδιασμός της χώρας θα πρέπει να περιλαμβάνει τις προοπτικές συνδυασμούς της τεχνολογίας καυσίμου LNG με την περιβαλλοντική πολιτική και τις εναλλακτικές μορφές ενέργειας, προκειμένου να επιτευχθούν οι εν λόγω στόχοι. Παράλληλα ωστόσο διεξάγονται οι απαραίτητες έρευνες για τον εντοπισμό κοιτασμάτων φυσικού αερίου και πετρελαίου εντός της ελληνικής ΑΟΖ. Στον παρακάτω χάρτη παρουσιάζονται τα υφιστάμενα οικόπεδα με πιθανή παρουσία κοιτασμάτων, όπως αυτά έχουν οριοθετηθεί από την κείμενη ελληνική νομοθεσία (IENE, 2018):



Εικόνα 4 Οικόπεδα με πιθανά κοιτάσματα φυσικού αερίου και πετρελαίου εντός της ελληνικής ΑΟΖ, όπως έχουν οριοθετηθεί από την κείμενη ελληνική νομοθεσία, πηγή (IENE, 2018)

Εξετάζοντας τον παραπάνω χάρτη, προκύπτει πως ο σχεδιασμός εγκατάστασης και λειτουργίας σταθμών μεταφοράς και αποθήκευσης πετρελαίου και φυσικού αερίου, θα πρέπει να έχει ως επίκεντρο την δυτική Ελλάδα, ωστόσο θα πρέπει να ληφθούν επίσης υπόψιν οι προοπτικές αξιοποίησης του φυσικού αερίου και στην περιοχή του Αιγαίου, κυρίως στα πλαίσια της λειτουργίας σταθμών υγροποίησης και μεταφοράς, καθώς επίσης στα πλαίσια της ναυσιπλοΐας. Στο πλαίσιο αυτό θα πρέπει

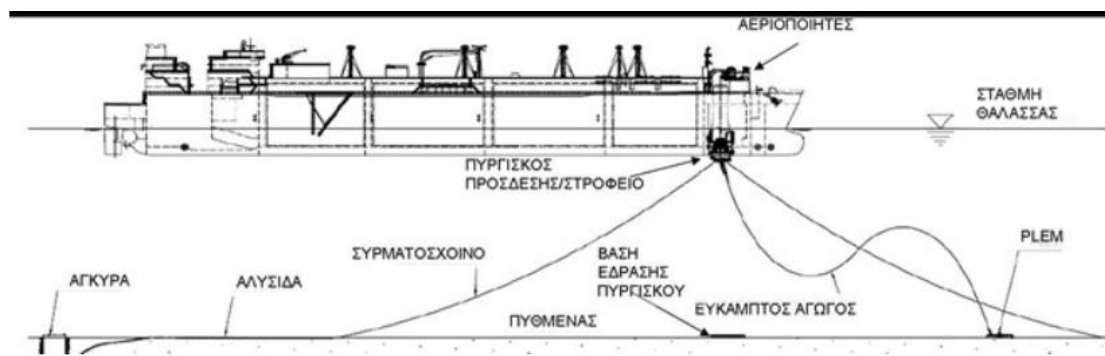
να εξεταστούν οι δυνατότητες της χώρας ως προς την εκπόνηση ενός συνολικού έργου, το οποίο θα συνδυάζει τις εφαρμογές στον τομέα της ναυσιπλοΐας και της δημιουργίας κόμβων μεταφοράς και αποθήκευσης (Αχιλιάς, Ελευθεριάδης, & Νικολαΐδης, 2015).

4.2 Οι προοπτικές και ο σχεδιασμός κατασκευής του πλωτού τερματικού σταθμού ΥΦΑ στην Αλεξανδρούπολη.

Ο σταθμός LNG της Αλεξανδρούπολης αποτελεί εγχείρημα το οποίο βρίσκεται υπό σχεδιασμό από το 2016, με τις εργασίες να άρχισαν το 2019. Πρόκειται για βασικό τμήμα του σχεδιασμού επέκτασης του δικτύου φυσικού αερίου, στα πλαίσια της κατασκευής του TAP, καθώς επίσης και της συνολικής ενεργειακής πολιτικής, συμπεριλαμβανομένου του αγωγού EastMed, και των έργων επέκτασης των δικτύων φυσικού αερίου στα αστικά κέντρα της χώρας. Το έργο έχει ως στόχο την κάλυψη των αναγκών της πόλης της Αλεξανδρούπολης στον τομέα της κατανάλωσης φυσικού αερίου, αλλά και στη μείωση του κόστους μεταφοράς του καυσίμου στην περιοχή, μέσω των θαλάσσιων οδών (IENE, 2018).

