

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ



ΣΧΟΛΗ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ  
ΛΙΕΘΝΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ  
ΑΕΡΙΟΥ

*Διπλωματική Εργασία*

*Νικολέττας Δεληγεώργλου (ΑΜ ΜΟΔ1507)*

*Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Ε. Φαραντούρης*

*Πειραιός*

*Νοέμβριος 2017*



## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

---

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Φαραντούρη Νικόλαο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια υλοποίησης της πτυχιακής μου εργασίας, όλους τους/τις καθηγητές/τριες του Μεταπτυχιακού Προγράμματος «Δίκαιο και Οικονομία» καθώς και την Διευθύντρια του Προγράμματος κ. Πέκκα.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω ευχαριστίες στην οικογένειά μου, η οποία με στήριξε με διάφορους τρόπους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	6
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο : ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ .....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο : ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΕ ΑΕΡΙΑ ΜΟΡΦΗ.....	10
2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	10
2.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ .....	10
2.3 ΖΗΤΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	12
2.4 ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (CNG).....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο : ΤΟ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ - LNG.....	13
3.1 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΕΡΙΑΣ ≠ ΥΓΡΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	14
3.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ – LNG .....	15
3.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΥΦΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ.....	17
3.4 Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ – ΑΛΥΣΙΔΑ ΑΞΙΑΣ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ – LNG.....	20
3.5 ΧΩΡΕΣ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: 1ο ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΕΞΟΡΥΞΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο : 2ο ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ.....	26
5.1 ΜΟΝΑΔΕΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο : 3ο ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΦΑ .....	30
6.1 ΥΓΡΑΕΡΙΟΦΟΡΑ ΠΛΟΙΑ.....	30
6.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΩΝ LNG.....	31
6.3 ΤΟ ΠΛΟΙΟ LNG ΩΣ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....	31
6.4 ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ LNG ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ .....	34
6.5 ΤΥΠΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΥΦΑ – LNG.....	39
6.6 ΕΠΑΝΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΤΜΙΣΗ (boil off).....	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο : 4ο ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ ΕΠΑΝΑΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ41	
7.1 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο : ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΥΦΑ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΥΦΑ...54	
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10ο : ΣΤΟΛΟΣ LNG.....	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11ο : ΤΟ ΥΦΑ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΠΛΟΙΩΝ.....	59

ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62

### ΕΙΚΟΝΕΣ

1. ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ LPG – NGL – NATURAL GAS
2. CNG
3. ΣΥΝΘΕΣΗ Φ.Α. ΚΑΙ Υ.Φ.Α.
4. ΚΥΚΛΟΣ ΥΦΑ
5. ΕΞΑΓΩΓΕΣ ΥΦΑ
6. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΣΟΝΑΡ
7. ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ
8. ΕΙΔΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ
9. ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ
10. ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΦΑ
11. ΠΛΟΙΟ LNG – ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ
12. ΠΛΟΙΟ LNG – ΔΕΞΑΜΕΝΗ
13. ΠΛΟΙΟ ΤΥΠΟΥ MOSS
14. ΠΡΙΣΜΑΤΙΚΟ ΠΛΟΙΟ LNG (SPB)
15. ΔΕΞΑΜΕΝΗ TGZ Mark III
16. ΔΕΞΑΜΕΝΗ GT96 TANKS
17. ΔΕΞΑΜΕΝΗ CS1 TANKS
18. ΤΥΠΙΚΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΥΦΑ
19. ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΥΦΑ
20. ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΕΒΥΘΟΥΣΑΣ

### ΠΙΝΑΚΕΣ

1. ΥΓΡΑΠΟΙΗΜΕΝΑ ΑΕΡΙΑ – ΠΙΕΣΗ ΑΤΜΟΥ ΤΟΥΣ – ΣΗΜΕΙΟ ΒΡΑΣΜΟΥ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ
2. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ
3. ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ Φ.Α. ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ

### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

1. ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Φ.Α.
2. ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΤΟ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ
3. ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΥΦΑ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΑΝΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
4. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΣΤΟΛΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ΥΦΑ: Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο  
LPG: υγροποιημένο αέριο πετρελαίου  
ΕΣΦΑ: Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου  
NGL: υγρό φυσικού αερίου  
ΑΣΦΑ: Ανεξάρτητο Σύστημα Φυσικού Αερίου  
LNG: Liquefied Natural Gas  
ΡΑΕ: Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας  
CNG: συμπιεσμένο φυσικό αέριο  
ΙΜΟ: Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός  
ΔΕΠΑ: Δημόσια Επιχείρηση Αερίου  
ΕΥΦΑ: εγκατάσταση πλωτού υγροποιημένου φυσικού αερίου  
ΔΕΣΦΑ: Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου  
Mtpa: εκατομμύρια τόνοι (χωρητικότητα)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Στην συγκεκριμένη εργασία εξετάζεται η διακίνηση του φυσικού αερίου σε υγρή μορφή με πλοία υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG), τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε περιφερειακό επίπεδο. Λόγω της συνεχούς αύξησης των ενεργειακών αναγκών της κοινωνίας και των σημαντικών δυσκολιών τόσο της αποθήκευσης όσο και της μεταφοράς της αέριας μορφής του φυσικού αερίου δημιουργήθηκε η ανάγκη να υγροποιηθεί το φυσικό αέριο. Με την υγροποίηση του φυσικού αερίου επιτυγχάνεται η μεταφορά του μέσω ειδικών δεξαμενοπλοίων σε μεγαλύτερες αποστάσεις, από τους τόπους παραγωγής στις καταναλώτριες χώρες, καθώς και η εφαρμογή του υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG) ως πηγή ενέργειας, καθόσον η αποθήκευσή του κοντά σε αστικές περιοχές δεν απαιτεί την κατασκευή πρόσθετων αγωγών. Στην παρούσα εργασία αναλύεται η ιδιαίτερη τεχνολογία υγροποίησης του φυσικού αερίου, όπως επίσης και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται για την φόρτωση, τη μεταφορά και την εκφόρτωση του φυσικού αερίου στην υγροποιημένη του αυτή μορφή.



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Το φυσικό αέριο στο μέλλον θα αποτελέσει ακόμη περισσότερο την κυρίαρχη μορφή ενέργειας, που θα χρησιμοποιείται, λόγω της ανάγκης και του σχεδιασμού για σταδιακή απεξάρτηση από το πετρέλαιο, ως επί των πλείστων τα επόμενα χρόνια. Το Φυσικό Αέριο σήμερα είναι το πλέον περιζήτητο καύσιμο λόγω της υψηλής θερμογόνου δύναμης, της μειωμένης περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και της αποδοτικής του καύσης. Θεωρείται η καθαρότερη πηγή ενέργειας μετά τις ανανεώσιμες, εξαιτίας της ποιότητας της καύσης του και της χαμηλής περιεκτικότητας των καυσαερίων του σε ρυπογόνες ουσίες. Οι συνεχείς επιτυχίες στην εξερεύνηση φυσικού αερίου σ' όλο τον κόσμο δείχνουν ότι αδιαμφισβήτητα υπάρχουν παγκοσμίως διαθέσιμα αποθέματα φυσικού αερίου στον πλανήτη σε μεγάλες ποσότητες. Οι επιλογές για μεταφορά του φυσικού αερίου είναι ή με χερσαίους αγωγούς ή μέσω θαλάσσης με LNG δεξαμενόπλοια.

Όπως προαναφέρθηκε, οι ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας απαιτούν την στροφή προς το φυσικό αέριο, γεγονός που δεν μπορεί να αφήσει αμέτοχη τη ναυτιλία γι αυτό και διεκδικεί το δικό της μερίδιο στη μεταφορά του φυσικού αερίου. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (Liquefied Natural Gas – LNG) έχει τεθεί στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος της παγκόσμιας ναυτιλίας καθώς οι μεταφορές ενέργειας κυριαρχούν στην παγκόσμια ναυτιλία προϊόντων χύδην. Η ανάγκη μεταφοράς μεγάλων ποσοτήτων φυσικού αερίου, μεταξύ περιοχών που μεσολαβεί θάλασσα, προκάλεσε άνοδο στην αγορά αυτών των πλοίων LNG τα τελευταία χρόνια και υπάρχουν προοπτικές για μεγαλύτερη και ταχύτερη εξέλιξη του συγκεκριμένου κλάδου. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν υπάρξει πολλές ανακοινώσεις για την παραγγελία νέων πλοίων μεταφοράς LNG τόσο από Έλληνες όσο και από Κινέζους πλοιοκτήτες, οι οποίοι και πρωταγωνιστούν σε αυτήν την ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> : ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΑΕΡΙΟ

---

Το υγροποιημένο αέριο αποτελεί μια κατάσταση ύλης, που σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και υπό ατμοσφαιρική πίεση, θα ήταν σε αέρια μορφή. Τα περισσότερα υγροποιημένα αέρια είναι υδρογονάνθρακες με μεγάλη ενεργειακή αξία. Λόγω της γνωστής επικινδυνότητάς τους και του γεγονότος ότι αντιμετωπίζονται σε μεγάλες ποσότητες, είναι αναγκαίο να λαμβάνονται πάντα όλα τα απαραίτητα μέτρα για την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων διαρροής και τον περιορισμό των πηγών ανάφλεξης.

Η σημαντικότερη ιδιότητα ενός υγροποιημένου αερίου, σε σχέση με την άντληση και την αποθήκευση, είναι η πίεση του ατμού (vapour pressure). Είναι η απόλυτη πίεση που ασκείται όταν το υγρό ισορροπεί με τον ατμό του σε δεδομένη θερμοκρασία.

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO), με σκοπό την τήρηση των κανονισμών μεταφοράς υγροποιημένων αερίων, συσχετίζει την εμποτισμένη πίεση ατμού με τη θερμοκρασία, υιοθετώντας τον ακόλουθο κανόνα για τη μεταφορά υγροποιημένων αερίων στη θάλασσα:

Υγρά με πίεση ατμού που υπερβαίνουν τα 2.8 bar διατηρούνται σε θερμοκρασία 37.8° C. Τα υγροποιημένα αέρια που μεταφέρονται με πλοία συγκρίνονται σύμφωνα με την πίεση ατμού τους σε 37.8° C και το σημείο βρασμού τους σε ατμοσφαιρική πίεση<sup>1</sup>.

### ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΑΕΡΙΑ – ΠΙΕΣΗ ΑΤΜΟΥ ΤΟΥΣ – ΣΗΜΕΙΟ ΒΡΑΣΜΟΥ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

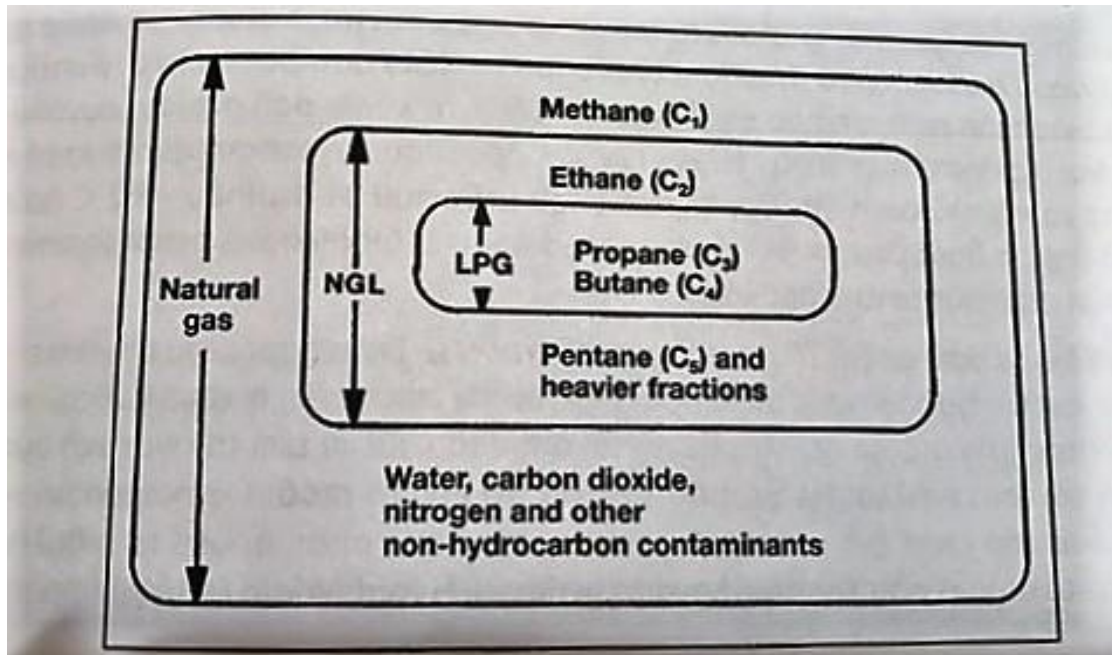
LIQUEFIED GAS	VAPOUR PRESSURE AT 37,8 (bars absolute)	BOILING POINT AT ATMOSPHERIC PRESSURE
METHANE	GAS	-161,5
PROPANE	12,9	-42,3
N- BUTANE	3,6	-0,5
VINYL CHLORIDE	5,7	-13,8
AMMONIA	14,7	-33,4
BUTADIENE	4,0	-5
ETHYLENE OXYDE	2,7	+10,7

<sup>1</sup> (McGUIRE and WHITE Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals, 2000)



Προκειμένου να διαφοροποιηθεί η σχέση μεταξύ φυσικού αερίου, υγρού φυσικού αερίου (NGLs) και υγροποιημένου αερίου πετρελαίου (LPGs), είναι σημαντική η διαφοροποίηση μεταξύ των πρώτων υλών και των συστατικών τους όπως παρουσιάζεται στο σχήμα:<sup>2</sup>

**ΕΙΚΟΝΑ 1: ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ LPG – NGL – NATURAL GAS**



2. (McGUIRE and WHITE Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals, 2000)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΤΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ ΣΕ ΑΕΡΙΑ ΜΟΡΦΗ**

---

Το φυσικό αέριο είναι ένα αέριο μείγμα υδρογονανθράκων. Εξάγεται από υπόγειες κοιλότητες και θεωρείται λόγω των ιδιοτήτων του οικολογικό καύσιμο. Υπάρχει σε μεγάλα αποθέματα, τα οποία όπως έχει ήδη διαπιστωθεί επαρκούν για τουλάχιστον εκατό χρόνια. Τα μεγαλύτερα αποθέματα φυσικού αερίου είναι της Ρωσίας, που φθάνουν το ένα τρίτο των παγκόσμιων αποθεμάτων, και της Μέσης Ανατολής. Άλλες μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου βρίσκονται στο Ιράν, στο Κατάρ, στη Σαουδική Αραβία, στη Νιγηρία, στην Αλγερία κ.α.

Η Ελλάδα σήμερα προμηθεύεται φυσικό αέριο από 3 διαφορετικές πηγές: α) από τη Ρωσία (μέσω Βουλγαρίας) μέσω αγωγών σε αέρια μορφή, β) από την Αλγερία με δεξαμενόπλοια σε υγροποιημένη μορφή (στις εγκαταστάσεις της νήσου Ρεβυθούσας στον κόλπο των Μεγάρων) και γ) από το 2007, από το Αζερμπαϊτζάν (μέσω Τουρκίας) μέσω αγωγών σε αέρια μορφή.

### **2.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Το φυσικό αέριο είναι ένα φυσικό προϊόν που βρίσκεται σε κοιλότητες του υπεδάφους της γης και είτε συναντάται μόνο του είτε συνυπάρχει με άλλα ορυκτά καύσιμα, όπως κοιτάσματα πετρελαίου. Είναι αέριο του οποίου η σύσταση διαφέρει ανάλογα με το τόπο προέλευσής του. Είναι ελαφρύτερο του αέρα (έχει ειδικό βάρος ίσο με 0,59) και άοσμο, για λόγους όμως ανίχνευσης σε περίπτωση διαρροής προστίθεται σε αυτό ουσία η οποία προσδίδει τεχνικά χαρακτηριστική οσμή σ' αυτό .

### **2.2 ΣΥΝΘΕΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Το φυσικό αέριο είναι μίγμα υδρογονανθράκων σε αέρια κατάσταση, αποτελούμενο κυρίως από μεθάνιο (σε ποσοστό άνω του 85%), που είναι ο ελαφρύτερος υδρογονάνθρακας. Σ' αυτό συνυπάρχουν όμως και σημαντικές ποσότητες αιθανίου, προπάνιου και βουτανίου, καθώς και διοξείδιο του άνθρακα, άζωτο, υδρογόνο, ήλιο και υδρόθειο. Το φυσικό αέριο είναι πολύ καθαρό, χωρίς προσμίξεις και θειούχα συστατικά.

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Συστατικά	% κατά όγκο σύσταση
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	70-90
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	5-15
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ) και Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	< 5
CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, κτλ.	μικρότερες ποσότητες

Τα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται μακριά από τα κύρια κέντρα κατανάλωσης, συνεπώς πρέπει να μεταφερθεί, αν και οι βιομηχανίες χημικής επεξεργασίας είναι συχνά εγκατεστημένες στην περιοχή της παραγωγής. Η μεταφορά του φυσικού αερίου εξαρτάται από την κατάσταση του. Στην αέρια μορφή του μεταφέρεται με αγωγούς υπό υψηλή πίεση.

Το τελικό προϊόν το οποίο συλλέγεται και μεταφέρεται με τους αγωγούς από τον τόπο εξόρυξης προς την τελική κατανάλωση, είναι απαλλαγμένο από υδρατμούς, από βαρύτερους του μεθανίου υδρογονάνθρακες, και άλλα στοιχεία και ενώσεις, καθώς διαχωρίζονται και κατακρατούνται τα ανεπιθύμητα συστατικά και ενώσεις από τη μάζα του.

Το φυσικό αέριο αποτελεί το καύσιμο του 21<sup>ου</sup> αιώνα καθώς μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις της ανθρωπότητας για ενέργεια άφθονη, καθαρή, αποδοτική και οικονομική. Οι πιο συνηθισμένες χρήσεις του φυσικού αερίου είναι η οικιακή χρήση, η χρήση του στις επιχειρήσεις και στη βιομηχανία, στην ηλεκτροδότηση, στην αυτοκίνηση και στη γεωργία.

Το φυσικό αέριο για πρώτη φορά ήρθε στην Ελλάδα το 1988, όταν ιδρύθηκε η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ).

## ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΤΥΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ Φ.Α. ΣΕ ΧΩΡΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΤΟΥ

### Φυσικό Αέριο.

#### Μια εναλλακτική πηγή ενέργειας τον 21<sup>ο</sup> αιώνα?

- Τι είναι το Φυσικό Αέριο?

Τυπική σύσταση Φ.Α. σε κάποιες χώρες παραγωγής του

Χώρα	Αποθέματα (δισεκ. m <sup>3</sup> )	Βάθος - πίεση m - bar	Σύνθεση					
			N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Αλγερία	2700	2100 - 310	5	-	0.2	80	7.5	3
Τέξας	2000	820 - 34	13	2	0.5	76	4	3
Ολλανδία	1600	2800 - 350	14	0.01	0.9	81	3	0.5

**Αποθέματα: ~140.000 τρισεκατομμύρια m<sup>3</sup>**  
(εκτιμάται ότι θα αρκέσουν >2πλάσιο χρόνο από ότι τα αποθέματα πετρελαίου)

### **2.3 ΖΗΤΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Η τιμή του φυσικού αερίου διαμορφώνεται με το νόμο της ζήτησης βάσει του σημείου ισορροπίας μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Οι αγοραστές και οι πωλητές αντιδρούν στις εναλλαγές της τιμής που προσδιορίζονται στην αγορά. Στην αγορά του φυσικού αερίου, η ζήτηση δεν εμφανίζει ιδιαίτερο βαθμό ελαστικότητας. Λόγω της δυσκολίας εναλλαγής σε άλλη μορφή ενέργειας, εξαιτίας του γεγονότος ότι το φυσικό αέριο δεν έχει τέλει υποκατάστατο, η ζήτηση του φυσικού αερίου είναι ανελαστική.<sup>3</sup>

### **2.4 ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ (CNG)**

Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο δημιουργείται με συμπίεση του φυσικού αερίου, σε λιγότερο από 1% του όγκου που καταλαμβάνει σε κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο αποθηκεύεται και μεταφέρεται σε σκληρά δοχεία, σφαιρικού ή κυλινδρικού σχήματος, σε πίεση 200-248 bar. Χρησιμοποιείται στους παραδοσιακούς κινητήρες βενζίνης που έχουν μετατραπεί σε διπλής καύσης καυσίμου. Ο αριθμός των οχημάτων στον κόσμο που κάνουν χρήση συμπιεσμένου φυσικού αερίου αυξάνεται συνεχώς καθώς αποτελεί την καθαρότερη καύση καυσίμου, το οικονομικότερο καύσιμο και το λιγότερο ρυπογόνο.

Το συμπιεσμένο φυσικό αέριο αποτελεί μια καλή λύση για γρήγορη πώληση μικρών ποσοτήτων σε μικρές αποστάσεις καθώς μεταφέρεται και με δεξαμενόπλοια από το κοίτασμα στο δίκτυο του αγοραστεί κατευθείαν χωρίς να απαιτεί εγκαταστάσεις (π.χ. υγροποίησης και αεριοποίησης).

### **ΕΙΚΟΝΑ 2: ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ**



<sup>3</sup> Βλ. Natural Gas Pricing in Competitive Markets, OECD/IEA, Σελ 31, Παρίσι 1998

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΤΟ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ - LNG

---

Ως Liquefied Natural Gas (LNG) – Υγροποιημένο Φυσικό Αέριο ορίζεται το φυσικό αέριο που έχει ψυχθεί έως τους  $-160^{\circ}\text{C}$  ή σε 259 βαθμούς Fahrenheit, σε κατάσταση ατμοσφαιρικής πίεσης, μια φυσική κατάσταση στην οποία συμπυκνώνεται και μετατρέπεται σε υγρό. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι φυσικό αέριο, το οποίο μετατράπηκε προσωρινά σε υγρή μορφή για τη διευκόλυνση της αποθήκευσης και της μεταφοράς του. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο είναι και αυτό άοσμο, όπως επίσης και άχρωμο, μη τοξικό και μη διαβρωτικό.

Για την υγροποίησή του απαιτείται να έχει προηγηθεί επεξεργασία αφαίρεσης των προσμείξεων όπως νερό, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο και άλλες ενώσεις του θείου. Απομακρύνοντας αυτές τις προσμίξεις, δεν μπορεί να δημιουργηθούν στερεές ουσίες με την ψύξη του φυσικού αερίου. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο περιέχει κυρίως μεθάνιο. Μετά από την διεργασία αυτή, λοιπόν, το φυσικό αέριο συμπυκνώνεται σε υγρό σε πίεση σχεδόν ατμοσφαιρική (μέγιστη πίεση μεταφοράς περί τα 25 kPa/ 3,6psi) ψύχοντάς το στους  $-161^{\circ}\text{C}$  περίπου.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο δεν είναι συμπιεσμένο αέριο, αλλά ψυχρό υγρό, το οποίο σχηματίζεται με ψυκτικά μέσα και δεν αποθηκεύεται υπό πίεση.<sup>4</sup> Το υγροποιημένο φυσικό αέριο επιτυγχάνει μεγαλύτερη μείωση όγκου απ' ό,τι το συμπιεσμένο φυσικό αέριο έτσι ώστε η πυκνότητα ενέργειας του υγροποιημένου φυσικού αερίου να είναι 2,4 φορές υψηλότερη από αυτή του συμπιεσμένου φυσικού αερίου (ΣΦΑ) ή 60% αυτής του πετρελαίου κίνησης.