Το έργο αποτελείται από δύο βασικά στοιχεία, τον πλωτό τερματικό σταθμό, και τον παράκτιο σταθμό, τα οποία συνδέονται με υποθαλάσσιο αγωγό. Ο πλωτός τερματικός σταθμός περιλαμβάνει (GasTrade, 2018):

- Σύστημα διασύνδεσης μεταφορικών πλοίων ΥΦΑ.
- Τέσσερις δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ συνολικής χωρητικότητας έως 170.000 κυβικά μέτρα.
- Τέσσερις μονάδες αεριοποίησης φυσικού αερίου συνολικής λειτουργικότητας 400 κυβικών μέτρων ΥΦΑ / ώρα (έκαστη).
- Μονάδες ηλεκτροπαραγωγής για τις λειτουργικές ανάγκες του σταθμού.
- Κέντρο αισθητήρων και μετρήσεων όπου λαμβάνονται ενδείξεις αναφορικά με την κατάσταση του σταθμού και τις διαθέσιμες ποσότητες αερίου.
- Χώρους διαμονής και σίτισης πληρώματος.



Εικόνα 4.2. 5 Τομή διάταξης πλωτής μονάδας ΥΦΑ Αλεξανδρούπολης, πηγή (GasTrade, 2018).

Η μονάδα είναι σχεδιασμένη να έχει ημιμόνιμη αγκυροβόληση, δηλαδή μπορεί να απομακρυνθεί από το σημείο αγκυροβόλησης (αν απαιτείται λ.χ. συντήρηση), ωστόσο μπορεί να επανέλθει στο σημείο το οποίο περιλαμβάνει τον κόμβο διασύνδεσης αγωγού, και το σημείο αγκυροβόλησης. Παράλληλα με την σύνδεση της πλωτής μονάδας, θα κατασκευαστεί και ο σταθμός μέτρησης και καταγραφής μεταφοράς, στην περιοχή της Αμφιτρίτης Αλεξανδρούπολης, μέσω του οποίου θα πραγματοποιηθεί η σύνδεση με τον TAP κατά την ολοκλήρωσή του. Η χωροθέτηση του συνολικού έργου παρουσιάζεται στον ακόλουθο χάρτη (GasTrade, 2018):



Εικόνα 4.3 Συνολική Χωροθέτηση έργου ΑΣΦΑ, πηγή (GasTrade, 2018)

Η λειτουργία του τερματικού σταθμού, φυσικά, δεν αφορά αποκλειστικά την τροφοδότηση της πόλης της Αλεξανδρούπολης, καθώς μέσω της διασύνδεσης με τον TAP και τους υφιστάμενους αγωγούς η περιοχή μπορεί να αποτελέσει κόμβος μεταφοράς φυσικού αερίου στο σύνολο της περιοχής των Βαλκανίων. Ως αποτέλεσμα πρόκειται για έργο το οποίο δεν διαθέτει αποκλειστικά κοινωνικοοικονομικές πτυχές, αλλά και γεωπολιτικές διαστάσεις, δεδομένης της ευρύτερης προσπάθειας της Ελλάδας να δημιουργήσει ένα ενοικό επενδυτικό περιβάλλον στον τομέα της ενέργειας, αλλά και να συναγωνιστεί άλλες χώρες όπως η Τουρκία και η Ιταλία, ως βασικός κόμβος μεταφοράς ενέργειας (GasTrade, 2018).

Οι περιβαλλοντικές διαστάσεις του έργου είναι επίσης σημαντικές, δεδομένης της συνολικής ευαισθησίας του οικοσυστήματος στην περιοχή της Θράκης, καθώς επίσης και της άμεσης σύνδεσης της τοπικής οικονομίας με τον πρωτογενή τομέα, ο οποίος μπορεί να επηρεαστεί σε περίπτωση ατυχήματος. Η τεχνολογία ανεξάρτητης λειτουργίας της πλωτής μονάδας από το δίκτυο, καθώς επίσης και η διασύνδεση από ευέλικτους αγωγούς, αποτελεί βασικό τμήμα της διαδικασίας διασφάλισης της

λειτουργίας, δεδομένου πως ελαχιστοποιείται το ενδεχόμενο ατυχήματος, καθώς επίσης και την πιθανότητα απωλειών αερίου στο νερό (IENE, 2018).

Επιπλέον, στα πλαίσια της κατασκευής του TAP και του ΑΣΦΑ, εκπονήθηκε ολοκληρωμένο σχέδιο περιβαλλοντικής προστασίας και ανάπλασης, στο σύνολο της περιοχής επιρροής, με χρηματοδοτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν την αποκατάσταση των επηρεαζόμενων περιοχών, συμπεριλαμβανομένων και των παράκτιων περιοχών κατασκευής του αγωγού σύνδεσης της πλωτής μονάδας και των χερσαίων εγκαταστάσεων, καθώς επίσης και κονδύλια για την αποκατάσταση της θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας στην περιοχή αγκυροβόλησης του πλωτού σταθμού. Στο πλαίσιο αυτό τα οφέλη για την περιοχή της Θράκης αναμένεται να ξεπεράσουν τις αρχικές προβλέψεις, καθώς η επένδυση στον TAP και τον ΑΣΦΑ, έχει δώσει κίνητρα για προσέλκυση επενδύσεων, με βασικότερες την ανάπλαση της ακτής στην περιοχή της Αλεξανδρούπολης, και την αναβάθμιση του λιμανιού της πόλης, το οποίο αποτελεί βασικός κόμβος τόσο για την εμπορική όσο και την στρατιωτική ναυσιπλοΐα (IENE, 2018).

Προκειμένου ο έλεγχος που ασκείται στην λειτουργία του έργου να είναι αποτελεσματικός, το σύνολο του ΑΣΦΑ αποτελεί μέρος της λειτουργίας της εταιρείας GasTrade, η οποία αποτελεί εταιρεία κοινής ωφέλειας υπό τον έλεγχο του ελληνικού δημοσίου, ούτως ώστε η τήρηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας να υπόκειται σε αυστηρό και άμεσο έλεγχο. Συνολικά πρόκειται για ένα πολυδιάστατο έργο, του οποίου η επιρροή ξεπερνά τα όρια της τοπικής ανάπτυξης, κάτι το οποίο η Θράκη το έχει ιδιαίτερη ανάγκη, αλλά δίνει και την δυνατότητα για περαιτέρω διερεύνηση των οικονομικών δυνατοτήτων της περιοχής της Βόρειας Ελλάδας συνολικά, μέσω της διασφάλισης της ροής ενέργειας (GasTrade, 2018).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται ο συνολικός σχεδιασμός του TAP, ο οποίος περιλαμβάνει και τα προγράμματα περιβαλλοντικής ανάπλασης του ΑΣΦΑ (GasTrade, 2018)