Η θερμογόνος δύναμη (ενεργειακή πυκνότητα) του υγροποιημένου φυσικού αερίου εξαρτάται από την πηγή του φυσικού αερίου και από τη διεργασία υγροποίησής του. Η θερμογόνος δύναμη καλείται ανώτερη, όταν το νερό που προκύπτει από την καύση του στοιχείου του υδρογόνου και των υδρογονανθράκων θεωρείται ότι βρίσκεται σε υγρή κατάσταση στα προϊόντα της καύσης. Η ανώτερη θερμογόνος δύναμη του ΥΦΑ είναι περίπου 24MJ/L. Η θερμογόνος δύναμη καλείται κατώτερη, όταν το νερό που προκύπτει από την καύση θεωρείται ότι βρίσκεται σε κατάσταση ατμού στα προϊόντα της καύσης. Η κατώτερη θερμογόνος δύναμη υπολογίζεται στα 21 MJ/L. Ο λόγος ΚΘΔ/ΑΘΔ για όλα τα καύσιμα εξαρτάται από την αναλογία του άνθρακα και του υδρογόνου στο αέριο καύσιμο. Η πυκνότητα ενέργειας του ΥΦΑ είναι 2,4 φορές υψηλότερη από το ΣΦΑ, στο 60% αυτής του πετρελαίου κίνησης και στο 70% αυτής της βενζίνης.

---

<sup>4</sup> [http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied\\_natural\\_gas](http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_natural_gas)

Η πυκνότητα του υγροποιημένου φυσικού αερίου είναι περίπου 467 γραμμάρια ανά λίτρο, μικρότερη σε σύγκριση με την πυκνότητα του νερού, η οποία είναι περίπου 994 γραμμάρια ανά λίτρο. Έτσι, αν το υγροποιημένο φυσικό αέριο χυθεί στο νερό, επιπλέει και εξατμίζεται γιατί είναι ελαφρύτερο από το νερό. Οι ατμοί ΥΦΑ από την εξάτμιση είναι εύφλεκτοι και μπορεί να δημιουργήσουν έκρηξη κάτω από ορισμένες συνθήκες. Για τη μεταφορά του ΥΦΑ χρησιμοποιούνται ειδικά, κρυογενικά πλοία ή βυτία.

### 3.1 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΕΡΙΑΣ ≠ ΥΓΡΗΣ ΜΟΡΦΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

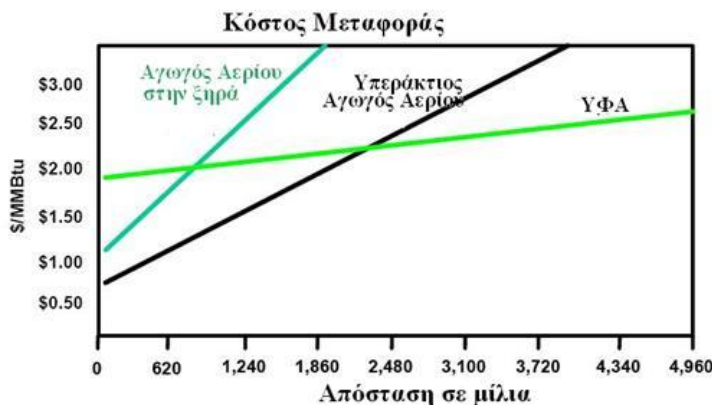
#### 1 ΕΙΚΟΝΑ 3: ΣΥΝΘΕΣΗ Φ.Α. ΚΑΙ Υ.Φ.Α.



2. Η υγροποίηση μειώνει τον όγκο του αερίου περίπου 600 φορές, έτσι το LNG γίνεται το πιο οικονομικό για μεταφορά μεταξύ διαφόρων γεωγραφικών περιοχών με κατάλληλα σχεδιασμένα πλοία.

#### 3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1: ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ Φ.Α.

#### Τεχνολογία Μεταφοράς Φυσικού Αερίου και Κόστος σε σχέση με την Απόσταση



4. Η παραγωγή, μεταφορά και αποθήκευση του LNG γενικά μετράται σε μετρικούς τόνους και κυβικά μέτρα ενώ το φυσικό αέριο στην αέρια μορφή του μετράται σε κυβικά πόδια αερίου (million cubic feet-Mcf).

5. Το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου (αέρια μορφή) πιθανόν να είναι οικονομικά ασύμφορο και να έχει τεχνικές και πολιτικές δυσκολίες, με κυριότερη την διένεξη Ρωσίας και Ουκρανίας. Αντιθέτως, η χρήση της τεχνολογίας LNG κάνει το φυσικό αέριο προσιτό σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές του κόσμου.

6. Η υγροποίηση δίνει επίσης την ευκαιρία για αποθήκευση του φυσικού αερίου και χρήση σε περιόδους μεγάλης ζήτησης σε περιοχές όπου οι γεωλογικές συνθήκες δεν επιτρέπουν υπόγειες εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Στις περιοχές όμως όπου δεν υπάρχει δυνατότητα υπόγειας αποθήκευσης φυσικού αερίου, το LNG αποτελεί κρίσιμο παράγοντα ενεργειακής επάρκειας κυρίως κατά τις ψυχρές περιόδους.

### 3.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ – LNG

Η υγροποίηση του φυσικού αερίου, ως επιστημονική εφαρμογή χρονολογείται από τον 19<sup>ο</sup> αιώνα, όταν ο χημικός και φυσικός Μιχαήλ Φάραντεϊ πειραματίστηκε με την υγροποίηση αερίων όπως το φυσικό αέριο. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG) αποδείχθηκε βιώσιμη πηγή ενέργειας το 1917, όταν η πρώτη μονάδα υγροποιημένου φυσικού αερίου άρχισε να λειτουργεί στη Δυτική Βιρτζίνια, για την αποθήκευση του τοπικού φυσικού αερίου. Ακολούθησε η δημιουργία της πρώτης εμπορικής μονάδας υγροποίησης η οποία χτίστηκε στο Κλίβελαντ του Οχάιο το 1941. Δεκαοχτώ χρόνια μετά, τον Ιανουάριο του 1959, το πρώτο δεξαμενόπλοιο LNG του κόσμου το (Methane Pioneer) μετέφερε το πρώτο φορτίο υγροποιημένου φυσικού αερίου από το Lake Charles της Λουϊζιάνα στο Canvey Island του Ηνωμένου Βασιλείου. Το γεγονός αυτό απέδειξε ότι μεγάλες ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου θα μπορούσαν να μεταφερθούν με ασφάλεια μέσω θαλάσσης σε μακρινούς προορισμούς. Τον Ιανουάριο του 1959 το πρώτο δεξαμενόπλοιο υγροποιημένου φυσικού αερίου του κόσμου, με το όνομα The Methane Pioneer, μετέφερε ένα φορτίο ΥΦΑ. Επρόκειτο για ένα φορτηγό Liberty του Β΄ Παγκοσμίου Πολέμου, το οποίο τροποποιήθηκε και περιείχε πέντε αλουμιένιες, πρισματικές δεξαμενές με υποστηρίγματα από ξύλο μπάλα και μόνωση από κόντρα πλακέ και πολυουρεθάνη.<sup>5</sup>

Το 1961, η Βρετανία υπέγραψε 15-ετές συμβόλαιο για να λαμβάνει περίπου 1 εκατομμύριο τόνους (mtpa) φυσικού αερίου ετησίως από την Αλγερία, το συμβόλαιο θα ίσχυε από το 1965. Για το λόγο αυτό η κατασκευή της πρώτης μονάδας υγροποίησης στον κόσμο ανατέθηκε στο

---

<sup>5</sup> Ενέργεια Ναυτιλία και Θαλάσσιες Μεταφορές, Νομική Βιβλιοθήκη 2013.

Αρζού της Αλγερίας ώστε να εκτελεστεί η σύμβαση με το Ηνωμένο Βασίλειο και να το προμηθεύει από τα τεράστια αποθέματα φυσικού αερίου που βρίσκονται στη Σαχάρα. Το επόμενο έτος και η Γαλλία υπέγραψε σχετική συμφωνία για αγορά φυσικού αερίου από την Αλγερία.

Αργότερα, το 1969 έγιναν οι πρώτες εξαγωγές από τις ΗΠΑ στην Ασία, όταν η μονάδα που βρίσκεται στο Kenai της Αλάσκας (η οποία σήμερα έχει χωρητικότητα 1,3 mtpa) άρχισε να μεταφέρει LNG προς την Ιαπωνία και συγκεκριμένα προς το εργοστάσιο ηλεκτρικής ενέργειας του Τόκιο, TEPCO (Tokyo Electric Power Company). Η αγορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου έκτοτε άρχισε να αναπτύσσεται με γρήγορους ρυθμούς. Το 1972, το Μπρουνέι έγινε ο πρώτος παραγωγός φυσικού αερίου της Ασίας, με αποτέλεσμα να λειτουργεί μία μονάδα υγροποιημένου φυσικού αερίου στο Lumut, που έχει πλέον δυναμικότητα της τάξης των 6,5 mtpa, και προμηθεύει την Κορέα καθώς και την Ιαπωνία. Η μονάδα LNG της Λιβύης στο Marsa el Brega άρχισε τις παραδόσεις φυσικού αερίου στην Ισπανία το 1970. Επίσης από τη Λιβύη άρχισε να εφοδιάζεται και η Ιταλία, σηματοδοτώντας την είσοδο ενός νέου παραγωγού και δύο νέων αγοραστών στην αγορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Οι Αμερικανικές εισαγωγές από την Αλγερία, εγκρίθηκαν το 1972 με την Boston's Distrigas να υπογράψει συμβόλαιο με τη δέσμευση για αγορά 50 εκατομμυρίων κυβικών ποδιών φυσικού (MMscfd) αερίου την ημέρα από τη μονάδα Skikda για μια περίοδο 20 ετών. Το 1979 σημειώθηκε η πρώτη λήξη σύμβασης για LNG: το 15-ετές συμβόλαιο μεταξύ της Αλγερίας και του Ηνωμένου Βασιλείου ήρθε στο τέλος του. Η προμήθεια φυσικού αερίου από την Αλγερία συνεχίστηκε και κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1980, αλλά τελικά τερματίστηκε καθώς είχε αρχίσει ήδη αρχίζει η παραγωγή φυσικού αερίου από τη Βόρεια Θάλασσα. Κατά τη διάρκεια του 1979, η αγορά κλονίστηκε από τις διαφωνίες σχετικά με τις τιμές μεταξύ των ΗΠΑ και της Sonatrach η οποία τελικά οδήγησε στην καταγγελία και τη λύση των συμβάσεων, τον παροπλισμό έξι δεξαμενόπλοιων μεταφοράς LNG (εκ των οποίων τρία στη συνέχεια δόθηκαν για διάλυση) και τη διακοπή της λειτουργίας των δύο εκ των τεσσάρων τερματικών LNG των ΗΠΑ.

Ωστόσο, η ζήτηση για LNG στην Ασία εξακολούθησε να αυξάνεται. Έτσι η Μαλαισία εισήλθε στην αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου το 1983 (αρχικά με συμβόλαιο όγκου 6 mtpa το οποίο στη συνέχεια αυξήθηκε σε 7,5 mtpa). Ακολούθησε η Αυστραλία το 1989 (ομοίως με αρχικό όγκο των συμβάσεων 6 mtpa ο οποίος έχει πλέον έχει αυξηθεί στα 7,5 mtpa).

Το Κατάρ έγινε ο δεύτερος παραγωγός LNG της Μέσης Ανατολής με την παράδοση του πρώτου φορτίου υγροποιημένου φυσικού αερίου από την Qatargas τον Ιανουάριο του 1997. Πρόσφατα έχουν κατασκευαστεί πολλές μονάδες φυσικού αερίου: το Τρινιντάντ & Τομπάγκο (3 mtpa)



ξεκίνησε τον Απρίλιο του 1999, το Ras Laffan (6.6 mtpa) τον Μάιο του 1999, η Νιγηρία (5,6 mtpa) τον Οκτώβριο του 1999. Τον Απρίλιο του 2000 άρχισε τη δραστηριότητά του στην εξαγωγή φυσικού αερίου και το Ομάν με μια εγκατάσταση της χωρητικότητας 6,6 mtpa .

Το 2005 ξεκίνησε να λειτουργεί η πρώτη υπεράκτια, πλωτή εγκατάσταση αεριοποίησης του υδροποιημένου φυσικού αερίου στον Κόλπο του Μεξικού. Επιπλέον, σε εξέλιξη βρίσκεται η δημιουργία πολλών εγκεκριμένων και σχεδιασμένων τερματικών σταθμών υποδοχής υδροποιημένου φυσικού αερίου. Τέλος, το 2000 το ετήσιο εμπόριο LNG φτάνει τα 100mt ενώ το 2008 τα ξεπερνάει φτάνοντας τα 173 mt.

### 3.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΥΦΑ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΛΗΨΗΣ

Οι κύριοι κίνδυνοι από LNG προκύπτουν από:

1. την ευφλεκτότητα του,
2. την κρυογόνο θεοκρασία του (-162 °C),
3. τα χαρακτηριστικά διασποράς του ατμού που δημιουργείται.

Όταν το LNG βρίσκεται σε υγρή μορφή, από μόνο του ούτε θα καεί ούτε θα εκραγεί. Το κύριο συστατικό του LNG ‘το Μεθάνιο’, είναι άχρωμο και άοσμο και είναι ταξινομημένο ως απλό ασφυζιογόνο στην ανθρώπινη έκθεση. Όταν το LNG θα διαρρεύσει πάνω στο νερό, θα παράγει αρχικά ένα σύννεφο ατμού (οι κρύοι ατμοί είναι πυκνότεροι από τον αέρα και μαζεύονται πιο κοντά στο νερό ή στο έδαφος). Το σύννεφο ατμού αναμειγνύεται με τον αέρα, θερμαίνεται και διασκορπίζεται στην ατμόσφαιρα. Εάν δεν υπάρξει ανάφλεξη, το εύφλεκτο σύννεφο ατμού θα παρασυρθεί από τον αέρα, μέχρι τα αποτελέσματα της διασποράς αραιώσουν τους ατμούς σε επίπεδα κάτω από την ελάχιστη συγκέντρωση που το κάνει εύφλεκτο (τότε οι LNG ατμοί βρίσκονται στο ελάχιστο όριο εφλεκτικότητας (Lower Flammability Limit). Κάτω από αυτή την αναλογία ατμού-αέρα, το σύννεφο είναι πολύ αραιωμένο για να υπάρξει ανάφλεξη. Σε ένα ποσοστό <15% αυτής της αναλογίας, οι LNG ατμοί βρίσκονται στο ανώτερο όριο εφλεκτικότητας τους και είναι η κατάσταση πέρα της οποίας το σύννεφο είναι πολύ πλούσιο και ανίκανο για ανάφλεξη (Upper flammability limit). Μεταξύ της τάξεως του 5-15% μπορεί να υπάρξει ανάφλεξη, γιατί θεωρείται σε εύφλεκτο όριο (flammable).

Διαπιστώνεται, ότι οι μεγάλες απελευθερώσεις από ένα LNG πλοίο θα απαιτούσαν πιθανώς μια σημαντική πηγή ενέργειας για ανάφλεξη, εάν το εύφλεκτο σύννεφο αναφλέγεται από το γεγονός της έναρξης του ρήγματος ή από κάποιες άλλες πηγές (π.χ. στο πλοίο, στην ακτή), η φλόγα θα

κατευθυνθεί προς την πηγή παραγωγής του ατμού και το εύφλεκτο σύννεφο δεν θα απομακρυνθεί πολύ από το σημείο εκείνο. Όταν ένα εύφλεκτο μίγμα αέρα-αερίου από LNG διαρροή αναφλέγεται, μπορεί να οδηγήσει σε πυρκαγιά λάμψης που να καίει τους ατμούς που ήδη αναμίχθηκαν με τον αέρα σε εύφλεκτες συγκεντρώσεις. Το μέτωπο της φλόγας κατευθύνεται στη περιοχή της διαρροής προς τα πίσω, υπό τον όρο ότι η συγκέντρωση ατμού κατά μήκος αυτής της πορείας είναι αρκετά υψηλή να συνεχίσει. Αν και οι ατμοί του LNG μπορούν να εκραγούν, εάν μέσα σε περιορισμένο χώρο υπάρξει ανάφλεξη, (όπως ένα αμπάρι, ένα κτίριο, μια κατασκευή), δεν υπάρχει ωστόσο καμία ένδειξη που να φανερώνει ότι το LNG εκρήγνυται σε περίπτωση ανάφλεξης σε ανοιχτό χώρο.

Από τους σοβαρότερους κινδύνους των Υγροποιημένων Φυσικών Αερίων (ΥΦΑ) αποτελούν οι ‘πυρκαγιές λίμνης’. Μια πυρκαγιά λίμνης είναι μια φωτιά στροβιλώδους διάδοσης, η οποία καίει πάνω από μια οριζόντια λίμνη εξατμιζόμενου καυσίμου, όπου το καύσιμο έχει χαμηλή αρχική ορμή ή μηδενική. Η πυρκαγιά λίμνης μπορεί να είναι μια ταχέως εξαπλούμενη πυρκαγιά ή στατική πυρκαγιά. Εάν κοντά σε μια πηγή ανάφλεξης διαρρεύσει ΥΦΑ, οι ατμοί του ΥΦΑ οι οποίοι δημιουργούνται από την εξάτμιση (σε μια εύφλεκτη συγκέντρωση με τον αέρα, 5% μέχρι και 15%) θα καούν πάνω από την κηλίδα του υγρού ΥΦΑ. Η πυρκαγιά λίμνης που θα προκληθεί θα εξαπλωθεί όπως εξαπλώνεται η κηλίδα ΥΦΑ, μακριά από την πηγή διαρροής και το ΥΦΑ θα συνεχίσει να εξατμίζεται σε ατμούς. Μια τέτοια πυρκαγιά λίμνης είναι πολύ έντονη, αναπτύσσει πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι μια φωτιά πετρελαίου ή βενζίνης, η καύση της είναι πολύ γρήγορη και έτσι δεν μπορεί να κατασβησθεί. Για να σβήσει θα πρέπει να αναλωθεί πρώτα όλο το ΥΦΑ. Δεδομένου ότι η πυρκαγιά λίμνης αναπτύσσει πολύ υψηλές θερμοκρασίες σε μικρό χρονικό διάστημα, η θερμική ακτινοβολία μπορεί να τραυματίσει ανθρώπους και να προκαλέσει ζημιά σε ιδιοκτησίες που βρίσκονται σε σημαντική απόσταση από την πυρκαγιά λίμνης. Μεγάλος αριθμός ειδικών συμφωνούν ότι ο πιο σοβαρός κίνδυνος ΥΦΑ είναι η πυρκαγιά λίμνης από ΥΦΑ, ειδικά πάνω σε νερό.

Απότομη μεταβατική φάση (Rapid Phase Transition, RPT): Όταν απελευθερωθεί στο νερό, ποσότητα ΥΦΑ, επιπλέει και εξατμίζεται, γιατί η πυκνότητα του είναι χαμηλότερη από ότι του νερού. Εάν μεγάλη ποσότητα ΥΦΑ απελευθερωθεί στο νερό, θα εξατμιστεί πολύ γρήγορα και μπορεί να προκαλέσει ‘απότομη μεταβατική φάση’(Rapid Phase Transition, RPT). Η θερμοκρασία που έχει το νερό, όπως και η ποσότητα νερού και μεθανίου, επηρεάζουν επίσης την πιθανότητα μιας απότομης μεταβατικής φάσης όπου μια μεγάλη ποσότητα ενέργειας απελευθερώνεται και μπορεί να προκαλέσει φυσική έκρηξη (έκρηξη χωρίς φλόγα). Αν και δεν υπάρχει καύση, αυτή η φυσική έκρηξη μπορεί να είναι επικίνδυνη για τον άνθρωπο. Αποτελεί έναν ιδιαίτερα σημαντικό κίνδυνο για τα υγραεριοφόρα πλοία και ελέγχεται με τη χρήση διπλού κύτους.

Κίνδυνος ανατροπής (Rollover): Όταν ποσότητες υγροποιημένου φυσικού αερίου (ΥΦΑ), αποθηκεύονται σε μια δεξαμενή, δεν αναμειγνύονται αμέσως, όταν έχουν διαφορετικές πυκνότητες. Όταν το ΥΦΑ αποθηκεύεται σε μεγάλες ποσότητες, διαχωρίζεται σε στρώματα λόγω των διαφορετικών του πυκνοτήτων. Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, αυτά τα στρώματα αυθόρμητα μπορεί να ανατραπούν/αναποδογυρίσουν, δηλαδή τα πάνω στρώματα των ΥΦΑ να πάνε κάτω. Αυτή η ανατροπή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της πίεσεως εντός της δεξαμενής και σε εξάτμιση του πάνω στρώματος με το άνοιγμα των ασφαλιστικών. Η υπερβολική πίεση με την σειρά της μπορεί να προξενήσει ρωγμές ή δομικά προβλήματα σε κάποιο σημείο της δεξαμενής. Για την πρόληψη αυτού του προβλήματος, οι δεξαμενές των ΥΦΑ, διαθέτουν συστήματα προστασίας για την ‘ανατροπή’, τα οποία περιλαμβάνουν ανιχνευτές θερμοκρασίας και συστήματα ανάμειξης.

Το LNG εξατμίζεται ακαριαία και δεν είναι τοξικό, επομένως οι μακροπρόθεσμες περιβαλλοντικές επιδράσεις από μια απελευθέρωση είναι αμελητέες, εάν δεν υπάρχει καμία ανάφλεξη των φυσικών ατμών αερίου. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφοροι κίνδυνοι που σχετίζονται με διαρροή υγροποιημένου φυσικού αερίου στο νερό: Κίνδυνοι πυρκαγιάς • Εκρήξεις • Άμεση μεταβατική φάση (RPT) • Κρυογενές επιδράσεις <sup>6</sup>

Σε τυχόν περίπτωση διαρροής του προϊόντος (LNG) δεν υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος από απότομη εκτόνωση, καθόσον τουλάχιστον το LNG βρίσκεται σε ατμοσφαιρική πίεση. Εκτόνωση υπάρχει στο LNG σε περίπτωση διαρροής λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Στα Υγραεριοφόρα πλοία προκειμένου να αποτραπεί ο κίνδυνος αναφλέξεως στις δεξαμενές φορτίου λόγω εισροής αέρα, διατηρείται πάντα θετική πίεση εντός των δεξαμενών κατά τη διάρκεια φορτοεκφορτώσεως και μεταφοράς φορτίου και συνεπώς στις δεξαμενές υπάρχει μόνο φορτίο σε υγρή και αέρια μορφή. Επίσης στα Υγραεριοφόρα πλοία χρησιμοποιείται σύστημα κλειστού τύπου φορτοεκφορτώσεως, ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος απελευθέρωσης φορτίου στην ατμόσφαιρα και έπειτα ο κίνδυνος αναφλέξεως. Ωστόσο σε περίπτωση πυρκαγιάς, υπάρχουν τα ‘Fusible Plugs’ είναι ένα σύστημα το οποίο αρχίζει και λιώνει το ειδικό προστατευτικό των ‘Fusible Plugs’ (υπό θερμοκρασία 98°C και 104°C) και όταν λιώσει, τότε γίνετε αυτόματα ESD (Emergency Shut Down) και σταματάει οτιδήποτε έχει σχέση με τη φορτοεκφόρτωση. Οι δεξαμενές υγραερίου που βρίσκονται μέσα σε χώρο που έχει εκδηλωθεί πυρκαγιά συνήθως, δεν ανατινάσσονται όταν θερμανθούν αρκετά. Όλες οι δεξαμενές που εγκαθίστανται σύμφωνα με τους κανονισμούς και από υπεύθυνες εταιρείες είναι εξοπλισμένες με ανακουφιστικές βαλβίδες, ανάλογες με την επιφάνειά τους, για να αποκλείεται η περίπτωση της ανατίναξης. Προϋπόθεση

---

<sup>6</sup> Κυριακοπούλου Γ.Β (1978). Τεχνολογία καυσίμων Η καύση θεωρία κα Εφαρμογή ΕΜΠ

βέβαια είναι ότι οι δεξαμενές και οι ανακουφιστικές τους βαλβίδες (ασφαλιστικά) να επανελέγχονται περιοδικά.