Πίνακας 4.1. Τομείς Σχεδιασμού της εταιρείας TAP

	Έλεγχος / Διασφάλιση	
1.	Σχέδιο Διασφάλισης Περιβαλλοντικής & Κοινωνικής Συμμόρφωσης	<ul style="list-style-type: none"> • Αρμοδιότητες TAP και αναδόχων. • Πρόγραμμα Διασφάλισης Αναδόχου. • Πρόγραμμα Διασφάλισης TAP (εποπτεία και διασφάλιση) • Μη συμμόρφωση, ειδοποιήσεις βελτίωσης εργασιών και καταγραφή διορθωτικών ενεργειών.
Περιβαλλοντικά ζητήματα		
2.	Σχέδιο Οικολογικής Διαχείρισης	<ul style="list-style-type: none"> • Κύριο έγγραφο ελέγχου διαχείρισης της βιοποικιλότητας. • Σύστημα διαχείρισης βιοποικιλότητας. • Προσδιορισμός, διαχείριση, παρακολούθηση και αποκατάσταση της βιοποικιλότητας.
3.	Σχέδια Δράσης για τη Βιοποικιλότητα (BAP)	<ul style="list-style-type: none"> • Πρόγραμμα παρακολούθησης ειδών και συγκεκριμένων τοποθεσιών. • Μακροπρόθεσμες πρωτοβουλίες για τη βιοποικιλότητα, όπως αντισταθμίσεις βιοποικιλότητας.
4.	Σχέδιο Διαχείρισης της βιολογικής αποκατάστασης	<ul style="list-style-type: none"> • Σχεδιασμός βιολογικής αποκατάστασης. • Εκτέλεση της βιολογικής αποκατάστασης. • Παρακολούθηση, διατήρηση και μετέπειτα μέριμνα.
5.	Σχέδιο για τη Διάβρωση του Εδάφους και την Αποκατάσταση	<ul style="list-style-type: none"> • Έλεγχοι διάβρωσης του εδάφους και σχετικά πρότυπα και παρακολούθηση. • Προσωρινά και μόνιμα μέτρα ελέγχου της διάβρωσης. • Πρόγραμμα επιθεώρησης και διατήρησης. • Μέτρα αποκατάστασης και αναβλάστησης.
6.	Σχέδιο διασταύρωσης υδάτινων ρευμάτων	<ul style="list-style-type: none"> • Κυρίαρχη φιλοσοφία για εργασίες σε διασταυρώσεις υδάτινων ρευμάτων, όπως μεταξύ άλλων: • Χαρακτηρισμός υδάτινου ρεύματος. • Μελέτη διασταύρωσης υδάτινου ρεύματος. • Οικολογικά ζητήματα και περιορισμοί. • Μέτρα περιβαλλοντικής προστασίας. • Μεθοδολογίες κατασκευής. • Αποκατάσταση και παρακολούθηση.
7.	Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων	<ul style="list-style-type: none"> • Ιεράρχηση και ελαχιστοποίηση αποβλήτων. • Προσδιορισμός και κατηγοριοποίηση αποβλήτων. • Διαχείριση αποβλήτων (δηλ. συλλογή, διαλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, μεταφορά και τεκμηρίωση, διάθεση) • Παρακολούθηση και σύνταξη εκθέσεων.

πηγή (GasTrade, 2018)

Συμπεράσματα

Η εργασία έδωσε την δυνατότητα να διατυπωθούν τα συμπεράσματα που χαρακτηρίζονται από την επιστημονική τεκμηρίωση, έχουν θεωρητική-μεθοδολογική, επιστημονική και πρακτική σημασία:

- Παρουσιάστηκε η αξιοποίηση των οικονομικών και τεχνολογικών προοπτικών του LNG στην Ελλάδα, στα πλαίσια της ενεργειακής πολιτικής, αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά ζητήματα της σύγχρονης περιόδου στον τομέα.
- Διαπιστώθηκε το σύνολο των παραγόντων που χαρακτηρίζουν και επηρεάζουν τον τομέα, συμπεριλαμβανομένων και των γεωπολιτικών συνθηκών, τείνουν θετικά προς όφελος της χώρας, ούτως ώστε να δοθούν τα απαραίτητα επενδυτικά κίνητρα στον τομέα.
- Διαπιστώθηκε η προσπάθεια για την επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων, καθώς επίσης και η συνολική ενεργειακή πολιτική της ΕΕ για απεξάρτηση από την Ρωσία στον τομέα της ενέργειας και ιδιαίτερα του φυσικού αερίου, προσφέρουν πρόσβαση σε χρηματοδοτικά εργαλεία τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν προς όφελος της κατασκευής υποδομών και έργων που σχετίζονται με τον τομέα, αλλά και για την μετάβαση σε μία πιο βιώσιμη και πράσινη οικονομία.
- Διαπιστώθηκε ο ρόλος του LNG στην πράσινη αυτή οικονομία αναμένεται να είναι κομβικής σημασίας, καθώς οι ιδιότητές του δίνουν την δυνατότητα για αξιοποίηση σε τομείς όπου οι ΑΠΕ δεν μπορούν να αξιοποιηθούν εξίσου αποδοτικά, όπως ο τομέας της ναυσιπλοΐας, ενώ παράλληλα προσφέρει μία οικονομική εναλλακτική και για οικιακή χρήση, ως μέσον θέρμανσης, μειώνοντας σημαντικά τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο του πετρελαίου στον εν λόγω τομέα. Γενικά οι ιδιότητες του LNG θα πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω και σε άλλα πλαίσια, όπως τον τομέας της αυτοκίνησης και αεροναυσιπλοΐας, προκειμένου να εξεταστούν τα πιθανά οικονομικά και περιβαλλοντολογικά οφέλη από την μετάβαση αυτή.