### **3.4 Η ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΑ – ΑΛΥΣΙΑ ΑΞΙΑΣ ΤΟΥ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ – LNG**

Για να μπορέσει να διεισδύσει μία ενεργειακή εταιρεία στην αγορά LNG απαιτείται ένα σημαντικό επίπεδο επενδύσεων. Οι επενδύσεις αυτές γίνονται σε λειτουργίες που είναι εξαρτώμενες μεταξύ τους. Τα κυριότερα στάδια των διαδικασιών αυτών, μη συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς με σωληνώσεις, αποτελούν την εφοδιαστική αλυσίδα (logistic supply chain) και αποτελείται από διακριτές λειτουργίες εντοπισμού, παραγωγής, υγροποίησης του μεταφερόμενου αερίου στον τελικό προορισμό, μεταφορά, αποθήκευση και επαναφορά στην αέρια μορφή στις εγκαταστάσεις εισαγωγής.<sup>7</sup>

Η αλυσίδα αξίας εξετάζει την επίδραση του κόστους σε κάθε λειτουργία για να καθορίσει την τελική τιμή του εισαγόμενου LNG. Οι προμηθευτές ΥΦΑ πρώτα διασφαλίζουν πωλήσεις σε κατάντη αγοραστές και μετά υπογράφουν μακροχρόνια συμβόλαια με αυστηρούς όρους και δομές τιμής αερίου. Όταν οι πελάτες είναι επιβεβαιωμένοι και η ανάπτυξη ενός εξ αρχής έργου ΥΦΑ θεωρηθεί οικονομικά βιώσιμο, τότε μόνο επενδύουν οι υποστηρικτές της μονάδας παραγωγής στην ανάπτυξη και λειτουργία της. Έτσι, η βιομηχανία υγροποίησης ΥΦΑ έχει θεωρηθεί ως παίγνιο λίγων, όπου μόνο ισχυροί παίκτες με οικονομικούς και πολιτικούς πόρους μπορούν να εισέλθουν. Ενεργοί παίκτες είναι οι μεγάλες πολυεθνικές πετρελαϊκές εταιρείες (IOC) και οι εθνικές πετρελαϊκές εταιρείες (NOC).

Η αξιακή αλυσίδα του ΥΦΑ αποτελείται από τα ανωτέρω τέσσερα, ισχυρά αλληλεξαρτώμενα τμήματα 1)εξερεύνηση και παραγωγή, 2)υγροποίηση, 3)θαλάσσια μεταφορά από το σημείο υγροποίησης στον τελικό προορισμό και τέλος 4)υποδοχή, αποθήκευση και επαναεριοποίηση στον τελικό προορισμό. Χρησιμοποιείται ο όρος «αξιακή» διότι σε κάθε βήμα γίνονται επενδύσεις για να μετατραπεί το φυσικό αέριο, από μια κατάσταση μη-χρησιμοποιήσιμη σε μια κατάσταση στην οποία μπορεί να επιτευχθεί χρήση του φυσικού αερίου ως κρίσιμο καύσιμο για ενέργεια και ως πρώτη ύλη για παραγωγή υλικών.

---

<sup>7</sup> ( Witherby Seamanship International , 2006).

#### ΕΙΚΟΝΑ 4: ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΥΦΑ



### 3.5 ΧΩΡΕΣ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

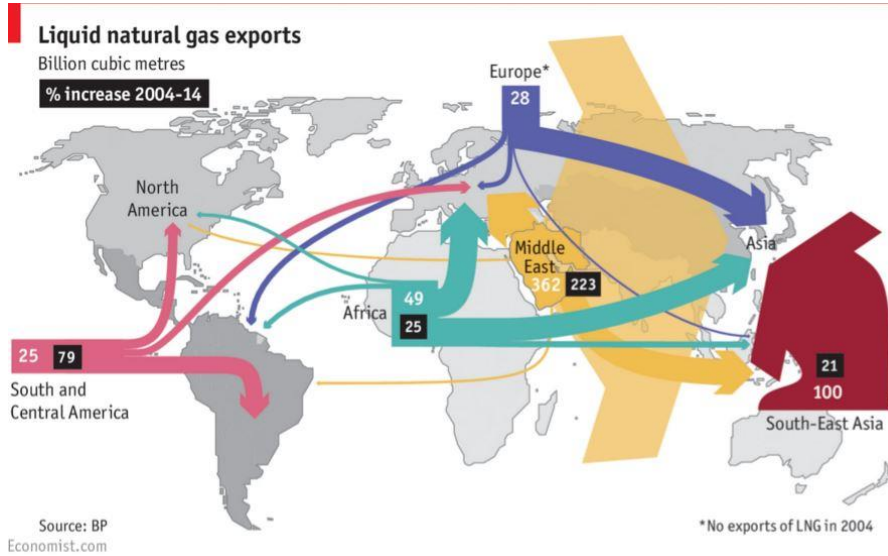
Σύμφωνα με τα στατιστικά δεδομένα της εταιρείας BP για το 2011, τα βέβαια παγκόσμια αποθέματα είναι 6,609 trillion cubic feet (TCF) και συνεχώς ανακαλύπτονται νέα αποθέματα. Τα περισσότερα αποθέματα βρίσκονται σε περιοχές απομακρυσμένες από τις τρέχουσες αγορές. Το 2010 οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή LNG ήταν Κατάρ, Ινδονησία, Μαλαισία, Αυστραλία, Νιγηρία, Τρινιντάν και Τομπάγκο, Αλγερία και Ρωσία. Πολλές ακόμη χώρες έχουν μικρή παραγωγή. Χώρες όπως η Αγκόλα και η Βενεζουέλα προσπαθούν να αποκτήσουν ρόλο στην παγκόσμια αγορά ως παραγωγοί και εξαγωγείς LNG, ενώ χώρες όπως Σαουδική Αραβία και Ιράν έχουν σημαντικά αποθέματα φυσικού αερίου και μπορούν να έχουν μεγαλύτερο ρόλο στην αγορά LNG. Τελευταία εμφανίζονται χώρες όπως ο Καναδάς και οι ΗΠΑ που σκοπεύουν να εισέλθουν στην αγορά ως εξαγωγείς.

Τα αποδεδειγμένα αποθέματα εμφανίζουν συνεχή αύξηση, ωθούμενα κυρίως από δύο χώρες: το Κατάρ (2001) και και Τουρκμενιστάν (2007+) και την γενικά υψηλή τιμή πετρελαίου ου καθιστά εκμεταλλεύσιμα περισσότερα κοιτάσματα<sup>8</sup>. Τα τελευταία χρόνια δεκατρείς χώρες προστέθηκαν στη λίστα των εισαγωγέων ΥΦΑ, μεταξύ τους και παραδοσιακά εξαγωγικές χώρες στο ΥΦΑ: Αργεντινή, Βραζιλία, Καναδάς, Κίνα, Χιλή, Κουβέι, Μεξικό, Ολλανδία, Ταϊλάνδη, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα, Ινδονησία, Μαλαισία και Αίγυπτος. Το 2013 έφερε στην ίδια ομάδα και το Ισραήλ, ενώ αναμένονταν και η Σιγκαπούρη και η Πολωνία. Στις ΗΠΑ η ραγδαία ανάπτυξη στην εξόρυξη μη συμβατικού, σχιστολιθικού φυσικού αερίου (shale gas) καλείται να τροφοδοτήσει όχι μόνο την εγχώρια ζήτηση αλλά και την παγκόσμια, μέσω υγροποίησης και θαλάσσιας εξαγωγής<sup>9</sup>.

<sup>8</sup>BP Statistic Analysis of World Energy, 2012.

<sup>9</sup> Deloitte, Made in America: The economic impact of LNG Exports from the US, 2013.

#### ΕΙΚΟΝΑ 4: ΕΞΑΓΩΓΕΣ ΥΦΑ



Στο πλαίσιο της ενεργειακής μετάβασης που επιδιώκει τόσο η Ευρωπαϊκή Επιτροπή όσο και όλες οι χώρες του κόσμου για την προστασία του περιβάλλοντος με τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την καταπολέμηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, το ΥΦΑ ως το καθαρότερο ορυκτό καύσιμο, αποτελεί μια εξαιρετική εναλλακτική λύση. Η ανάπτυξη της χρήσης ΥΦΑ, ιδιαίτερα για τη βιομηχανία και τις μεταφορές, συμβάλλει ενεργά στην προστασία του περιβάλλοντος.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>: 1<sup>ο</sup> ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ

### ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ – ΠΑΡΑΓΩΓΗ – ΕΞΟΡΥΞΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η εξόρυξη (exploration) αφορά την άντληση του φυσικού αερίου από το εσωτερικό της γης και την παραγωγή του φυσικού αερίου που μεταφέρεται στον καταναλωτή.

Το φυσικό αέριο μπορεί να εμφανιστεί α. σε υπόγεια φρεάτια, β. σε συμπυκνωμένες δεξαμενές και γ. σε μεγάλες πετρελαιοφόρες περιοχές. Τις περισσότερες φορές το αέριο βρίσκεται κοντά σε κοιτάσματα πετρελαίου και παράγεται ταυτόχρονα με την διαδικασία άντλησης πετρελαίου. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ανίχνευσης κοιτασμάτων φυσικού αερίου στη ξηρά και τη θάλασσα, που βασίζονται στη δημιουργία σεισμικών (ηχητικών) κυμάτων με διάφορους τρόπους π.χ. από κρουστικά, από εκρήξεις, με τη βοήθεια σόναρ. Ισχυρά σόναρ φέρουν πολλά είδη πλοίων π.χ. ωκεανογραφικά, φαλινοθηρικά, ειδικά υποβρύχια χαρτογράφησης βυθού, όπως και πολλά είδη πολεμικών π.χ. φρεγάτες και υποβρύχια.

Ένας άλλος τρόπος σχετίζεται με τη χρήση ισχυρών ηλεκτρομαγνητικών παλμών.

#### ΕΙΚΟΝΑ 6: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ ΜΕ ΣΟΝΑΡ



Τα ιζήματα τα οποία περιέχουν την οργανική ύλη που παράγει το αέριο είναι αργιλώδη ή ασβεστολιθικά, είναι δηλαδή πετρώματα κυρίως συμπαγή και σχετικά αδιαπέραστα. Το αέριο ελευθερώνεται και μεταναστεύει προς τα φιλοξενούντα πετρώματα που είναι πορώδεις και διαπερατοί σχηματισμοί, όπως άμμοι, ψαμμίτες, ανθρακικά πετρώματα με έντονο σύστημα διακλάσεων, όπως ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Αυτή η μετανάστευση γίνεται λόγω της διαφοράς πίεσεως, που υπάρχει ανάμεσα στα πορώδη φιλοξενούντα πετρώματα και στα συμπαγή μητρικά πετρώματα. Το αέριο μέσα στο φιλοξενούν πέτρωμα κυκλοφορεί στον πορώδη χώρο. Κανονικά οι πόροι που έχουν συνήθως διάμετρο μικρότερη από ένα χιλιοστό του μέτρου γεμίζουν με νερό,

αλλά το αέριο, λόγω της πολύ μικρότερης πυκνότητάς του, τείνει να καταλάβει τα ανώτερα μέρη της οριζόντιας επιφάνειας του κοιτάσματος, ενώ το νερό παραμένει στα χαμηλότερα. Για να συγκεντρωθεί το αέριο πρέπει να παγιδευτεί, δηλαδή να καλυφθεί με ένα μη διαπερατό πέτρωμα άργιλο ή ορυκτό άλας και ολόκληρο το κάλυμμα του κοιτάσματος να έχει τέτοιο σχήμα, ώστε να προστατεύει το αέριο από διαρροές προς τα ανώτερα στρώματα και ιδιαίτερα προς την επιφάνεια. Οι παγίδες φυσικού αερίου είναι όμοιες με τους φύλακες συσσωρεύσεως πετρελαίου και υπάρχουν διάφοροι τύποι. Οι αρχικές ιζηματογενείς αποθέσεις μπορεί να σχηματίσουν στρωματογραφική παγίδα, λόγω της πλευρικής μεταβολής της πετρολογικής σύστασης, π.χ. με τη δημιουργία ψαμμιτικών ή ασβεστολιθικών φακών μέσα σε αργίλους, ενώ τα επόμενα ιζήματα μπορούν να σχηματίσουν παγίδα με αποσφήνωση ενός στρώματος. Στο εσωτερικό των παγίδων μπορούν να συνυπάρχουν και τα τρία ρευστά (αέριο, αργό πετρέλαιο και νερό), που διατάσσονται από την κορυφή προς τον πυθμένα ανάλογα με τα ειδικά τους βάρη. Στις παγίδες μπορεί να υπάρχει μόνο αέριο ή αέριο και νερό ή νερό και πετρέλαιο ή μόνο νερό ανάλογα με τις συνθήκες σχηματισμού του κοιτάσματος, την έκταση της μετανάστευσης και τη διαρροή προς την επιφάνεια μέσω των ρωγμών του φιλοξενούντος πετρώματος.

Οι γεωτρήσεις για ανίχνευση και εξόρυξη πετρελαίου στο βυθό της θάλασσας γίνονται με κατάλληλα διαμορφωμένες πλατφόρμες που μπορεί να είναι υπέργειες (αριστερή φωτογραφία) αλλά και υπόγειες (δεξιά φωτογραφία). Δοκιμαστικές γεωτρήσεις όμως γίνονται και από κατάλληλα διαμορφωμένα πλοία.

#### **ΕΙΚΟΝΑ 7: ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΕΞΟΡΥΞΗΣ**



Σε γενικές γραμμές, μια γεώτρηση σε μεγάλο βάθος στη γη π.χ. με μια γεώτρηση στο κέντρο της Μεσογείου και σε μέρη όπου ο γήινος φλοιός δεν είναι τόσο παχύς, σε κάθε περίπτωση θα απέφερε κέρδος, αφού θα υπήρχε μεγαλύτερη σιγουριά για το αποτέλεσμα.

Η δραστηριότητα εξερεύνησης και παραγωγής (Α&Π) ποικίλει από την ανάπτυξη ιδεών περί της ενδεχόμενης τοποθεσίας όπου μπορεί να προκύψουν κοιτάσματα αερίου (prospect generation), ως την κινητοποίηση χρηματοπιστωτικού κεφαλαίου για να υποστηριχθεί η γεώτρηση και

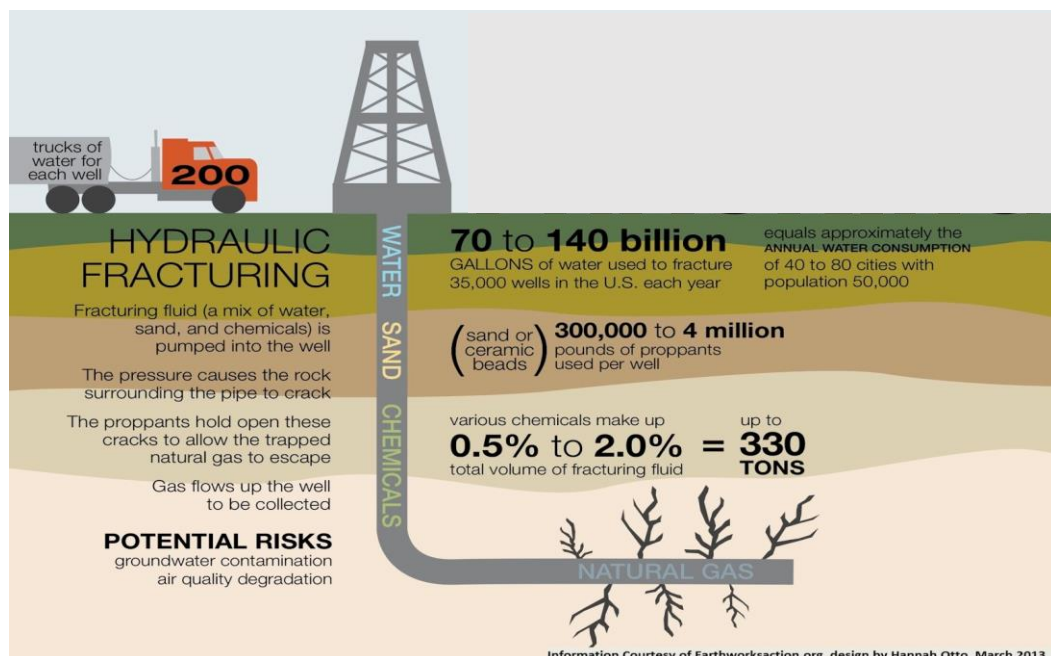


ανάπτυξη του κοιτάσματος, ως την παραγωγή. Το τμήμα Ε&Π περιλαμβάνει γεωλογικό ρίσκο – την πιθανότητα τα κοιτάσματα αερίου, σε μια περιοχή ενδιαφέροντος είτε να μην υπάρχουν είτε να υπάρχουν σε ποσότητες ή γεωλογικές συνθήκες που δεν ευνοούν την επιτυχή και οικονομικά βιώσιμη εξόρυξή τους. Οι υψηλότερες τιμές φυσικού αερίου όχι μόνο ενθαρρύνουν τις γεωτρήσεις αλλά αυξάνουν επίσης την ποσότητα φυσικού αερίου που μπορεί να εξορυχθεί (υψηλότερες τιμές διευκολύνουν την παραγωγή από κοιτάσματα υψηλότερου κόστους που μπορεί αλλιώς να μην είναι οικονομικά).

### ΕΙΚΟΝΑ 8: ΕΙΔΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ



### ΕΙΚΟΝΑ 9: ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup> : 2<sup>ο</sup> ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ

---

Υγροποίηση (liquefaction) ορίζεται η διαδικασία μετατροπής του φυσικού αερίου σε υγρό με σκοπό να μεταφερθεί αυτό με πλοία LNG. Το φυσικό αέριο που τροφοδοτείται στο εργοστάσιο ΥΦΑ υποβάλλεται σε επεξεργασία για να απομακρυνθούν νερό, υδρόθειο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα συστατικά που θα παγώσουν στις χαμηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για αποθήκευση ή θα είναι καταστροφικά για εγκατάσταση υγροποίησης. Μετά το αέριο ψύχεται μέχρι να υγροποιηθεί.

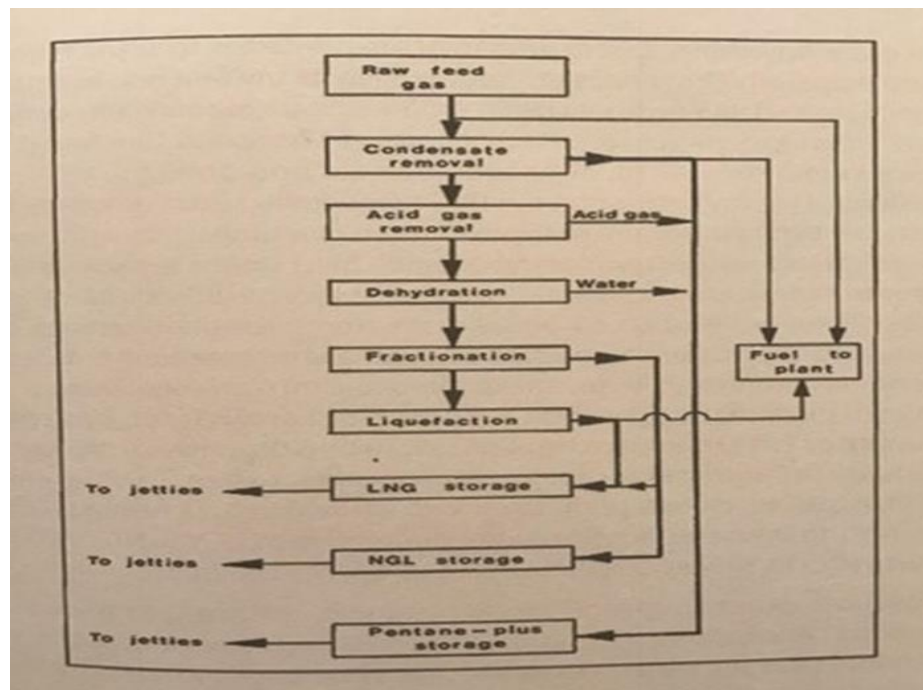
Το φυσικό αέριο περιέχει μικρότερες ποσότητες βαρύτερων υδρογονανθράκων (υγρά φυσικού αερίου –NGLs), αυτό είναι σε εξάρτηση με τις κυμαινόμενες ποσότητες νερού διοξειδίου του άνθρακα, και άλλων μη υδρογονανθρακικών ουσιών. Το ποσοστό NGL που περιέχεται στο ακατέργαστο φυσικό αέριο ποικίλει από μια θέση σε άλλη. Ανεξάρτητα από την προέλευση, όπως προαναφέρθηκε, το φυσικό αέριο απαιτεί επεξεργασία για την αφαίρεση βαρύτερων υδρογονανθρακικών και μη υδρογονανθρακικών συστατικών. Αυτό εξασφαλίζει ότι το προϊόν είναι σε αποδεκτή κατάσταση για ρευστοποίηση ή για τη χρήση του ως αεριώδη καύσιμο. Όταν το ακατέργαστο αέριο είναι απαλλαγμένο από κατέλιπα, ακολουθεί η αφαίρεση των όξινων αερίων, δηλαδή του διοξειδίου του άνθρακα και του σουλφιδίου υδρογόνου. Το διοξείδιο του άνθρακα πρέπει να αφαιρεθεί καθώς παγώνει σε μια σε μια θερμοκρασία πάνω από το ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού του LNG και το τοξικό σύνθετο σουλφίδιο υδρογόνου απομακρύνεται, δεδομένου ότι προκαλεί ατμοσφαιρική ρύπανση, όταν καίγεται ως καύσιμο. Η αφαίρεση του όξινου αερίου προκαλεί εμποτισμό του αερίου ρεύματος με υδρατμούς οι οποίοι στη συνέχεια αφαιρούνται. Κατόπιν, το αέριο περνά σε μια μονάδα διαχωρισμού (fractionation) όπου τα NGLs αφαιρούνται και γίνεται η περαιτέρω διάσπαση σε προπάνιο και βουτάνιο. Τέλος, η κύρια ροή αερίου, συνήθως μεθάνιο, υγροποιείται και σαν τελικό προϊόν, προκύπτει υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG). Για να χαμηλώσουν τη θερμοκρασία του μεθανίου σε περίπου  $-162^{\circ}\text{C}$ , δηλαδή στο ατμοσφαιρικό σημείο βρασμού του, υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι ρευστοποίησης σήμερα:

A) Η καθαρή διαδικασία ψύξης (pure refrigerant process). Είναι παρόμοια με τον κύκλο υγροποίησης αλλά προκειμένου να επιτευχθεί η απαιτούμενη χαμηλή θερμοκρασία, περιλαμβάνονται τρία στάδια όπου το καθένα έχει την ψυκτική ουσία, το συμπιεστή και τους εναλλάκτες θερμότητάς του. Το 1<sup>ο</sup> στάδιο χρησιμοποιεί το προπάνιο, το 2<sup>ο</sup> στάδιο το αιθυλένιο και το 3<sup>ο</sup> στάδιο το μεθάνιο. Η διαδικασία αυτή χρησιμοποιείται σε εγκαταστάσεις πριν από το 1970.

Β) Η μικτή διαδικασία ψύξης (mixed refrigerant process). Η διαδικασία επιτυγχάνεται σε έναν κύκλο με μεθάνιο, αιθάνιο, προπάνιο και άζωτο. Ο εξοπλισμός είναι λιγότερο σύνθετος από την καθαρή διαδικασία ψυκτικών ουσιών αλλά η κατανάλωση ισχύος είναι μεγαλύτερη και γι αυτό τον λόγο η διαδικασία αυτή δεν είναι διαδεδομένη.