- Διαπιστώθηκε στο πλαίσιο αυτό οι υποδομές της Ελλάδας τείνουν προς εξυγchronισμό, αρχής γενομένης με τον ΑΣΦΑ ο οποίος αναμένεται να βελτιώσει σημαντικά το οικονομικό περιβάλλον της περιοχής της Αλεξανδρούπολης και του Νοτίου Έβρου, ενώ παράλληλα θα αποτελέσει σταθμός για την συνολική ανάδειξη της Θράκης, ως θετικό επενδυτικό περιβάλλον. Η ολοκλήρωση του έργου, θα δημιουργήσει μία νέα αγορά για τον τομέα του φυσικού αερίου, καθώς θα συνοδευτεί από την δημιουργία του δικτύου οικιακών συνδέσεων στην πόλη της Αλεξανδρούπολης, με στόχο την ανάπτυξη του δικτύου στο σύνολο των αστικών κέντρων του Έβρου, συμπεριλαμβανομένων των πόλεων του Σουφλίου, του Διδυμοτείχου και της Ορεστιάδας, στα πλαίσια του συνολικού σχεδιασμού για την κατασκευή του ΤΑΡ.
- Διαπιστώθηκε η επιτυχής λειτουργία του σταθμού θα δώσει εναλλακτική στην διαδρομή του φυσικού αερίου, και θα μετατοπίσει το κέντρο βάρους από τη Μαύρη Θάλασσα στο Αιγαίο, δεδομένης και της ολοκλήρωσης των αγωγών ΤΑΡ και EastMed, καθιστώντας τον ρόλο της Ελλάδας κεντρικό στην τροφοδότηση της Ευρώπης, και βασικό ενεργειακό εταίρο στην περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου.
- Διαπιστώθηκε στο πλαίσιο αυτό ότι οι προοπτικές που προκύπτουν δεν αποτελούν αποκλειστικά οικονομικές, καθώς η ολοκλήρωση των εν λόγω έργων θα ισχυροποιήσει την διπλωματική ισχύς της χώρας, η οποία θα είναι σε θέση να αποκομίσει αντίστοιχα επενδυτικά και οικονομικά οφέλη.

Βιβλιογραφία

- Bows-Larkin, A., Mander, S., Gilbert, P., Traut, M., Walsh, C., & Anderson, K. (2014). *High Seas, High Stakes: High Seas Final Report*.
- BP. (2020). *Statistical Review of World Energy*. Ανάκτηση από <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>
- BP Safety Group & IChemE. (2007). *LNG Fire Protection and Emergency Response* (2η εκδ.). The Institution of Chemical Engineers.
- Calderón, M., Illing, D., & Veiga, J. (2016). Facilities for bunkering of liquefied natural gas in ports. *Transportation research procedia*, 14, σσ. 2431-2440.
- Danish Maritime Authority. (2012). North European LNG Infrastructure Project. *A feasibility study for an LNG filling station infrastructure and test of recommendations*, 20.
- e-nautilia.gr. (2021). *LNG*. Ανάκτηση από www.e-nautilia.gr
- Fulwood, M. (2019). LNG supply/demand balances, 2018-20205: Is there a problem? *Oxford Energy Forum*, (σσ. 4-7).
- Gas in Focus. (2021). *Des engagements forts pour le bien commun*. σ. <https://www.grtgaz.com/en>.
- GasTrade. (2018). *Project*. Ανάκτηση από <http://www.gastrade.gr/en/alexandroupolis-ings/project-location.aspx>.
- GIIGNL. (2021). *International Group of Liquefied Natural Gas Importers, 2020*. Ανάκτηση από https://giignl.org/system/files/giignl_2021_annual_report_may4.pdf
- He, T., Chong, Z. R., Zheng, J., Ju, Y., & Linga, P. (2019). LNG cold energy utilization: Prospects and challenges. *Energy*, 170, σσ. 557-568.
- Herdzik, J. (2011). *LNG as a marine fuel – Possibilities and Problems*. Gdynia Maritime University - Marine Power Plant Department.
- Herdzik, J. (2013). *Consequenses of using LNG as a fuel*. Gdynia Maritime University, Marine Power Plant Department.