Γ) Η μικτή διαδικασία ψύξης με προστάδιο πτώσης θερμοκρασίας (pre-cooled mixed refrigerant process). Είναι γνωστή ως MCR (Multi-Component Refrigerant) και είναι ένας συνδυασμός των ανωτέρω διαδικασιών. Η διαδικασία αυτή θεωρείται η πιο κοινή σε λειτουργία σήμερα.<sup>10</sup>

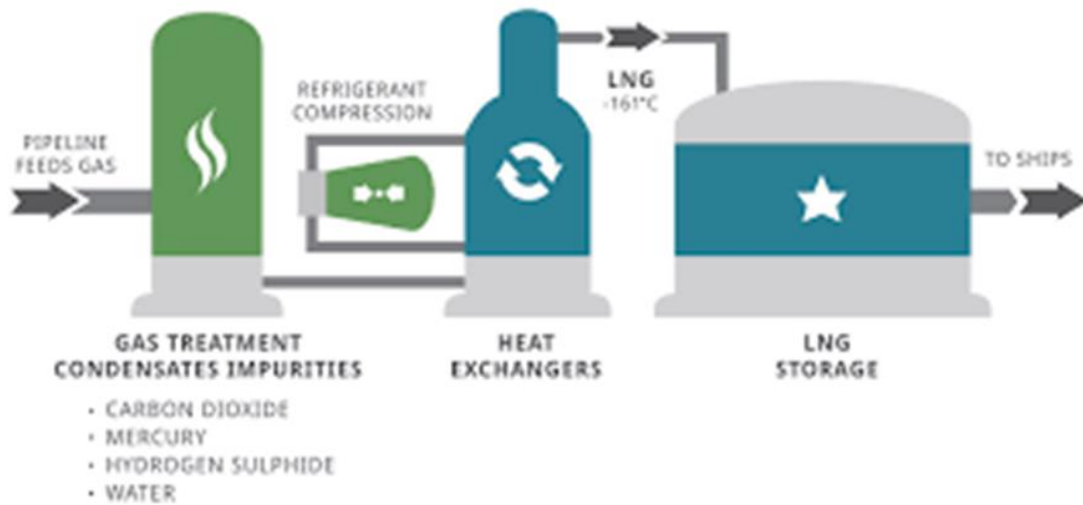
## ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 2: ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΡΑΓΟΥΝ ΤΟ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΦΥΣΙΚΟ ΑΕΡΙΟ



Τα καύσιμα για τις εγκαταστάσεις παρέχονται κυρίως από το στιγμιαίο αέριο κατά τη διαδικασία υγροποίησης. Εάν είναι απαραίτητο, τα πρόσθετα καύσιμα μπορούν να ληφθούν από το ακατέργαστο υγροποιημένο αέριο ή από τα αποσπασμένα συμπυκνώματα. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του LNG που παράγεται και τις απαιτήσεις του εμπορίου, μερικά από τα αποσπασμένα NGLs μπορούν να επανεισαχθούν.

<sup>10</sup> (McGUIRE and WHITE Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals, 2000)

**ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΥΠΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΥΦΑ**



### 5.1 ΜΟΝΑΔΕΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

Η πιο σημαντική υποδομή που απαιτείται για την παραγωγή και τη μεταφορά του ΥΦΑ αποτελείται από μία ή περισσότερες γραμμές ΥΦΑ (liquefaction trains), καθεμιά από τις οποίες είναι μία ανεξάρτητη μονάδα υγροποίησης αερίου. Η μεγαλύτερη γραμμή ΥΦΑ εν λειτουργία σήμερα βρίσκεται στο Κατάρ. Μέχρι πρόσφατα, ήταν η Γραμμή 4 του Atlantic LNG Trinidad & Tobago, με δυναμικότητα παραγωγής 5,2 δισεκατομμυρίων μετρικών τόνων το έτος, ακολουθούμενη από το εργοστάσιο Segas LNG στην Αίγυπτο και το εργοστάσιο Qatar gas II. Σήμερα υπάρχουν τέσσερις διαθέσιμες διεργασίες υγροποίησης: C3MR (APCI) σχεδιασμένη από την Air Products & Chemicals Incorporation, Cascade σχεδιασμένη από την ConocoPhillips, Shell και DMR Linde. Στο τέλος του 2012 υπήρχαν 100 λειτουργούσες γραμμές υγροποίησης με συνολική δυναμικότητα 297.2 MMTPA.

Τα μικρά εργοστάσια υγροποίησης δίνουν το πλεονέκτημα να παραχθεί ΥΦΑ κοντά στην τοποθεσία χρήσης τους, μειώνοντας το κόστος παραγωγής και μεταφοράς του. Επιτρέπει, επίσης, επιτόπια μείωση αιχμών στη ζήτηση και καθιστά δυνατή την εγκατάσταση τοπικών συστημάτων διανομής φυσικού αερίου σε κοινότητες που δεν έχουν πρόσβαση σε αγωγούς μεταφοράς φυσικού αερίου.

Τεχνολογία Πλωτού ΥΦΑ (Floating LNG). Οι εγκαταστάσεις Πλωτού Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (FLNG, ΕΥΦΑ) επιπλέον υπεράνω ενός υπεράκτιου κοιτάσματος και παράγουν, υγροποιούν και μεταφέρουν ΥΦΑ (και δυναμικά LPG και συμπυκνώματα) στη θάλασσα, προτού δεξαμενόπλοια ΥΦΑ το μεταφέρουν στις αγορές.

Η πλατφόρμα Prelude, που έχει μήκος 488 μέτρα, έχει κοστίσει 14 δισ. δολάρια και είναι η μεγαλύτερη πλωτή κατασκευή και ανήκει στη Royal Dutch Shell. Έφθασε τον Ιούλιο του 2017 στην Αυστραλία μετά την κατασκευή της από τη Samsung Heavy Industries της Νότιας Κορέας. Δύναται να υγροποιεί φυσικό αέριο χωρίς τη βοήθεια χερσαίων εγκαταστάσεων υγροποίησης, αφού το αντλήσει από απόμακρες περιοχές. Αντλεί φυσικό αέριο από τις ακτές της θάλασσας και εν συνεχεία το υγροποιεί για να είναι έτοιμο για τη μεταφορά του. Αυτή η νέα τεχνολογία της πλωτής πλατφόρμας άντλησης, υγροποίησης και μεταφοράς φυσικού αερίου έχει το πλεονέκτημα ότι έχοντας ενσωματωμένες τις αναγκαίες υποδομές μπορεί να αξιοποιεί απομακρυσμένα κοιτάσματα φυσικού αερίου, γι αυτό το λόγο και τα επόμενα χρόνια αυτή η τεχνολογία θα κυριαρχήσει στην παραγωγή και μεταφορά ΥΦΑ.<sup>11</sup>

---

<sup>11</sup> Δημοσίευμα Financial Times, 08/2017

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : 3<sup>ο</sup> ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ

### ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

---

Η μεταφορά και η προμήθεια του φυσικού αερίου είναι μια σημαντική πτυχή του εμπορίου αερίου καθώς τα κοιτάσματα φυσικού αερίου βρίσκονται πολύ μακριά από τις αγορές κατανάλωσης. Το φυσικό αέριο μεταφέρεται ως επί των πλείστων μέσω αγωγών. Δίκτυο αγωγών υπάρχει στη Σοβιετική Ένωση, στην Ευρώπη και στη Βόρειο Αμερική. Το φυσικό αέριο ταξιδεύει γρήγορα σε αγωγούς υψηλής πίεσης. Το φυσικό αέριο συνήθως υγροποιείται σε ΥΦΑ στο τέλος ενός αγωγού, πριν τη μεταφορά δια θαλάσσης. Σωληνώσεις για μεταφορά ΥΦΑ από πλοία ΥΦΑ σε δεξαμενές αποθήκευσης στην ξηρά απαιτούν την τεχνική σωλήνα εντός σωλήνα για να διατηρηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μεταφέρεται χρησιμοποιώντας βυτιοφόρα οχήματα, βαγόνια δεξαμενές και πλοία ειδικού σχεδιασμού που είναι γνωστά ως δεξαμενόπλοια ΥΦΑ.

#### 6.1 ΥΓΡΑΕΡΙΟΦΟΡΑ ΠΛΟΙΑ

Η θαλάσσια μεταφορά υγροποιημένου φυσικού αερίου υπάγεται στις θαλάσσιες και ακτοπλοϊκές μεταφορές εμπορευμάτων και συγκεκριμένα υγρών φορτίων. Η μεταφορά υγρών φορτίων πραγματοποιείται με εξειδικευμένα πλοία οι κυριότερες κατηγορίες των οποίων είναι τα πετρελαιοφόρα, τα πλοία μεταφοράς υγροποιημένων αερίων (L.N.G.: μεταφορά φυσικού αερίου και L.P.G.: μεταφορά πετρελαϊκού αερίου), τα δεξαμενόπλοια μεταφοράς υγρών χημικών προϊόντων (αμμωνία, οξέα, κ.λπ.) και τα λοιπά πλοία χύδην υγρού φορτίου (μεταφορά νερού, κρασιού ή άλλων υγρών).

Λόγω της αυξημένης επικινδυνότητας των υγραεριοφόρων πλοίων απαιτείται η κατασκευή τους με υψηλή και εξειδικευμένη τεχνολογία, η τήρηση μέτρων ασφαλείας και αυστηρών περιορισμών κατά τη μεταφορά. Η προσέγγιση των υγραεριοφόρων πλοίων επιτρέπεται μόνο σε ειδικές προβλήτες που διαθέτουν τα ενδεδειγμένα μέσα και μέτρα ασφάλειας, πρόβλεψης και αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων. Η χωρητικότητα των υγραεριοφόρων πλοίων υπολογίζεται σε κυβικά μέτρα φυσικού αερίου υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Maritech News τεύχος Δεκ. 2010, (Δεξαμενόπλοιο αερίων), σελ.13.

## 6.2 Η ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΟΥ ΠΛΟΙΩΝ LNG

Με δεδομένο ότι η αγορά υγροποιημένου φυσικού αερίου αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, ο στόλος των δεξαμενοπλοίων ΥΦΑ συνεχίζει να υφίσταται ραγδαία ανάπτυξη. Το πρώτο πλοίο ΥΦΑ, όπως προαναφέραμε, το Methane Pioneer απέπλευσε το 1959 και μετέφερε το πρώτο υπερωκεάνιο φορτίο υγροποιημένου φυσικού αερίου και έπλευσε προς το Ηνωμένο Βασίλειο όπου και το παρέδωσε.<sup>9</sup> Ο ρυθμός κατασκευής των πλοίων αυτών υπήρξε χαμηλός για δεκαετίες μέχρι τον 21<sup>ο</sup> αιώνα, οπότε και υπήρξε ραγδαία αύξηση του αριθμού των ενεργών δεξαμενοπλοίων ΥΦΑ, με υπερτριπλασιασμό του πλήθους των πλοίων και υπερ-τετραπλασιασμό της χωρητικότητάς τους. Κατά την τελευταία δεκαετία το μέγεθος και η χωρητικότητά τους έχουν αυξηθεί. Από το 2005 η Qatar gas έχει πρωτοπορήσει στην ανάπτυξη δύο νέων κλάσεων δεξαμενόπλοιοι ΥΦΑ, των επονομαζόμενων Q-Flex και Q-Max. Κάθε πλοίο απ' αυτά έχει χωρητικότητα φορτίου 210.000 – 266.000 κυβικών μέτρων και είναι εξοπλισμένο με μονάδα επανυγροποίησης του εξατμιζόμενου ΥΦΑ, ώστε να εξαλείφονται οι απώλειες ΥΦΑ. Στο τέλος του 2012 υπήρχαν 366 ενεργά δεξαμενόπλοια ΥΦΑ, συνολικής χωρητικότητας 53,2 εκ. κυβικών μέτρων.

Σήμερα, ο μεγαλύτερος αριθμός των νέων δεξαμενοπλοίων ΥΦΑ έχουν χωρητικότητα 120.000 – 140.000 κυβικά μέτρα, ενώ υπάρχουν και παραγγελίες για μεγαλύτερες χωρητικότητες.

Η αγορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου βασίζεται σημαντικά στην ύπαρξη μακροχρόνιων συμβολαίων μεταφοράς φυσικού αερίου. Η ύπαρξη τέτοιων συμβολαίων δημιουργεί την ανάγκη για ναυπήγηση νέων δεξαμενόπλοιοι, τα οποία είναι εντάσεως υψηλής τεχνολογίας. Τα τελευταία χρόνια, η ναυπήγηση των δεξαμενόπλοιοι υγροποιημένου φυσικού αερίου έχει παρουσιάσει έντονο τεχνολογικό ενδιαφέρον. Η προσπάθεια έγκειται στο γεγονός της ύπαρξης μεγαλύτερης αποθηκευτικής ικανότητας σε όσο γίνεται μικρότερο χώρο.

## 6.3 ΤΟ ΠΛΟΙΟ LNG ΩΣ ΝΑΥΠΗΓΗΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Τα πλοία ΥΦΑ – LNG είναι πλοία ειδικού σχεδιασμού με διπλά τοιχώματα για να προστατεύουν τα συστήματα φορτίου από διαρροές ή ζημιές. Η ιδιαίτερα χαμηλή θερμοκρασία του φορτίου και η εκρηκτικότητά του υπό προϋποθέσεις επιβάλλουν τον ιδιαίτερο χειρισμό του και προδιαγεγραμμένες διαδικασίες για αποφυγή τυχών ατυχημάτων. Υπάρχουν πλοία ΥΦΑ μεσαίου μεγέθους (με χωρητικότητα 50.000 – 100.000 κυβικά μέτρα), μεγάλου μεγέθους (μεγαλύτερα από 100.000 κυβικά μέτρα) και μικρότερου μεγέθους (1.000-25.000 κυβικά μέτρα)

που λειτουργούν στην εγχώρια αγορά για μικρές αγορές. Τα πλοία ΥΦΑ δύνανται να αναπτύξουν ταχύτατες μέχρι 21 knots σε ανοιχτές θάλασσες.

Η πλειονότητα των πλοίων μεταφοράς υγροποιημένου φυσικού αερίου έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να το μεταφέρουν είτε σε σφαιρικές δεξαμενές είτε σε γεωμετρικές δεξαμενές μεμβράνης.

Μία τυπική διάταξη δεξαμενών συνίσταται σε τέσσερις έως έξι δεξαμενές κατά μήκος του άξονα του πλοίου. Τις δεξαμενές περιβάλλουν δεξαμενές έρματος, υδατοστεγείς θάλαμοι και κενά. Αυτές οι περιοχές είναι που δίνουν στο πλοίο το σχήδιο του διπλού τοιχώματος και αυξημένης ασφαλείας έναντι διαρροών. Στο εσωτερικό τους οι δεξαμενές έχουν ως επί των πλείστων τρεις αντλίες εμβαπτιζόμενου τύπου, και συγκεκριμένα περιέχονται στον πύργο άντλησης, ο οποίος κρέμεται από την οροφή τους και διατρέχει όλο το βάθος τους. Οι δύο κύριες αντλίες φορτίου για την εκφόρτωση και η αντλία εκνέφωσης είτε για να αντληθεί υγρό ΥΦΑ ως καύσιμο μέσω εξατμιστήρα, είτε για να ψυχθούν οι δεξαμενές φορτίου, είτε για να αντληθούν οι εναπομείνουσες ποσότητες φορτίου κατά την εκφόρτωση. Ο πύργος άντλησης περιέχει, επίσης, το σύστημα σταθιομέτρησης και τη γραμμή πλήρωσης της δεξαμενής. Στα πλοία τύπου μεμβράνης υπάρχει και ο πύργος άντλησης εκτάκτου ανάγκης. Όλες οι αντλίες φορτίου τροφοδοτούν ένα κοινό σωλήνα, που διατρέχει το κατάστρωμα και διακλαδώνεται προς τις δύο πλευρές του πλοίου σε κατανεμητήρες φορτίου για φόρτωση ή εκφόρτωση. Όλοι οι χώροι ατμών των δεξαμενών συνδέονται μέσω συλλεκτήρα ατμών, οποίος έχει συνδέσεις στις πλευρές του πλοίου, δίπλα στους κατανεμητήρες φόρτωσης-εκφόρτωσης.

Συνήθως, ένα δεξαμενόπλοιο ΥΦΑ παίρνει την ενέργειά του από ατμοστρόβιλους με λέβητες. Οι λέβητες αυτοί είναι διπλού καυσίμου, δηλαδή δύνανται να λειτουργήσουν είτε με μεθάνιο, είτε με πετρέλαιο, είτε με συνδυασμό των δύο. Η επιλογή του καυσίμου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η διάρκεια του ταξιδιού, ο προγραμματισμός για μεταφορά πτέρνας στο πλοίο για ψύξη, η τιμή του πετρελαίου κ.α.

Υπάρχουν τρία βασικά καθεστάτα αναφορικά με τα καύσιμα:

A) ελάχιστο αέριο και μέγιστο πετρέλαιο: όπου η πίεση των δεξαμενών παραμένει υψηλή για να ελαχιστοποιηθεί η εξάτμιση ΥΦΑ και η πλειονότητα της ενέργειας προέρχεται από την καύση του πετρελαίου. Με τον τρόπο αυτό αυξάνεται η ποσότητα ΥΦΑ που εκφορτώνεται, όμως αυξάνεται και η θερμοκρασία δεξαμενών και φορτίου με αποτέλεσμα να προκαλούνται προβλήματα στην αποθήκευση και την εκφόρτωση.

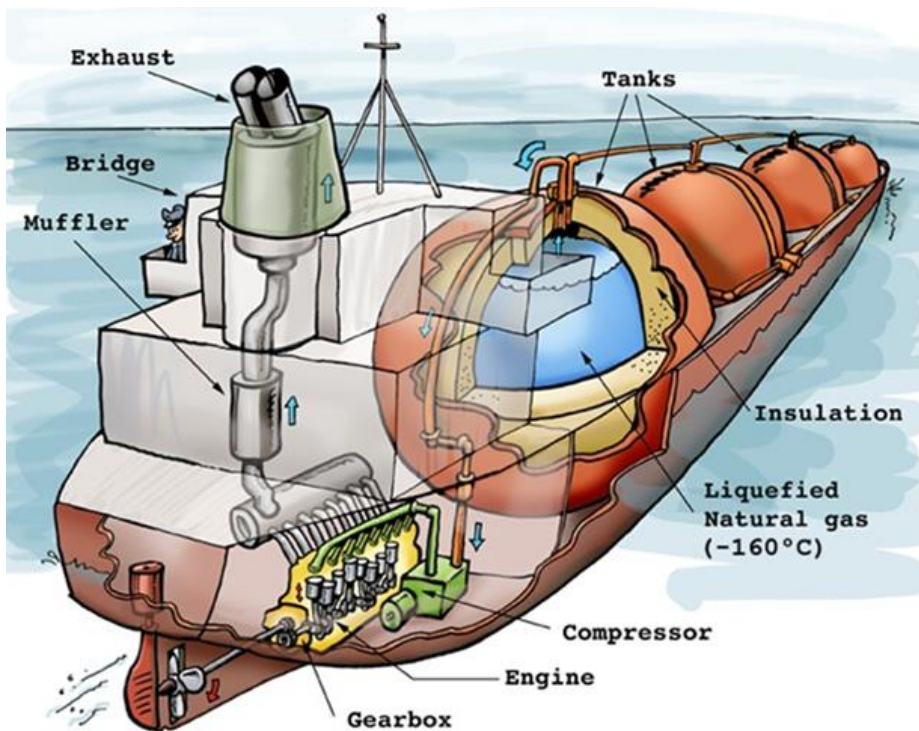
B) μέγιστο αέριο και ελάχιστο πετρέλαιο: όπου η πίεση των δεξαμενών παραμένει χαμηλή και μεγιστοποιείται η εξάτμιση ΥΦΑ. Χρησιμοποιείται και σε αυτήν την περίπτωση πετρέλαιο. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται η ποσότητα ΥΦΑ που εκφορτώνεται, αλλά είναι ψυχρό.



Γ) 100% αέριο: όπου η πίεση των δεξαμεμών διατηρείται χαμηλή και μεγιστοποιείται η εξάτμιση ΥΦΑ αλλά απαιτείται εξαναγκασμένη εξάτμιση (μια μικρή αντλία σε μια δεξαμενή χρησιμοποιείται για να τροφοδοτήσει ΥΦΑ σε ειδικό εξατμιστήρα, ο οποίος το θερμαίνει και εξατμίζεται σε κατάλληλο για τους λέβητες αέριο. Σε αυτό το καθεστώς δεν χρησιμοποιείται καθόλου πετρέλαιο.

Οι λειτουργοί και κατασκευαστές πλοίων ΥΦΑ κατάφεραν να εξετάσουν τη δυνατότητα χρήσης πιο αποτελεσματικών, χαμηλόστροφων μηχανών ντίζελ, ενώ παλαιότερα τα πλοία ΥΦΑ ως επί των πλείστον κινούνταν με αμοστροβίλους. Εξαιρεση αποτελεί το πλοίο ΥΦΑ Havfru (κατασκευής 1973), το οποίο στην αρχή είχε μηχανές ντίζελ διπλού καυσίμου και το πλοίο Century (κατασκευής 1974), το οποίο στην αρχή είχε αεριοστροβίλους διπλού καυσίμου προτού μετατραπεί σε σύστημα μηχανών ντίζελ το 1982. Τώρα πλέον υπάρχουν πλοία ΥΦΑ ενεργά με ηλεκτρικά συστήματα πρόωσης διπλού ή τριπλού καυσίμου.

#### ΕΙΚΟΝΑ 11: ΠΛΟΙΟ LNG



## ΕΙΚΟΝΑ 12: ΠΛΟΙΟ LNG - ΔΕΞΑΜΕΝΗ



<http://www.wearethepractitioners.com/library/the-practitioner/2014/01/14/floating-the-boats>

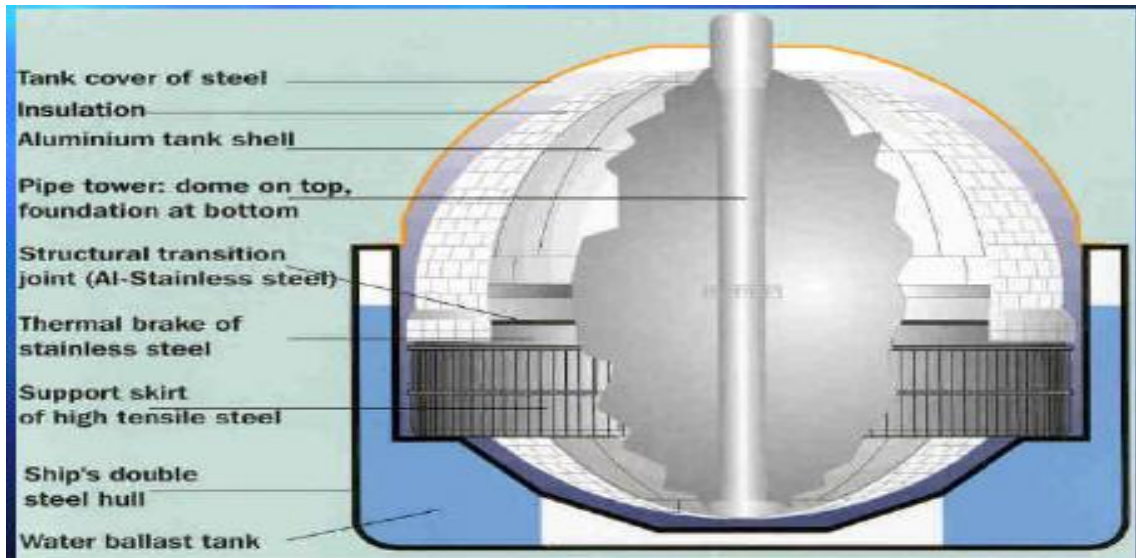
### 6.4 ΔΙΑΚΡΙΣΕΙΣ ΠΛΟΙΩΝ LNG ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΙΣ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ

Τα δεξαμενόπλοια ΥΦΑ – LNG διακρίνονται ανάλογα με τα συστήματα συγκράτησης, δηλαδή τον τρόπο κατασκευής των δεξαμενών τους. Σήμερα, υπάρχουν τέσσερα χρησιμοποιούμενα συστήματα συγκράτησης. Δύο από τα σχέδια αυτά είναι αυτουποστηριζόμενου τύπου, ενώ τα άλλα δύο είναι τύπου μεμβράνης και σήμερα οι πατέντες ανήκουν στην Gaz Transport & Technigaz (GTT). Έτσι, τα πλοία διακρίνονται στα LNG μεμβράνης, στα LNG σφαιρικών δεξαμενών(τύπου Moss) και στα Prismatic IHI.