- Hönig, V., Prochazka, P., Obergruber, M., Smutka, L., & Kučerová, V. (2019). Economic and technological analysis of commercial LNG production in the EU. *Energies*, 12(8), σ. 1565.
- IENE. (2018). Ενεργειακή Ασφάλεια στην Ελλάδα - "Η Ενεργειακή Ασφάλεια της Ελλάδας και Προτάσεις για την Βελτίωσή της" Έκθεση του ΙΕΝΕ στο Πλαίσιο Εκπόνησης του Μακροχρόνιου Ενεργειακού Σχεδιασμού της. https://www.iene.gr/articlefiles/energgeiki-asfaleia_elladas.pdf.
- IGU. (2020). *World LNG Report*. IGU.
- Kumar, S., Kwon, H. T., Choi, K. H., Lim, W., Cho, J. H., Tak, K., & Moon, I. (2011). LNG: An eco-friendly cryogenic fuel for sustainable development. *Applied energy*, 88(12), σσ. 4264-4273.
- Le Fevre, C. N. (2018). *A review of demand prospects for LNG as a marine fuel*. The Oxford Institute for Energy Studies, University of Oxford.
- Linde Engineering. (2021). *Think Hydrogen. Think Linde*. Ανάκτηση από <https://www.linde-engineering.com/en/index.html>
- Maxwell, D., & Zhu, Z. (2011). Natural gas prices, LNG transport costs, and the dynamics of LNG imports. *Energy Economics*, 33(2), σσ. 217-226.
- oilprice.com. (2021). *All You Need to Know About LNG*. Ανάκτηση από <https://oilprice.com/Energy/Natural-Gas/All-You-Need-to-Know-About-LNG.html>
- Pitblado, R., & Woodward, J. (2011). Highlights of LNG risk technology. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24(6), σσ. 827-836.
- Pospíšil, J., Charvát, P., Arsenyeva, O., Klimeš, L., Špiláček, M., & Klemeš, J. J. (2019). Energy demand of liquefaction and regasification of natural gas and the potential of LNG for operative thermal energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 99, pp. 1-15.
- Putter, A. (2020). *Overview of the LNG industry*. Ανάκτηση από <https://www.ownerteamconsult.com/overview-of-the-lng-industry/>
- PWC. (2017). *Why small-scale LNG may be the next big wave*.
- Shively, B., & Ferrare, J. (2005). *Understanding today's global LNG business* (Enerdynamics εκδ.).

- Strantzali, E., Nikoloudis, C., Aravossis, K., & Livanos, G. A. (2017). Multicriteria evaluation of liquefied natural gas supply alternatives: The case of Greece. *Proceedings of the 18th European Roundtable on Sustainable Consumption and Production Conference (ERSCP 2017), Skiathos, Greece*, (σσ. 1-5).
- Strantzali, E., Papathomopoulos, S., & Aravossis, K. (χ.χ.). Economic Evaluation of small-scale LNG terminals: The case of Greece.
- Vallabhuni, S. K., Lele, A. D., Patel, V., Lucassen, A., Moshammer, K., AlAbbad, M., & Fernandes, R. X. (2018). Autoignition studies of Liquefied Natural Gas (LNG) in a shock tube and a rapid compression machine. *Fuel*, 232, σσ. 423-430.
- Wang, S., & Notteboom, T. (2014). The adoption of liquefied natural gas as a ship fuel: A systematic review of perspectives and challenges. *Transport Reviews*, 34(6), σσ. 749-774.
- Wärtsilä. (2018). *Small- and medium-scale LNG terminals*.
- Woodward, J. L., & Pitbaldo, R. (2010). *LNG risk based safety: modeling and consequence analysis*. John Wiley & Sons.
- Αχιλιάς, Δ., Ελευθεριάδης, Ι., & Νικολαΐδης, Ν. (2015). *Υγροί υδρογονάνθρακες*. Εκδόσεις Κάλλιπος.
- ΔΕΣΦΑ. (2020). *Στοιχεία ΔΕΣΦΑ για την κατανάλωση φυσικού αερίου το πρώτο ενιάμηνο του 2020*. Ανάκτηση από <https://www.desfa.gr/press-center/press-releases/stoixeia-desfa-gia-thn-katanalwsh-fysikoy-aerioy-to-prwto-eniamhno-toy-2020>
- ΔΕΣΦΑ. (2021). *Εγκατάσταση Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (ΥΦΑ) - Ρεβυθούσα*.