Στα [πλοία LNG τύπου Moss](#) υπάρχουν συνήθως 4-5 μη ενσωματωμένες μονωμένες σφαιρικές δεξαμενές αλουμινίου οι οποίες προεξέχουν από το κατάστρωμα. Το σχέδιο των δεξαμενών Moss εισήχθη το 1973 από την εταιρεία Moss Maritime. Το εξωτερικό της δεξαμενής φέρει παχύ στρώμα μόνωσης αφρού τοποθετημένο είτε σε τμήματα είτε γύρω από τη δεξαμενή και πάνω από αυτή υπάρχει ένα λεπτό στρώμα ελασμάτων αλουμινίου για να διατηρείται στεγνή η μόνωση σε ατμόσφαιρα αζώτου και ελέγχεται συνεχώς για τυχόν διαρροή. Επιπλέον, ελέγχεται και το εξωτερικό μέρος της δεξαμενής για τυχόν κρυοπαγήματα που δύνανται να καταστρέψουν τη μόνωση. Η δεξαμενή φέρει κατά μήκος της περιφέρειάς της ισημερινό δακτύλιο με μία μεγάλη ποδιά που μεταφέρει το βάρος της δεξαμενής στη δομή του πλοίου. Με την ποδιά αυτή επιτυγχάνεται κατά την ψύξη και θέρμανση σωστή διαστολή και συστολή αντίστοιχα. Γύρω στον δακτύλιο τοποθετούνται καταιονιστήρες για τον καταιονισμό του υγροποιημένου φυσικού

αερίου πάνα στα τοιχώματα της δεξαμενής για την ψύξη της. Όλες οι σωληνώσεις προς τη δεξαμενή εισέρχονται από την κορυφή της και συνδέονται με αυτές του πλοίου με εύκαμπτα, πτυσσόμενα τμήματα. Συνήθως στα πλοία αυτά μετά από κάθε εκφόρτωση διατηρείται στη μία δεξαμενή 5-10% του φορτίου ως πτέρνα για την σταδιακή ψύξη όλων των δεξαμενών πριν την επόμενη φόρτωση. Επειδή η διάρκεια της ψύξης στο πλοίο αυτού του τύπου αγγίζει τις 36 ώρες, η διενέργειά της κατά τον πλου επισπεύδει την όλη διαδικασία. Οι δεξαμενές αυτές έχουν κανονική πίεση λειτουργίας 22kPa.

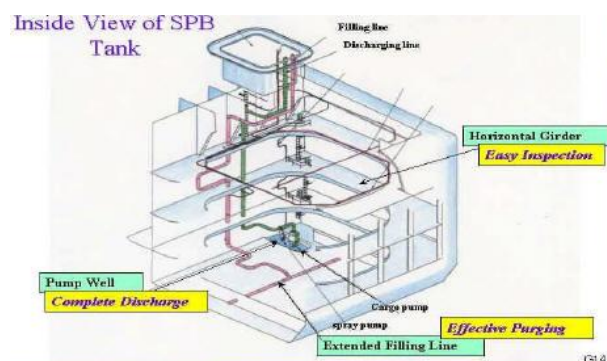
**ΕΙΚΟΝΑ 13: ΠΛΟΙΟ ΤΥΠΟΥ ΔΕΞΑΜΕΝΗ MOSS**



[http://kireas.org/lng\\_gen.htm](http://kireas.org/lng_gen.htm)

Τα πρισματικά πλοία LNG (SPB) αποτελούνται από ανεξάρτητα Containers από αλουμίνιο που βρίσκονται τοποθετημένα εντός του κύτους. Οι πρισματικές δεξαμενές πρίσματος χρησιμοποιούν τον χώρο των υφάλων πιο αποτελεσματικά και με έτσι έχουν μικρότερο κενό ανάμεσα στις δεξαμενές εμπορεύματος και στις δεξαμενές έρματος. Την αυτο-υποστηριζόμενη αυτή πρισματική δεξαμενή τύπου B (SPB) ανέπτυξε η εταιρεία Ishikawajima-Harima Heavy Industries.

**ΕΙΚΟΝΑ 14: ΠΡΙΣΜΑΤΙΚΟ ΠΛΟΙΟ LNG**



Στα πλοία LNG μεμβράνης οι δεξαμενές είναι ενσωματωμένες στο κύτος του σκάφους.

Το σχέδιο των δεξαμενών TGZ Mark III εισήχθη από την Techni Gaz και ανήκει στον τύπο μεμβράνης. Η μεμβράνη αποτελείται από ανοξείδωτο χάλυβα με κυψελίδες για να απορροφάται η θερμική συστολή κατά τη διάρκεια της ψύξης. Το κύριο τοίχωμα από κυματοειδή ανοξείδωτο χάλυβα πάχους 1,2χιλ. περιβάλλεται από μόνωση, η οποία περιβάλλεται από «triplex» τοίχωμα (μεταλλικό έλασμα ανάμεσα σε 2 φύλλα συμπιεσμένα υαλοβάμβακα. Αυτό, με τη σειρά του περιβάλλεται από άλλη μόνωση, η οποία υποστηρίζεται από τη δομή του κύτους του πλοίου.

Έτσι πηγαίνοντας από το εσωτερικό της δεξαμενής προς τα έξω, συναντάμε αρχικά:

α) Το πρωτεύον φράγμα το οποίο είναι κατασκευασμένο από ανοξείδωτο χάλυβα, είναι κυματοειδές και έχει περίπου 1,2 mm πάχους. Αποτελεί μία άμεση επαφή με το υγρό φορτίο (ή το αέριο σε άδεια κατάσταση της δεξαμενής).

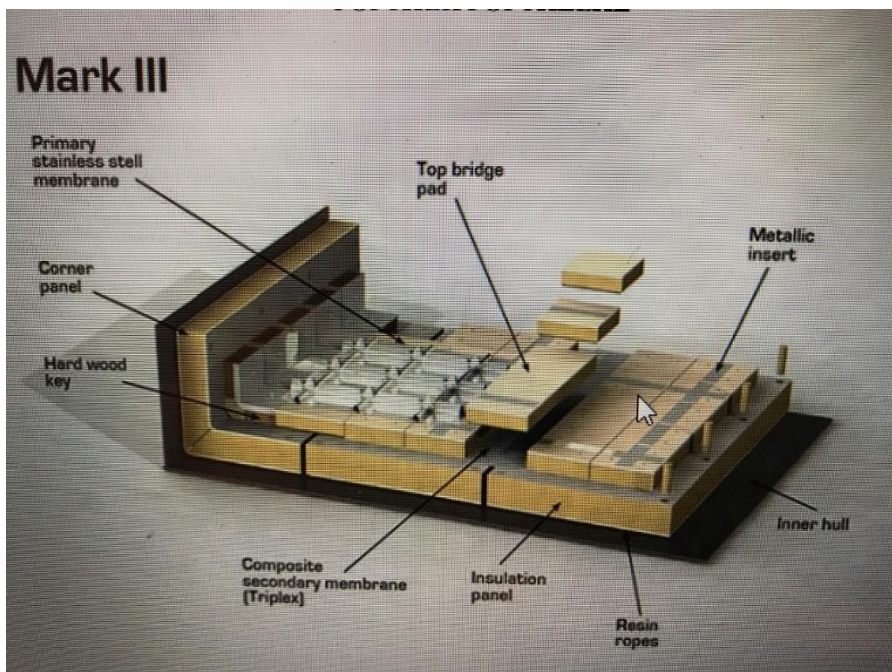
β) Ακολουθεί μια πρωτεύον μόνωση 'Inter Barrier Space (IBS)' που είναι ένας χώρος μεταξύ του πρωτεύον και δευτερεύον φράγματος.

γ) Η πρωτεύον μόνωση καλύπτεται από ένα δευτερεύον φράγμα κατασκευασμένο από ένα υλικό που ονομάζεται "triplex", το οποίο είναι ουσιαστικά ένα μεταλλικό φύλλο που στριμώχεται μεταξύ των φύλλων υαλοβάμβακα και συμπιέζονται μαζί.

δ) Μετά το 'triplex' υπάρχει μια δευτερεύουσα μόνωση 'Insulation Space (IS)', η οποία φτάνει μέχρι και το εσωτερικό του 'hull'.

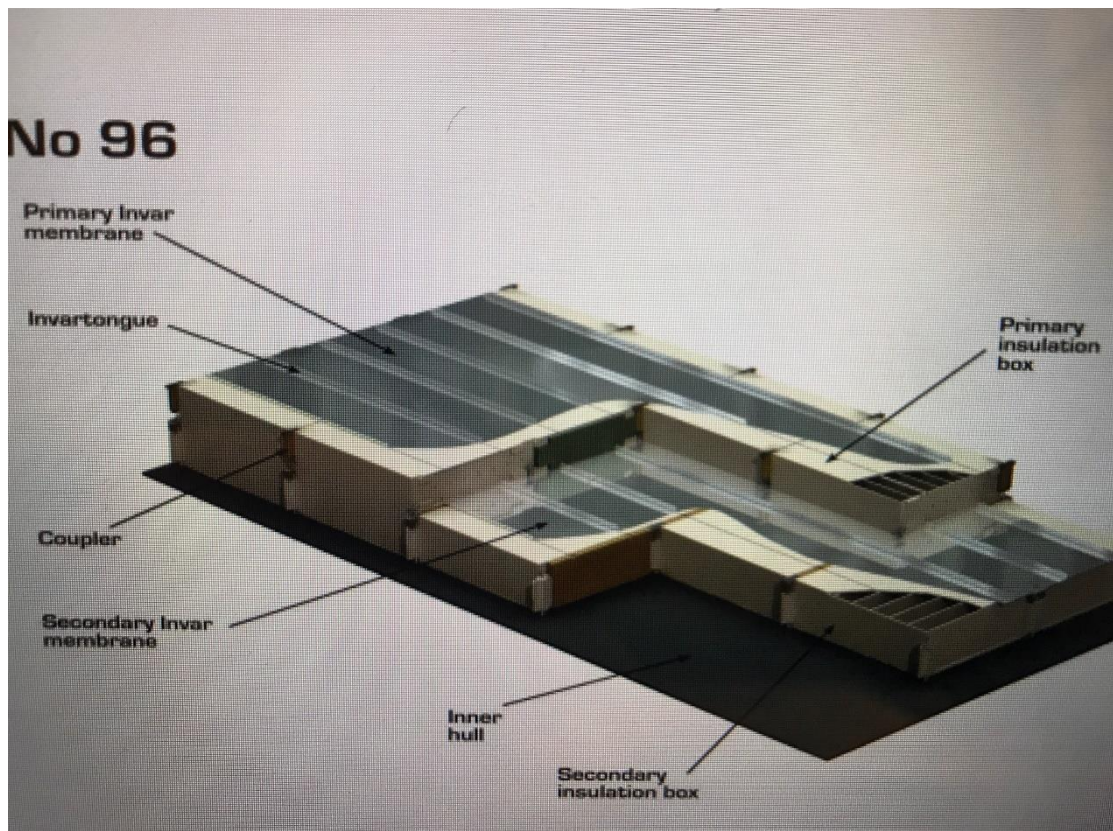
Οι χώροι μονώσεως (IBS και IS) διατηρούνται ξηροί και σε αδρανοποιημένη κατάσταση με την παροχή Αζώτου. Η πίεση σε αυτούς τους 2 χώρους διατηρείται λίγο πάνω από την ατμοσφαιρική, προκειμένου να αποφεύγεται να εισέλθει ατμοσφαιρικός αέρας εντός αυτών.

#### ΕΙΚΟΝΑ 15: ΔΕΞΑΜΕΝΗ MARK III



Το σχέδιο των δεξαμενών GT96 TANKS εισήχθη από την εταιρεία Gaz Transport. Η δεξαμενή αποτελείται από κύρια και δευτερεύουσα λεπτή μεμβράνη, κατασκευασμένη από υλικό 'invar' το οποίο έχει μηδενική θερμική συστολή (σίδηρο 62%, νικέλιο 36%). Η μόνωση δομείται από κουτιά κόντρα πλακέ, τα οποία γεμίζουν με περλίτη και εμποτίζονται συνεχώς με αέριο άζωτο. Η ακεραιότητα αμφοτέρων των μεμβρανών ελέγχεται συνεχώς μέσω μετρήσεων για τυχόν ανίχνευση υδρογονάνθρακα στο άζωτο. Μια εξέλιξη του σχεδίου αυτού που προτάθηκε από την 'NG2' ήταν η αντικατάσταση του αζώτου από το αργό, ως αδρανές και μονωτικό αέριο. Το αργό έχει καλύτερη μονωτική ικανότητα σε σχέση με το άζωτο, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση 10% των εξατμιζόμενων αερίων.

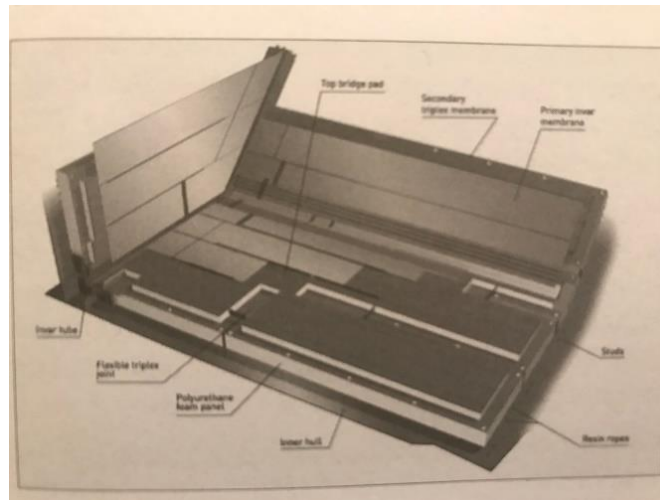
#### **ΕΙΚΟΝΑ 16: ΔΕΞΑΜΕΝΗ GT96 TANKS**



Το σχέδιο των δεξαμενών CS1 TANKS (συνδυασμένο σύστημα αριθμ. 1) σχεδιάστηκε από τις συγχωνευμένες πλέον εταιρείες 'Technigaz' και 'Gaz Transport' και αποτελούνται από τα καλύτερα υλικά και στοιχεία των 'Mark III' και 'GT 96' συστημάτων. Το πρωτεύον φράγμα-κύριο τοίχωμα είναι κατασκευασμένο από 'INVAR' πάχους 0,7 χιλ. και το δευτερεύον από triplex. Η κύρια και δευτερεύουσα μόνωση αποτελείται από πάνελ αφρού πολουρεθάνης. Τρία

πλοία έχουν κατασκευαστεί σε ένα συγκεκριμένο ναυπηγείο με την τεχνολογία 'CS1'. Γενικά οι δεξαμενές αυτές αποδείχθηκαν ελαττωματικές με πολλά μειονεκτήματα.

#### **EΙΚΟΝΑ 17: ΔΕΞΑΜΕΝΗ CS1 TANKS**



Επίσης, ο τύπος και ο τρόπος κατασκευής των δεξαμενών προβλέπονται από σχετικούς κανονισμούς του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού – International Maritime Organization (IMO), σύμφωνα με τους οποίους μπορεί να είναι:

1. Ανεξάρτητες δεξαμενές (Independent Tanks) Οι δεξαμενές αυτές είναι 'αυτοσυγκρατούμενες' δηλαδή δεν αποτελούν μέρος του πλοίου και δεν είναι κολλημένες πάνω σε αυτό. Η δεξαμενή περιβάλλεται από δεύτερο τοίχωμα και ανάμεσα σε αυτό το τοίχωμα και το κέλυφος της δεξαμενής υπάρχει κενός χώρος ο λεγόμενος "void space", ο οποίος προστατεύει το σκάφος από τυχόν διαρροή και ιδιαίτερα από ψύξη η οποία ενδέχεται να συμβεί από τη δεξαμενή φορτίου προς τα έξω. Οι ανεξάρτητες δεξαμενές υπάρχουν σε τύπο A με πρισματική διατομή, σε τύπο B με σφαιρική διατομή και σε τύπο C με κυλινδρική διατομή.
2. Μεμβρανώδεις δεξαμενές (Membrane Tanks) Αυτές οι δεξαμενές αποτελούνται από λεπτό μεταλλικό τοίχωμα (μεμβράνη πάχους 0,5 mm) φτιαγμένο από κράμα σιδηρονικελίου. Η εξωτερική πλευρά της μεμβράνης καλύπτεται από μονωτικό στρώμα που έχει πάχος 200 mm και είναι από Περλίτη, έπειτα με μια ίδια με την αρχική 2<sup>η</sup> μεμβράνη και τέλος ακολουθεί ξανά μονωτικό στρώμα Περλίτη. Η μόνωση υπάρχει για να προφυλάσσει το γύρο πλοίο από τυχόν διαρροή ψύξης και για να λιγοστεύει την απώλεια θερμότητας της δεξαμενής φορτίου. Οι δεξαμενές αυτού του τύπου στηρίζονται πάνω σε ισχυρά στηρίγματα και επομένως δεν είναι 'αυτοσυγκρατούμενες'.
3. Ημιμεμβρανώδεις δεξαμενές (Semi-membrane Tanks) Είναι 'αυτοσυγκρατούμενες' και το πρώτο τους τοίχωμα (εσωτερικό) είναι λεπτότερο από αυτό των δεξαμενών μεμβράνης.
4. Ακέραιες δεξαμενές (Integral Tanks) Οι δεξαμενές αυτές είναι ενσωματωμένες πάνω στο πλοίο και γύρω από το κέλυφος της δεξαμενής υπάρχει πολύ καλή μόνωση προκειμένου να

ελαχιστοποιείται η απώλεια θερμότητας της, αλλά και για να προστατεύεται από την ψύξη του φορτίου η κατασκευή του πλοίου γύρω από τη δεξαμενή.

## **6.5 ΤΥΠΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ ΦΟΡΤΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ ΥΦΑ – LNG**

Ένας τυπικός κύκλος φορτίου ξεκινά με τις δεξαμενές σε κατάσταση ελεύθερου φορτίου, γεμάτες αέρα με σκοπό τη συντήρηση των δεξαμενών και των αντλιών. Επειδή όμως το φορτίο δεν μπορεί να φορτωθεί απευθείας στη δεξαμενή λόγω του οξυγόνου και της εκρηκτικότητάς του με το ΥΦΑ αλλά και της θερμοκρασιακής διαφοράς που μπορεί να προκαλέσει ζημιές στις δεξαμενές, πρώτα η δεξαμενή αδρανοποιείται με χρήση μονάδας αδρανούς αερίου, η οποία καταναλώνει πετρέλαιο ντίζελ σε ατμόσφαιρα αέρα και απομακρύνει το οξυγόνο αντικαθιστώντας το με διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό εμφυσάται μέσα στις δεξαμενές μέχρι το οξυγόνο να φθάσει στο 4% και να δημιουργηθεί ξηρή ατμόσφαιρα. Έπειτα το πλοίο μπαίνει στο λιμένα για εναέρωση «gas – up» και ψύξη «cool-down». Υγρό φυσικό αέριο αντλείται στο πλοίο και μέσω της γραμμής εκνέφωσης οδεύει στον κύριο εξατμιστήρα για εξατμισμό του υγρού σε αέριο. Αυτό στη συνέχεια θερμαίνεται στους 20° C από τους θερμοαντήρες και εμφυσάται στις δεξαμενές για να διώξει το αδρανές αέριο, μέχρι να απομακρυνθεί όλο το διοξείδιο του άνθρακα. Αφού το πλοίο αεριωθεί και θερμανθεί (δεξαμενές με μεθάνιο σε θερμοκρασία περιβάλλοντος), ψύχεται. Υγρό φυσικό αέριο εκνεφώνεται προς τις δεξαμενές μέσω εκνεφωτικών κεφαλών και εξατμίζεται οπότε ξεκινάει η ψύξη της δεξαμενής. Όταν η θερμοκρασία της δεξαμενής φθάσει τους -140° C, η δεξαμενή είναι έτοιμη να φορτωθεί με το κυρίως φορτίο. Η κυρίως φόρτωση αρχίζει και το υγροποιημένο φυσικό αέριο αντλείται από τις χερσαίες δεξαμενές φύλαξης προς τις δεξαμενές του πλοίου. Το αέριο που εκτοπίζεται φουάται από τους συμπιεστές υψηλού φόρτου. Για να επιτραπεί η θερμική διαστολή – συστολή του φορτίου, τυπικά, η φόρτωση συνεχίζεται μέχρι το 98,5% του βαθμού πλήρωσης και έπειτα αποχωρεί για τον λιμένα φόρτωσης - εκφόρτωσης.

Κατά τη διάρκεια του ταξιδιού εφαρμόζονται διάφορες στρατηγικές για την διαχείριση των απωλειών (boil-off). Το εξατμιζόμενο αέριο μπορεί να επανυγροποιηθεί και να επιστραφεί στις δεξαμενές, κάτι που εξαρτάται από το σχεδιασμό του πλοίου.

Στον λιμένα εκφόρτωσης, το φορτίο αντλείται στην ξηρά μέσω των αντλιών φόρτωσης. Αδειάζοντας τη δεξαμενή, ο χώρος ατμών γεμίζει είτε με αέριο από την ξηρά είτε με αεριοποιημένο φορτίο από τον εξατμιστήρα στο πλοίο. Η εκφόρτωση δύναται να είναι είτε πλήρης με τις αντλίες εκνέφωσης είτε μερική διατηρώντας κάποιο μέρος του φορτίου ως πτέρνα (heel). Στην περίπτωση πλήρους εκφόρτωσης, κατά τη διάρκεια του ταξιδιού επιστροφής (ballast

passage), οι δεξαμενές θα θερμανθούν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και το πλοίο θα βρίσκεται σε κατάσταση εναερίωσης και θερμή, με αποτέλεσμα να απαιτείται επανάψυξη σε περίπτωση εκ νέου φόρτωσης. Εάν, όμως, είναι προγραμματισμένο να επιστρέψει το πλοίο στην κατάσταση ελεύθερου αερίων, απαιτείται θέρμανση των δεξαμενών μέσω θερμαντήρων αερίων και μετέπειτα η μονάδα αδρανούς αερίου απομακρύνει το μεθάνιο. Όταν απομακρυνθεί αυτό, η μονάδα αδρανούς αερίου προχωράει στην παραγωγή ξηρού αέρα για να απομακρυνθεί όλο το αδρανές αέριο από τις δεξαμενές και να καταστούν ασφαλείς.

## **6.6 ΕΠΑΝΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΑΤΜΙΣΗ (boil off)**

Προκειμένου να διευκολυνθεί η μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου μέσω θαλάσσης, το φυσικό αέριο ψύχεται στους  $-163^{\circ}\text{C}$ , σε ατμοσφαιρική πίεση, όπου το αέριο συμπυκνώνεται σε υγρό. Οι ανωτέρω δεξαμενές των πλοίων ΥΦΑ λειτουργούν ως θερμός για να διατηρείται το υγροποιημένο φυσικό αέριο ψυχρό κατά την διάρκεια της αποθήκευσης και μεταφοράς του. Παρόλο που υπάρχει όμως μόνωση, το υγρό κατά τη διάρκεια του πλου βράζει συνεχώς, με αποτέλεσμα να χάνεται κάποιο ποσοστό του συνολικού όγκου του φορτωθέντος υγροποιημένου φυσικού αερίου.

Το αέριο που παράγεται από την εξάτμιση του υγροποιημένου φυσικού αερίου κατευθύνεται προς τους λέβητες του πλοίου και χρησιμοποιείται ως καύσιμο. Πριν χρησιμοποιηθεί, όμως, από τους λέβητες θερμαίνεται στους  $20^{\circ}\text{C}$  με θερμαντήρες αερίου. Τροφοδοτείται στο λέβητα είτε με συμπιεστές χαμηλού φορτίου είτε με την πίεση της δεξαμενής.

Σήμερα, υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασης στα πλοία ΥΦΑ μονάδων επανυγροποίησης, οι οποίες επαναφέρουν το εξατμισμένο ΥΦΑ πίσω στις δεξαμενές αφού το επανυγροποιήσουν.

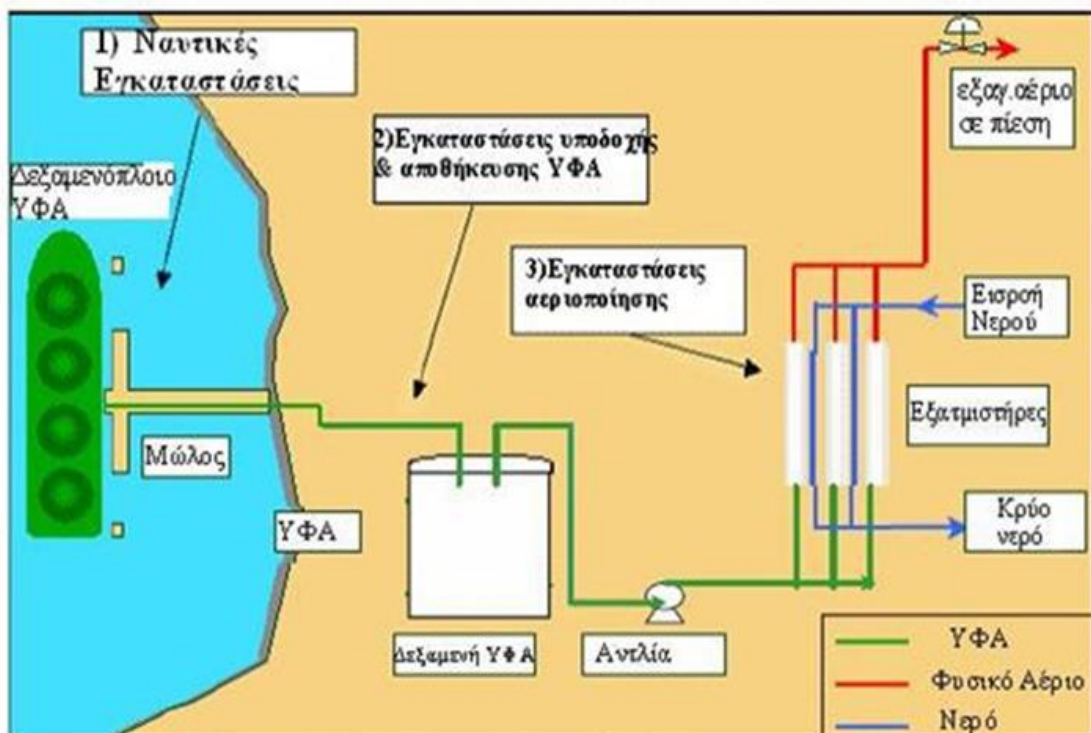


## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup> : 4<sup>ο</sup> ΣΤΑΔΙΟ ΚΥΚΛΟΥ ΥΦΑ ΕΠΑΝΑΕΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Το 4<sup>ο</sup> στάδιο του κύκλου του ΥΦΑ είναι η αποθήκευση και μετατροπή του υγροποιημένου φυσικού αερίου σε αέριο (storage and regasification). Για την μετατροπή του ΥΦΑ που από την υγρή κατάσταση σε αέριο ώστε να διανεμηθεί στον τελικό καταναλωτή είτε άμεσα σε περίπτωση που ο σταθμός βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του καταναλωτή είτε έμμεσα μέσω του δικτύου αγωγών, αυτό αποθηκεύεται σε ειδικής κατασκευής δεξαμενές. Η αποθήκευση ΥΦΑ σε σταθμό μικρής κλίμακας και στη συνέχεια αεροποίησής του αποτελεί συχνά τους ονομαζόμενους δορυφορικούς σταθμούς ενός κεντρικού σταθμού.

Το υγροποιημένο φυσικό αέριο μεταφέρεται στον προορισμό με εξειδικευμένης κατασκευής πλοία (3<sup>ο</sup> στάδιο), τα οποία παραδίδουν το φορτίο τους σε ειδικά διαμορφωμένους λιμένες, οι οποίοι συνοδεύουν τους τερματικούς σταθμούς υποδοχής ΥΦΑ. Οι σταθμοί αυτοί, εκτός του λιμένα με τους ειδικά διαμορφωμένους προβλήτες, περιλαμβάνουν ακόμα δεξαμενές αποθήκευσης ΥΦΑ, διατάξεις αεριοποίησης ΥΦΑ, διατάξεις καύσης εξατμιζόμενου ΥΦΑ και σε μερικές περιπτώσεις διατάξεις συμπίεσης ή και επανυγροποίησης εξατμιζόμενου ΥΦΑ. Επίσης περιλαμβάνουν όργανα μέτρησης της ποιότητας και της ποσότητας του εκφορτούμενου και επαναεριοποιούμενου ΥΦΑ.

**ΕΙΚΟΝΑ 18:**  
**Τυπικός Τερματικός σταθμός υποδοχής/αεριοποίησης ΥΦΑ**



Source: BP LNG.

Κάθε πλοίο ΥΦΑ πριν γίνει αποδεκτό από έναν τερματικό σταθμό υποδοχής ΥΦΑ, υπόκειται σε έλεγχο συμβατότητας με τον συγκεκριμένο τερματικό σταθμό. Ελέγχεται επίσης αν είναι βεβαιωμένα αξιόπλοο, αν τηρεί τους διεθνείς κανόνες ασφαλείας, διαδικασιών και εξοπλισμού επικοινωνίας κ.λ.π. Υφίσταται έλεγχο ως προς τη δυνατότητα του συγκεκριμένου τερματικού σταθμού – λιμένα να υποδεχθεί το πλοίο ως προς το βάθος, το μήκος του προβλήτα και τα σημεία πρόσδεσης. Το πιστοποιητικό συμβατότητας που εκδίδεται έχει περιορισμένη ισχύ και δεν ισχύει αν μεταβληθεί η φυσική κατάσταση του πλοίου ή του τερματικού σταθμού.

Το αρμόδιο λιμεναρχείο της περιοχής που είναι εγκατεστημένος ο τερματικός σταθμός καθορίζει τη ζώνη αποκλεισμού γύρω από την προβλήτα του σταθμού και ενημερώνει τα υπόλοιπα πλοία ώστε να τηρείται ελεύθερη επαρκής περιοχή προς πρόσδεση, για τα προς ελλιμενισμό πλοία ΥΦΑ. Η επιλογή της θέσης ενός τερματικού σταθμού θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις καιρικές συνθήκες, την απόσταση από επιβατικό λιμάνι, τους περιβαλλοντικούς περιορισμούς και τις υποδομές της περιοχής.

Ένας συμβατικός τερματικός σταθμός ΥΦΑ έχει τέσσερις λειτουργίες:

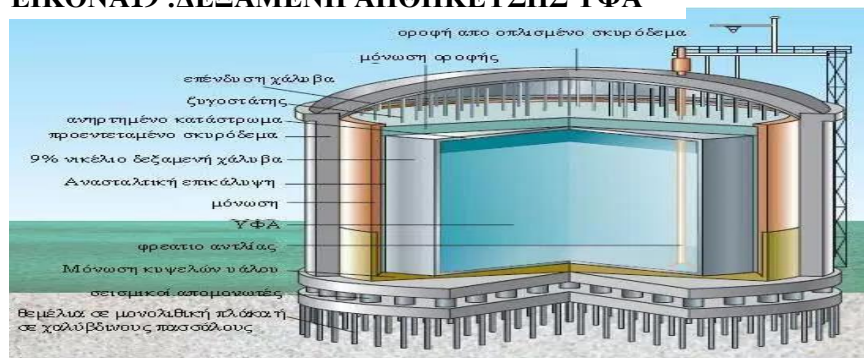
1. Η πρόσδεση των δεξαμενόπλοιων ΥΦΑ και η εκφόρτωση ή επαναφόρτωση των φορτίων,
2. Αποθήκευση ΥΦΑ σε κρυογονικές δεξαμενές (-160 ° C),
3. Επαναγεγοποίηση του ΥΦΑ,
4. Αποσύνδεση αυτού του αερίου στο δίκτυο μετάδοσης.

Άφιξη και εκφόρτωση: Το σύστημα εκφόρτωσης του ΥΦΑ από το τις δεξαμενές του πλοίου στις δεξαμενές αποθήκευσης του σταθμού αποτελείται από σύστημα βραχιόνων έγχυσης ΥΦΑ και κυκλοφορίας αέρα, από σύστημα σωληνώσεων που συνδέουν το πλοίο με το σταθμό καθώς και από βοηθητικά συστήματα όπως το κέντρο ελέγχου, το σύστημα εκτάκτου διακοπής της διαδικασίας εκφόρτωσης και το σύστημα γρήγορης αποδέσμευσης βραχιόνων έγχυσης ΥΦΑ. Κατά την άφιξή τους στο τερματικό σταθμό, τα δεξαμενόπλοια LNG (μήκους 200 έως 350 μ.) είναι αγκυροβολημένα στην προβλήτα εκφόρτωσης. Οι αρθρωτοί βραχίονες συνδέονται με τον φορέα του ΥΦΑ για να εκφορτώσουν το φορτίο του και να μεταφέρουν ΥΦΑ στις δεξαμενές αποθήκευσης του τερματικού σταθμού. Αυτό το στάδιο αποτελεί το πλέον επικίνδυνο σημείο για διαρροή. Το υγροποιημένο φυσικό αέριο ρέει μέσω σωλήνων – αντλιών του τερματικού σταθμού ειδικά σχεδιασμένων για να αντέχουν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-160 ° C). Η διαδικασία μετάγγισης ΥΦΑ από το πλοίο στις χερσαίες δεξαμενές συνοδεύεται από ανάστροφη μεταφορά του φυσικού αερίου από τον μειούμενο κενό χώρο των χερσαίων δεξαμενών στον αυξανόμενο κενό χώρο των δεξαμενών του πλοίου. Αυτή η λειτουργία διαρκεί τουλάχιστον 12 ώρες. Κατά τη διαδικασία αυτή λαμβάνονται συνεχώς δείγματα για την ποιότητα του ΥΦΑ. Ένας όγκος αερίου

βρασμού αποστέλλεται πίσω από την αποθήκη τερματικού στο δεξαμενόπλοιο ΥΦΑ προκειμένου να διατηρηθεί η πίεση μέσα στις δεξαμενές φορτίου του. Η ποσότητα που μεταφέρθηκε κατά συνήθεια προσδιορίζεται με μέτρηση της στάθμης στις δεξαμενές του πλοίου λαμβάνοντας υπόψιν τις ποσότητες που επεστράφησαν στο πλοίο. Για τις μετρήσεις ποιότητας και ποσότητας του ΥΦΑ, ο Διεθνής Σύνδεσμος Εισαγωγέων ΥΦΑ (GIIGNL) έχει θεσπίσει κανόνες που περιλαμβάνουν εναλλακτικές πρακτικές, τεχνικές, διαδικασίες και υπολογισμούς.

Αποθήκευση: Το ΥΦΑ αποθηκεύεται σε κρυογενικές δεξαμενές (σχεδιασμένες για χαμηλές θερμοκρασίες) ικανές να αντέχουν θερμοκρασίες  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$  για τη διατήρηση του αερίου σε υγρή μορφή. Τα εξωτερικά τοιχώματα των δεξαμενών αποθήκευσης κατασκευάζονται από προεντεταμένο οπλισμένο σκυρόδεμα και το εσωτερικό από χάλυβα υψηλού νικελίου. Οι μεγάλες δεξαμενές έχουν χαμηλό λόγο ύψους προς διάμετρο και είναι κυλινδρικού σχήματος με θολωτή οροφή από σκυρόδεμα ή χάλυβα. Η πίεση αποθήκευσης σε αυτές τις δεξαμενές είναι πολύ χαμηλή, μικρότερη από 10.000 παस्कάλ (Pa). Οι δεξαμενές είναι καλά μονωμένες με σκοπό να περιοριστεί η εξάτμιση. Συνήθως το ΥΦΑ αποθηκεύεται ως ζέον κρυογενικό υλικό, δηλαδή, το υγρό αποθηκεύεται στο σημείο βρασμού του για την ατμοσφαιρική πίεση στην οποία αποθηκεύεται. Καθώς το υγρό εξατμίζεται προς ατμό, η απαιτούμενη θερμότητα αλλαγής φάσης ψύχει το υπόλοιπο υγρό, λόγω μάλιστα της μόνωσης, απαιτείται μικρή ποσότητα εξάτμισης για τη συντήρηση της θερμοκρασίας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται αυτοψύξη. Παρά τη μόνωση υψηλής ποιότητας, μια μικρή ποσότητα θερμότητας εξακολουθεί να διαπερνά τις δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου, προκαλώντας ελαφρά εξάτμιση του προϊόντος. Το προκύπτουν αέριο βρασμού συλλέγεται και τροφοδοτείται πίσω στη ροή του ΥΦΑ χρησιμοποιώντας συστήματα συμπίεστη και επανασυμπύκνωσης. Μερικά πλοία ΥΦΑ χρησιμοποιούν το εξατμιζόμενο αέριο ως καύσιμο. Το ΥΦΑ επαναεριοποιείται σε εξατμιστήρες με θερμαντικό μέσο το νερό θαλάσσης ή καυσαέρια του φυσικού αερίου. Αυτή η διαδικασία αποτρέπει την εμφάνιση αερίου εξαερισμού από το τερματικό σταθμό υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια των περιόδων συντήρησης, το αέριο που βράζει δεν μπορεί πλέον να ανακτηθεί και καίγεται από τη στοίβα φλογών, καθώς είναι προτιμότερο να καίγεται το μεθάνιο από το να απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

#### **ΕΙΚΟΝΑ19 :ΔΕΞΑΜΕΝΗ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗΣ ΥΦΑ**



Επανεξοπλισμός: Το LNG στη συνέχεια εξάγεται από τις δεξαμενές, υπό πίεση και επανεγκαθίσταται με εναλλάκτες θερμότητας. Η δεξαμενή αεριοποίησης είναι διπλού τοιχώματος όμοια με αυτήν που χρησιμοποιείται στην διαδικασία αεριοποίησης σε ατμοσφαιρική πίεση. Κάθε δεξαμενή είναι εξοπλισμένη με βυθιζόμενες αντλίες που μεταφέρουν το ΥΦΑ σε αντλίες υψηλής πίεσης. Το υπό πίεση ΥΦΑ, με περίπου 80 φορές την ατμοσφαιρική πίεση, μετατρέπεται στη συνέχεια σε αέρια κατάσταση σε εξατμιστήρες. Στους τερματικούς σταθμούς χρησιμοποιούνται πολλές τεχνολογίες όπως οι εξατμιστήρες ανοιχτού ράφι που χρησιμοποιούν το θαλασινό, οι εξατμιστήρες που τροφοδοτούνται από ένα κλειστό βρόχο ζεστού νερού, οι ανεξάρτητοι εξατμιστές "βυθισμένης καύσης" λουτρό νερού που θερμαίνεται από καυστήρα φυσικού αερίου.

Αποσύνδεση στο εθνικό δίκτυο μεταφοράς: Αφού επέστρεψε το φυσικό αέριο στην αέρια του κατάσταση υφίσταται διάφορες επεξεργασίες. Πριν αποσταλεί στο εθνικό δίκτυο μεταφοράς, το φυσικό αέριο, το οποίο είναι άοσμο, τεχνητά αποχρωματίζεται με μια μικρή ποσότητα τετραϋδροθειοφαινίου (THT), δίνοντας στο φυσικό αέριο τη χαρακτηριστική μυρωδιά που είναι γνωστή σε όλους. Αυτό είναι ένα μέτρο ασφάλειας, καθώς σημαίνει ότι οποιαδήποτε διαρροή αερίου μπορεί να ανιχνευθεί από την οσμή του. Επίσης, μειώνεται ελαφρώς η πίεση του φυσικού αερίου για να τροφοδοτήσει ένα τοπικό δίκτυο διανομής φυσικού αερίου ή/και να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την τροφοδοσία σημειακών καταναλωτών.

Το 2009 υπήρξε η πρώτη Πλωτή Μονάδα Αποθήκευσης και Επανααεριοποίησης (Floating Storage and Regasification Unit, FSRU), το Golar Spirit, το οποίο μετατράπηκε για το σκοπό αυτό και αγκυροβόλησε στο λιμάνι Pecem της Βραζιλίας για να τροφοδοτήσει έκτοτε δύο ηλεκτροπαραγωγικές μονάδες της περιοχής της Ceara. Σε μία πλωτή μονάδα αποθήκευσης και επανααεριοποίησης, ο ανεφοδιασμός γίνεται με πλοία μεταφοράς ΥΦΑ και το πλωτό σύστημα βρίσκεται αγκυροβολημένο σε λιμάνι ή στην ανοιχτή θάλασσα αλλά σε μικρή απόσταση από την ακτή οπότε χρειάζεται υποθαλάσσια σύνδεση για εκφόρτωση με ΥΦΑ οχήματα ή για την τροφοδότηση μέσω δικτύου αγωγών αερίου. Είναι αμφίβολη η καταλληλότητά τους σε περιοχές σεισμογενείς ή ισχυρών ρευμάτων. Η Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας έχει δώσει άδεια ΑΣΦΑ για πλωτή μονάδα FSRU της εταιρείας GASTRADE στην Αλεξανδρούπολη με χωρητικότητα δεξαμενών ΥΦΑ 135.000m<sup>3</sup>.

Στους τερματικούς σταθμούς, λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας για να αποφευχθεί ο κίνδυνος πυρκαγιάς ή έκρηξης, αν και αυτός είναι μικρός, καθώς οι τρεις ακόλουθοι παράγοντες πρέπει να συμβούν ταυτόχρονα για να ενεργοποιηθεί ένα τέτοιο γεγονός:

Μια διαρροή αερίου σε περιορισμένο χώρο,

Ένα μίγμα αερίου / αέρα μεταξύ 5% και 15%,

Μια πηγή ανάφλεξης (σπινθήρα ή φλόγα)

## 7.1 ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα απέναντι από τα Μέγαρα Αττικής, στη νήσο Ρεβυθούσα, εκφορτώνεται το υγροποιημένο φυσικό αέριο (LNG.) που φτάνει με ειδικό δεξαμενόπλοιο χωρητικότητας 29.500 κυβικών μέτρων (LNG.), από την Αλγερία. Ο Τερματικός Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου της Ρεβυθούσας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εθνικές υποδομές της χώρας μας. Έχει κατασκευασθεί σύμφωνα με τις πλέον αυστηρές προδιαγραφές ασφαλείας εγκαταστάσεις υποδοχής, αποθήκευσης και αεριοποίησης του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Στις εγκαταστάσεις περιλαμβάνονται δύο δεξαμενές υγροποιημένου φυσικού αερίου, χωρητικότητας 130.000 κυβικών μέτρων, εγκαταστάσεις ελλιμενισμού δεξαμενόπλοιων, κρυογενικές εγκαταστάσεις και αεριοποιητές για την επαναεριοποίηση του υγροποιημένου φυσικού αερίου. Ο Τερματικός Σταθμός άνοιξε τις πύλες του τον Νοέμβριο του 1999 μετά από 12 χρόνια έργων και επενδύσεις ύψους 100 δις δραχμών, εξασφαλίζοντας τότε στη ΔΕΠΑ μια «μόνιμη» εφεδρεία 84 εκατ. κ.μ. φυσικού αερίου για τις ώρες αιχμής, δύναται δηλαδή να τροφοδοτήσει τη χώρα αδιαλείπτως επί 10 έως 20 ημέρες, ανάλογα με την εποχιακή κατανάλωση. Με την πάροδο των χρόνων φυσικά, οι ενεργειακές απαιτήσεις της χώρας πολλαπλασιάστηκαν επιτάσσοντας την αναβάθμιση των εγκαταστάσεων. Πραγματοποιώντας μια από τις σημαντικότερες επενδύσεις για την ενεργειακή υποδομή της χώρας η πρώτη «γενιά» αναβαθμίσεων ολοκληρώθηκε από τον ΔΕΣΦΑ τον Οκτώβριο του 2007, τριπλασιάζοντας την ποσότητα φυσικού αερίου που ο Σταθμός μπορούσε να παραλαμβάνει και να επεξεργάζεται και αυξάνοντας τη δυνατότητα τροφοδοσίας του συστήματος στα 5,2 με 5,3 δις κ.μ. σε ετήσια βάση. Το έργο της 1ης αναβάθμισης υλοποιήθηκε στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανταγωνιστικότητα» (ΕΠΑΝ), του Υπουργείου Ανάπτυξης, με πόρους από το Γ' Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης. Ο προϋπολογισμός του έργου ανήλθε στα 55,9 εκατ. ευρώ, με εγκεκριμένη δημόσια δαπάνη ύψους 21,5 εκατ. ευρώ.

Από το Σεπτέμβριο του 2009 έχει ολοκληρωθεί σχετική μελέτη από τη γαλλική εταιρία Sofregaz για τη δημιουργία τρίτης δεξαμενής στη Ρεβυθούσα, με πιθανή χωρητικότητα 90 χιλιάδων κυβικών που θα αυξήσει κατά 70% την υφιστάμενη δυναμικότητα των δύο δεξαμενών. Η 2<sup>η</sup> αυτή αναβάθμιση του Τερματικού Σταθμού Ρεβυθούσας ξεκίνησε τον Απρίλιο του 2010 και σήμερα βρίσκεται σε πλήρη εξέλιξη. Τα έργα αναμένεται να ολοκληρωθούν μέχρι το τέλος του 2017. Μέσα από μια σειρά αναβαθμίσεων έχουν σχεδιαστεί καίριες βελτιώσεις στον Τερματικό Σταθμό και κατ' επέκταση στην αξιοπιστία της τροφοδοσίας του εθνικού δικτύου καθώς θα έχει ως αποτέλεσμα:

- Την αύξηση του αποθηκευτικού χώρου του Σταθμού με την εγκατάσταση 3ης δεξαμενής χωρητικότητας 95.000 κ.μ.
- Την αναβάθμιση ακόμη περισσότερο των λιμενικών εγκαταστάσεων για την υποδοχή μεγαλύτερων πλοίων
- Την μεγαλύτερη αύξηση του ρυθμού αεριοποίησης
- Την αναβάθμιση του Μετρητικού Σταθμού Αγίας Τριάδας.

Πιο συγκεκριμένα, η 3η δεξαμενή θα αυξήσει το συνολικό χώρο αποθήκευσης στα 225.000 κ.μ., σχεδόν διπλασιάζοντας την αποθηκευτική ικανότητα, ενώ η αναβάθμιση των λιμενικών εγκαταστάσεων θα επιτρέψει τον ελλιμενισμό πλοίων ακόμη μεγαλύτερης χωρητικότητας (από 140.000 σε 260.000 κ.μ.) και θα μπορεί να υποδέχεται όλους τους τύπους πλοίων μεταφοράς ΥΦΑ. Ο ρυθμός αεριοποίησης αναμένεται να αυξηθεί από τα 1.000 κ.μ./ώρα σήμερα στα 1.400 κ.μ./ώρα, πενταπλάσιος σε σχέση με τις αρχικές δυνατότητες του Σταθμού 17 χρόνια πριν (μόλις 271 κ.μ./ώρα).

#### **ΕΙΚΟΝΑ 20: ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΡΕΒΥΘΟΥΣΑΣ**



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup> : ΘΕΣΜΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΕΜΠΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΥΦΑ**

---

### **Α. ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Το φυσικό αέριο σύμφωνα με το αρθρ. 2 παρ. 2 του Ν. 4001/2011 είναι το καύσιμο αέριο που εξάγεται από γεωλογικούς σχηματισμούς και αποτελείται κυρίως από μεθάνιο και υδρογονάνθρακες. Το φυσικό αέριο νοείται σε οποιαδήποτε κατάσταση αν περιέλθει με μεταβολή των συνθηκών όπως συμπίεσης ή ψύξης, συμπεριλαμβανομένης και της υγροποίησης (ΥΦΑ).

Κατ' άρθρο 82 Ν. 4001/2011 η Προμήθεια Φυσικού Αερίου σε Επιλέγοντες Πελάτες διενεργείται από τους κατόχους Άδειας Προμήθειας Φυσικού Αερίου, η οποία εκδίδεται βάσει του Κανονισμού Αδειών από τη Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας και ονομάζονται Προμηθευτές. Κάθε άλλη δραστηριότητα αγοράς, πώλησης, εισαγωγής και εξαγωγής Φυσικού Αερίου ασκείται ελεύθερα. «Η Προμήθεια σε μη Επιλέγοντες Πελάτες διενεργείται σύμφωνα με τους όρους και τις προϋποθέσεις του άρθρου 21 του ν. 3428/2005 (Α' 313).». Οι κάτοχοι Άδειας Προμήθειας οφείλουν να ενημερώνουν τη ΡΑΕ και τον Διαχειριστή Συστήματος Φυσικού Αερίου για την εκτιμώμενη συνολική ζήτηση Φυσικού Αερίου των Πελατών τους για το επόμενο έτος, τις συναφείς εύλογες εκτιμήσεις τους για τα επόμενα έτη και να παρέχουν κάθε στοιχείο το οποίο είναι αναγκαίο για την ανάπτυξη του αντίστοιχου Συστήματος Φυσικού Αερίου. Η νόμιμη άσκηση δραστηριοτήτων Προμήθειας Φυσικού Αερίου σε κράτος - μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σύμφωνα με την οικεία νομοθεσία, παρέχει δικαίωμα Άδειας Προμήθειας Φυσικού Αερίου στην Ελλάδα, σύμφωνα με ειδική διαδικασία που προβλέπεται στον Κανονισμό Αδειών Φυσικού Αερίου, ώστε να μην εισάγονται διακρίσεις μεταξύ των προμηθευτών που δραστηριοποιούνται ή επιθυμούν να δραστηριοποιηθούν στην ελληνική επικράτεια.

Ως Επιλέγοντες Πελάτες κατ' άρθρο 82 Ν. 4001/2001 , οι οποίοι επιλέγουν τον προμηθευτή τους είναι κυρίως κάτοχοι άδειας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας οι οποίοι χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, οι μη οικιακοί και οικιακοί πελάτες που είναι εγκατεστημένοι σε γεωγραφικές περιοχές που δεν ανήκουν στην αρμοδιότητα των ΕΠΑ, καθώς και οι μη οικιακοί πελάτες των ανωτέρω περιοχών που είναι Μεγάλοι Πελάτες ή το προμηθεύονται για να το συμπίεσουν για τελική χρήση από κινητήρες οχημάτων.

## B. ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΥΦΑ

### 1 Κανονισμός Πιστοποίησης πλοίων ΥΦΑ.

Με κοινή απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής και Ανάπτυξης, Ανταγωνιστικότητας και Ναυτιλίας που δημοσιεύεται στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, εγκρίνεται ο Κανονισμός Πιστοποίησης πλοίων ΥΦΑ. Ο Κανονισμός αυτός καταρτίζεται από το Διαχειριστή του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ ΑΕ) κατά τα οριζόμενα στον Κώδικα Διαχείρισης του Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ) και περιλαμβάνει πληροφορίες για τις αναγκαίες τεχνικές προδιαγραφές της εκφόρτωσης ή της φόρτωσης πλοίων ΥΦΑ στις Εγκαταστάσεις ΥΦΑ και κάθε τεχνικό ή άλλο χαρακτηριστικό, που αφορά την έγχυση ΥΦΑ στις ή από τις Εγκαταστάσεις αυτού (άρθρο 69 παρ. 4 Ν. 4001/2011).

Με την υπ' αριθμ. Δ3/Α/οικ. 13761 απόφαση των Υπουργών Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής Ναυτιλίας και Αιγαίου εγκρίθηκε ο Κανονισμός Πιστοποίησης Πλοίων «Τεχνική και Λειτουργική Συμβατότητα με το Σταθμό ΥΦΑ Ρεβυθούσας».ΦΕΚ Β 2389/2014. Με τον Κανονισμό Πιστοποίησης Πλοίων ρυθμίζονται όλες οι ενέργειες που απαιτούνται προκειμένου 1) να λάβει χώρα η απαραίτητη ανταλλαγή στοιχείων/πληροφοριών, μεταξύ του Διαχειριστή και του Χρήστη ΥΦΑ ή του Εκπροσώπου του πλοίου ΥΦΑ, που αφορούν στις τεχνικές προδιαγραφές και στις προδιαγραφές ασφαλείας για την πρόσδεση, Σύνδεση, Έγχυση ΥΦΑ, Αποσύνδεση και απόπλου πλοίων ΥΦΑ από την Εγκατάσταση ΥΦΑ, ο τύπος και το περιεχόμενο των πιστοποιητικών καταλληλότητας και επιθεωρήσεων του πλοίου ΥΦΑ και 2) να πραγματοποιηθεί η διαδικασία ελέγχου και πιστοποίησης της συμβατότητας πλοίου ΥΦΑ με την Εγκατάσταση ΥΦΑ και κάθε άλλη ενέργεια, που κριθεί απαραίτητη κατά τη διεξαγωγή του ελέγχου των παραπάνω στοιχείων.

Οι ενέργειες που ρυθμίζονται από τον Κανονισμό Πιστοποίησης Πλοίων καταγράφονται στη συνέχεια και αφορούν στην:

1. Κοινοποίηση/ανταλλαγή έγκυρων πιστοποιητικών και τεχνικών προδιαγραφών και προδιαγραφών ασφαλείας,
2. Διαδικασία ελέγχου της συμβατότητας του πλοίου ΥΦΑ με την Εγκατάσταση ΥΦΑ,
3. Επιθεώρηση Πλοίου ΥΦΑ, αν κριθεί απαραίτητη από εξουσιοδοτημένο επιθεωρητή του Διαχειριστή,
4. Δοκιμαστική Εκφόρτωση και τελικά συμπεράσματα,
5. Περίοδο αποδοχής του πλοίου.

### 2. Διεθνείς Ναυτιλιακοί Κανόνες

Αναφορικά με τη μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου ισχύουν Διεθνείς Ναυτιλιακοί κανόνες με παγκόσμια αναγνώριση και ομοιόμορφη εφαρμογή. Η Ελλάδα συμμετέχει ως κράτος



μέλος στο Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (International Maritime Organization – IMO) και εφαρμόζει, έπειτα από ενσωμάτωση στη νομοθεσία της, τις Διεθνείς Συμβάσεις και τους Κώδικες που ο Οργανισμός θεσπίζει όπως:

1. Διεθνής Σύμβαση για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη θάλασσα (SOLAS).
2. Πρόληψη της Ρύπανσης από πλοία (International Convention for the Prevention of Pollution from Ships – MARPOL).
3. Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικίνδυνων Αγαθών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code). Η εφαρμογή του Κώδικα ενισχύει την ασφάλεια της θαλάσσιας μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων καθώς και την παραμονή και διακίνηση αυτών στις λιμενικές ζώνες.
4. Διεθνής Κώδικας για την Κατασκευή και τον Εξοπλισμό πλοίων που μεταφέρουν υγροποιημένα αέρια χύδην (Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Liquefied Gases in Bulk – IGC Code).
5. Ευρωπαϊκή Συμφωνία σχετικά με τις διεθνείς μεταφορές επικίνδυνων εμπορευμάτων μέσω της εσωτερικής ναυσιπλοΐας (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways – AND).

### 3. Κώδικας Διαχείρισης ΕΣΦΑ

Η ΡΑΕ ενέκρινε τον Κώδικα Διαχείρισης Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου με την υπ' αριθμ. 239/2017 απόφασή της, ο οποίος τέθηκε σε εφαρμογή την 1η Ιουνίου 2017. Πέραν των ρυθμίσεων που αποσκοπούν στην πιο εύρυθμη λειτουργία του ΕΣΦΑ, ο αναθεωρημένος Κώδικας εισάγει τις αναγκαίες προσθήκες και τροποποιήσεις του εθνικού δευτερογενούς πλαισίου για την εφαρμογή των Ευρωπαϊκών Κανονισμών.

Συγκεκριμένα εισάγει ρυθμίσεις για την εφαρμογή του Ευρωπαϊκού Κανονισμού Κατανομής Δυναμικότητας ((ΕΕ) 984/2013), του Ευρωπαϊκού Κανονισμού για την Εξισορρόπηση ((ΕΕ) 312/2014) και του Ευρωπαϊκού Κανονισμού για τη διαλειτουργικότητα των συστημάτων φυσικού αερίου ((ΕΕ) 703/2015) ή/και διατάξεις απαραίτητες για την υλοποίηση των ενεργειών που πρότεινε ο Διαχειριστής στην Έκθεση Προσωρινών Μέτρων στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Κανονισμού για την Εξισορρόπηση (Απόφαση ΡΑΕ 274/2015).

Σύμφωνα με το άρθρο 71 του Κώδικα Διαχείρισης ΕΣΦΑ, για την παροχή Υπηρεσιών Μεταφοράς απαιτείται η σύναψη Σύμβασης Χρήσης Εγκατάστασης ΥΦΑ (Σύμβαση ΥΦΑ, ΦΕΚ Β' 480/20.04.2010) μεταξύ του Διαχειριστή και του ενδιαφερόμενου. Της σύναψης της Σύμβασης ΥΦΑ προηγείται η εγγραφή του ενδιαφερόμενου στο Μητρώο Χρηστών ΕΣΦΑ. Δικαίωμα σύναψης Σύμβασης ΥΦΑ με το Διαχειριστή έχουν οι εγγεγραμμένοι στο Μητρώο Χρηστών ΕΣΦΑ, εφόσον αποδεδειγμένα πληρούν τουλάχιστον μία από τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

A) Έχουν οι ίδιοι δεσμεύσει Μεταφορική Ικανότητα στο Σημείο Εισόδου ΥΦΑ του Συστήματος Μεταφοράς, υπό την ιδιότητά τους και ως Χρήστες Μεταφοράς δηλαδή έχουν ήδη συνάψει Σύμβαση Μεταφοράς (ΦΕΚ Β' 480/20.04.2010).

B) Εξυπηρετούν άλλους Χρήστες Μεταφοράς οι οποίοι έχουν δεσμεύσει Μεταφορική Ικανότητα στο Σημείο Εισόδου ΥΦΑ του Συστήματος Μεταφοράς.

Η Σύμβαση ΥΦΑ συνάπτεται για χρονική περίοδο τουλάχιστον ενός (1) Μηνός ή για ακέραια πολλαπλάσια αυτού.

Με τον Νέο Κώδικα θεσπίστηκε η Σύμβαση-Πλαίσιο για τη Χρήση της Εγκατάστασης ΥΦΑ, για την παροχή από το Διαχειριστή της Βασικής Υπηρεσίας ΥΦΑ, παράρτημα της οποίας θα αποτελούν οι εγκριθείσες από το Διαχειριστή Αιτήσεις ΥΦΑ του Χρήστη.

Ο τύπος και το περιεχόμενο της Σύμβασης-Πλαίσιο Μεταφοράς και της Σύμβασης-Πλαίσιο για τη Χρήση της Εγκατάστασης ΥΦΑ έχουν ήδη εγκριθεί από τη ΡΑΕ με την υπ' αριθμ. 257/2017 απόφαση.

#### **Γ. ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ ΥΓΡΟΠΟΙΗΜΕΝΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ**

Κατ' άρθρ. 2 Ν.4001/2011 εγκατάσταση ΥΦΑ ονομάζεται ο σταθμός που χρησιμοποιείται για την εισαγωγή, εκφόρτωση και αεριοποίηση ΥΦΑ και για υγροποίηση φυσικού αερίου μαζί με τις βοηθητικές υπηρεσίες και της αποθήκευσης προσωρινά με σκοπό την επανααεριοποίησή του και την έγχυσή του στο σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου. Δεν περιλαμβάνονται σ' αυτή η αποθήκευση.

Ως Ανεξάρτητο Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΑΣΦΑ) ορίζεται οποιοδήποτε σύστημα δεν περιλαμβάνεται στο Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου (ΕΣΦΑ). Επομένως ένας τερματικός σταθμός ΥΦΑ που εμπεριέχει σύστημα αεριοποίησης μπορεί να θεωρηθεί ΑΣΦΑ.

Δικαίωμα κατασκευής, κυριότητας ή χρήσης των ΑΣΦΑ έχουν οι κάτοχοι άδειας ΑΣΦΑ ενώ δικαίωμα διαχείρισης και εκμετάλλευσης ΑΣΦΑ έχουν οι κάτοχοι άδειας Διαχείρισης ΑΣΦΑ. Η Άδεια ΑΣΦΑ χορηγείται μόνο σε νομικά πρόσωπα με απόφαση της ΡΑΕ και σε περίπτωση που με την Άδεια χορηγείται δικαίωμα κατασκευής και κυριότητας συστημάτων μεταφοράς μόνο σε εταιρείες που εμπίπτουν στο άρθρο 1 της Οδηγίας 2009/101/ΕΚ, σύμφωνα με τις διατάξεις του Κανονισμού Αδειών. Τα κριτήρια για τη χορήγηση Άδειας ΑΣΦΑ, αναφέρονται ιδίως: (α) Στην εξυπηρέτηση του δημοσίου συμφέροντος και ιδίως στην εξυπηρέτηση περιοχών που δεν τροφοδοτούνται με φυσικό αέριο, στην ενίσχυση της ασφάλειας εφοδιασμού της χώρας ή άλλου κράτους - μέλους ή της Ευρωπαϊκής Ένωσης και στην προστασία του περιβάλλοντος. (β) Στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του αιτούντος και ιδίως στην τεχνική και χρηματοοικονομική δυνατότητά του, που εγγυώνται την άρτια κατασκευή και την ασφαλή, αξιόπιστη και οικονομικά

αποτελεσματική λειτουργία του έργου. (γ) Στην ενίσχυση του ελεύθερου ανταγωνισμού στην αγορά Φυσικού Αερίου και ιδίως στην παροχή πρόσβασης τρίτων στο ΑΣΦΑ, κατά τρόπο άμεσο και οικονομικό, σύμφωνα με την αρχή της διαφάνειας και χωρίς διακρίσεις μεταξύ των Χρηστών ή των κατηγοριών Χρηστών. (δ) Στη ζήτηση, την οποία προβλέπεται να εξυπηρετεί η προτεινόμενη επένδυση και στην οικονομική αποδοτικότητα, την τεχνική αρτιότητα και αξιοπιστία του ΑΣΦΑ. (ε) Σε περίπτωση που με την Άδεια χορηγείται δικαίωμα κατασκευής και κυριότητας Συστημάτων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου, στην ικανοποίηση των κριτηρίων της παραγράφου 1 του άρθρου 61 και του άρθρου 62 του ίδιου νόμου. Προϋπόθεση για τη χορήγηση Άδειας ΑΣΦΑ για Απευθείας Γραμμές, αποτελεί η προηγούμενη άρνηση πρόσβασης στο ΕΣΦΑ ή σε άλλο ΑΣΦΑ.

Η Άδεια Διαχείρισης ΑΣΦΑ χορηγείται, κατόπιν υποβολής σχετικής αίτησης, σύμφωνα με τον Κανονισμό Αδειών με απόφαση της ΡΑΕ. Με την Άδεια Διαχείρισης ΑΣΦΑ και κατόπιν σχετικού αιτήματος του κατόχου της Άδειας ΑΣΦΑ, μπορεί να επιτρέπεται σε τρίτο πρόσωπο να εκτελεί πράξεις διαχείρισης του ΑΣΦΑ. Η Άδεια Διαχείρισης ΑΣΦΑ, εφόσον πρόκειται για Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου για το οποίο δεν έχει χορηγηθεί εξαίρεση σύμφωνα με το άρθρο 36 της Οδηγίας 2009/73/ΕΚ, χορηγείται αποκλειστικά στον κάτοχο της αντίστοιχης Άδειας ΑΣΦΑ. Σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση, η Άδεια Διαχείρισης ΑΣΦΑ δύναται να χορηγηθεί βάσει κριτηρίων αποδοτικότητας και οικονομικής ισορροπίας σε πρόσωπο άλλο εκτός του κατόχου της Άδειας ΑΣΦΑ. Στην περίπτωση αυτή, ο κάτοχος της Άδειας ΑΣΦΑ συνάπτει σύμβαση με τον κάτοχο της Άδειας Διαχείρισης ΑΣΦΑ, με την οποία καθορίζεται το αντάλλαγμα που οφείλεται για την ανάληψη της διαχείρισης του ΑΣΦΑ από το συνολικά εισπρακτέο έσοδο του ΑΣΦΑ με βάση τα δημοσιευόμενα τιμολόγια χρήσης του. Ο Διαχειριστής ΑΣΦΑ ασκεί νόμιμα τις Βασικές Δραστηριότητες Φυσικού Αερίου που προσδιορίζονται στην Άδεια Διαχείρισης ΑΣΦΑ. Ο Διαχειριστής ΑΣΦΑ που αποτελεί Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου για το οποίο δεν έχει χορηγηθεί εξαίρεση σύμφωνα με το άρθρο 36 της Οδηγίας 2009/ 73/ΕΚ πρέπει να συμμορφώνεται με τις διατάξεις της παραγράφου 1 του άρθρου 61 και του άρθρου 62. Αν ο Διαχειριστής ΑΣΦΑ που αποτελεί Εγκατάσταση ΥΦΑ ή Εγκατάσταση Αποθήκευσης μετέχει σε Κάθετα Ολοκληρωμένη Επιχείρηση Ηλεκτρικής Ενέργειας ή Φυσικού Αερίου, πρέπει να είναι ανεξάρτητος από άλλους κλάδους ή τμήματα της Επιχείρησης αυτής, κατά τη νομική μορφή, οργάνωση και διαδικασία λήψης αποφάσεων. Για το σκοπό αυτόν: (α) Τα πρόσωπα που ασκούν τη διοίκηση του Διαχειριστή ΑΣΦΑ δεν επιτρέπεται να συμμετέχουν, με οποιονδήποτε τρόπο, σε άλλους κλάδους ή τμήματα ή άλλες Συνδεδεμένες Επιχειρήσεις της Κάθετα Ολοκληρωμένης Επιχείρησης Ηλεκτρικής Ενέργειας ή Φυσικού Αερίου και να έχουν ίδια συμφέροντα που παρεμποδίζουν την άσκηση των καθηκόντων τους κατά τρόπο ανεξάρτητο και αντικειμενικό. (β) Ο Διαχειριστής ΑΣΦΑ λαμβάνει αποφάσεις για τους πόρους και τις επενδύσεις

που απαιτούνται για τη λειτουργία, συντήρηση και ανάπτυξη του ΑΣΦΑ, ανεξάρτητα από την Κάθετα Ολοκληρωμένη Επιχείρηση Ηλεκτρικής Ενέργειας ή Φυσικού Αερίου. Η λήψη των αποφάσεων αυτών δεν αποκλείει διαδικασίες συντονισμού, ώστε να εξασφαλίζεται η προστασία της επιχειρηματικής εποπτείας της μητρικής εταιρείας, σχετικά με την απόδοση των επενδύσεων. Η μητρική εταιρεία μπορεί να εγκρίνει ιδίως το ετήσιο σχέδιο χρηματοδότησης ή άλλο ισοδύναμο μέσο, χωρίς να αποκτά δικαίωμα επέμβασης, με οποιονδήποτε τρόπο, στη διαχείριση, την καθημερινή λειτουργία ή τις επί μέρους αποφάσεις που αφορούν την αναβάθμιση του ΑΣΦΑ, εφόσον δεν σημειώνεται υπέρβαση του χρηματοδοτικού πλαισίου που έχει εγκριθεί. Αν ο Διαχειριστής ΑΣΦΑ μετέχει σε Κάθετα Ολοκληρωμένη Επιχείρηση ηλεκτρικής ενέργειας ή Φυσικού Αερίου, για τη διασφάλιση της ισότιμης μεταχείρισης των Χρηστών του ΑΣΦΑ, ο Διαχειριστής καταρτίζει πρόγραμμα συμμόρφωσης, στο οποίο αναφέρει τα μέτρα που λαμβάνονται προκειμένου να αποκλείεται οποιαδήποτε διακριτική μεταχείριση υπέρ της Κάθετα Ολοκληρωμένης Επιχείρησης Ηλεκτρικής Ενέργειας ή Φυσικού Αερίου και να διασφαλίζεται η δέουσα παρακολούθηση της τήρησης του προγράμματος. Στο πρόγραμμα συμμόρφωσης καθορίζονται οι συγκεκριμένες υποχρεώσεις του προσωπικού του ΑΣΦΑ για την επίτευξη του εν λόγω στόχου. Το πρόγραμμα αυτό υπόκειται στην έγκριση της ΡΑΕ, η οποία τεκμαίρεται ότι έχει παρασχεθεί σιωπηρά, εφόσον η ΡΑΕ δεν φέρει αντιρρήσεις εντός τριών (3) εβδομάδων από την υποβολή του προγράμματος προς έγκριση. Το εγκεκριμένο πρόγραμμα συμμόρφωσης της παραγράφου 6 αναρτάται στην ιστοσελίδα του Διαχειριστή ΑΣΦΑ εντός πέντε (5) ημερών από την έγκρισή του. Υπό την επιφύλαξη των αρμοδιοτήτων της ΡΑΕ, όπως αυτές προσδιορίζονται με το άρθρο 20 του παρόντος, η συμμόρφωση προς το πρόγραμμα υπόκειται στον ανεξάρτητο έλεγχο του επιφορτισμένου με την παρακολούθηση του προγράμματος συμμόρφωσης στελέχους ή οργάνου του Διαχειριστή ΑΣΦΑ, που ενεργεί ως Υπεύθυνος Συμμόρφωσης και έχει πρόσβαση σε κάθε αναγκαία πληροφορία του Διαχειριστή και κάθε θυγατρικής εταιρείας του για την εκπλήρωση των καθηκόντων του. Ο Υπεύθυνος Συμμόρφωσης υποβάλλει εγγράφως στη ΡΑΕ μέχρι και την 31η Μαρτίου εκάστου έτους, ετήσια έκθεση στην οποία περιγράφονται τα μέτρα που έχουν ληφθεί σχετικά με την τήρηση του προγράμματος συμμόρφωσης, η οποία δημοσιεύεται στην ιστοσελίδα της ΡΑΕ εντός πέντε (5) ημερών από την υποβολή της. Με βάση τις εκθέσεις του Υπεύθυνου Συμμόρφωσης η ΡΑΕ αξιολογεί κάθε έτος την ανεξαρτησία και αμεροληψία του Διαχειριστή ΑΣΦΑ και μπορεί με απόφασή της να επιβάλει την τροποποίηση του προγράμματος συμμόρφωσης ώστε να διασφαλίζεται η ανεξαρτησία και αμεροληψία του Διαχειριστή ΑΣΦΑ υποδεικνύοντας για το σκοπό αυτόν τα κατάλληλα μέτρα. Ο Διαχειριστής ΑΣΦΑ υποχρεούται να συμμορφωθεί με τις υποδείξεις της ΡΑΕ και να υποβάλει προς έγκριση σύμφωνα με τις διατάξεις της παραγράφου 6 νέο πρόγραμμα συμμόρφωσης εντός προθεσμίας δεκαπέντε (15) εργάσιμων ημερών από την κοινοποίηση της Απόφασης της ΡΑΕ. Η ΡΑΕ δημοσιεύει στην ιστοσελίδα της έκθεση αξιολόγησης του προγράμματος συμμόρφωσης του Διαχειριστή ΑΣΦΑ μέχρι και την 30ή Απριλίου εκάστου έτους.

Ειδικά για τις καταστάσεις Κρίσεων Επιπέδου Έγκαιρης Προειδοποίησης ή Έκτακτης Ανάγκης θεσπίζονται τα ακόλουθα:

α. Εισάγονται διατάξεις αλλαγής του τρόπου υπολογισμού της χρέωσης Ημερήσιας Έλλειψης Εξισορρόπησης Φορτίου σε καταστάσεις Έκτακτης Ανάγκης. Επιπλέον, προτείνεται διάταξη για Υποχρεωτική Αεριοποίηση ποσοτήτων ΥΦΑ από το Διαχειριστή, αποκλειστικά για την εξυπηρέτηση Προστατευόμενων Καταναλωτών, κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

β. Προβλέπεται εβδομαδιαίος προγραμματισμός από τον Διαχειριστή ΕΣΦΑ για την κατάρτιση ισοζυγίου προσφοράς-ζήτησης επτά (7) ημερών σύμφωνα με τα οριζόμενα στο Σχέδιο Μέτρων Έκτακτης Ανάγκης.

γ. Κατά τη διάρκεια Κρίσεων Επιπέδου Επιφυλακής, τα όρια ανοχής εξισορρόπησης περιορίζονται σε δύο τοις εκατό (2%) και τροποποιείται ο τρόπος υπολογισμού των ημερησίων χρεώσεων και πιστώσεων της ΗΕΕΦ.

δ. Κατά τη διάρκεια Κρίσεων Επιπέδου Έγκαιρης Προειδοποίησης εφόσον Χρήστης υποβάλει αίτημα για επαναπροσδιορισμό του χρόνου εκφόρτωσης ή της ποσότητας ΥΦΑ, δεν καταβάλλει τέλος αίτησης τροποποίησης τελικού μηνιαίου προγράμματος.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> Τράπεζα νομικών πληροφοριών - ΙΣΟΚΡΑΤΗΣ

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>ο</sup> : ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΥΦΑ

---

Τα οικονομικά δεδομένα της μεταφοράς και διανομής του υγροποιημένου φυσικού αερίου σχετίζονται με την κατανάλωση του φυσικού αερίου την οποία καλείται να εξυπηρετήσει η χρήση του πλοίου, με την χωρητικότητα του πλοίου, την ενοικίαση ή κατασκευή του πλοίου για αυτό τον σκοπό, την απόσταση μεταξύ του τερματικού σταθμού και του προορισμού του πλοίου.

Αναφορικά με τα κόστη αυτά περιλαμβάνουν το κόστος επένδυσης για την απόκτηση του πλοίου, το κόστος κατασκευής του τερματικού σταθμού στον προορισμό του πλοίου και το λειτουργικό κόστος. Κάθε τερματικός σταθμός περιλαμβάνει την λιμενική εγκατάσταση, το σύστημα εκφόρτωσης, τη δεξαμενή αποθήκευσης ΥΦΑ, το σύστημα επαναεριοποίησης και βοηθητικά συστήματα και κτήρια για τη συντήρηση και λειτουργία του σταθμού καθώς και κεντρικό σύστημα ελέγχου. Το κόστος της αποθήκευσης εξαρτάται από την αποθηκευτική ικανότητα και τεχνολογία της δεξαμενής και το κόστος αεριοποίησης από τη δυναμικότητα της μονάδας. Λειτουργικό κόστος αποτελεί το κόστος καυσίμων του πλοίου του ταξιδιού και της φορτοεκφόρτωσης, το κόστος του πληρώματος, της ασφάλισής και της συντήρησής του. Σε περίπτωση μίσθωσης περιλαμβάνονται μόνο τα κόστη καυσίμων, μίσθωσης και λειτουργίας του σταθμού και του συστήματος ελέγχου.

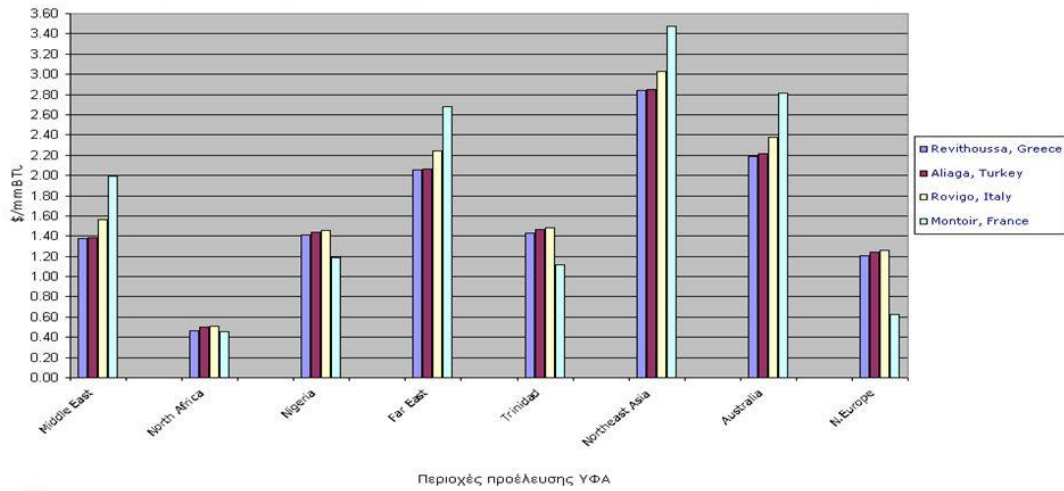
Σχετικά με το κόστος της θαλάσσιας μεταφοράς πέραν του αρχικού κόστους κτήσης (μηδενικό στη χρονοανάλυση), το λειτουργικό κόστος υπολογίζεται ειδικότερα ανάλογα:

- Α. με την αποθηκευτική ικανότητα του τερματικού σταθμού ΥΦΑ
- Β. με τη διάρκεια φόρτωσης – εκφόρτωσης της ποσότητας του ΥΦΑ ανάλογα πάντα με τη μεταφορική ικανότητα του πλοίου και το ρυθμό άντλησης
- Γ. με το χρόνο εισόδου και εξόδου του πλοίου από τον τερματικό σταθμό
- Δ. με τη χρονική διάρκεια ταξιδιού από τον κεντρικό σταθμό αποθήκευσης έως τους τερματικούς σταθμούς και ανάλογα με την ταχύτητα του πλοίου και την απόσταση
- Ε. με τον αριθμό των ταξιδιών που απαιτούνται για την κάλυψη της ζήτησης σε ΥΦΑ
- ΣΤ. με το κόστος καυσίμων ανάλογα με τις μοναδιαίες τιμές, την κατανάλωση/ώρα και το πλήθος ωρών ταξιδιών

### ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 3: ΚΟΣΤΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΣΕ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΘΜΟ ΥΦΑ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΑΝΑ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ



**Κόστος μεταφοράς ΥΦΑ σε τερματικούς σταθμούς ΥΦΑ στη Μεσόγειο ανά προέλευση**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10<sup>ο</sup> : ΣΤΟΛΟΣ LNG

---

Ένα πλοίο μεταφοράς υγροποιημένου αερίου απαιτεί μία επένδυση της τάξεως των 250 εκατομμυρίων δολαρίων, η οποία αντιστοιχεί περίπου στο τετραπλάσιο της αξίας ενός οποιουδήποτε άλλου οχήματος μεταφοράς καυσίμων ίδιας χωρητικότητας. Το χρονικό διάστημα που συνήθως απαιτείται μεταξύ της παραγγελίας και της καθέλκυσης του καινούργιου αυτού πλοίου κυμαίνεται ενδεικτικά ανάμεσα στα 2 με 4 έτη και υπάρχουν σημαντικά ρίσκα τα οποία μπορούν να μεταβάλλουν αισθητά την αξία του υπό ναυπήγηση πλοίου.

Το LNG είναι μια εξειδικευμένη αγορά και η πιο ταχέως αναπτυσσόμενη στις θαλάσσιες μεταφορές ενέργειας. Παρουσιάζει περιορισμένη ρευστότητα και δεν αναμένεται στο ορατό μέλλον να φτάσει σε αντίστοιχα επίπεδα ώριμου ανταγωνισμού. Οι ρυθμοί ανάπτυξης της αγοράς LNG και το σταδιακό άνοιγμά της σε νέους παίκτες με την υιοθέτηση πιο ευέλικτων όρων λειτουργίας την τοποθετεί στις πιο υποσχόμενες θέσεις της παγκόσμιας ναυτιλίας. Στο νέο αυτό δυναμικό περιβάλλον διεκδικούν την θέση οι ανεξάρτητες εταιρείες δεξαμενόπλοιων. Μεγάλες ενεργειακές και ναυτιλιακές εταιρείες του εξωτερικού συνεργάζονται με ερευνητικά ιδρύματα και πανεπιστήμια για τον σχεδιασμό και βελτιστοποίηση των στρατηγικών και επιχειρησιακών τους κινήσεων. Φυσικά το ενδιαφέρον μας στρέφεται στην παγκόσμια υπερδύναμη του χώρου, την Ελληνική Ναυτιλία και τις ευκαιρίες που διανοίγονται γι αυτή. Οι Έλληνες πλοιοκτήτες έχουν ήδη εισέλθει στην αγορά, αλλά σίγουρα όχι ακόμα στο μέγεθος που τους αναλογεί. Το ύψος των επενδύσεων σε πλοία LNG είναι υψηλό και σχετικά λίγοι μεγάλοι παίκτες έχουν το προνόμιο να εισέλθουν σε αυτή. Μια εκτίμησή είναι ότι, στο ορατό μέλλον, η λειτουργία της αγοράς θα έχει ολιγοπωλιακά χαρακτηριστικά. Η αύξηση της ζήτησης για LNG θα έχει σαν συνέπεια και το χτίσιμο νέων δεξαμενόπλοιων LNG. Η μεταφορά LNG αποτελεί τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο κλάδο διεθνώς, αφού η αύξηση του μεταφορικού έργου τα τελευταία χρόνια είναι πολύ υψηλότερη από αυτή του συνόλου της παγκόσμιας ναυτιλίας και υπερδιπλάσια των λοιπών κατηγοριών δεξαμενόπλοιων. Με βάση το 2000(=100), ο δείκτης μεταφοράς φορτίου LNG διαμορφώθηκε το 2012 στο 248, έναντι 110 για το LPG, 112 για το αργό πετρέλαιο, 157 για τα προϊόντα πετρελαίου και 156 για το σύνολο των προϊόντων(όλων των κλάδων της ναυτιλίας). Ειδικά μετά το 2005 έως το 2012, ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης του μεταφορικού έργου LNG είναι πολλαπλάσιος των λοιπών κατηγοριών(9% για το LNG, 0,3% για το αργό πετρέλαιο, 3,9% για τα προϊόντα πετρελαίου, 1,7% για το LPG, 0,8% για το σύνολο των καυσίμων και 3,7% για το σύνολο προϊόντων). Ο τρέχων στόλος LNG έχει χωρητικότητα πάνω από 33εκ. κυβικά μέτρα (cbm). Παρόλα αυτά για να ικανοποιηθεί η αναμενόμενη ανάπτυξη απαιτείται επιπλέον χωρητικότητα 78εκ. cbm. Αυτό σημαίνει ότι ο αριθμός του στόλου LNG θα



αυξηθεί από περίπου 260 δεξαμενόπλοια αυτήν την περίοδο σε πάνω από 700 δεξαμενόπλοια μέχρι το τέλος του 2030. Την περίοδο αυτή το πιθανότερο είναι ότι τα ποσοστά διαλύσεων των LNG πλοίων θα παραμείνουν πολύ χαμηλά. Επιπλέον ο στόλος των LNG προβλέπεται να ξεπεράσει τα 84εκ cbm μέχρι το 2020. Μέχρι το τέλος του 2030 η χωρητικότητα του στόλου προβλέπεται να φθάσει και να ξεπεράσει τα 106εκ cbm. Επιπρόσθετα, εάν για τη μεταφορά LNG χρησιμοποιείται ένα μές ο δεξαμενόπλοιο μεγέθους 150,000cbm, θα χρειασθούν συνολικά 266 επιπλέον δεξαμενόπλοια μέχρι το 2017, με τη πρόσθεση 34 πλοίων μέχρι το 2020 και 146 πλοίων μέχρι το 2030.<sup>1415</sup>

Σύμφωνα με τη [naftemporiki.gr](http://naftemporiki.gr) : Στο τέλος του 2014 ο παγκόσμιος στόλος των LNG Carriers ανερχόταν σε 373 πλοία συνολικής μεταφορικής ικανότητας 55 εκατ. κυβικών μέτρων. Το 2014 υπολογίζεται ότι προστέθηκαν στην αγορά 28 νεότευκτα πλοία, ενώ το 2015 μέχρι και τον Νοέμβριο είχαν καταγραφεί παραγγελίες για 20 νεότευκτα. Συνολικά στο τέλος του 2015 τα υπό παραγγελία LNG Carriers ανέρχονταν σύμφωνα με τη βάση δεδομένων Lloyd's List Intelligence σε 143 πλοία. Η ελληνική παρουσία στον παγκόσμιο στόλο των LNG Carriers, είναι ιδιαίτερα έντονη, καθώς σύμφωνα με στοιχεία της Petrofin από 50 πλοία που αριθμούσε ο ελληνόκτητος στόλος το 2014, έφθασαν τα 74 το 2015. Δεκατρείς Έλληνες πλοιοκτήτες συγκαταλέγονται μεταξύ των 100 ισχυρότερων προσωπικοτήτων της παγκόσμιας ναυτιλίας. Η διεθνής κατάταξη των Lloyd's, η οποία και εφέτος αναδεικνύει τα σημαντικότερα ονόματα της διεθνούς εφοπλιστικής οικογένειας, τοποθετεί σε περίοπτη θέση τους Έλληνες εφοπλιστές. Η ελληνική ναυτιλία, σε αντίθεση με την εικόνα της χώρας μας στο εξωτερικό, ενισχύει την θέση των Ελλήνων στο παγκόσμιο επιχειρηματικό γίγνεσθαι, αφού αυτοί αποτελούν την πολυπληθέστερη εθνικότητα πλοιοκτητών ανά τον πλανήτη στη λίστα των Lloyd's.

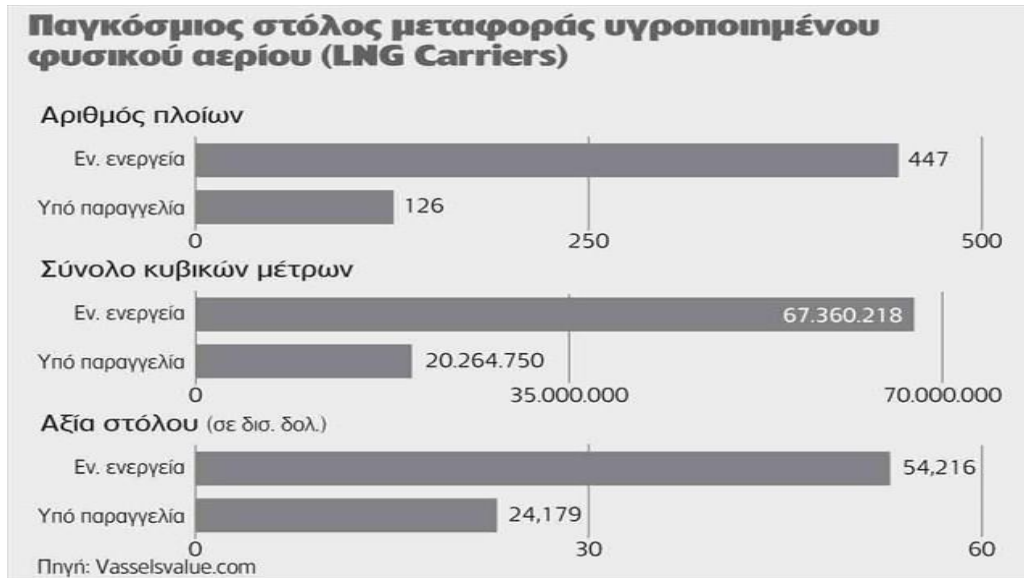
Οι Έλληνες πλοιοκτήτες που συμπεριλαμβάνονται στη λίστα (2015) των Lloyd's είναι οι παρακάτω: 1. Γιάννης Αγγελικούσης της ASG, 2. Αγγελική Φράγκου της Navios, 3. Γιώργος Οικονόμου της Cardiff Marine / TMS Group / Dry Ships, 4. Γιώργος Προκοπίου της Dynacom / Dynagas , 5. Peter Λιβανός της Gaslog , 6. Πέτρος Παππάς της Star Bulk, 7. Νικόλας Τσάκος της TEN και της Διεθνούς Ένωσης Ανεξάρτητων Πλοιοκτητών Δεξαμενοπλοίων Intertanko, 8. Πίτερ Γεωργιόπουλος της Gener8 Maritime, 9. Θεόδωρος Βενιάμης, πρόεδρος της Ένωσης Ελλήνων Εφοπλιστών, 10. Κωστής Κωνσταντακόπουλος της Costamare, 11. Ευάγγελος

---

<sup>14</sup> Πηγή: Piraeus Research, από επεξεργασία στοιχείων της CIGNL: The LNG Industry, διάφορα έτη & Crarkson "Shipping Review & Outlook CIGNL: The LNG Industry in 2012 & 2011, Crarkson "World Shipyard Monitor, 2013. Διάφορες εκθέσεις.

<sup>15</sup> Κωνσταντίνος Γ. Γκόνης, Χαρίλαος Ν. Ψαραύτης, 'Η ναυτιλιακή αγορά LNG και οι προοπτικές της', περιοδικό «ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ», τεύχος Δεκεμβρίου 2007

Μαρινάκης της Capital Maritime, 12. Σίμος Παλιός της Diana Shipping και 13. Δημήτρης Μελισσανίδης της Aegean Marine Petroleum . **ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 4:**



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11<sup>ο</sup> : ΤΟ ΥΦΑ ΩΣ ΚΑΥΣΙΜΟ ΠΛΟΙΩΝ

---

Το LNG ως καύσιμο θεωρείται πλέον μία δοκιμασμένη λύση με διαθέσιμες μηχανές που καλύπτουν μεγάλο φάσμα αποδιδόμενης ισχύος. Το περιβαλλοντικό πλεονέκτημα της χρήσης LNG ως καύσιμο στη ναυτιλία αφορά στις δραστικά μειωμένες εκπομπές SOX, NOX και σε μικρότερο βαθμό του CO<sub>2</sub> αν και πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι οι εκπομπές CO και των συνολικών υδρογονανθράκων είναι υψηλότερες σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα.<sup>1617</sup> Προς το παρόν υπάρχουν περίπου 40 LNG-fuelled πλοία παγκοσμίως, εξαιρουμένων των LNG carriers, ενώ είναι επιβεβαιωμένα τουλάχιστον επιπλέον 40 new-buildings.

Το δίκτυο τροφοδοσίας των πλοίων είναι διαθέσιμο σε συγκεκριμένες τοποθεσίες αν και αυξάνεται παγκοσμίως, ακολουθώντας τις οδούς της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Παράγοντες αναστολής αποτελούν α. η απαίτηση σε αυξημένο όγκο δεξαμενών - μείωση σε ωφέλιμο φορτίο και β. το αυξημένο κόστος εγκατάστασης. Η διάδοση του LNG ως καυσίμου συντελείται με γρήγορους ρυθμούς και αναμένεται να συνεχιστεί αρχικά με σχετικά μικρά πλοία που λειτουργούν σε περιοχές με υπάρχουσες υποδομές τροφοδοσίας και κατόπιν ίσως μέχρι και με ποντοπόρα πλοία καθώς οι υποδομές θα αναπτύσσονται.

Ανάμεσα στους παίκτες στη διαμόρφωση του εγχώριου τοπίου συμπεριλαμβάνεται και ο Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) με την διαθέσιμη τεχνογνωσία, το εξειδικευμένο προσωπικό και τις ήδη υπάρχουσες υποδομές όπως αυτές στη Ρεβυθούσα. Ο τερματικός σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου της Ρεβυθούσας, μπορεί να αποτελέσει σημείο εισόδου φυσικού αερίου για όλη την περιοχή της νοτιοανατολικής Ευρώπης. Παράλληλα με τον προσανατολισμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την εφαρμογή συγκεκριμένης στρατηγικής στην αγορά του LNG, ο ΔΕΣΦΑ έχει την δυνατότητα να αναλάβει κρίσιμο ρόλο στην Ανάπτυξη των Τεχνολογιών Small Scale LNG μέσω του LNG Bunkering και της μεταφοράς LNG σε παράκτιες περιοχές. Η επέκταση της χρήσης του LNG στον τομέα της Ναυτιλίας μπορεί να καταστήσει την Ελλάδα επίκεντρο πολλών ενεργειακών έργων με διεθνή προσανατολισμό, επιτρέποντας μελλοντικά την δημιουργία ενός διεθνούς Κόμβου Ανεφοδιασμού LNG στην Ανατολική Μεσόγειο με σημείο αναφοράς τη Ρεβυθούσα.

---

<sup>16</sup> Daskalakis et al., 2015

<sup>17</sup> Anderson et al., 2015

Ήδη στις 30/06/2017 κατατέθηκε από το Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής προς δημόσια διαβούλευση το σχέδιο του προεδρικού διατάγματος με θέμα: «Θέση σε εφαρμογή Κανονισμού για τον ασφαλή ανεφοδιασμό των πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο» με σκοπό τον καθορισμό κανονιστικών διατάξεων για τον ασφαλή ανεφοδιασμό των πλοίων με υγροποιημένο φυσικό αέριο ως καύσιμο είτε από πλοίο ανεφοδιασμού, είτε από βυτιοφόρο όχημα, είτε από εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού. Ο Κανονισμός αυτός θα εφαρμόζεται επί ανεφοδιασμού με ΥΦΑ πλοίων ανεξαρτήτως σημαίας που πραγματοποιείται μέσα στα ελληνικά λιμάνια και χωρικά ύδατα ή υπεράκτια ύδατα, από εγκαταστάσεις ανεφοδιασμού, πλοία ανεφοδιασμού και βυτιοφόρα οχήματα, ανεξάρτητα και επιπροσθέτως των σχετικών εφαρμοστέων διατάξεων που απορρέουν από διεθνείς συμβάσεις και κανονισμούς, από την ενωσιακή νομοθεσία καθώς και από σχετικά διεθνή πρότυπα και τεχνικές προδιαγραφές.

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

---

Η θαλάσσια μεταφορά του υγροποιημένου φυσικού αερίου με πλοία LNG αποτελεί τον ταχύτερα αναπτυσσόμενο κλάδο της παγκόσμιας ναυτιλίας, αλλά χαρακτηρίζεται από μονοπωλιακές καταστάσεις και υψηλές κεφαλαιακές απαιτήσεις.

Ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης του μεταφορικού έργου LNG την περίοδο 2005=2012, ήταν πολλαπλάσιος των λοιπών κατηγοριών. Όμως παρά τους εντυπωσιακούς ρυθμούς ανάπτυξης, την αυξανόμενη ζήτηση και προοπτικές του LNG για την επόμενη 20ετία, ο κλάδος των δεξαμενοπλοίων LNG θα βρεθεί κάποια στιγμή αντιμέτωπος με την κυκλικότητα που χαρακτηρίζει κάθε ναυτιλιακό κλάδο. Ο κλάδος διαθέτει σημαντικούς φραγμούς εισόδου αλλά εξαιτίας της αυξανόμενης διεύρυνσης της αλυσίδας LNG αναμένεται ότι τα επόμενα χρόνια όλο και περισσότερες ναυτιλιακές, πετρελαϊκές και ενεργειακές εταιρίες ή ακόμη και κράτη θα επιδιώξουν να λάβουν θέση σ' αυτό. Στο μέλλον θα αυξηθούν οι πλοιοκτήτες LNG αλλά και οι πλοιοκτήτες είτε με τις κατάλληλες μετατροπές στα υπάρχοντα πλοία τους είτε με νέες παραγγελίες θα χρησιμοποιούν το φυσικό αέριο ως καύσιμο.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. McGUIRE and WHITE Liquefied Gas Handling Principles on Ships and in Terminals, 2000.
2. Natural Gas Pricing in Competitive Markets, OECD/IEA, Σελ 31, Παρίσι 1998
3. [http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied\\_natural\\_gas](http://en.wikipedia.org/wiki/Liquefied_natural_gas)
4. Witherby Seamanship International , 2006
5. BP Statistic Analysis of World Energy, 2012.
6. Deloitte, Made in America: The economic impact of LNG Exports from the US, 2013.
7. <http://www.wearethepractioners.com/library/the-practitioner/2014/01/14/floating-the-boats>
8. Τράπεζα νομικών πληροφοριών – ΙΣΟΚΡΑΤΗΣ
9. Πηγή: Piraeus Research, από επεξεργασία στοιχείων της CIGNL: The LNG Industry, διάφορα έτη & Clarkson "Shipping Review & Outlook CIGNL: The LNG Industry in 2012 & 2011,
10. Clarkson "World Shipyard Monitor, 2013. Διάφορες εκθέσεις.
11. Ενέργεια Ναυτιλία και Θαλάσσιες Μεταφορές, Νομική Βιβλιοθήκη 2013, επιμέλεια Ν. Φαραντούρης.
12. Κωνσταντίνος Γ. Γκόνης, Χαρίλαος Ν. Ψαραύτης, 'Η ναυτιλιακή αγορά LNG και οι προοπτικές της', περιοδικό «ΝΑΥΤΙΚΑ ΧΡΟΝΙΚΑ», τεύχος Δεκεμβρίου 2007
13. Institute of Gas Technology
14. [http://kireas.org/lng\\_gen.htm](http://kireas.org/lng_gen.htm)
15. Vasselvalue.com
16. www.bp.com
17. www.clarksons.com
18. [www.depa.gr](http://www.depa.gr)
19. [www.desfa.gr](http://www.desfa.gr)
20. [www.liquefiedgascarrier.com/Liquefied-Natural-Gas-Carriers.html](http://www.liquefiedgascarrier.com/Liquefied-Natural-Gas-Carriers.html)
21. Seamanship international: LNG Operational Practice", Witherbys Publishing, 2006.
22. Κυριακοπούλου Γ.Β (1978). Τεχνολογία καυσίμων Η καύση θεωρία κα Εφαρμογή ΕΜΠ
23. Δημοσίευμα Financial Times, 08/2017
24. Maritech News τεύχος Δεκ. 2010, (Δεξαμενόπλοιο αερίων), σελ.13
25. Anderson et al., 2015;
26. Daskalakis et al., 2015